



## Offre d'emploi

*Δ : Ne pas faire figurer d'adresse mail de contact, ni demander d'autres documents que CV et LM, les candidats doivent déposer les pièces obligatoires sur le espace personnel dans Portail Emploi.*

### Informations générales

Intitulé de l'offre : Thèse : Composites Ultra-Réfractaires Multi-Architecturés par Robocasting-Frittage rapide: approche DIW-IA

Type de contrat : Thèse Région 100%

Lieu de travail : Laboratoire CRISMAT

Date de prise de fonction souhaitée : 01/10/2026

Durée du contrat : 36 mois

Quotité de travail : 100%

Diplôme requis : Master 2 ou assimilé

Expérience souhaitée : Des compétences en sciences céramiques, impression 3D céramique et en frittage sont fortement recommandées.

Rémunération : *Information complétée par le RH selon le barème en fonction des éléments ci-dessus*

Section(s) CN ou BAP :

### Missions (en 3 lignes max)

Le/la doctorant(e) développera des composites dans le système ZrB<sub>2</sub>-B<sub>4</sub>C-SiC. Cette thèse inclut la formulation de suspensions céramiques pour l'impression 3D par extrusion de pâte, l'étude du frittage à très haute température et l'utilisation de modèles d'IA pour assister les explorations.

### Activités

Ce projet de thèse explore la fabrication de composites ultra-réfractaires à base de ZrB<sub>2</sub>, combinant robocasting à haute vitesse et frittage rapide à très haute température. Le système ZrB<sub>2</sub>-SiC-B<sub>4</sub>C est étudié pour réduire les températures de frittage tout en optimisant les propriétés mécaniques grâce à des architectures micro/macro-structurées. Le ZrB<sub>2</sub>-SiC peut être fritté à 2000°C, tandis que le ZrB<sub>2</sub>-B<sub>4</sub>C nécessite des températures plus élevées (2200°C) mais avec moins d'additifs (<5%), compatibles avec un frittage ultra-rapide (UHS). Le système ZrB<sub>2</sub>-SiC-B<sub>4</sub>C permet de réduire encore la température de frittage tout en conservant des propriétés mécaniques et thermiques optimisées.

L'**Axe 1** se concentre sur le **robocasting à très haute vitesse** pour former des pièces et concevoir des microstructures internes, telles que des structures lattice à matrice ZrB<sub>2</sub> chargée en additifs. L'objectif est de maîtriser la distribution des phases et d'optimiser les propriétés mécaniques via des motifs d'additifs orientés par impression.

L'**Axe 2** étudie le **frittage sans pression à 2200°C**, en minimisant le phénomène de coarsening qui limite les performances des matériaux. Cet axe repose sur des études de frittage par dilatométrie haute température et par frittage ultra-rapide en four P-SPS. L'objectif est d'identifier des formulations d'additifs réduisant la température de frittage et maximisant les propriétés mécaniques, notamment via des macro-modèles imprimés.

Enfin, l'**Axe 3** de **modélisation par IA** soutient les deux premiers axes : (1) des modèles de type processus gaussiens pour optimiser les formulations et les comportements rhéologiques, et (2) des approches d'« inverse learning » développées en laboratoire pour extraire les paramètres de frittage à partir de



courbes dilatométriques et les intégrer dans des simulations FEM de pièces complexes. D'autres modèles d'IA peuvent également être utilisés pour simuler les structures internes et les motifs architecturés.

### **Compétences et savoir-faire**

Les compétences suivantes sont fortement recommandées :

Impression 3D, formulation de suspensions, rhéologie, potentiel zêta, frittage, compétences en modélisation numérique, rédaction scientifique.

### **Contexte de travail**

Le/la doctorant(e) mènera essentiellement un travail d'exploration du système ZrB<sub>2</sub>-B<sub>4</sub>C-SiC, de formulation de suspensions imprimables en 3D et d'analyse fondamentale des mécanismes de frittage à 2200 °C avec un objectif d'optimisation des propriétés. La valorisation se fera exclusivement par des publications scientifiques et des brevets si une composition architecturée exceptionnelle est identifiée. L'objectif est de démontrer que l'impression rapide et le frittage de composites multi-architecturés sont possibles.

### **Contraintes et risques**

-



## General information

Job title: PhD Position: Multi-Architected Ultra-Refractory Composites via Rapid Robocasting-Sintering: DIW-AI Approach.

Type of contract: PhD region 100%

Workplace: CRISMAT laboratory

Expected date of employment: 01/10/2026

Duration of contract: 36 months

Proportion of work: 100%

Desired level of education: master 2 or assimilated

Experience required: Skills in ceramic, 3D printing and sintering are highly recommended.

Remuneration: *Information complétée par le RH selon le barème en fonction des éléments ci-dessus*

CN Section(s) ou BAP :

## Missions

The PhD student will develop composites in the ZrB<sub>2</sub>-B<sub>4</sub>C-SiC system. This thesis includes the formulation of ceramic suspensions for 3D paste extrusion printing, the study of ultra-high temperature sintering, and the use of AI models to assist explorations.

## Activities

This doctoral project explores the fabrication of ultra-refractory ZrB<sub>2</sub>-based composites, combining high-speed robocasting and ultra-high-temperature rapid sintering. The ZrB<sub>2</sub>-SiC-B<sub>4</sub>C system is investigated to lower sintering temperatures while optimizing mechanical properties through micro/macro-structured architectures. ZrB<sub>2</sub>-SiC can be sintered at 2000°C, whereas ZrB<sub>2</sub>-B<sub>4</sub>C requires higher temperatures (2200°C) but with fewer additives (<5%), making it compatible with ultra-high-speed (UHS) sintering. The ZrB<sub>2</sub>-SiC-B<sub>4</sub>C system further reduces sintering temperatures while maintaining optimized mechanical and thermal properties.

**Axis 1** focuses on **high-speed robocasting** to shape components and design internal microstructures, such as lattice structures in ZrB<sub>2</sub> matrices with higher additive content. The goal is to control phase distribution and enhance mechanical properties through additive patterns oriented by printing.

**Axis 2** examines **pressureless sintering at 2200°C**, minimizing the coarsening phenomenon that limits material performance. This axis relies on high-temperature dilatometry and ultra-rapid sintering in a P-SPS furnace. The objective is to identify additive formulations that reduce sintering temperatures and maximize mechanical properties, particularly through printed macro-models.

Finally, **Axis 3** involves **AI-driven modeling** to support the first two axes: (1) Gaussian process models to optimize formulations and rheological behaviors, and (2) "inverse learning" approaches developed in-house to extract sintering parameters from dilatometric curves and integrate them into FEM simulations of complex components. Additional AI models may also be employed to simulate internal structures and architectural patterns.

## Skills

The following skills are highly recommended:

3D printing, suspension formulation, rheology, zeta potential, sintering, numerical modeling skills, scientific writing.

## Working environment



The PhD student will primarily conduct exploratory work on the ZrB<sub>2</sub>-B<sub>4</sub>C-SiC system, focusing on the formulation of 3D-printable suspensions and fundamental analysis of sintering mechanisms at 2200°C, with the goal of optimizing material properties. The outcomes will be valorized exclusively through scientific publications and patents, should an exceptional architected composition be identified. The objective is to demonstrate that rapid printing and sintering of multi-architected composites are achievable.

**Constraints and risks**

-

phd position multiarchitected ultrarefractory composites via rapid robocasting sintering and machine learning