



Département de Génie Mécanique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de :

MASTER

En Génie Mécanique

Option : Construction Mécanique

Présenté par :

LADJAL Dahmane & SAADI Abderahmane

Thème

**DETERMINATION DES CAUSES DE LA RUPTURE MECANIQUE
D'UN BROYEUR A GRAVIER : REPARATION & ENTRETIEN**

Devant le jury composé de :

NOM et Prénom	Grade	Qualité
DJERAD Abdelkader	MAA	Président
ROKBI Mansour	MCA	Encadreur
BAKRI Badis	MAB	Examineur

Année Universitaire : 2019 / 2020

N° d'ordre : GM/...../2020

Remerciement

Nos remerciements à notre créateur (DIEU) pour nous avoir donné de la force à accomplir ce travail.

Je voudrais aussi que mon encadreur Monsieur ROKBI Mansour , trouvent ici mes meilleures salutations et ma reconnaissance pour leur soutien, conseils et remarques importantes qui m'a permis d'achever ce travail.

J'adresse mes sincères remerciements à tous mes proches et amies qui nous m'ont toujours soutenues et encouragées au cours de la réalisation de ce mémoire.

Je réserve enfin le meilleur remerciement à ma mère, qui m'a bien sur beaucoup aidé mais surtout qui m'a supporté et soutenu dans les moments difficiles.

Mes pensées vont également à toute ma famille et particulièrement à mon père pour leur soutien et leur encouragement permanent

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à ma chère mère,

à mon cher père

Pour le professeur ROKBI Mansour

Pour ma famille

Pour mes amis

Toutes mes connaissances

ملخص

لطالما تم تحديد عمليات الصيانة على أنها مواقف حرجة لسلامة المشغل وتدهور المعدات. لا تنتج هذه الأهمية الحيوية فقط عن طبيعة الأنشطة المعنية ، ولكن أيضًا من السياق التنظيمي الذي تحدث فيه. على وجه الخصوص ، يبدو أن التفاعلات بين مشغلي الصيانة والتشغيل حاسمة للإنتاج وسلامة المشغل. في هذه الدراسة يتم الكشف عن مشاكل فشل طاحونة مخبرية MDS على مستوى مخبر الهندسة المدنية ، يتم تقديم تشخيص لجميع المشاكل التي تعارض حسن سيرورة الجهاز وإصلاحه وصيانتته. في نهاية استثمارنا ، وبعد الإصلاح والصيانة ، تعمل الكسارة بشكل صحيح وتضمن جودة طحن جيدة للحصى الصغيرة والمتوسطة الحجم.

Abstract

Maintenance operations have long been identified as critical situations for operator safety and equipment degradation. This criticality results not only from the nature of the activities concerned, but also from the organizational context in which they take place. In particular, interactions between maintenance and operating operators appear to be decisive for production and for operator safety. In this study the detection of failure problems of an MDS laboratory mill in Civil Engineering, the diagnoses of all the problems opposing the proper functioning, repair and maintenance of the device are presented. At the end of our investment, and after repair and maintenance, the crusher works correctly and ensures good grinding quality for small and medium sized gravel.

Résumé

Les opérations de maintenance sont identifiées depuis longtemps comme des situations critiques pour la sécurité des opérateurs et la dégradation des équipements. Cette criticité résulte non seulement de la nature des activités concernées, mais aussi du contexte organisationnel dans lequel elles s'inscrivent. En particulier, les interactions entre les opérateurs de maintenance et d'exploitation apparaissent déterminantes pour la production et pour la sécurité des opérateurs. Dans cette étude la détection des problèmes de défaillance d'un broyeur de laboratoire MDS en Génie Civil , les diagnostics de tous les problèmes s'opposants à sont bon fonctionnement, réparation et maintenance de l'appareil sont présentés. A la fin de notre investissement, et après réparation et entretien, le broyeur fonctionne correctement et assure une bonne qualité de broyage des graviers de petites et moyennes dimensions.

	Page
Résumé.....	1
Abstract.....	1
ملخص.....	1

Chapitre I – Matériaux de construction

I. Introduction.....	07
I.2 Matériaux de construction.....	07
I.2.1 Introduction.....	07
I.2.2 Différents matériaux de construction.....	08
I.2.2.1 Le sable	08
A) Sable naturel.....	09
B) Sable artificiel.....	09
I.2.2.2 Le ciment.....	10
1) Définition	10
a) Préparation du cru.....	12
b) Traitement du mélange.....	12
c) Cuisson du mélange.....	13
d) Broyage du clinker.....	13
I.2.2.3 Graviers.....	14
1) Définition	14
2)- Définition des termes	15
a) Classes granulaire	15
b) Granulat élémentaire	15
c) Granulat composé	15
3)- Les types de granulats.....	15
A) Les granulats naturels.....	15

B) Les granulats artificiels.....	17
2) Les caractéristiques des granulats.....	18
3) Module de finesse	19

Chapitre II- Généralités sur les broyeurs

II.1. Généralités sur les broyeurs	20
II.2. Mode de broyage.....	20
II.3. Différents types de broyeurs	21
II.3.1 Broyeur vertical.....	21
II.3.2 Broyeur vibratoire	22
II.3.3 Broyeur planétaire.....	23
II.3.4 Broyeur horizontal contrôlé par une force magnétique.....	24
II.2.5 Broyeur vibrant vertical	24
II.3.6 Broyage a haute énergie... ..	25
II.3.6.1 Principe	25
II.3.7. Exemples des Gammes des broyeurs disponibles.....	26
II.3.7.1. Grande Capacité ou industrielle.....	26
II.3.7.2. Moyenne Capacité.....	27
II.3.7.3. Petite Capacité ou laboratoire.....	28
a) Broyeur planétaire	28
b) Broyeur SPEX shaker.....	29
II.3. Principe de fonctionnement des broyeurs	29
II.3. 1 Mélanges de poudres ductiles-ductiles	31
II.3.2 Mélanges de poudres ductiles-fragiles	31
II.3.3 Mélanges de poudres fragiles-fragiles.....	31
II.4. Conclusion.....	31

Chapitre III- Généralités sur la Maintenance

II.1 Généralités.....	32
II.1.1 Introduction	32
II.1.2 Définition et objectifs de la maintenance	32
II.1.3 Les phénomènes précurseurs de pannes.....	33
II.2.3. Types de maintenance.....	33

II.2.3.1.maintenance préventive.....	33
II.2.3.1.1Objectifs de la maintenance préventive.....	34
II.2.4 opérations de la maintenance préventive.....	34
II.2.4.1.inspection.....	34
II.2.4.2.Visite.....	35
II.2.4.3.Contrôle	35
II.2.5 Types de maintenance préventive.....	35
II.2.5.1La maintenance préventive systématique.....	35
II.2.6 Les opérations de la maintenance préventive systématique.....	36
II.2.6.1 Remplacement.....	36
II.2.6.2 réglage de l'étalonnage.....	36
II.2.6.3 contrôle de l'état général.....	36
II.2.7.La maintenance préventive conditionnelle.....	36
II.2.8.Avantages et inconvénients de la maintenance préventive.....	37
II.2.8.1.avantages.....	37
II.2.8.1.1. prolongation de la durée de vie du matériel.....	37
II.2.8.1.2. amélioration de la productivité de l'entreprise.....	37
II.2.8.1.3. coût de réparation moins élevé	37
II.2.8.1.4. diminution des stocks de production	37
II.2.8.1.5. limitation des pièces de rechange	38
II.2.8.2. inconvénients.....	38
II.2.9. maintenance corrective.....	38
II.2.9.1 Types de la maintenance corrective	38
II.2.9.1.1 maintenance palliative.....	38
II.2.9.1.2 La maintenance curative.....	39

Chapitre IV- Réparation et Maintenance du Broyeur de laboratoire

IV.1. Introduction.....	40
IV.2. Matériel et équipement de maintenance dans notre laboratoire.....	40
IV.2.1. Outils utilisés pour maintenance des moteurs.....	40
IV.3. Examen du broyeur	41

IV.3.1. Démontage du broyeur.....	42
IV.3.2. Détection de la panne.....	44
IV.4. Réparation et maintenance des pannes de la broyeur de laboratoire.....	44
IV.4.1. Changement des plaques de glissement.....	45
A- Démontage des Plaques de Glissement.....	45
B- Soudage des Plaques de Glissement.....	46
IV.4.2. Changement des joints.....	47
II.4.3 la maintenance préventive du broyeur.....	47
IV.4.4 Opérations d’entretien de maintenance du broyeur.....	49
IV.4.5 Maintenance propose.....	50
V.4.5.1Maintenance corrective.....	50
IV.4.5.2. Pannes les plus fréquents sur le Broyeur.....	51
IV.4.5.3Maintenance corrective proposé sur le Broyeur.....	51
IV.4.6 Examen du fonctionnement du broyeur après réparation.....	52
IV.5. Conclusion.....	54

LISTES DES TABLEAUX

CHAPITRE I– Matériaux de construction

TAB I.1 indique le classement normalisé des granulats en fonction de leur taille.....	18
---	----

CHAPITRE IV– Réparation et Maintenance du Broyeur de laboratoire

TAB. IV. 1 : Opération de maintenance du broyeur	49
TAB . IV. 2 : Opération de maintenance proposée.....	50
TAB . IV. 3 : Opération de maintenance proposée.....	51

LISTES DES FIGURES

CHAPITRE I – Matériaux de construction

Fig I.1 : les intervenants et les matériaux de construction.....	07
Fig I.2 Sable.....	08
Fig I.3 : Sable naturel.....	09
Fig I .4. sable artificiel.....	09
Fig I.5 Gravier.....	14
Fig I.6 Les granulats naturels	15

Fig I.7 : granulats artificiels.....	17
--------------------------------------	----

CHAPITRE II- Généralités sur les broyeurs

Figure II.1: composition des déchets en Algérie.....	21
Fig. II.2. Broyeur vertical	22
Fig. II.3. Schéma du broyeur Spex 8000.....	23
Fig. II.4. Schéma des broyeurs planétaires P5 etP7.....	23
Fig. II.5. Schéma du broyeur planétaire de type pulvérisette (P0)	24
Fig. II.6. Schéma de principe du broyage à haute énergie	25
Fig.II.7. Différents types de broyeurs utilisés pour le broyage du clinker.....	26
Suite Fig.II.8 Différents types de broyeurs utilisés pour le broyage du clinker.....	27
Fig. II.9 Broyeur d'Attritor.....	28
Fig. II.10 Image du broyeur planétaire.....	28
Fig. II.11 Broyeur SPEX shaker.....	29
Fig.II.12 Fracture dynamique et ressoudage des poudres lors d'un choc bille-bille.....	30
Fig.II.13. Principe de la mécano-synthèse.....	30

CHAPITRE III- Généralités sur la Maintenance

Fig III . 1 Différents types de Maintenance.....	39
--	----

CHAPITRE IV- Réparation et Maintenance du Broyeur de laboratoire

Fig . IV .1 Vue global du broyeur.....	41
Fig . IV. 2b . Différents constituants du broyeur	42
Fig 2a. Eléments fonctionnels du broyeur.....	43
Fig . IV. 3 Cisaillements des plaques de glissement.....	44
Fig . IV. 4 Protocole de réparation des plaque de glissement.....	45
Fig . IV. 5 Plaques de glissement soudées.....	46
Fig . IV .6 changement des joins et de rondelles d'huile.....	47
Fig . IV. 7 Niveau d'huile.....	48
Fig . IV. 8 Examen du fonctionnement du broyeur.....	52
Fig . IV. 9 Examen du fonctionnement du broyeur pour de grande dimensions	53

CHAPITRE II
Généralité sur les matériaux

I.1 Introduction

Le broyage est l'une des anciennes activités utilisées par l'homme pour synthétiser des matériaux. Actuellement, le broyage sert à réduire la taille des particules de nombreux matériaux, à homogénéiser les poudres, à modifier la forme des particules et à produire des alliages amorphes, des composés intermétalliques ainsi que d'autres matériaux difficiles à synthétiser par des techniques conventionnelles. Le broyage est aussi capable de produire des poudres dans un état hors équilibre, soit par accumulation d'énergie mécanique ou par accélération de la diffusion à travers les interfaces entre les éléments. Cette technique peut être adaptée pour l'étude du changement structural dans des réactions à l'état solide, telles que les transformations de phases.

I.2 Matériaux de construction

I.2.1 Introduction

Le concepteur, le constructeur et le chargé de la maintenance d'un ouvrage doivent savoir parfaitement les propriétés physiques, mécaniques et hydriques des matériaux qui sont à leur disposition. Ceci permettrait de faire bon choix pour obtenir des constructions rigides, efficaces, économiques et durables.

Comme l'illustre le schéma suivant (**Fig I.1**), les intervenants en génie civil doivent connaître les matériaux quel que soit le domaine d'activité.

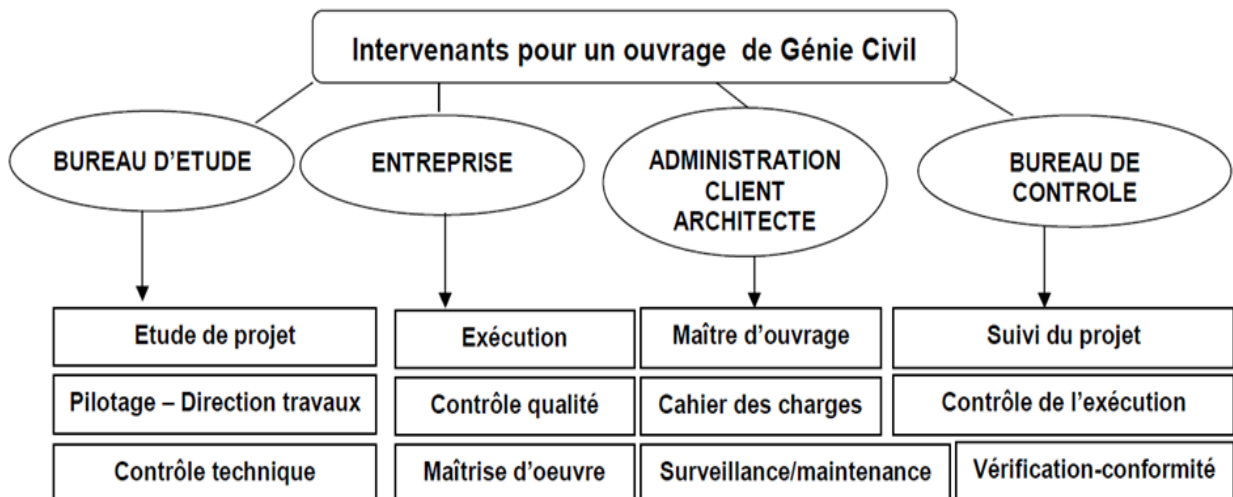


Fig I.1 : les intervenants et les matériaux de construction

I.2.2 Différents matériaux de construction

I.2.2.1 Le sable (Fig.I.2) [1]

On appelle sables, les matériaux granulaires inertes conformes à la NBN B 11-011.

Les sables naturels résultent :

- soit de la désagrégation naturelle de roches généralement siliceuses : ce sont les sables ronds
- soit du concassage de roches ou de gravier : ce sont les sables de concassage– soit du mélange de sables ronds et de concassage : ce sont les sables mixtes. Les sables artificiels sont des sables provenant du recyclage de résidus industriels ou de matériaux de construction.

La matière d'agrégation est un sable . En cas de mélange de plusieurs sables, le mélange composé répond aux exigences minimales du présent cahier des charges type.



Fig I.2 Sable

A) Sable naturel

Les sables naturels sont conformes au PTV 401 du CRIC (doc. Vici/Q/31). Ils sont certifiés BENOR ou Équivalent ; à défaut, les essais de réception technique préalable sont effectués.

Fig(I.3)



Fig I.3. : Sable naturel

B) Sable artificiel

Les sables artificiels (Fig I.4) sont conformes aux exigences du présent cahier des charges type et répondent, selon leur utilisation, aux prescriptions minimales reprises au C. 3.4.

Ils comprennent les matériaux suivants :

- C. 3.3.1. Laitier granulé
- C. 3.3.2. Sable de criblage de débris
- C. 3.3.3. Sable de concassage de débris
- C. 3.3.4. Mâchefers traités



Fig I.4. sable artificiel [2]

I.2.2.2 Le ciment [3]

1) **Définition** : le ciment est un liant hydraulique qui présente sous forme de poudres minérales, qui une fois additionnés d'eau, donne une masse dure, compacte, analogue à de la roche naturelle.

Le ciment est utilisé pour la fabrication de : mortier, béton, béton armé, béton préfabriqué, d'ouvrages en béton érigés et surface, sous terre, et sous l'eau.

Le ciment occupe la première place parmi les liants. Il est obtenu à partir de matières premières relativement bon marché et d'extraction facile, généralement à ciel ouvert et qui on le trouve facilement dans la nature.

Le ciment est obtenu par la cuisson, dans les fours rotatifs, jusqu'à un début de fusion, qui s'appelle clinkérisation, d'un mélange broyé, dosé et homogénéisé de calcaire et d'argile, dont les principaux éléments sont :

- le silicate tricalcique $3(\text{Ca O}) \text{Si O}_2$, désigné en langage cimentier par C_3S ;
- le silicate bi calcique $2(\text{Ca O}) \text{Si O}_3$, désigné par C_2S ;
- l'aluminate tricalcique $3(\text{Ca O}) \text{Al}_2\text{O}_3$, désigné par C_3A ;
- le Ferro-aluminate tétra calcique $4(\text{Ca O}) \text{Al}_2\text{O}_3\text{Fe}_2\text{O}_3$, désigné par C_4AF ;
- enfin, en très faible quantité : Mg O , S O_3 , etc.

f

Tous ces éléments existent dans les matières premières telles que :

- le calcaire CaCO_3 ; ou carbonate de calcium ;
- l'argile $2(\text{Al}_2\text{O}_3) \text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, ou silicate d'alumine hydratée ;
- l'oxyde de fer Fe_2O_3 ou Fe_2O_4

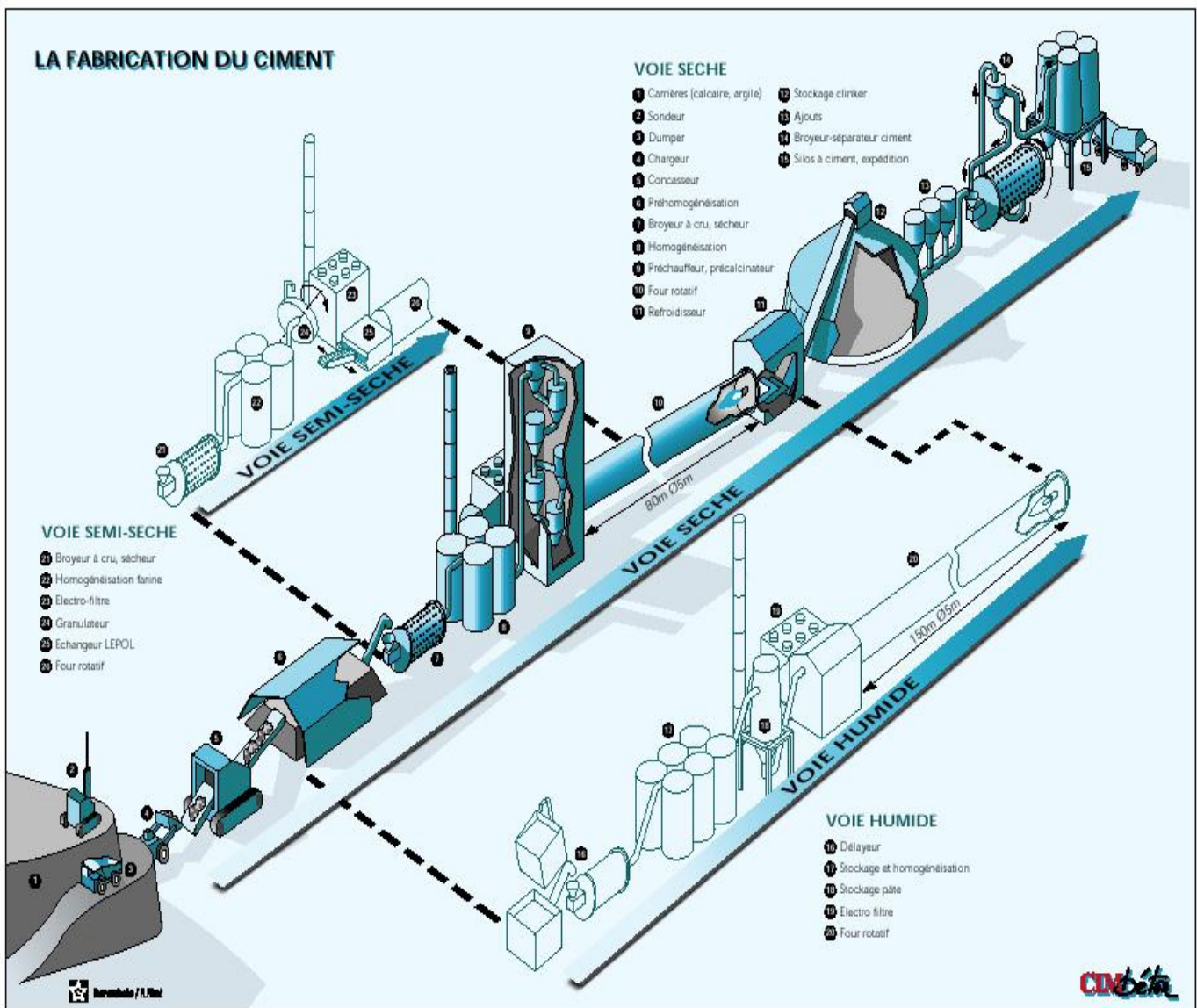
En général, on combine les pourcentages suivants: 90% de calcaire + 8,5% argile + 1,5% minéral de fer.

f

On peut représenter schéma de la fabrication du ciment comme ci-dessous :

f On peut représenter **schéma de la fabrication du ciment** [4]

comme ci-dessous :



Les principales phases de fabrication du ciment sont :

- a) préparation du cru
- b) traitement du mélange
- c) cuisson du mélange
- d) broyage du clinker

a) Préparation du cru [3]

Pour obtenir un produit homogène, il faut un mélange très intime des constituants, c'est à dire une division très poussée de la matière. C'est par concassage, broyage, ou délayage qu'on fragmente la matière en grains dont le plus gros ne doit dépasser 2/10 mm .

Avant d'entrer dans le circuit de préparation, on procède au dosage des matières premières entreposées.

La préhomogénéisation permet de préparer des stocks parfaitement dosés par superposition de multiples couches successives de matières. Le mélange du cru, peut être préparé en rapport du procédé de cuisson, soit par la voie sèche, soit par voie humide

b) Traitement du mélange [3]

Il existe quatre procédés qui diffèrent pour une raison d'économie d'énergie calorifiques :

Procédé par voie sèche :est le procédé le plus moderne. Dans ce cas la matière première est préparée sans ajouter d'eau, depuis le concassage jusqu'à la cuisson. La matière, pré homogénéisée, est traitée dans des broyeurs dans lesquels elle est en même temps séchée par un courant d'air chaud. Pulvérulente et sèche, elle est parfaitement homogénéisée dans des cuves par insufflation d'air comprimé, puis stockée en silos. Maintenant la poudre est prête pour la cuisson et les cimentiers l'appellent « farine ».

Procédé par voie semi séché c'est le procédé connu avant la voie sèche. Il consiste à granuler la matière première avec un apport d'une faible quantité d'eau, avant son introduction dans le four.

Procédé par voie semi humide c'est une amélioration de la voie humide ,toujours pour économiser l'énergie. Il consiste à essorer la pâte de manière à enlever le maximum d'eau en la faisant passer par des « filtres -presses ».

Dans ce mode on obtient un « gâteau » qui est transformé en « boudin » à travers une grille avant son introduction au four.

Procédé par voie humide

c'est la méthode plus ancienne. On additionné d'eau jusqu'à 30-35% et le mélange est traité dans des broyeurs-dérayeurs qui le transforment en pâte. Pompés dans les cuves, cette pâte est dosée et homogénéisée par agitation mécanique, combinée à un soufflage d'air comprimé. Stockées dans des bassins, où un brassage continu maintient son homogénéisation, la pâte est prête pour la cuisson.

c) Cuisson du mélange

Le mélange cru, soit poudre, soit pâte, est cuit dans le four de cimenterie, qui est le principal élément d'une usine de ciment.

La bas, il subit ses transformations pour aboutir à la formation du clinker. La matière circule à contresens des gaz de combustion, et elle est soumise à une augmentation progressive de la température, qui provoque ses transformations et atteint environ 1500°C dans la dernière section du four qui s'appelle zone de cuisson et où se produit la clinkérisation.

Le four est un cylindre métallique, dont la longueur varie de 50 à 200 m, et il est garni à l'intérieur de revêtements réfractaires. Il est légèrement incliné vers l'avant (3 à 3 °) et il est animé d'un lent mouvement de rotation (1 à 2 tours/minute), qui permet la progression de la matière, introduite par la partie haute, vers la partie basse, où se trouve le brûleur, alimenté au charbon, au fuel ou au gaz.

Les transformations de la matière se produisent, soit dans le four lui-même, soit dans des installations situées en amont du four.

On peut dire qu'il y a 3 zones dans l'installation de cuisson qui correspond aux ces trois transformations fondamentales de la matière :

- Dans la première zone, se produit la déshydratation, accompagnée d'un préchauffement de la matière. Elle est équipée d'échangeurs thermiques, appareils permettant le passage de la chaleur des gaz de combustion à la matière.
- La deuxième zone, est la zone de décarbonatation qui commence aux environs 900°C.
- La troisième zone est la zone de cuisson, qui début vers 1100°C, où la matière est cuite jusqu'à un début de fusion, c'est la clinkérisation.

d) Broyage du clinker [3]

A la sortie du four, le clinker, dont la température est supérieure à 1000 °C, est refroidi par un violent courant d'air sur une grille mobile, puis stocké.

Ont procédé alors au broyage du clinker. Pour ça, le mélange cuit, additionné ou non à des constituants secondaires et gypse, destinée à régulariser la prise pour obtenir le produit fini

le ciment qui se présente sous la forme d'une poudre extrêmement fine (30.000.000.000 de particules au cm³).

A tous les stades de fabrication, fonctionnement des appareils de dépoussiérage, qui permettent de réduire les nuisances au minimum. Dans les usines modernes, le transport et la manutention des matières se fait dans des installations fermées.

D'autre part des études très poussées ont notablement diminué les volumes sonores.

I.2.2.3 Grapiers [3]

1) Définition : les granulats sont des graines de sol avec les dimensions entre 0,08 mm et 80 mm. Au-dessous de 0,08 mm on trouve les fillers, farines ou fines ; et au-dessus de 80 mm on trouve les moellons ou les galets. (Fig I.5)

Les granulats sont des éléments constituants inertes, qui entrent dans la composition des mortiers et des bétons, en constituent leur squelette. Les granulats sont généralement moins déformables que la matrice de ciment et ils améliorent la résistance de la matrice, en s'opposant à la propagation des microfissures provoquées dans la pâte de ciment par le retrait. La nature de ces liaisons qui se manifestent à l'interface granulat - pâte de ciment, conditionnent les résistances mécaniques des mortiers et bétons.



Fig I.5 Grapiers [6]

2)- Définition des termes [3]

a) Classes granulaire : un granulat est caractérisé du point de vue granulaire, par sa classe d/D cela signifiant que (d) désigne la plus petite dimension et (D) la plus grande dimension des grains (par exemple : 20/40 mm)

b) Granulat élémentaire : est un granulat entièrement retenu sur le tamis $D(i)$; et passant entièrement à travers le tamis $D(i+1)$; où $D(i)$ et $D(i+1)$ sont dimensions nominales consécutives;

c) Granulat composé : est un mélange de deux ou plusieurs granulats élémentaires différents, tous les granulats commerciaux entrent dans la classe des granulats composés.

3)- Les types de granulats

Les granulats utilisés sont soit d'origine *naturelle*, soit *artificiels*.

A) Les granulats naturels (Fig I.6)

Origine minéralogique : la nature du matériau est caractérisée par la roche constituant les grains. Parmi les granulats, le plus utilisées proviennent de roches sédimentaire, siliceuses ou calcaires, de roches métamorphiques telles que les quartz et quartzites ; ou des roches éruptives telles que les basaltes, les granites ou les porphyres.



Fig I.6 Les granulats naturels [7]

Indépendant de leur origine minéralogique on classe les granulats en deux catégories :

- les granulats *alluvionnaires*
- les granulats *concassées*

Les granulats alluvionnaires : dits roulés, sont d'origine sédimentaire, dont la forme a été acquise l'érosion ; parmi ce type de granulats, on peut trouver les catégories suivantes :

Les granulats de rivière : ils proviennent de la ségrégation naturelle de roche comme : granites, gneiss, grès, etc. Les parties tendres de ces roches ont disparu, tandis que les parties dures ont subi usure progressive, à cause de la vitesse de courant, qui en effet a ainsi provoqué la séparation des particules en éliminant les fines. Il est donc recommandé de compléter leur granulométrie pour la fabrication du béton.

Les granulats de carrière : ils proviennent de dépôts géologiques ou de bancs alluvionnaires et contiennent un pourcentage de fins, plus élevé que les précédents, mais généralement ont une granulométrie très étendue.

Les granulats de dunes : ils sont constitués par des matériaux très fins, généralement siliceux, accumulés par le vent. Leur emploi est très limité.

o **Les granulats de mer :** ils peuvent être utilisés à condition d'être lavés et exemptés de coquillage. Ils contiennent des sels minéraux qui risquent de provoquer des efflorescences ultérieures à la surface des travaux en élévation.

Les granulats concassés : sont obtenus par abattage de concassage, ce qui leur donne des formes angulaires. Ils proviennent de roche saines, dures, compactes, résistante au gel et indécomposable. A cause de concassage, ils contiennent plus d'éléments fins que les granulats roulés, demandent donc plus d'eau de gâchages. Parmi ce type de granulats, on peut trouver les catégories suivantes :

o **Les basaltes** – sont roches éruptives de très bon qualité pour les bétons .

o **Les calcaires** – ils sont attaquables par des acides. Les calcaires durs donnent de bons granulats concassés, mais ils sont à éviter pour des bétons dans le milieu agressif .

o **Les granites** – ils s'altèrent avec le temps, mais les pierres compactes non fissurés peuvent fournir des bons granulats pour le béton .

o **Les grès** – le type de grès trop poreux est friable (qui peut être aisément réduit en poudre) ne sont pas bons pour les bétons donc seuls les grès durs sont utilisable .

o **Les marbres** – ils donnent de très bons granulats, mais ils sont trop chers .

o **Les quartz** – ils sont constitués par de la silice cristallisée qui donne des granulats durs, peu déformables .

o **Les porphyres** – ils fournissent un matériau dur, surtout sous la forme de gravier, très bons pour le béton

- Dans le cas des granulats concassés une phase de criblage est indispensable à l'obtenir de granulats propres. Après ça, différentes phases de concassage aboutissent à l'obtenir des classes granulaires souhaitées.
- Si la plupart des roches conviennent à la production de granulats pour béton, certaines nécessitent des essais préalables en laboratoire pour apprécier leur aptitude à l'emploi.

B) Les granulats artificiels (Fig I.7) [3]

D'habitude ils proviennent de produits obtenus par cuisson, suivie éventuellement par de concassage.



Fig I.7 : granulats artificiels [5]

Parmi ce type de granulats on peut trouver les suivantes :

Le laitier : (ou scorie de haut fourneau, résidu provenant de la fusion des minerais métallique) concassé et le laitier granulé obtenu par refroidissement à l'eau. La masse volumique apparente est supérieure à 1250 kg/m³ pour le laitier concassé et d'environ 800 kg/m³ pour le laitier granulé. Ces granulats sont utilisés notamment pour les bétons routiers ou pour les bétons réfractaires en conformité avec les normes : NFP 18.302 et NPF 18.306.

Les cendrées et cendres volantes : proviennent de chaudières industrielles à charbon
Les briquillons : sont obtenus par le concassage de terre cuite telle que vieilles briques provenant de démolition .

Les granulats lourds : sont élaborés industriellement et ont des hautes caractéristiques. Il s'agit de granulats élaborés spécialement pour répondre à certains emplois ou de granulats

très durs pour renforcer la résistance à l'usure de dallages industriels . Ils s'appellent :la barytine, la magnétite, la limonite, la pyrite de fer, ainsi que les déchets ferreux, acier, fonte, ayant des densités de 4000 à 7000 kg/m³.

2) Caractéristiques des granulats [1]

Les caractéristiques géométriques

Classification normalisées des granulats

Classification des granulats selon leur taille [1]

Les granulats sont classés en fonction de leur granularité déterminée par analyse granulométrique sur des tamis de contrôle à mailles carrées dans une série normalisée. La norme algérienne NA 452 classe les granulats en trois catégories suivant leurs dimensions, qui vont de 0.08 mm à 80 mm . Nous trouverons les sables, les graviers ou gravillons, et les cailloux. Au-delà des limites indiquées c'est le domaine des fines et des moellons .

le **tableau I.1** indique le classement normalisé des granulats en fonction de leur taille.

granulat		Ecartement des Mailles des tamis (mm)	Diamètre des tous des passoires (mm)
fines		< 0.08	
Sable	Fins	0.08 / 0.315	
	Moyens	0.315 / 1.25	
	gros	1.25 / 5.00	
Graviers	Fins		6.3 / 10
	Moyens		10 / 16
	gros		16 / 25
Cailloux	Petits		25 / 40
	Moyens		40 / 63
	gros		63 / 80
Moellons		> 80	

Tableau I.1 : Classification normalisée des granulats [1]

3) Module de finesse :

Les sables doivent présenter une granulométrie telle que les éléments fins ne soient ni en excès, ni en trop faible proportion. S'il y a trop de grains fins, il sera nécessaire d'augmenter le dosage en eau du béton tandis que si le sable est trop gros, la plasticité du mélange sera insuffisante et rendra la mise en place difficile. Le caractère plus ou moins fin d'un sable peut être quantifié par le calcul du module de finesse (M_f). Celui-ci correspond à la somme de pourcentages ($\frac{1}{100}$) de la somme des refus cumulés, exprimés en pourcentage, sur les différents tamis de la série suivante: 0.16 - 0.315 - 0.63 - 1.25 - 2.5 - 5.0 (mm), (La norme NF P 18-304).

Pour les sables on peut définir :

Sable très fin $\rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow (1 < M_f < 1.5)$

Sable fin $\rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow (1.5 < M_f < 2)$

Sable moyen $\rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow (2 < M_f < 2.5)$

Gros sable $\rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow (M_f > 2.5)$

CHAPITRE II
Généralités sur les broyeurs

II.1. Généralités sur les broyeurs

Le broyeur est une machine de broyage utilisée par l'homme pour synthétiser des matériaux. Actuellement le broyage sert à réduire la taille des particules de nombreux matériaux. à homogénéiser les poudres. A modifier la forme des particules et à produire des alliages amorphes, des composés intermétalliques ainsi que d'autres matériaux difficiles à synthétiser par des techniques conventionnelles.

Le broyage est aussi capable de produire des poudres dans un état hors équilibre soit par accumulation d'énergie mécanique ou par accélération de la diffusion à travers l'interface entre les éléments. Cette technique peut être adaptée pour l'étude du changement structural dans des réactions à l'état solide. Telles que les transformations de phases.

Les broyeurs à haute énergie les plus utilisés en laboratoire comportent un (ou plusieurs) conteneur(s) dans lequel (lesquels) sont placés de la poudre et des billes différents broyeurs. et sont de type :

- broyeur horizontal.
- broyeur planétaire.
- broyeur vibrant.
- Les broyeurs dits à haute énergie. dans lesquels les billes sont en majorité et en permanence en mouvement relatif.

Les caractéristiques de la charge introduite dans le conteneur (c'est-à-dire nombre, taille, densité des billes, quantité de poudre) varient selon le broyeur qui est mis en œuvre pour la solliciter. Les conteneurs sont agités vigoureusement.

II.2. Mode de broyage [11]

Dans le broyage il y a quatre types qui sont (**Fig.II.1**):

- la percussion,
- l'impact
- la pression ou écrasement

Le mode de broyage par percussion met en jeu l'énergie cinétique du milieu de broyage (parois et projectiles constitués de billes par exemple) ou celle des grains de poudre « en vol » dans l'enceinte du broyeur. L'intensité de l'énergie cinétique du corps broyant sur un grain ou d'un grain projeté sur une paroi conditionne la capacité du choc produit à fragmenter le grain en question. Sous les sollicitations imposées par percussion ou par impact, les grains du matériau, sont sujets à un mécanisme de fragmentation par rupture globale de leur volume. Cela réduit substantiellement la

taille des grains. Ces modes de broyage permettent de produire une distribution granulométrique monomodale avec une population de grains assez large.

Dans le mode par écrasement, les grains sont soumis à des forces normales. Les contraintes sont concentrées dans un volume partiel à la surface de la particule. Ainsi le grain initial s'arrondit, et beaucoup de fines particules sont produites. Les broyeurs basés sur l'écrasement compriment les particules entre deux surfaces dont l'écartement mutuel diminue. Toutefois le mode de broyage par frottement de grains du matériau entre eux ou entre deux billes existe aussi dans les broyeurs classiquement utilisés (broyeurs à boulets). Dans ce cas, la force appliquée est majoritairement tangentielle à la surface de la particule. Cela mène à la production de beaucoup de fines particules due à l'érosion progressive de la surface des grains. De cette manière, la poudre obtenue présente une distribution de grains bimodale, car elle contient des grains de poudre dont la taille est proche des grains initiaux, ainsi que des grains très fins.

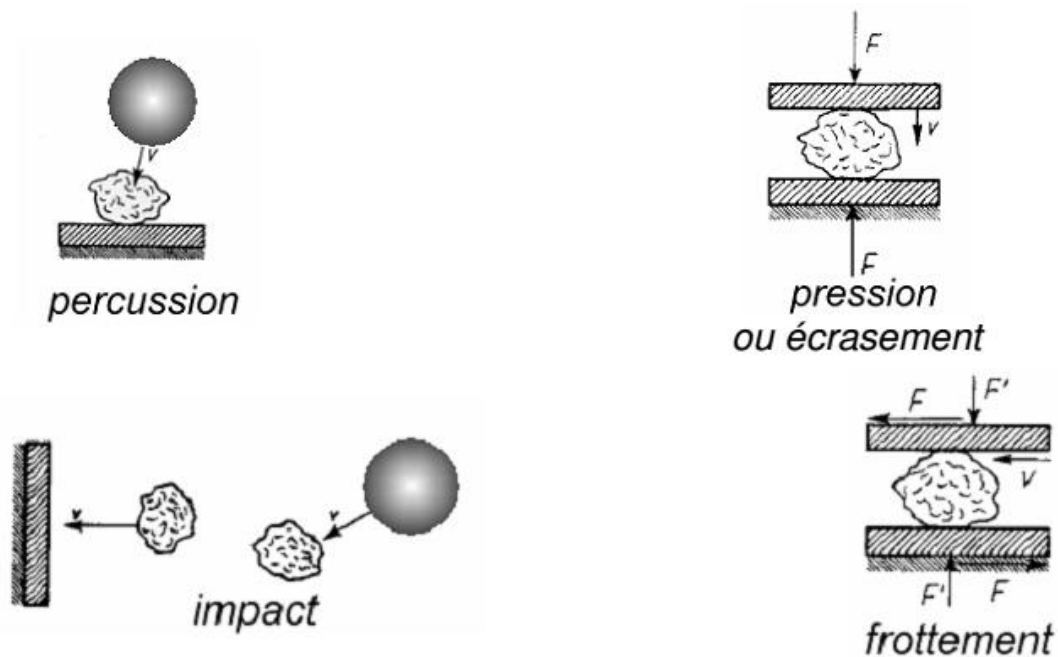


Fig.II.1. Modes de broyage d'un grain de poudre [11]

II.3. Différents types de broyeurs

II.3.1 Broyeur vertical [9]

Le broyeur vertical est de type attriteur (**Fig.II.2**). Il est constitué par une cuve traversée par un axe équipé de bras (vertical à cet axe) qui brassent les billes et les poudres. L'axe tourne à une vitesse de l'ordre de 300 à 500 tours par minute. Ce broyeur peut être utilisé pour la production d'un volume modéré de poudre avec un temps de broyage relativement court de l'ordre de quelques heures.

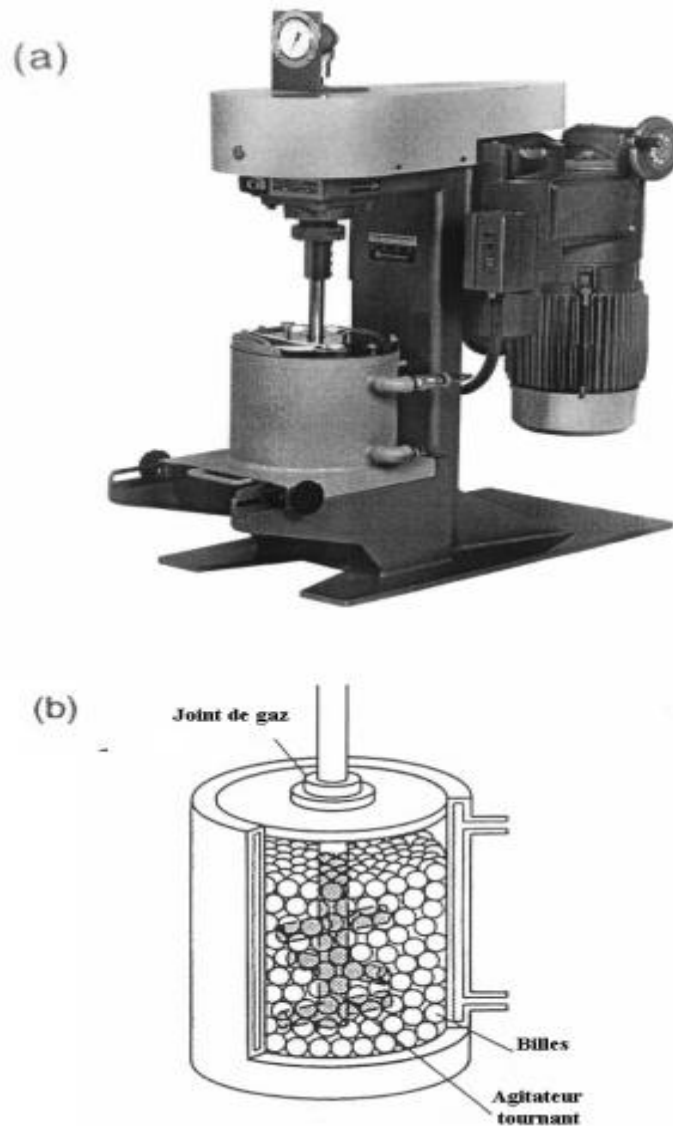


Fig. II.2.Broyeur vertical [9]

a) Schéma du broyeur, b).représentation schématique du brassage poudre-bille

II.3.2 Broyeur vibratoire [9]

Le principe de ce broyeur réside dans la mise en mouvement du contenu de la jarre (poudres + billes) dans trois directions orthogonales, à une vitesse de rotation de l'ordre de 1200 tr/mn, mais plus prononcé dans une direction avec une fréquence de l'ordre de 20 Hz. Ce type de broyeur connu généralement sous le nom de SPEX 8000 (**Fig.II.3**), peut traiter une petite quantité de poudre dans un temps relativement court.



Fig. II.3. Schéma du broyeur Spex 8000 [9]

II.3.3 Broyeur planétaire

Les broyeurs planétaires sont les plus utilisés dans les laboratoires, car ils nécessitent une petite quantité de poudre (de l'ordre de quelques grammes). Ces broyeurs qui sont généralement de type 'Fritsch Pulvérisette' P7 ou P5, fonctionnent selon le même principe mais diffèrent par leurs vitesses de rotation et leurs capacités (volume et nombre des jarres).

Dans ce type de broyeurs, les jarres tournent autour d'un axe vertical dans le sens inverse du plateau qui les porte à une vitesse de l'ordre de 20 tours/seconde (**Fig.II.4**). Les forces centrifuges créées par les rotations des jarres et du plateau sont appliquées au mélange de poudre et aux billes dans les jarres. Ainsi, les poudres sont fracturées et soudées sous une grande énergie d'impact.



Fig. II.4. Schéma des broyeurs planétaires P5 et P7 [9]

II.3.4 Broyeur horizontal contrôlé par une force magnétique

Ce broyeur fonctionne généralement en mode faible énergie . Il a le même principe que le broyeur planétaire mais dont le mouvement des billes est contrôlé par un champ magnétique externe généré par des aimants ou des aimants permanents. Ce champ magnétique agit sur les billes ferromagnétiques.

II.2.5 Broyeur vibrant vertical [9]

Le broyeur vibrant vertical est de type P₀ (Fig.II.5) . Son intensité qui est proportionnelle au dommage crée par la bille, a la dimension d'une accélération et est donnée par la relation suivante :

$$I = (m_b/m_p) V_{\max} f \quad (1.1)$$

avec

V_{\max} : la vitesse de la bille lors de l'impact ;

f : la fréquence des chocs ;

m_b et m_p ; sont les masses des billes et de la poudre respectivement.



Fig. II.5. Schéma du broyeur planétaire de type pulvérisette (P0)

II.3.6 Broyage a haute énergie [10]

Le broyage mécanique à haute énergie également appelé mécano-synthèse a été développé dans les années 60, par John Benjamin pour réaliser des dispersions d'oxydes ($\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Y}_2\text{O}_3$) dans des alliages de nickel dans le but de renforcer leurs propriétés mécaniques. A partir des années 80, cette technique fut utilisée pour réaliser des alliages amorphes, des solutions solides sursaturées constituées d'éléments immiscibles et des matériaux nano-structurés. La technique de mécano-synthèse a un potentiel d'application assez vaste.

Elle permet d'obtenir des structures uniques avec des coûts d'élaboration peu élevés. C'est pourquoi elle a connu un véritable essor dans les années 1980 et 1990.

Deux terminologies sont employées pour définir le broyage à haute énergie : on parle de mécano-synthèse ("mechanical alloying" en anglais), quand les poudres initiales ont une composition différente de celle(s) d'arrivée, et de "mechanical milling", dans le cas contraire.

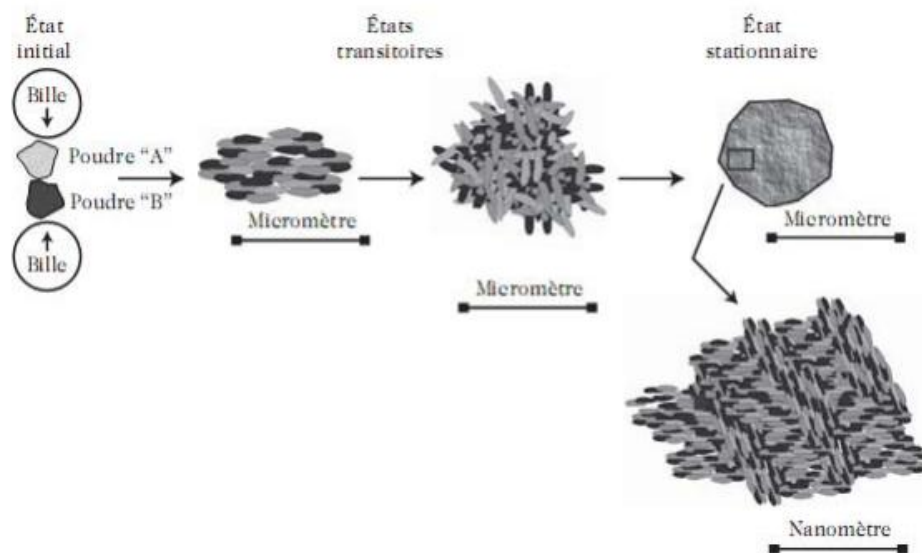


Fig. II.6.Schéma de principe du broyage à haute énergie [10]

II.3.6.1 Principe [10]

Le broyage à haute énergie consiste à agiter plus ou moins violemment, une poudre et des billes contenues dans une enceinte étanche. Sous l'effet des collisions, les grains de poudre sont alternativement déformés plastiquement, fracturés et recollés les uns aux autres, conduisant à un mélange des différents constituants. C'est le rapport des fréquences de fracture et de collage qui fixe la taille finale des agrégats de poudre. Ces trois phénomènes sont à l'origine de l'obtention d'une structure nanocristalline. La poudre subit donc, au cours du broyage, de sévères déformations plastiques qui engendrent la formation de nombreux défauts ponctuels (lacunes, interstitiels...), ainsi que des bandes de cisaillement constituées de réseaux de

dislocations. Les dislocations se réorganisent en parois par annihilation et recombinaison afin de former des sous-joints, et donc des sous-grains

II.3.7. Exemples des Gammes des broyeurs disponibles

II.3.7.1. Grande Capacité ou industrielle

Comme exemple, plusieurs broyeurs sont utilisés pour le broyage du clinker. Plusieurs types de broyeurs sont employés : le tube-broyeur à boulets (**Fig. I.7a**), le broyeur vertical à galets (**Fig. I.7b**), le broyeur haute pression à rouleaux (**Fig. I.7c**) et le broyeur horizontal à rouleau (**Fig. I.7d**). Chaque type de broyeur assure le broyage des grains de poudre grâce à la combinaison des modes de fragmentation cités dans la partie précédente : la percussion, l'impact, l'écrasement et le frottement. Ainsi le broyeur à boulets utilise les modes d'impact, de percussion et de frottement, les broyeurs à galets utilisent la pression et le frottement, les broyeurs haute pression à rouleaux et le broyeur horizontal à rouleau utilisent la pression.

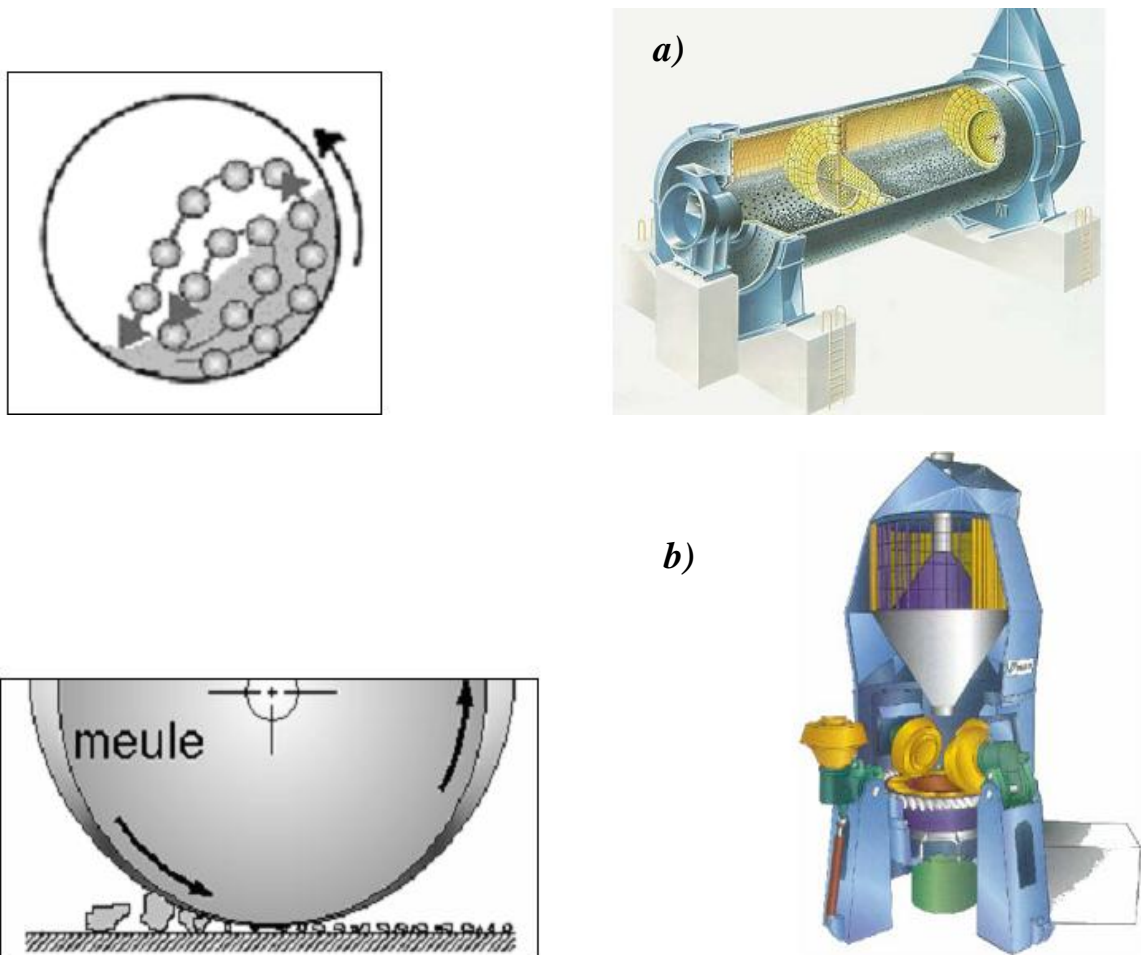
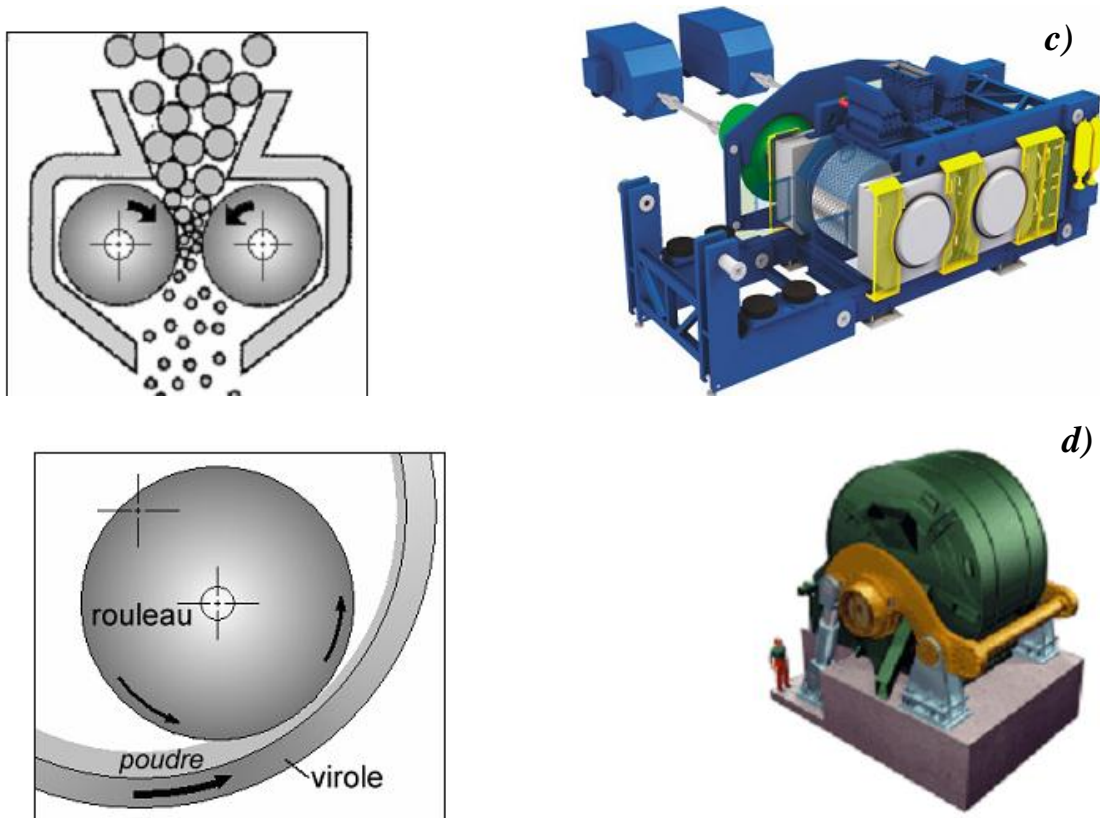


Fig.II.7. Différents types de broyeurs utilisés pour le broyage du clinker [11]

a) tube-broyeur à boulets à deux compartiments,

b) broyeur vertical à galets



Suite Fig.II.8 Différents types de broyeurs utilisés pour le broyage du clinker [11]

c) broyeur haute pression à rouleaux, « high pressure grinding rolls »,

d) broyeur horizontal à rouleau

II.3.7.2. Moyenne Capacité

Différents types d'équipements de broyage à énergie élevée, sont utilisés pour la production mécanique de poudre d'alliages . Ils diffèrent par leurs capacité et leur efficacité de broyage. Certains d'entre eux peuvent également être équipés de systèmes de chauffage ou de refroidissement.

Broyeur d'Attritor : Le principe de ce broyeur conventionnel à billes est basé sur un broyage horizontal par des billes de très petites dimensions . Lors de la rotation du bloc, les billes heurtent les grains de poudre, les désagrègent pour aboutir à des grains très fins. L'efficacité du broyage augmente avec la vitesse de rotation. Ce broyeur permet de traiter une large gamme de quantités de poudres (de 0,5 à 40 kg)(Fig. II.9).



Fig. II.9 Broyeur d'Attritor

II.3.7.3. Petite Capacité ou laboratoire

a) **Broyeur planétaire** : Ce broyeur planétaire est conçu pour la synthèse des matériaux à l'échelle expérimentale. Il permet la synthèse des quantités de poudres de petite masse (**Fig. II.10**). Les blocs de ce type de broyeur sont arrangés sur un disque tournant ; un mécanisme spécial d'entraînement les fait tourner sur leur propre axe . La force centrifuge produite lors de cette rotation permet aux billes de broyer la poudre. L'ensemble peut tourner dans les deux directions. Le bloc et les billes peuvent être de huit types de matériaux différents (agate, silicone nitrite, corindon aggloméré, zirconium, acier chromé, acier de Chrome-Nickel, carbure de tungstène, plastique de polyamide).



Fig. II.10 Image du broyeur planétaire

- b) **Broyeur SPEX shaker** : Le broyeur shaker est identique au broyeur SPEX, il peut broyer des poudres de masse comprise entre **10 et 20g (Fig. II.11)**. Il est communément utilisé par certains laboratoires de recherches, il est composé d'un seul block contenant l'échantillon et des boules .



Fig. II.11 Broyeur SPEX shaker

II.3. Principe de fonctionnement des broyeurs

Le broyeur est une machine de broyage utilisée par l'homme pour synthétiser des matériaux . actuellement le broyage sert à réduire la taille des particules de nombreux matériaux, à homogénéiser les poudres, à modifier la forme des particules et à produire des alliages amorphes des composés intermétalliques ainsi que d'autres matériaux difficiles à synthétiser par des techniques conventionnelles . Le broyage est aussi capable de produire des poudres dans un état hors équilibre soit par accumulation d'énergie mécanique ou par accélération de la diffusion à travers les interfaces entre les éléments . cette technique peut être adaptée pour l'étude du changement structural dans des réactions à l'état solide , telles que les transformations de phases .

Lors de la rotation des jarres, les grains de poudres sont piégés et écrasés entre les billes et la paroi des jarres, puis s'allongent sous l'effet de la pression (**Fig.II.12**). Les particules sont soumises à déformation plastique accompagnée d'un durcissement et d'une augmentation de l'énergie locale du système à cause des nouvelles fractures des surfaces, suivies d'une augmentation locale de la température qui peut provoquer des transformations. Les grains de poudres subissent des processus de morcellement et de soudage successifs.

Pendant chaque choc, des milliers de particules environ participent à cette action. Ainsi, les petits grains ont tendance à augmenter leur taille par ressoudage alors que les gros grains ont une grande

probabilité d'être fracturés (**Fig.II.13**). Les études faites sur l'augmentation de la température locale d'un grain de poudre soumis à un cisaillement intense, ont montré l'existence de deux seuils énergétiques au cours des chocs bille-bille ou bille-paroi. Le premier se présente comme étant le minimum nécessaire pour amorphiser un système donné et le second comme étant un maximum au-delà duquel le système se cristallise partiellement.

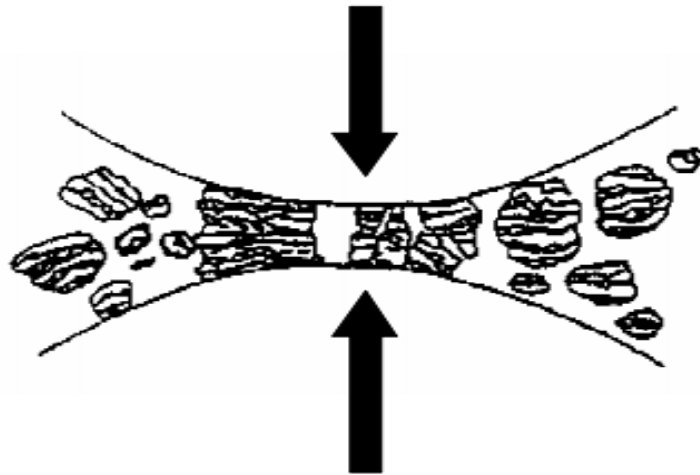


Fig.II.12 Fracture dynamique et ressoudage des poudres lors d'un choc bille-bille [9]

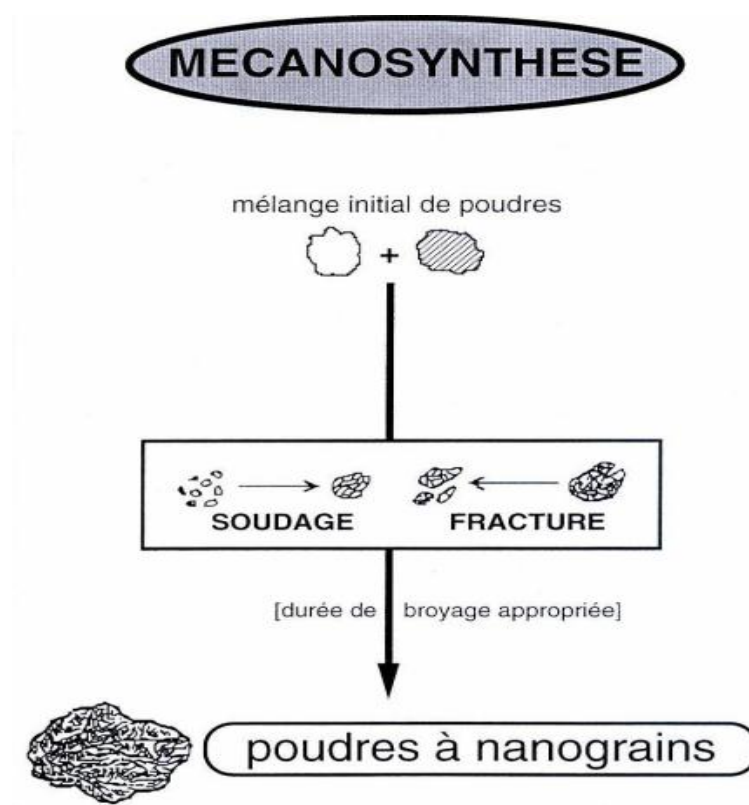


Fig.II.13. Principe de la mécano-synthèse [9]

Les modélisations des déformations induites au cours du broyage ont été basées sur le fait que deux poudres ne peuvent se souder que si elles ont été déformées plastiquement.

Ainsi, si les poudres ont des duretés différentes, le soudage est retardé jusqu'à l'obtention d'une même dureté. Un autre type de modélisation a permis de décrire la morphologie des poudres sans tenir compte des changements de phase produits .

En se basant sur le fait que la structure et la taille des grains dépendent essentiellement des propriétés mécaniques des poudres initiales, il convient donc de classer les mélanges de poudres comme suit :

II.3. 1 Mélanges de poudres ductiles-ductiles [9]

Le broyage des poudres ductiles conduit à la formation d'une structure lamellaire alternée de deux éléments. Cette structure se développe en créant des interfaces nécessaires au mélange . Les lamelles s'affinent en fonction du temps de broyage jusqu'à ce qu'elles ne soient plus détectables et l'espace inter lamellaire diminue avec un broyage continu.

L'homogénéité des poudres, mesurée par l'épaisseur moyenne des lamelles, est bien approchée par une fonction logarithmique du temps , et est obtenue après un long temps de broyage.

II.3.2 Mélanges de poudres ductiles-fragiles

Au cours du broyage, les particules fragiles se fragmentent. Or, le broyage ne se réalise que lorsque les fragments deviennent suffisamment petits pour favoriser la diffusion à courte distance et que les éléments fragiles auront une certaine solubilité dans la matrice. Les fragments formés se mélangent aux particules ductiles. Dans le cas où les particules fragiliseraient insolubles dans la matrice, une fine dispersion de la phase fragile dans la matrice ductile se produit, tel est le cas des superalliages à base de nickel renforcés par la dispersion d'oxydes .

II.3.3 Mélanges de poudres fragiles-fragiles

Dans ce cas, le broyage ne conduit qu'à une réduction de la taille des particules sans un mélange réel des éléments. Cependant, dans certains cas, des solutions solides d'éléments fragiles ont pu être élaborées .Il a été montré qu'il est plus facile d'élaborer des alliages partir de poudres ayant des propriétés voisines plutôt qu'à partir des poudres dont les propriétés sont complètement différentes.

II.4. Conclusion

A travers ce chapitre, une vue globale sur les différents types de broyeurs ainsi leur principe de fonctionnement est présenté les figures.

CHAPITRE III
Généralités sur la Maintenance

II.1 Généralités

II.1.1 Introduction

La recherche des performances des systèmes de production devenus complexes même la fonction maintenance à être responsable de la garantie de la disponibilité de tels systèmes. Cette garantie doit être assurée dans des conditions financières optimales.

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

II.1.2 Définition et objectifs de la maintenance[13]

La maintenance est «l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de gestion durant le cycle de vie d'un bien, des tinée à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise».

L'expérience a montré que toute usine, entreprise ou unité de production n'est jamais bénéficiaire si elle applique une mauvaise maintenance ou elle la néglige, ceci s'explique par la mauvaise connaissance de la vie de matériel, par la négligence des opérations d'entretien et par le manque de soucis de maintenir l'outil de production en bon état. Ces facteurs sont les causes des pertes considérables et des déficits remarquables.

Pour éviter des situations pareilles et dégager des bénéfices, les responsables de l'entreprise accomplis le rôle important de la maintenance. En effet la concurrence est devenue de plus en plus rude voir farouche; toutes les entreprises sont tenues à appliquer la maintenance grâce aux objectifs qu'elle présente:

- Contribuer à assurer la production prévue.
- Contribuer à maintenir le niveau de qualité du produit fabriqué.
- Contribuera respect des délais.
- Respecter les objectifs humains: conditions de travail et de sécurité.
- Préserver l'environnement.

II.1.3 Les phénomènes précurseurs de pannes

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

- Usure, visible notamment par des limailles, débris, des poussières, du jeu...
- Oxydation d'organes, de pièces ou des traces d'oxydation.
- Connexions électriques, mécaniques ou hydrauliques relâchées, défailtantes.
- Vibrations anormales, inhabituelles.
- Fuites de fluides, d'air comprimé...
- Echauffements, odeurs ou couleurs particulières et inhabituelles.
- Résultats dégradés; dérivés des spécifications des pièces, besoins de réglages fréquents.

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

II.2.3. Types de maintenance

Les principaux types de maintenance sont: la maintenance préventive et la maintenance corrective.

II.2.3.1. maintenance préventive

C'est une maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu.

II.2.3.1.1 Objectifs de la maintenance préventive [12]

Les Objectifs de la maintenance préventive sont:

- Augmenter la durée de vie de matériels et de la sécurité.
- Diminuer la probabilité des défaillances en service.
- Prévenir et aussi prévoir les interventions de maintenance corrective.
- Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions (gestion de la maintenance).
- Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiants...etc.
- Supprimer les causes d'accidents graves,
- Diminuer les travaux urgents.

II.2.4 opérations de la maintenance préventive [13]

Elles peuvent être regroupées en trois familles: les inspections, les contrôles, les visites. Elles permettent de maîtriser l'évolution de l'état réel du matériel. Elles peuvent être effectuées de manière continue ou à des intervalles, prédéterminés ou non ,calculés sur le temps ou le nombre d'unités d'usage.

II.2.4.1.inspection

Activité de surveillance s'exerçant dans le cadre d'une mission définie. Elle peut être effectuée sous forme de «rondes» et à pour but la détection de défaillances mineures:

- Défauts de lubrifications(contrôle des niveaux).
- Défauts de pression, de température, de vibration.
- Détection visuelles de fuites, détection d'odeurs, de bruits anormaux.
- Dépannages simples: réglage de tension de courroie, échanges de lampes.

Les activités d'inspections sont en générale exécutées sans outillages spécifique et ne nécessitent pas d'arrêt de l'outil de production ou des équipements.

II.2.4.2. Visite [13]

Activité consistant en un examen détaillé et pré-déterminé de tout ou partie des éléments d'un bien. Elle peut entraîner certains démontages et déclencher des opérations correctives des anomalies constatées.

II.2.4.3. Contrôle [13]

Vérification de la conformité par rapport à des données préétablies, suivi d'un jugement comme contrôle du jeu fonctionnel dans un mécanisme.

II.2.5 Types de maintenance préventive

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

II.2.5.1 La maintenance préventive systématique

C'est une maintenance préventive effectuée selon un échéancier établi suivant le temps ou le nombre d'unités d'usage (AFNOR). [13]

La mise en pratique de cette maintenance nécessite de décomposer les machines en éléments maintenables. Ces éléments doivent être visités ou changés périodiquement. La périodicité de ces visites s'établit par l'étude des lois de durée de vie. On harmonisera ces périodicités de façon à les rendre multiples les unes des autres. Des gammes d'entretien seront élaborées de façon à préciser le travail à exécuter par l'équipe de maintenance, un rapport sera rédigé mettant en relief les résultats des diverses mesures et les observations.

L'intérêt de cette méthode est de diminuer les risques de défaillance. Ceux – ci restent néanmoins possibles entre deux visites.

II.2.6 Les opérations de la maintenance préventive systématique [13]

II.2.6.1 Remplacement

- De l'huile des boîtes vitesses, des réducteurs, des mécanismes en mouvement.
- Des filtres (air, huile, carburant,).
- Des pièces d'usure normale (plaque de glissière, plaquettes de freins, disques d'embrayage, courroie de transmission ...).
- Des roulements, paliers de rotation.
- Des ressorts et d'autres pièces sujets à un phénomène de fatigue mécanique et électrique.

II.2.6.2 réglage de l'étalonnage

- Des jeux de glissières ou des cales d'ajustement.
- Des tensions des courroies.
- Des niveaux de pression hydraulique et pneumatique.

II.2.6.3 contrôle de l'état général

- Des divers blocages.
- Des niveaux d'huile.
- Apparence d'usure ou de fissure.

II.2.7. La maintenance préventive conditionnelle

C'est une maintenance préventive subordonnée à un type d'évènement prédéterminé (auto-diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure...), elle consiste à surveiller et de façon continue l'état de fonctionnement d'un équipement et son comportement avec le temps. On l'appelle aussi la maintenance prédictive.

Les objectifs de la maintenance préventive conditionnelle sont : éviter les démontages inutiles liés au systématique qui eux-mêmes peuvent engendrer des défaillances, accroître la sécurité des biens et des personnes, éviter les interventions d'urgences en suivant l'évolution dans le temps des débuts d'anomalies, afin d'intervenir dans les meilleures conditions.

II.2.8. Avantages et inconvénients de la maintenance préventive [13]

II.2.8.1. Avantages

Investir dans l'entretien préventif comporte une foule d'avantages pratiques:

II.2.8.1.1. Prolongation de la durée de vie du matériel

Les équipements étant suivis inspecté régulièrement, on élimine au fur et à mesure de leur apparition des défauts mineurs qui pourraient les endommager. Avec un entretien conditionnel, on peut même étirer la durée de l'opération des pièces de façon optimale car on suit leur état de fonctionnement sans les remplacer de façon systématique.

II.2.8.1.2. Amélioration de la productivité de l'entreprise

La réduction du nombre d'arrêt imprévus de production et la planification des heures de réparation pendant les heures creuses de production, permettent une optimisation de la productivité de l'entreprise.

II.2.8.1.3. Coût de réparation moins élevé

Une pièce trop usée ou qui casse, endommage d'autres pièces et occasionne souvent des dégâts et des coûts de réparation supérieurs à ceux d'une réparation effectuée avant rupture. Une réparation en catastrophe effectuée en urgence, se paie beaucoup plus cher qu'une Intervention programmée.

II.2.8.1.4. Diminution des stocks de production

La probabilité du nombre des pannes catastrophiques pour la production étant limitée, il n'est plus nécessaire de se créer un stock important pour pallier à l'éventuel délai de production.

II.2.8.1.5. Limitation des pièces de rechange

Le risque de panne étant détecté à l'avance, la remise en état étant planifiée, la liste des pièces de rechange peut être allégée. De plus, celles-ci seront commandées dans de meilleures conditions de prix et de délais.

II.2.8.2. inconvénients [13]

- Remplacement de pièce en bon état dans le cas de maintenance systématique.
- Les types auto maintenance et conditionnelle nécessitent une équipe de maintenance formée en analyse vibratoire et en essais non destructifs (un niveau de technologie plus élevé).

II.2.9. maintenance corrective

Selon la norme AFNOR X 60-010 : "maintenance effectuée après défaillance". C'est une politique de maintenance (dépannage ou réparation) qui correspond à une attitude de réaction à des événements plus ou moins aléatoires et qui s'applique après la panne. Ce qui ne veut pas dire obligatoirement que celle-ci n'a pas été « pensée ».

II.2.9.1 Types de la maintenance corrective

II.2.9.1.1 maintenance palliative

Est un ensemble d'activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement une fonction ou partie d'une fonction. Elle est appelée couramment dépannage.

II.2.9.1.2 La maintenance curative [13]

Est un ensemble d'activités de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans un état spécifié ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise. Le résultat des activités réalisées doit présenter un caractère permanent. Elle est appelée Couramment réparation.

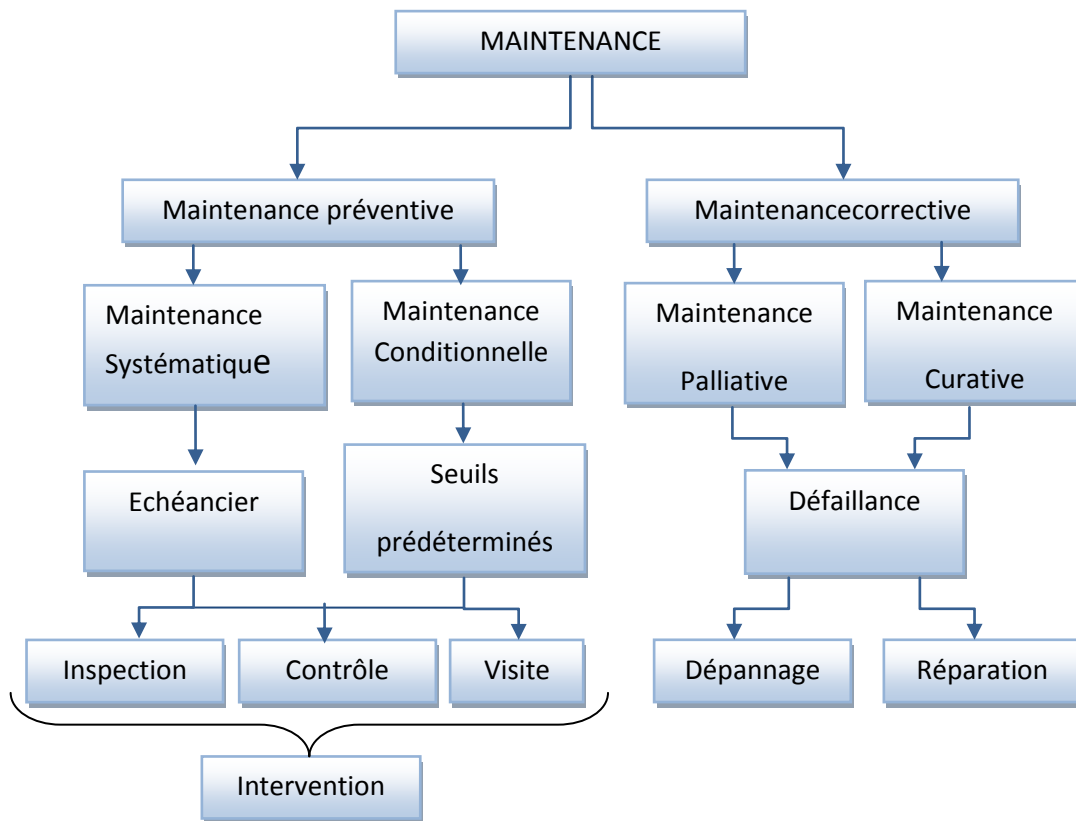


Fig III . 1 Différents types de Maintenance [13]

CHAPITRE IV
Maintenance de Broyeur de
laboratoire

IV.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons les techniques de réparation et de maintenance du broyeur qui était en panne pour le mettre en marche, juste un rappel, ce broyeur est un élément du matériel dans le laboratoire de la mécanique des sols « MDS » en Génie civil, et qui est en panne depuis quelques années. Normalement, ce broyeur était destiné pour le broyage de différents solides (pierres, argiles et autres....) utilisés dans le domaine de Génie Civil. Pour mettre en marche le broyeur, nous avons procédé comme suit :

- a) Examen du broyeur
- b) Démontage du broyeur
- c) Nettoyage du broyeur
- d) Détection des pannes
- e) Proposition des solutions de réparation ;
- f) Réparation du broyeur
- g) Proposition d'un protocole de maintenance du broyeur
- h) Maintenance du broyeur
- i) Mettre en marche du broyeur dans le laboratoire « MDS » de Génie Civil

IV.2. Matériel et équipement de maintenance dans notre laboratoire

Pour accomplir le travail efficacement, il faut préparer les outils de travail et les appareils de mesure nécessaires.

IV.2.1. Outils utilisés pour maintenance des moteurs

- Les caisses des outils
- Les appareils de mesure de tension de courroie
- Le pistolet de graissage manuel
- moyens de nettoyage

IV.3. Examen du broyeur

Au premier lieu, nous avons examiné le broyeur du laboratoire de la mécanique des sols « MDS » en Génie civil, et qui est en panne depuis quelques années. Le résultat de l'examen confirme que ce broyeur était en panne, La figure IV.1 représente une vue globale du broyeur.



Fig . IV .1 Vue global du broyeur

Comme tout broyeur, celui de laboratoire de MDS en génie Civil est constitué des éléments suivants :

- Support du mécanisme
- Moteur électrique
- Système de transmission de mouvement (Polies / Courroies)
- Mécanisme de broyage ,

La figure IV.2 illustre les différents constituants de notre broyeur.

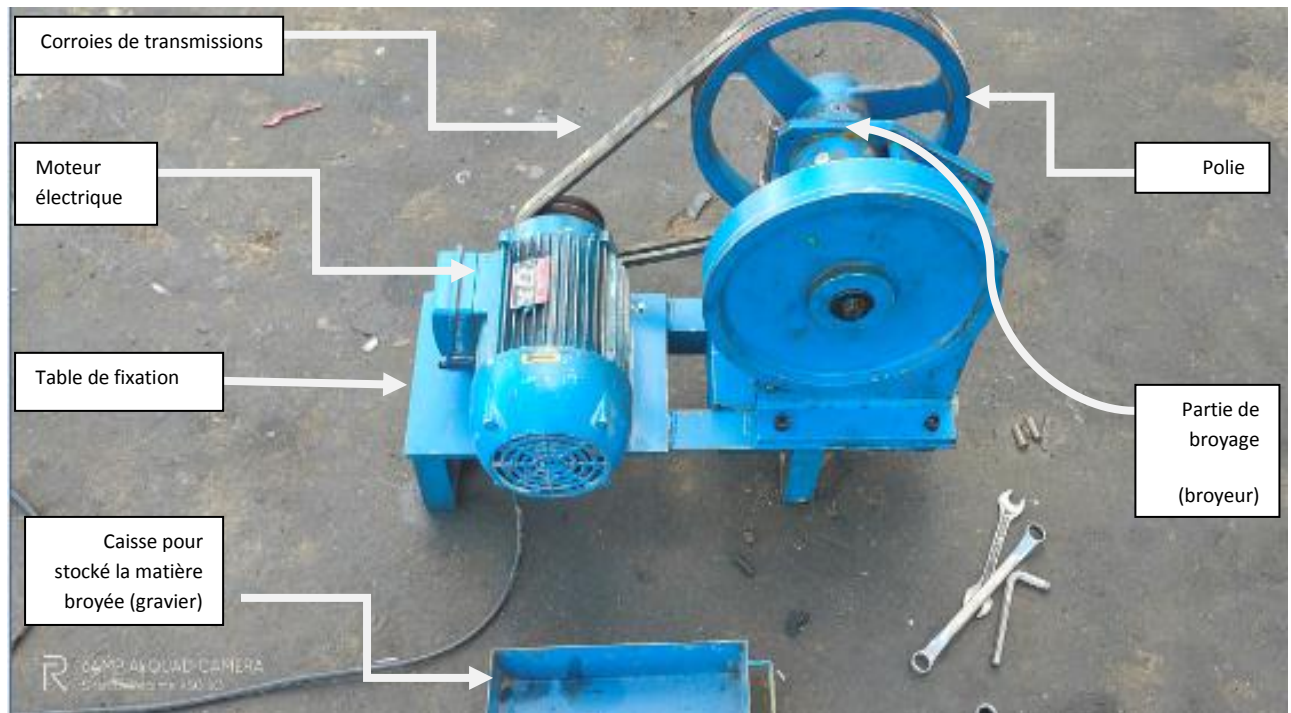


Fig . IV. 2b . Différents constituants du broyeur

IV.3.1. Démontage du broyeur

Pour détecter les pannes du broyeur, ainsi le réparer, nous avons démonté le broyeur . Ce broyeur est constitué de plusieurs parties :

- a) Partie d'admission de pierres à broyer (trémie) (Voir Fig 2a),
- b) Système de broyage (Voir Fig 2b),
- c) Système d'évacuation de la pierre broyée (Voir Fig 2c),

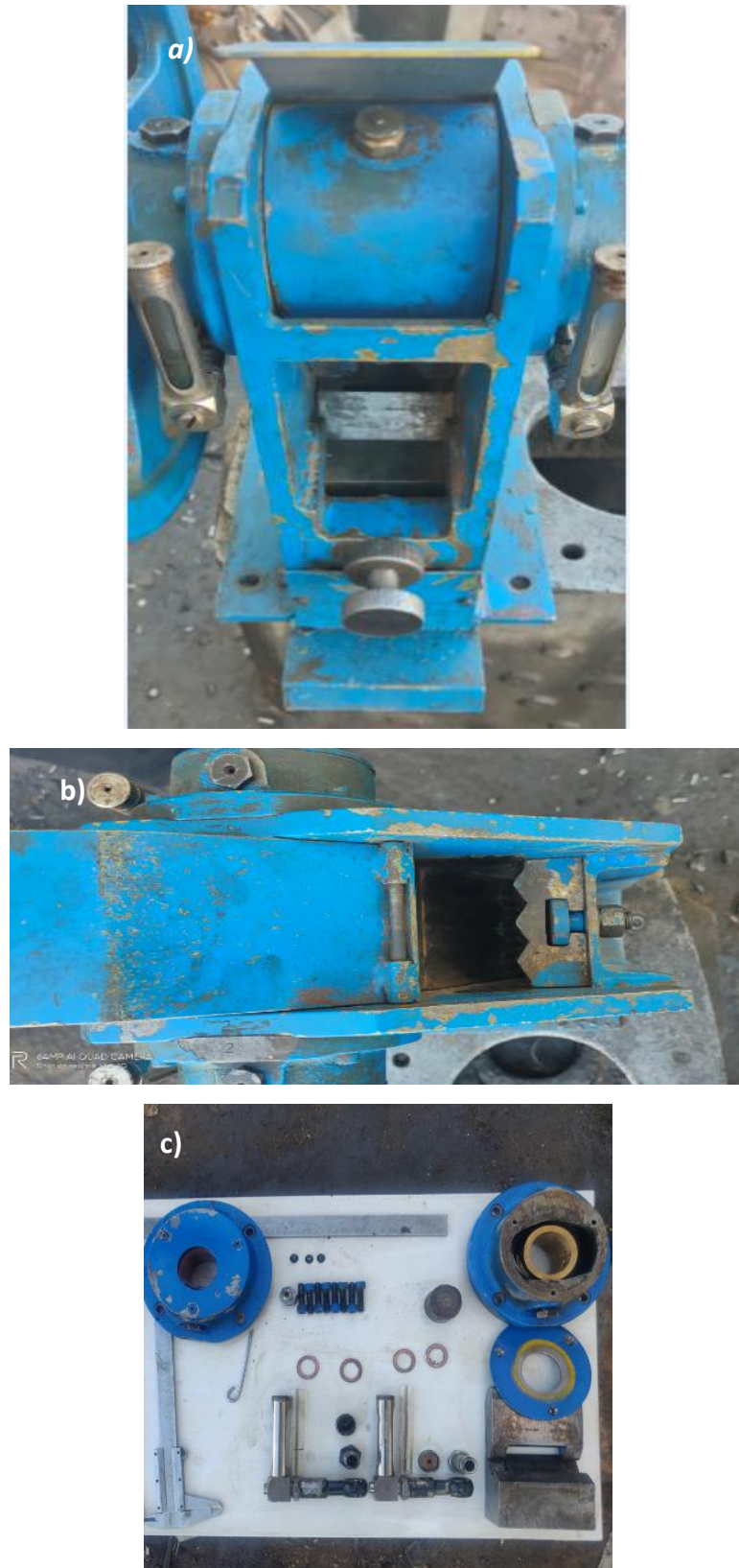


Fig 2a. Eléments fonctionnels du broyeur

- a) Partie d'admission de pierres à broyer (trémie) b) Vue proche du système d'admission
b) Différents éléments du systèmes de broyage

IV.3.2. Détection de la panne

L'examen attentif des différentes parties du broyeur, nous a permis de conclure que la panne du broyeur réside dans le cisaillement des plaques de glissement. Ses plaques sont conçues pour assurer le glissement du système. La Figure IV.3 montre clairement le dessoudage de ses plaques ce qui rend le broyage impossible.

Nous avons constaté aussi une absence de maintenance de l'appareil, ce dernier semble n'est pas entretenu depuis un temps. La tenue du broyeur est médiocre, absence de graissage, ce qui rend son fonctionnement impossible sans maintenance.

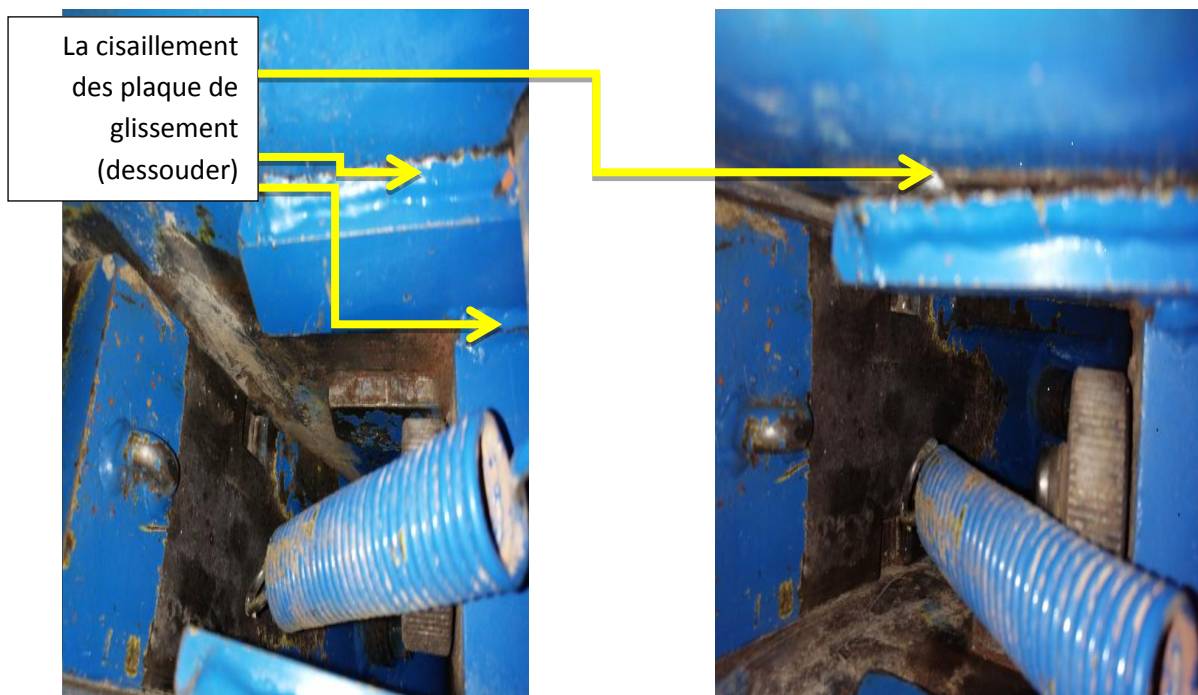


Fig . IV. 3 Cisaillements des plaques de glissement

IV.4. Réparation et maintenance des pannes de la broyeur de laboratoire

Le broyeur est conçu pour durer, ainsi sa réparation et son entretien est indispensable pour permettre aux étudiants Master et même doctorat de faire leur recherche en utilisant ce broyeur. Après détection des problèmes, nous avons procédé à la réparation du broyeur on suivant le protocole suivant :

IV.4.1. Changement des plaques de glissement

A- Démontage des Plaques de Glissement

Le problème majeur de la panne du broyeur est la défaillance des plaques de glissement , ce problème rend le fonctionnement du broyeur impossible et peut entrainer:

- Rupture incomplète des matériaux de construction
- Expiration de la validité du disque
- Dégradation de la dimension entre les deux mâchoires

Pour cela, nous avons procédé à la réparation des plaques de glissement par soudage. Au premier lieu, nous avons suivi les démarches suivantes :

- a) Démontage des plaques de glissement ;
- b) Nettoyage des plaques par enlèvement de l'ancienne soudure
- c) Soudage des plaques dans leurs positions correctement.

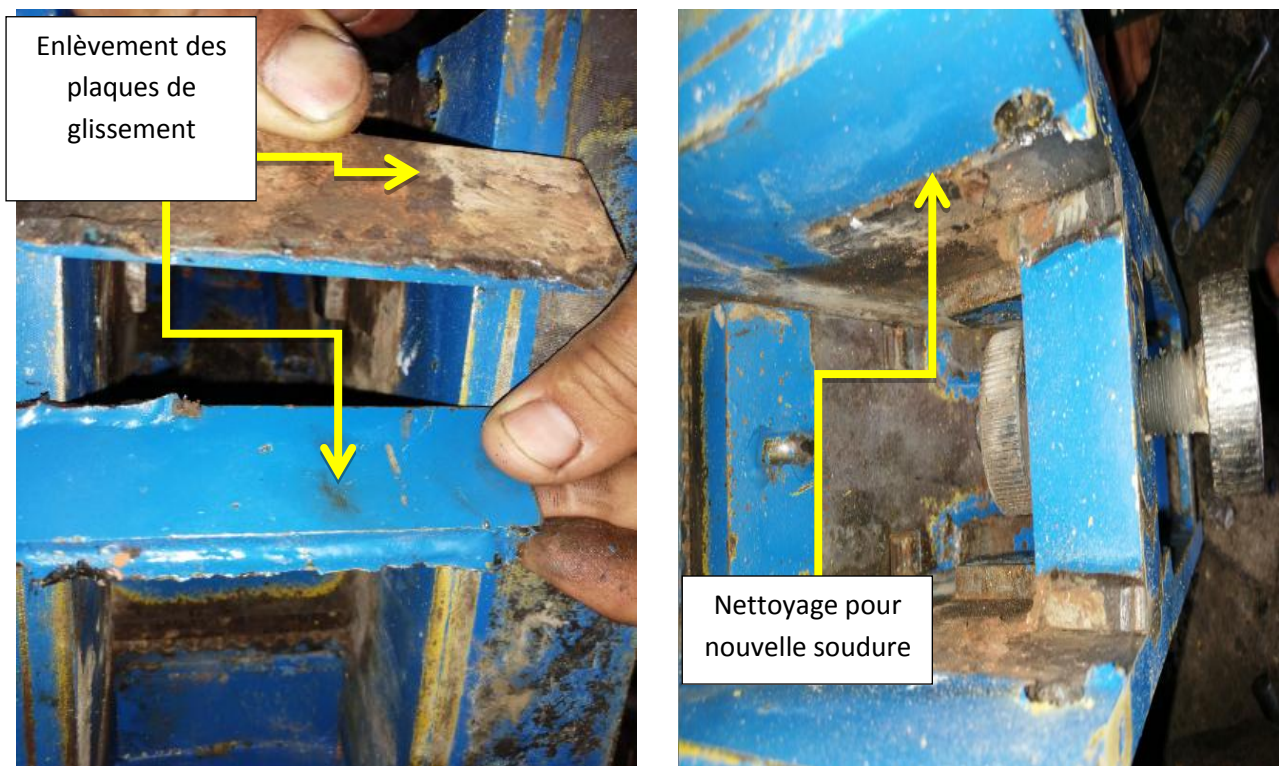


Fig. IV. 4 Protocole de réparation des plaque de glissement

- a) Enlèvement des plaques , b) Nettoyage et préparation pour nouvelle soudure

B- Soudage des Plaques de Glissement

Après nettoyage des plaques de glissement, ainsi le nettoyage de leur position initiale en utilisant une brosse métallique, nous avons procédé au soudage des plaques en utilisant :

- Le système de soudage à l'arc électrique,
- Un équerre pour le bon positionnement des plaques de glissement.



Fig . IV. 5 Plaques de glissement soudées

IV.4.2. Changement des joints

Changement des joints et des rondelles lorsqu'il est les pannes suivants :

- fuite d'huile



Fig . IV . 6 changement des joints et de rondelles d'huile

II.4.3 la maintenance préventive du broyeur

Les ouvriers d'usine, mécaniciens et électriciens exercent aussi la maintenance préventive, ces travaux visent à contrôler, à vérifier ou à changer les pièces en cause par exemple :

- graissage général des organes mécaniques ;
- changement les vis de fixation ;
- control niveau d'huile ;



Figure . IV. 7 Niveau d'huile

IV.4.4 Opérations d'entretien de maintenance du broyeur

TAB. IV. 1 : Opération de maintenance du broyeur

Programme d'entretien du broyeur		
Périodicité	Opérations	Observations
Journalier	<ul style="list-style-type: none"> -Contrôle niveau d'huile. -Contrôler le moteur électrique : bruit, échauffement, vibration. -Nettoyage les mâchoires 	-Fuit d'huile au niveau des bague
Hebdomadaire	<ul style="list-style-type: none"> -Nettoyage avant graissage. -Graissage des organes mécanique. -Graissage roulement de moteur électrique -Contrôle la courroie transmission 	<ul style="list-style-type: none"> -Poussiers. les bagues -Echauffement des roulements. -Bruit

TAB . IV. 2 : Opération de maintenance proposée

Programme d'entretien du broyeur		
Périodicité	Opérations	Observations
Mensue	-Changement des mâchoires -Vérification le niveau d'huile	-Rupture -Bruits
Semestriel	-Vérification de la tension de courroies -Changement des courroies -Nettoyage générale	-Diminution de vitesse

IV.4.5 Maintenance propose

V.4.5.1Maintenance corrective

La machine est en panne totale ou partielle, Pour faire une maintenance efficace sur la machine, on est obligé d'identifier la panne (diagnostic), avec localisation de l'organe défectueux et pour faire une bonne identification de ce dernier on utilise les moyens de surveillance (analyseur de vibrations, caméra infrarouge, compteur de particules...etc.) ; ensuite on commence la réparation du machine mais, on a obligé de préparé les éléments suivant

- Le dossier technique, et les documents ressources éventuels.
- Les équipes d'intervention, avec des compétences professionnelles dans les différents aspects de la maintenance
- Les outillages nécessaires
- Les pièces de rechange

IV.4.5.2. Pannes les plus fréquents sur le Broyeur

- Cisaillements des plaques de glisseurs
- fuit d'huile au niveau des bagues

IV.4.5.3 Maintenance corrective proposé sur le Broyeur

On a résumé les causes et les remèdes des pannes du broyeur sur le tableau suivant (TAB .IV.3) :

TAB . IV. 3 : Opération de maintenance proposée

Panne	Cause	Remède
Rupture des plaques de glisseur	<ul style="list-style-type: none"> • Vitesse de rotation élève ; • Quantité de graviers a ajouté entre les mâchoires ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Diminue la vitesse de rotation ; • Changement des plaque et la méthode de fixation
Fuite d'huile	<ul style="list-style-type: none"> • Anneaux d'huile endommagés; • Erreurs utilisateur telles que verser de l'huile au-dessus du niveau • Corruptions des joins d'huile; • Transférer le broyeur en position incliné 	<ul style="list-style-type: none"> • Changement des rondelles ; • Changement des joins ; • Transférer le broyeur en position Tout droit • Ne dépassez pas la limite de niveau d'huile

IV.4.6 Examen du fonctionnement du broyeur après réparation

Pour s'assurer du bon fonctionnement de notre broyeur, nous avons testé l'opération de broyage sur différents type de pierres (graviers) (**Fig . IV .8a**). L'examen de la poudre obtenue par broyage (**Fig . IV .8b**), montre que le broyeur fonctionne correctement, ainsi la qualité de la poudre peut être réglée selon le besoin de l'utilisateur. Donc, les efforts que nous avons fournis ont donné leur fruits.

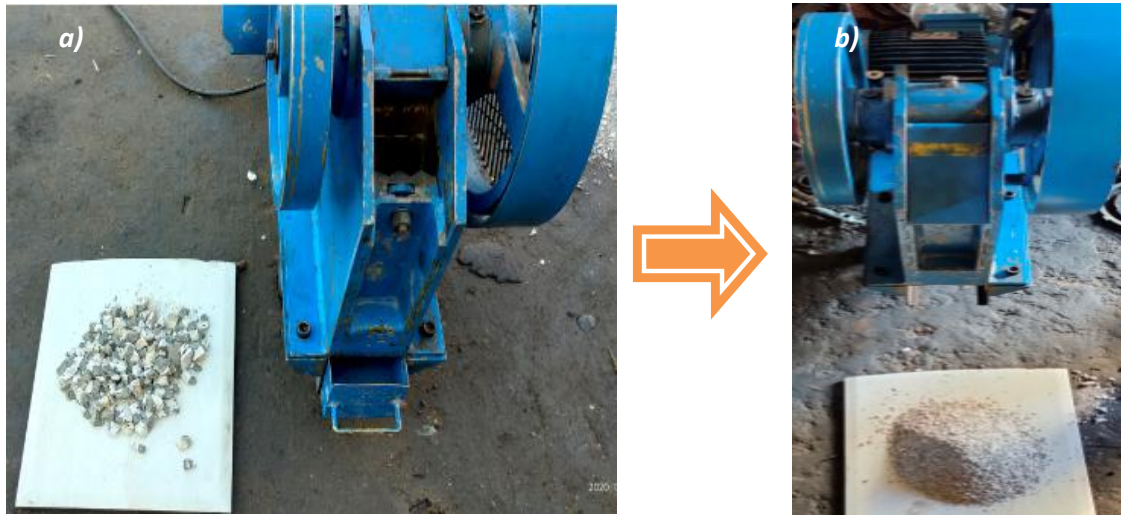


Fig . IV. 8 Examen du fonctionnement du broyeur
a) avant broyage b) après broyage

Pour s'assurer du bon fonctionnement du broyeur, nous avons testé des pierres de dimensions plus importantes (**Fig . IV .9a**). L'examen de la poudre obtenue par broyage (**Fig . IV .9b**), montre que , pour des pierres de grandes dimensions , le broyeur fonctionne correctement, ainsi la qualité de la poudre peut être réglée selon le besoin de l'utilisateur.



Fig . IV.9 Examen du fonctionnement du broyeur pour de grande dimensions
a) avant broyage b) après broyage

IV.5. Conclusion

L'étude présentée nous a permis d'approfondir nos connaissances dans le domaine des équipements mécaniques d'une façon générale, et de la machine de broyage à mâchoires d'une façon spécifique.

D'après l'étude que nous avons effectuée, nous pouvons retenir les conclusions suivantes :

- Changement des roulements avant défaillance ;
- Graissage des différents organes tournants ;
- Refroidissement de l'outil de coupe (Outil à rainure) ;
- Sécurité indispensable de l'opérateur au premier lieu, la machine et organe constituant la machine.

Durant l'étude de la maintenance effectuée, nous avons constaté que pour assurer une grande durée de vie des installations mécaniques il faut suivre deux voies de maintenance :

- Maintenance préventive : qui consiste à suivre les opérations d'entretien périodiques (journalières, hebdomadaires, mensuelles, semestrielles).
- Maintenance corrective : qui se présente comme dépannage, réparation, révision.

Références

- [1] Ben OUMHANID, J. (2015). influence de l'énergie de vibration sur le mortier à base sable mixte. مسيلة.
- [2] jxscmine, (2020). <https://www.jxscmine.com/fr/concasseur/sable-faisant-la-machine/>.
- [3] OFPPT, T. O., & OFPPT. (2005, 07). CONNAISSANCE DES DIFFÉRENTS MATÉRIAUX de construction. Maroc.
- [4] HOUICHE, A. (2016). Etude expérimentale d'un mortier et d'un béton à base de ciment CRS. M'SILA.
- [5] CIM BETON, E. f. (s .d.). Les constituants des bétons et des mortiers. Paris.
- [6] T P L G, [. (s .d.). TRAVAUX PUBLIQUE. Récupéré sur T.P.L.G: <https://www.tplg45.fr/granulat-pierre>
- [7] Carrière Vila, C. V. (s. d.). Carrière Vila. Récupéré sur Carrière Vila: <https://www.carriere-vila.com/>
- [8] Mounsif, Drissi. (2018, 04 26). Comportement des bétons : expérimentation et modélisation. Biskra: Mounsif Drissi.
- [9] TRIA Saoussen, S. (2002). CARACTERISATION DE COMPOSES Fe Cr ELABORES PAR MECANOSYNTHESE. Dans S. TRIA, CARACTERISATION DE COMPOSES Fe Cr ELABORES PAR MECANOSYNTHESE.
- [10] GHERIB Mebarka , (2013). élaboration et caractérisation des matériaux nano structurées et leurs propriétés (physiques et mécaniques). Dans M. GHERIB, élaboration et caractérisation des matériaux nano structurées et leurs propriétés (physiques et mécaniques). Annaba
- [11] Elodie Romilliat, H. (2006). Etude des modes d'action d'agents de mouture sur le broyage du clinker.
- [12] NASRI Djamel, T. E. (2018). Etude de Maintenance des Machines Électriques Tournantes. M'sila.
- [13] BENDJAIMA, T. (s.d.). Maintenance Industrielle (cours). M'sila.