

# Partie céramiques

- TAKE HOME EXAM -

---

## INSTRUCTIONS

Écrivez vos **réponses** de manière bien lisible À LA MAIN avec un **stylo NOIR ou BLEU**

**FONCÉ.** Si vous utilisez du **papier**, écrivez seulement sur 1 seul côté pour éviter des problèmes de lisibilité après un scan. Il est aussi possible d'écrire directement au stylet sur une tablette (**attention:** risque de perte de travail en cas de panne).

**Il y a 5 questions (Q1, Q2, Q3, Q4 et Q5 avec des sous-questions). Utilisez SVP une nouvelle page pour chacune des 5 questions (pas pour les sous-questions).**

Ce qu'il faut **impérativement inclure** sur votre copie:

**Page de garde** avec

1. Votre identité (Prénom et Nom)
2. Votre numéro Sciper
3. Date
4. Heure de début d'examen
5. Nombre de pages totales

**Sur chaque page:**

1. Numéro de la page actuelle
2. Nombre total de pages (compté et ajouté à la fin)
3. Votre Nom
4. Références de la question traitée (Exemples: "Q1 a)", "Q5 d)", etc.)

**Il n'est pas autorisé de vous consulter entre vous!**

**Uniquement les copies soumises via Moodle sont recevables. Pas d'envoi par courriel !**

Pour des questions relatives à l'énoncé, je suis à votre disposition:

**Email:** [michael.stuer@epfl.ch](mailto:michael.stuer@epfl.ch)

**Téléphone:** 058 765 41 83

**Le nombre de points maximal est indiqué avec chaque question.**

**Soyez attentives à l'horaire !**

**Je vous souhaite un bon travail !**

---

## **Q1 Propriétés des céramiques et caractérisation des poudres (10 pts)**

---

- a) Pourquoi faut-il caractériser les poudres céramiques? **(2 pts)**
- b) Pourquoi est-il fortement conseillé de connaître la forme des particules avant la caractérisation? **(2 pts)**
- c) Pourquoi faut-il toujours indiquer la méthode de caractérisation utilisée lorsqu'on communique une distribution de taille des particules? **(2 pts)**
- d) Trouvez les réponses justes (s'il y en a) **et expliquez pourquoi** chaque réponse est juste ou fausse **(4 pts)**

Un bon échantillonnage d'une poudre :

1. réduit l'effort de caractérisation nécessaire
2. évite des erreurs de caractérisation liées à la ségrégation
3. est nécessaire uniquement en milieu industriel
4. évite les erreurs d'interprétation des distributions de tailles

## **Q2    Choix et synthèse des poudres (10 pts)**

---

- a) Lors de la synthèse d'une poudre par précipitation, le rapport de sursaturation de soluté(s) est une grandeur importante.
  1. Pourquoi faut-il une sursaturation dans la germination primaire homogène? (**2 pts**)
  2. Lors d'une germination secondaire, comment varie la taille des particules de manière générale lorsque vous augmentez
    - i. la quantité de germes ajoutées (**1 pt**)
    - ii. le rapport de sursaturation (sans former des germes supplémentaires) (**1 pt**)
- b) Pourquoi la synthèse par sol-gel est très sensible au pH? (**2 pts**)
- c) Trouvez les réponses justes (s'il y en a) **et expliquez pourquoi** chaque réponse est juste ou fausse (**4 pts**)

Lorsqu'on choisit une poudre:

1. On sélectionne toujours la poudre la plus fine disponible sur le marché
2. Ce n'est que la distribution de taille des particules qui compte
3. Il faut d'abord connaître les propriétés attendues de la pièce finale
4. Une poudre plus chère peut réduire les coûts de production

### **Q3 Transformation des poudres (10 pts)**

---

- a) La stabilité d'une suspension est une caractéristique importante dans la transformation des poudres et l'élaboration des céramiques par voie humide.
  1. Pourquoi il y a attraction entre particules du même matériau? Expliquez! (**1 pt**)
  2. Pourquoi la forme des particules impacte la stabilité d'une suspension? Expliquez! (**1 pt**)
- b) Vous constatez que pour doper votre poudre vous devriez ajouter un sel, qui augmentera la force ionique de votre suspension.
  1. Est-ce que cela pourra déstabiliser votre suspension? Si oui, citez 1 mécanisme. (**2 pts**)
  2. Si ce changement allait déstabiliser votre suspension, comment faire pour la restabiliser? Donnez 1 piste et expliquez le mécanisme de stabilisation prédominant pour cette piste. (**2 pts**)
- d) Trouvez les réponses justes (s'il y en a) **et expliquez pourquoi** chaque réponse est juste ou fausse (**4 pts**)

Pour une suspension de particules (sans dispersants):

1. À conditions égales la stabilité dépend de la fraction volumique de solides (= quantité de poudre)
2. Les propriétés rhéologiques sont indépendantes du pH
3. Le potentiel zéta est suffisant pour prédire la stabilité de suspension
4. La stabilité est maximale au point isoélectrique

#### **Q4 Mise en forme des céramiques (10 pts)**

---

- a) Discutez (brièvement) pourquoi il est important de connaître la forme et le volume de production avant de choisir la méthode de mise en forme pour l'élaboration de pièces céramiques. **(2 pts)**
- b) Vous réalisez un processus de mise en forme par coulage en barbotine.
  1. Le séchage du corps vert est une étape délicate: Donnez et expliquez 2 mécanismes qui le rendent délicat! **(2 pts)**
  2. Donnez 2 pistes pour améliorer le séchage **et expliquez** comment elles agissent sur le processus de séchage! **(2 pts)**
- c) Trouvez les réponses justes (s'il y en a) **et expliquez pourquoi** chaque réponse est juste ou fausse **(4 pts)**

Pour le pressage à sec:

1. Il faut choisir la force de pressage de manière judicieuse
2. On préfère des poudres non-atomisées
3. L'apparition de fentes verticales est due à une force de pressage trop élevée
4. Il y a moins de gradients de densité que dans le cas du pressage isostatique

## **Q5 Délianage et frittage des céramiques (10 pts)**

---

- a) Pourquoi faut-il délianter les corps verts soigneusement avant le frittage? **(2 pts)**
- b) Votre fournisseur de poudre n'a plus de stock sur votre référence de poudre habituelle. Ils vous propose 2 alternatives:
  - a. une dont la taille et la distribution de taille des particules sont **quasiment identiques**
  - b. une dont la taille des particules est significativement **plus petite** avec une distribution de taille des particules identique

En discutant l'impact potentiel sur le frittage de vos pièces, quelle poudre allez-vous choisir et pourquoi **(2 pts)**

- c) Lors du frittage:
  - a. Quelle est la force motrice locale pour la croissance des grains **(1 pt)**
  - b. Comment le dopage permet de changer la morphologie des grains **(1 pt)**
- d) Trouvez les réponses justes (s'il y en a) **et expliquez pourquoi** chaque réponse est juste ou fausse **(4 pts)**

Lorsque vous réduisez la taille des particules à fritter, alors:

1. À température égale le frittage avance plus rapidement
2. À température égale le frittage avance plus lentement
3. La force motrice pour le frittage diminue
4. Vous pouvez augmenter la concentration de dopants avant précipitation de phases secondaires aux joints de grains