

Séance d'exercices 1 : corrigé

1) Quelles sont les deux méthodes principales de classification d'une poudres? Quelles sont leurs avantages et inconvénients? Comment classifie une poudre de :

- 5000 à 50 μm
- 50 à 5 μm
- <10 μm
- < 100nm

Les deux méthodes principales de classification sont le tamisage et la classification à air. Le tamisage est une méthode populaire, 'bon marché', et facile à concevoir. En effet, le système est constitué de mailles en général carrées. Par contre, ces mailles carrées ont le désavantage de souvent sous estimer la taille des particules, comme les méthodes de mesures de taille supposent que les particules sont sphériques, des particules élongée donne un diamètre de sphère équivalent plus grande que l'ouverture de tamis. Un autre désavantage est que l'agglomération des particules peut fausser les résultats particulièrement pour des ouvertures de tamis inférieures à 44 μm (norme ASTM). Dans ce cas, il est nécessaire d'ajouter des lubrifiants au mélange des poudres ou faire un tamisage humide.

Le classificateur à air a l'avantage de classifie une grande quantité de poudres en peu de temps. Par contre, l'appareillage est plus cher que le tamisage et consomme une quantité non négligeable d'énergie de par l'apport d'air sous pression.

Classification : limites de taille

- Poudres de 5000 à 50 μm : la méthode la plus adéquate semble être le tamisage
- Poudres de 50 à 5 μm : Les classificateurs à air couvrent aussi cette gamme de taille (1000 à 0.1 μm) et dans le cas où les poudres peuvent être mises en suspension, le tamisage est aussi approprié.
- < 10 μm : il est nécessaire d'utiliser les classificateurs à air ou les centrifugeuses pour des classifications en dessous de 0.1 μm .
- < 100 nm : dans ce cas les centrifugeuses sont utilisées, et même les ultracentrifugeuses pour obtenir une résolution de quelques nm.

2) Quel type de broyeur voulez-vous utiliser pour réduire en taille les poudres suivantes:

- jusqu'au mm
- d'alumine < 100 μm
- d'alumine < 1 μm

Types de broyeurs :

- → mm : ce types de particules grossières peut s'obtenir par simple concassage (rotatif, à mâchoire, à rouleau ou encore à marteau)
- Alumine < 100 μm : un broyeur rotatif à billes est suffisant.
- Alumine < 1 μm : pour un broyage fin, il est nécessaire d'utiliser d'autres types de broyeurs comme le broyeur à vibrations, le broyeur à billes agitées ou encore le broyeur à impact fluide, selon la structure de la poudres (défauts, taille de grain, porosité, l'état d'agglomération).

3) Quelles sont les différences entre un broyage humide et un broyage à sec?

Le broyage humide utilise des particules en suspension dans la chambre de broyage (en général le liquide utilisé est l'eau). Comparé à la méthode sèche, le broyage humide consomme moins d'énergie mais provoque une usure beaucoup plus rapide des billes de broyage et peut travailler avec des tailles plus petites. Le broyage humide utilise moins d'énergie pour arriver à la même réduction de taille mais si il faut sécher pour le transport ou l'application ça peut devenir plus cher.

4) Pourriez-vous décrire un circuit de broyage?

Tout d'abord, la matière première est chargée dans la chambre de broyage (et le liquide pour le cas du broyage humide). Le broyage peut commencer. Ensuite une étape de classification est généralement présente afin de retirer les particules ayant atteint la taille souhaitée. Les autres particules retournent dans le broyeur. Finalement, lorsque cela est nécessaire, une étape de séparation permet de retirer le liquide porteur ou fluide (gaz) porteur.

5) La **Table 1** ci-dessous montre les résultats d'un broyage de sable pur par un moulin à boulets:

x (μm)	R (1h) %	R (5 h)	R (10 h)	R (15 h)	R (20 h)
2	97.5	92	81	75	78
3	96.5	88	75	68	75
4	95.5	83	72	61	73
5	95	81	69	55	70
10	92	70	44	35	60
20	88	55	18	27	50
30	81	45	7	10	40
40	77	30	3	0	0
50	72	20	0	0	0
100	60	1	0	0	0
200	20	0	0	0	0

R(h) = valeur du refus au tamisage en fonction de l'ouverture des tamis.

- Après combien de temps arrive-t-on à la limite du broyage?

Pour t entre 10 et 15h on observe que le refus augmente pour les particules > 20 μm et entre 15 et 20h pour tous les tailles. Donc la limite de broyage est atteinte vers 15 h.

- Pourquoi y-a-t-il une limite de broyage ?

Il y a une taille limite intrinsèque pour chaque matériaux (monocristal parfait) au-dessous ou il n'est plus possible d'accumulé suffisamment d'énergie élastique dans une particule pour rompre les liaisons de crystal et il ne peut que se déformer plastiquement. A ce point l'énergie de collisions, poudre-billes a la tendance de former des agglomérats entre les particules. Si la force de cohésion est suffisante.

- Comment peut-on modifier la limite du broyage?

On peut ajouter des additifs empêchant cette agglomération pour permettre d'affiner le broyage un lubrifiant comme l'acide stéarique est souvent utilisé. Aussi il pourrait être possible de changer la taille des billes de broyage, ou même le type de broyage et broyeur p.ex. attrition ou humide en utilisant un dispersant comme l'acide polyacrylique, pour limiter l'agglomération.