

SÉANCE D'EXERCICES 3 (pages 1 – 81) : corrigé

1) Quelles sont les propriétés typiques des céramiques et donner un exemple de chaque propriété?

- résistance à la chaleur (isolation, brique réfractaire)
- résistance chimique (prothèse, pompe chimique)
- isolant électrique (support de circuit imprimé) – oxydes
- fragilité (porcelaine.....)
- haute dureté (alumine)

2) Donne un exemple d'une céramique électronique (fonctionnelle) et une céramique structurelle.

- composant piézo-électrique – quartz
 - vaisselle, sanitaire – porcelaine
- et voir chp.1 introduction dans le livre....

3) Quelles sont les deux grandes catégories de matières premières (en poudres céramiques)?

- les poudres synthétiques (alumine, carbure de silicium, ...)
- les poudres pour les céramiques traditionnelles (argiles, ..) - naturelles

4) Quelle est la plus grande différence entre ces deux catégories de matières premières?

La taille des particules, pureté et prix
Traditionnelle –moins chère, moins pures et plus grande (normalement)

5) Quelles sont les propriétés générales d'une poudre pour la fabrication des céramiques?

La taille des particules – environ 1µm (synthétique) , 1-5 µm (traditionnelle)
Bonne homogénéité (forme, chimie, phase), une pureté contrôlée (bien défini pour l'application en vue), bonne réactivité (surface spécifique élevée (2-15 m²/g), distribution de taille étroite.

6) Discuter l'impacte des céramiques dans la vie quotidienne pour le grand public.

Les céramiques sont largement utilisées dans des domaines variés (prothèses dentaires, soupapes de moteur, mélangeur dans les robinets, vaisselles, sanitaire....).

On peut presque dire que partout où il y a des variations de température, on trouve des céramiques, car elle se dilatent très peu contrairement aux métaux et résistent mieux à la chaleur et à la déformation que les polymères.

Toutefois, leur principal défaut étant leur fragilité.

Leur résistance électrique et leur résistance à la chaleur en font des éléments importants dans les domaines électriques et électroniques.

A côté de ces aspects techniques, souvent cachés aux yeux du public, les céramiques sont incontournables dans le domaine de la vaisselle. On peut encore ajouter au côté utilitaire des céramiques un aspect artistique, surtout en ce qui concerne les céramiques traditionnelles.

7) Quels sont les paramètres et propriétés physiques qu'on peut utiliser pour décrire une poudre ?

Propriétés physiques : Taille et distribution de taille
Morphologie et facteur de forme
Surface spécifique
Densité absolue
Porosité
Densité apparente
La Pureté

Il y a aussi d'autres caractéristiques qu'on peut utiliser pour décrire une poudre : la composition chimique, la phase cristalline, l'homogénéité.

8) Quels sont les 2 paramètres qui décrire une distribution (de taille)? et quelle est la différence entre le mode, la moyenne et la médiane d'une distribution?

- a) -Les tendances centrales (moyenne, mode ou médiane) et l'écart type (largeur de la distribution)
- b) Mode : c'est la grandeur qui est la plus fréquente dans un distribution de fréquence, c'est-à-dire le maximum de la courbe de la fréquence
Médiane : c'est la valeur centrale d'une distribution, il y a donc le même nombre (ou volume) de particules de chaque côté de la médiane
Moyenne : c'est le point où les moments de la distribution sont égaux (et utilise toute la distribution pour calculer, donc si on utilise une seule chiffre la moyenne est mieux que la médiane comme elle est sensible au queues de la distribution)

Pour une distribution symétrique (normale) le mode, la médiane et la moyenne coïncident.

9) Calculez les diamètres d_{ns} , d_{nv} , d_{sl} , d_{vs} et d_{vm} pour la distribution ci-dessous, en utilisant N_T = nombre total de particules 10^4 .

Distribution par nombre

Diamètre Cum (microns)	Cumulatif % (moins que)	Frequency %	Diamètre Freq (microns)
4.0	100.0	0.4	3.75
3.5	99.6	4.1	3.0
2.5	95.5	10.3	2.175
1.85	85.2	13.6	1.675
1.5	71.6	17.3	1.35
1.2	54.3	9.2	1.125
1.05	45.1	12.3	0.975
0.9	32.8	12.4	0.825
0.75	20.4	9.0	0.675
0.6	11.4	5.1	0.55
0.5	6.3	3.9	0.425
0.35	2.4	2.4	0.175

Médian diamètre $d_{n50} = 1.12 \mu\text{m}$, $\sigma_{n50} = 0.55 \mu\text{m}$

Valeurs constantes : diamètre médian : $d_{n50} = 1.12 \mu\text{m}$, $\sigma_{n50} = 0.55 \mu\text{m}$

Diamètre (cumulatif)	Cumulatif	Diamètre (fréquence)	Fréquence
$[\mu\text{m}]$	$[\%]$	$[\mu\text{m}]$	$[\%]$
4.00	100.0	3.750	0.4
3.5	99.6	3.00	4.1
2.5	95.5	2.175	10.3
1.85	85.2	1.675	13.6
1.5	71.6	1.350	17.3
1.2	54.3	1.125	9.2
1.05	45.1	0.975	12.3
0.90	32.8	0.825	12.4
0.75	20.4	0.675	9.0
0.6	11.4	0.550	5.1
0.50	6.3	0.425	3.9
0.35	2.4	0.175	2.4

En considérant les diamètres en fonction de la fréquence, on calcule :

$\sum_{i=1}^n N_i$	$\sum_{i=1}^n d_i N_i$	$\sum_{i=1}^n d_i^2 N_i$	$\sum_{i=1}^n d_i^3 N_i$	$\sum_{i=1}^n d_i^4 N_i$
	$[\mu\text{m}]$	$[\mu\text{m}^2]$	$[\mu\text{m}^3]$	$[\mu\text{m}^4]$
1000000	1258675	1991337	3796393	8402790

Avec les valeurs calculées ci-dessus, on trouve :

$$d_{ns} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2 N_i}{\sum_{i=1}^n N_i}} = 1.411 \mu\text{m}$$

$$d_{nv} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^3 N_i}{\sum_{i=1}^n N_i}} = 1.560 \mu\text{m}$$

$$d_{st} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i^2 N_i}{\sum_{i=1}^n d_i N_i} = 1.582 \mu\text{m}$$

$$d_{vs} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i^3 N_i}{\sum_{i=1}^n d_i^2 N_i} = 1.906 \mu\text{m}$$

$$d_{vm} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i^4 N_i}{\sum_{i=1}^n d_i^3 N_i} = 2.213 \mu\text{m}$$

10) Comment mesurez-vous une distribution de taille d'une poudre, (décrire une méthode en détail)

- De 25 à 1000 μm
- < 10 μm

Quels sont les types de diamètres mesurés par ces méthodes et quelles sont les limitations de ces méthodes ?

Taille de la poudre de 25 μm à 1000 μm :

Méthode : diffraction laser : on mesure le diamètre correspondant au volume de la particule.

Limitations : - distributions élargie pour des particules non-sphérique

- lorsque les particules sont plus fines que 1 μm , la théorie de Mie doit être appliquée. Il en est de même si les particules ne sont pas sphériques et que la différence entre l'indice de réfraction de la poudre et du solvant est faible (p.e. polymères- eau).

- supposition de forme de particule sphérique...

Taille de la poudre < 10 μm

Méthode : centrifugeuse à rayons X de Brookhaven (sédimentation)

Le diamètre mesuré est le diamètre de Stokes (masse et l'aire projetée pour sa concentration)

Limitations : - env. 2-3g. de poudre sont nécessaires pour des element qui adsorbe peu de rayons X

- risque d'interaction des particules pendant la sédimentation.

- pas toutes les poudres n'absorbent les RX suffisamment (polymères)

- supposition de forme de particule sphérique

11) Comment on peut trouver un facteur d'agglomération, F_{ag} , moins que 1

Facteurs d'agglomération : $F_{AG} = \frac{d_{V50}}{d_{BET}}$

$$F_{AG} < 1 \Leftrightarrow d_{V50} < d_{BET} \text{ avec } d_{BET} = \frac{6}{S_{BET} \rho}$$

Si on diminue la densité de la poudre sans changer sa surface spécifique (pores fermées), le diamètre d_{BET} augmentera tandis que le diamètre médian en volume restera identique (puisque S_{BET} ne changera pas $\Rightarrow V$ ne changera pas)

On aura donc $d_{BET} > d_{V50} \Rightarrow F_{AG} < 1 \rightarrow$ porosité fermée ou forme complexe

12. Comment on peut caractérisé la porosité dans une céramique a) porosité ouverte b) porosité fermé ?

- Porosité ouverte – simplement le volume total des pores par imbibition d'eau sous vide et le pesé (voir TP3) – pour une distribution de tailles i) par adsorption désorption d'azote (tailles des pores entre 200 nm et 2 nm ii) par intrusion de mercure –tailles des pores taille 250 μm à 2 nm
- Porosité fermé – porosité totale en mesurant la masse volumique par voie Archimède (voir TP3) pour des faibles concentrations en porosité par FIB (Focused Ion Beam) lithographie.