

TP 3 : cinétique du broyage à boulets

But général

Le but sera de présenter aux nous (les étudiants), les instruments qui peuvent être utilisés pour analyser et évaluer différents paramètres du minerai

But de TP

Fragmentation du minerai : étude du processus de broyage, caractéristiques du broyeur, analyse granulométrique sur tamiseuse électrique (courbe granulométrique, rendement, fractions, teneur, ...)

- Définitions

On Général

Le broyage est une opération consistant à diviser un solide, pour augmenter sa surface spécifique (surface développée de la poudre par unité de masse) et donc sa réactivité.

En minéralurgie, le broyage se fait jusqu'à la maille de libération. La maille de libération d'un minéral est la taille au-dessous de laquelle une particule de minéral est parfaitement libérée, c'est-à-dire constituée uniquement de l'espèce minérale à valoriser.

On parle aussi de comminution ou d'attrition selon l'intensité de l'opération.

Exemples pour le broyage :



En chimie, en pharmacie et en cuisine, le broyage manuel se fait à l'aide d'un mortier et d'un pilon. Les Japonais utilisent également un outil appelé yagen.

Yagen : est un outil de broyage utilisé en phytothérapie, au Japon. Il utilise une roue qu'on fait aller d'avant en arrière pour écraser les ingrédients .

Yagen



Broyage de la Peinture

En peinture artistique, le broyage des couleurs, effectué d'abord dans l'atelier des maîtres peintres, puis chez des marchands de couleur, et enfin industriellement, ne désigne pas ou plus l'opération de broyage des pigments, appelé « concassage » mais celle qui consiste à les disperser dans un liant.

Certains auteurs appellent aussi broyage l'opération analogue qui consiste à préparer l'encre en frottant le bâton d'encre de Chine sur la pierre

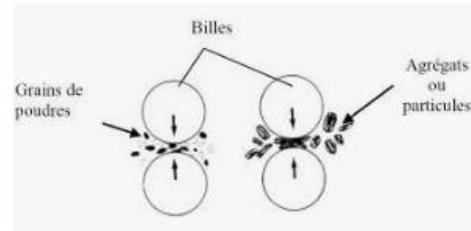
Exemples pour broyage de la peinture :



Broyage mécanique

Le broyage mécanique consiste à réduire la taille des particules et des grains de différents types de matériaux. Il est très utilisé dans l'industrie pharmaceutique car il permet d'améliorer la biodisponibilité d'une substance. Par exemple dans le cas des composés peu solubles dans l'eau, la production de particules submicroniques peut être un moyen d'améliorer l'efficacité du produit lors d'une administration orale

Exemples pour le broyage mécanique :



- **Broyage en température**

Bien qu'il n'existe pas de broyeur commercial équipé de système de régulation en température, il est possible d'effectuer des broyages à différentes températures :

- 1- à température ambiante, en plaçant le broyeur dans une pièce à température ambiante.
- 2- A (- 12 °C), en plaçant le broyeur dans une chambre froide maintenu à cette température.

Exemple pour broyage en température :



Broyeur

Broyeur d'évier

Un broyeur d'évier appelé aussi broyeur de cuisine ou broyeur de déchets alimentaires est un équipement placé sous l'évier qui permet de broyer les déchets organiques en les évacuant ensuite dans le système d'épuration.

Il est installé à la place de la bonde et relie le système des eaux usées par un raccord classique de plomberie. Les déchets évacués ne font plus que 2 mm au maximum.

Les broyeurs d'éviers sont très largement utilisés en Amérique du Nord, en Grande-Bretagne, en Suède, au Japon et en Chine.

Testés en France dès l'entre-deux guerres, les broyeurs d'évier sont recommandés par le Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme en 1950, mais se développent peu en France

Exemples pour les Broyeurs d'éviers :



- **broyeur de végétaux**

Un broyeur de végétaux ou déchiqueteuse de végétaux est un outil d'agronomie et de sylviculture, motorisé, servant à réduire en copeaux les déchets de jardins, parcs publics, bordures d'infrastructures linéaires, etc., essentiellement issus des plantes ligneuses, facilitant ainsi leur évacuation ou les préparant pour le compostage.

Dans les années 1990, de petits modèles adaptés aux jardins privés sont apparus. Ce sont des engins dangereux et souvent très bruyants qui exigent des précautions de sécurité.

Le broyeur de végétaux permet de broyer les matériaux durs :

-Branches - Brindilles - Chutes de haies

Certains modèles acceptent aussi les matériaux tendres :

-Fleurs - Résidus de fruits - Légumes et feuilles

Exemples pour broyeur des végétaux :



- **Broyeur de fanes**

Un broyeur de fanes est une machine agricole utilisée pour réaliser le défanage mécanique des cultures de pomme de terre avant la récolte des tubercules. C'est un type de broyeur à axe horizontal qui est adapté au profil des billons des pommes de terre.

Les producteurs spécialisés montent souvent un broyeur de fanes à l'avant de leur tracteur tout en attelant une récolteuse de pommes de terre à l'arrière. Les broyeurs de fanes peuvent aussi être montés à l'arrière du tracteur.

Le broyeur de fanes utilisé au moment de la récolte, en complément d'un défanage chimique préalable, présente l'intérêt de faciliter le passage de la récolteuse mécanisée en permettant une meilleure séparation et un avancement plus rapide. Le broyeur de fanes passé environ trois semaines avant la récolte permet, en bloquant la végétation et en limitant la transmission possible de maladies, d'améliorer la qualité de la récolte, avec des tubercules, plus mûrs, de calibre plus homogène, et plus résistant aux chocs.

Exemples pour broyeur de fans :



Principe de broyage

Le broyage consiste à réduire des morceaux de matériaux solides d'une taille donnée à une taille plus petite. Le principe est la fragmentation des morceaux par l'action mécanique de pièces plus résistantes, généralement métalliques.

Un broyage est caractérisé par différents paramètres :

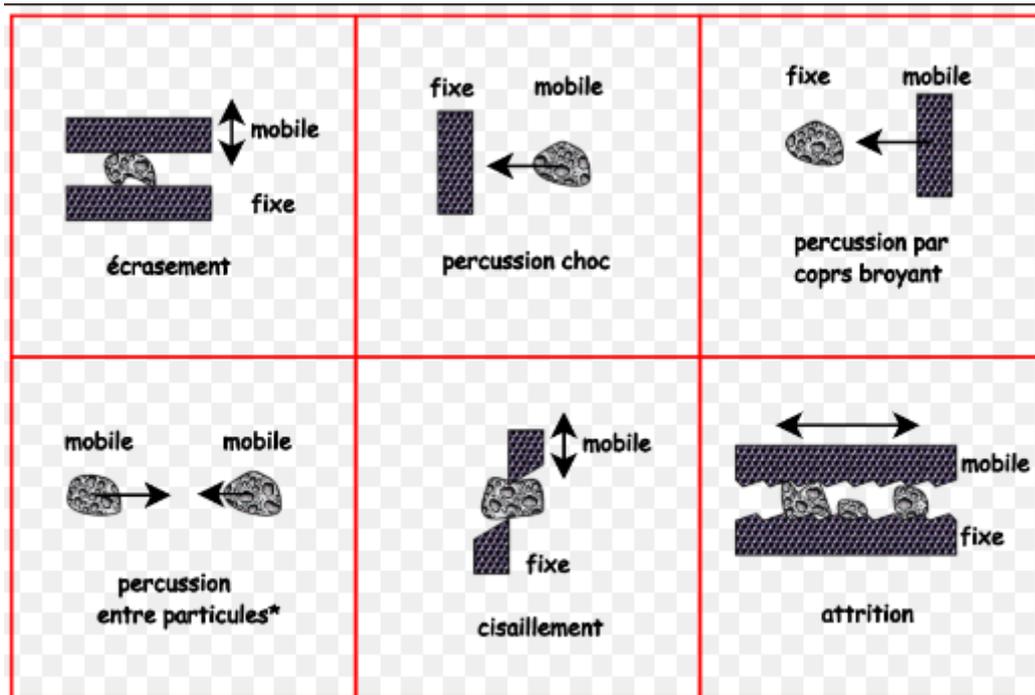
- La capacité d'admission (taille des plus gros blocs pouvant être traités par la machine).
- Le rapport optimal de réduction, c'est à dire le rapport de la taille des pièces à la sortie sur la taille des pièces à l'entrée. Comme toutes les pièces ne sont pas de même taille, on raisonne à partir d'une taille seuil, obtenue pour 85% des pièces.

-La distribution granulométrique en sortie.

-Le coefficient de forme moyen, qui permet de caractériser la sphéricité des particules à la sortie.

-Le coût de la maintenance.

Il existe plusieurs niveaux de broyage, et les équipements à utiliser dépendent du niveau souhaité.



Niveaux de broyage

Il existe plusieurs niveaux de broyage, et les équipements à utiliser dépendent du niveau souhaité :

Concassage

Il permet d'obtenir des particules de taille inférieure au cm, et est souvent utilisé en pré-broyage. Il se subdivise en concassage primaire, secondaire, tertiaire et quaternaire. Ce dernier est équivalent au broyage grossier.

Broyage grossier

Il permet d'obtenir des particules de l'ordre du mm.

Broyage fin

Les particules obtenues varient de 10 à quelques centaines de micromètres.

Broyage ultrafin

Il est peu utilisé et n'est nécessaire que pour certains types de recyclage, très spécifiques.

Remarque 01 : Le broyage par cisaillement s'obtient par l'action de forces externes au matériau. Les machines utilisées comportent, en général, un rotor équipé de dents ou de couteaux qui travaillent en cisaillement, tranchage, éclatement ou déchiquetage.

Remarque 02 : Dans le cas du broyage par percussion, la fragmentation des pièces s'obtient en brisant le matériau par des chocs, à une vitesse de 8 à 200 m/s. Ce choc peut être provoqué par la chute libre de matériau sur une paroi fixe et dure. Il peut aussi être réalisé dynamiquement à l'aide d'éléments métalliques (marteaux, broches,...), qui projettent le matériau contre des plaques de choc. C'est le cas le plus fréquent

Système de broyage

Il existe différents systèmes de broyage

Broyeurs à marteaux

Ils comportent un ou deux rotors équipés de marteaux en acier à haute teneur en manganèse. Ce sont les seuls équipements utilisés pour le broyage des ferrailles, des carcasses automobiles et des ordures ménagères. Ils sont parfois utilisés également pour le concassage de produits moyennement abrasifs, durs ou semi-durs, mais résistent moins bien à l'usure, dans ce cadre d'utilisation, que les concasseurs à cylindres.



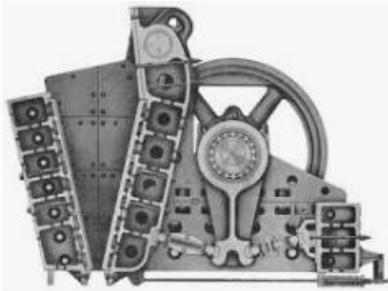
- **Broyeurs à barres ou plaques de choc**

Ils sont constitués d'acier à haute résistance, et des plaques d'usure interchangeables recouvrent les plaques de choc. Ils sont utilisés pour le broyage grossier (concassage quaternaire), en particulier pour les produits durs et abrasifs (roches par exemple).



- **Concasseurs à mâchoires**

Ils sont utilisés pour les matériaux cassants et durs.



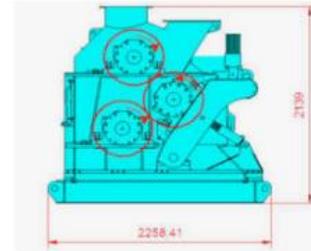
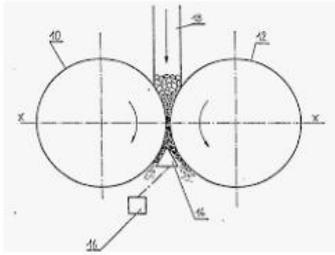
- **Broyeurs à billes et boulets**

Les matériaux les constituant sont variés (cuves en acier revêtu de Corindur à haute teneur en alumine, en porcelaine ou en manganèse, billes en alumine frittée, porcelaine ou acier revêtu de Corindur). Ils sont utilisés pour les gros débits de broyage. Ils servent au broyage grossier comme au broyage fin.



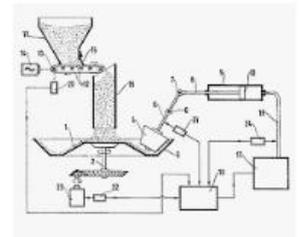
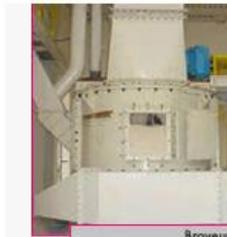
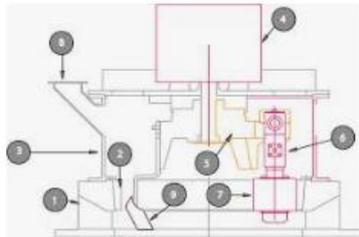
- **Broyeurs à cylindres**

La matière passe entre deux cylindres et ressort sous forme de plaquette friable. Ce type d'appareil est souvent utilisé en pré-broyage ou en broyage hybride. Outre le concassage des produits moyennement abrasifs, il peut servir pour le concassage de produits mous, collants, élastiques ou fibreux.



- **Broyeurs à galets ou pendulaires**

Les matériaux sont disposés sur un plateau (embase) et écrasés par le roulement de galets. Ces appareils sont souvent équipés d'un séparateur permettant d'ajuster la finesse du broyage. Ils sont principalement utilisés pour le broyage grossier.



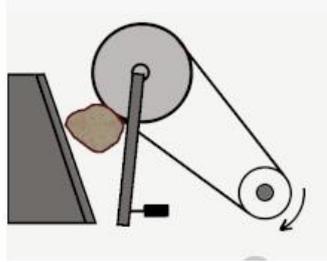
- **Déchiqueteurs à cisailles rotatives**

Ils sont composés d'arbres pourvus de couteaux en forme de disques à une ou plusieurs dents. Ils sont utilisés en particulier pour le concassage de produits élastiques, fibreux, mous ou collants : bois, plastiques, fibres de verre, papiers, pneus,... Après ce déchiquetage, les produits sont dirigés vers un broyeur plus fin (à couteaux par exemple).



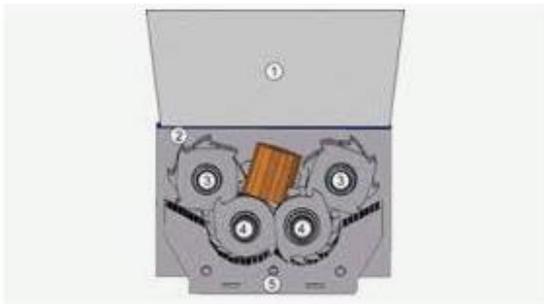
- **Concasseurs à dents ou à mâchoires**

Ils servent lors du concassage primaire et secondaire de produits durs et abrasifs (roches par exemple), qui nécessitent une compression lente et ne peuvent pas être traités par un broyage par percussion à cause de leur abrasivité.



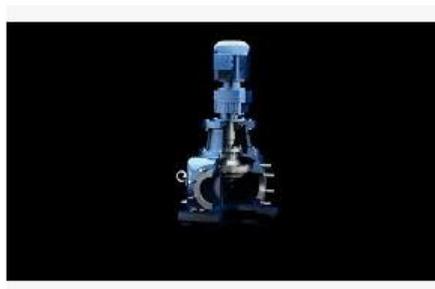
- **Granulateurs à couteaux**

Ils servent principalement au broyage des câbles électriques et des plastiques.



- **Dilacérateurs**

Ils sont utilisés pour broyer les résidus solides contenus dans les liquides. Ils comportent une pompe dilacératrice qui broie les particules solides et les transfère vers l'aval.



Calcul

Techniques et méthodes d'exploitation des mines à ciel ouvert
Traitement des minerais

La force centripète est donnée par :

$$a_c = \frac{mV^2}{R}$$

la force de la gravité (la NORMALE constitutive à la paroi du concasseur, tirent une flèche de la paroi au centre du concasseur) est donnée par :

$$a_G = mg \cos \alpha$$

Ainsi la vitesse critique se produit quand:

$$\frac{mV^2}{R} = mg \cos \alpha \quad \text{And when } \alpha=0$$

$$V = \frac{2\pi RN}{60^2 g} = 0.0011N^2 R$$

Si D est le diamètre du concasseur et d le diamètre de la tige, ainsi $(D-d)/2$ est le rayon du circuit extérieur.

$$\cos \alpha = 0.0011N^2 \frac{(D-d)}{2}$$

et, finalement, la vitesse critique est :

$$N_c = \frac{42.3}{\sqrt{(D-d)}} \text{ RPM}$$

Conclusion

Le broyage c'est une opération essentielle dans la préparation mécanique du minerai a pour but de réduire en maximum la taille des minerais, et pour l'effectuer on a plusieurs machines, on choisit chaque machine selon les types et les propriétés des minerais.

Référence

→ **-Géo Wiki-** : www.geowiki.fr

→ **TP Valorisation des ressources minières** : <http://facscct.univ-annaba.dz/?p=3462>

→ **Wikipedia FR** : <https://fr.wikipedia.org>

→ **-wikhidro-** : <https://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr/>