



MATERIAUX ET METALLURGIE / CERAMIQUES - VERRE

POSSIBLE EN INTRA

## TECHNIQUES DE FRITTAGE NON-CONVENTIONNEL DE CERAMIQUES TECHNIQUES

1735 € HT

3 JOURS (21 H.)

 LIMOGES  
DU 24/11/2026 À 14H00 AU 27/11/2026 À 12H00

### COMPÉTENCE PRINCIPALE VISÉE

Apporter les connaissances scientifiques de base dans le domaine du frittage naturel ou sous charge de céramiques



### PUBLIC

- Ingénieurs ou équivalent dans le domaine des procédés d'élaboration des matériaux

### PRÉREQUIS

- Connaissances de base dans le domaine des matériaux

### OBJECTIFS PÉDAGOGIQUES

- Apporter les connaissances scientifiques de base dans le domaine du frittage naturel ou sous charge de céramiques
- Donner des éléments de formation sur les nouvelles technologies non conventionnelles de type frittage « flash » (principalement de type SPS – Spark Plasma Sintering)

## CONTENU

### PARTIE 1 - RAPPELS SUR LE FRITTAGE NATUREL DE CÉRAMIQUES MASSIVES

- Introduction générale sur les différents procédés de frittage.
- Identification des forces motrices du frittage en phase solide.
- Les grandes étapes du frittage naturel et approche des mécanismes de densification à l'état solide (chemins de diffusion en volume, aux joints de grains, consolidation et densification).

### PARTIE 2 - LES VARIABLES EXPÉIMENTALES ET LES MÉTHODES DE CARACTÉRISATION

- Caractérisation expérimentale du frittage (différents modes de traitement thermique, mesures d'un retrait, d'une densité, révélation des microstructures par gravage thermique, analyse d'images ...).
- Les variables expérimentales clés qui régissent le frittage naturel (taille des particules et propriétés à cru, cycle thermique, atmosphère de frittage ...).

### PARTIE 3 - LE FRITTAGE SOUS CHARGE (Hot Pressing et Hot Isostatic Pressing)

- Description et présentation des différents procédés de frittage assistés par une pression (Hot Pressing, Hot Isostatic Pressing, Frittage-Forgeage). Principes de fonctionnement de presses à chaud (uniaxiale ou isostatique) : choix de la gaine, atmosphère, cycle thermomécanique ... Avantages et inconvénients de chaque procédé.
- Mécanisme de frittage sous charge. Le traitement des données expérimentales. Les forces motrices. Les cinétiques de frittage sous charge et l'identification des mécanismes élémentaires. Quelques exemples d'applications parmi les céramiques techniques.

### PARTIE 4 - LE PROCÉDÉ DE FRITTAGE "flash" ou Spark Plasma Sintering

- Introduction. Brefs rappels historiques. Principe général de fonctionnement d'une plateforme SPS. Les paramètres d'entrée et de sortie. Avantages et inconvénients par rapport aux autres technologies de frittage. Quelques exemples d'applications.
- Etat des connaissances sur les mécanismes de densification par SPS. Hypothèse de formation de microdécharges électriques et des microplasmas localisés dans les premiers instants du traitement SPS. Effet des champs électromagnétiques induits et de l'électromigration sur la densification de matériaux. Analogie avec le frittage sous charge uniaxial pour les stades ultimes de frittage SPS.
- Les propriétés électriques et thermiques d'un dispositif de frittage SPS. La métrologie et l'instrumentation associées à la détermination des paramètres d'entrée (courant) et de sortie (température); Répartition du courant pulsé dans l'enveloppe de frittage, évolution de l'onde de courant en fonction des conditions opératoires (diamètre de l'outil, nature du matériau, rôle de l'isolant ...).
- Modélisation et simulation numérique d'un procédé de frittage SPS. Méthodologie employée. Mise en évidence de couplage entre les propriétés thermophysiques (électriques-thermiques-mécaniques). Identification des gradients de propriétés au sein de l'outil et des matériaux, détermination des amplitudes en fonction de la nature des matériaux.

### PARTIE 5 - TRAVAUX PRATIQUES – Frittage « flash » ou Spark Plasma Sintering (paramétrages, métrologie, formation sur le lancement d'essais de densification)

- Cette activité sera consacrée à la mise en pratique des connaissances acquises sur le frittage SPS lors des deux premiers jours du stage de formation. En particulier, il s'agira au cours de la matinée de présenter les conditions de programmation d'une plateforme de frittage (cycle thermomécanique, choix des durées de pulse, de temps morts...) et d'instrumentation pour la détermination des profils de température et/ou de contraintes. Quelques essais de fabrication de pièces céramiques de composition, de propriétés thermophysiques (i.e. conductivités électrique et thermique) et de géométries variables seront menés tout au long de la journée.

## ÉQUIPE PÉDAGOGIQUE

Enseignants de la Faculté des Sciences et Techniques de Limoges, de l'I.U.T. de Limoges et du Laboratoire IRCER (Institut de Recherche sur les CERamiques) de l'Université de Limoges.



## MOYENS ET MÉTHODES PÉDAGOGIQUES

La formation est découpée en deux volets : a) une formation plus théorique qui vise à consolider les acquis en matière de frittage de céramiques (2 jours) ; b) une formation plus pratique (1 jour) qui permet de mettre en pratique ces connaissances au travers de l'utilisation d'une plateforme de frittage SPS. Un support de cours sera remis à chacun des participants.

## PROCHAINE SESSION

**LIMOGES : DU 24/11/2026 À 14H00 AU 27/11/2026 À 12H00**

**Frais pédagogiques individuels : 1 735 € H.T. (\* Repas inclus)**

L'ouverture de la session est conditionnée par un nombre minimum de participants. Nous consulter pour d'autres dates.

## ÉVALUATION ET RÉSULTATS

### Évaluation des acquis de la formation

Evaluation des acquis des apprenants par auto-examen. 92.5% des apprenants ont acquis la compétence principale visée. (sur 734 apprenants évalués sur cette thématique depuis 2020)

### Évaluation de la satisfaction des participants en fin de formation (Niveau 1 KIRKPATRICK)

4.4 par les participants. (sur 1072 participants ayant suivi une formation dans la thématique depuis 2020)



### RENSEIGNEMENTS ET INSCRIPTION

Tel : +33 (0)4 72 43 83 93

Fax : +33 (0)4 72 44 34 24

mail : [formation@insavvalor.fr](mailto:formation@insavvalor.fr)

Préinscription sur [formation.insavvalor.fr](http://formation.insavvalor.fr)

Accueil des personnes en situation de handicap nécessitant un besoin spécifique d'accompagnement : nous contacter à l'inscription.

Actualisée le 30/09/2025