

## PROPOSITION DE POST-DOCTORAT

**Intitulé : Métamatériaux à base de céramiques réfractaires**

Référence : **PDOC-DMAS-2022-01**  
(à rappeler dans toute correspondance)

**Début du contrat : 11/2021**

**Date limite de candidature :**

**Durée : 12 mois, éventuellement renouvelable une fois - Salaire net : environ 25 k€ annuel**

**Mots clés : UHTC, FRITTAGE FLASH, METAMATERIAUX**

**Profil et compétences recherchées : bonne connaissances en sciences des matériaux, goût pour l'expérimentation**

### Contexte

Le domaine des métamatériaux optiques a connu un essor considérable depuis une quinzaine d'années, et il a été démontré qu'il était possible de les utiliser pour modifier à loisir l'émissivité d'une surface. Cependant, les matériaux classiquement utilisés en nanophotonique vont être des métaux nobles et des diélectriques usuels, dont la température de fusion se situe en général dans la gamme [1000-1500 K]. Dans ce contexte encore en recherche de solutions performantes, l'ONERA propose, dans le cadre d'un projet ANR-ASTRID, de développer des métamatériaux à base de matériaux céramiques réfractaires fonctionnant à haute température, pour contrôler la signature infrarouge d'objets chauds, pour des applications au thermo-photovoltaïque ou encore l'éclairage visible. Le projet va combiner les compétences et connaissances de la nanophotonique (Département d'Optique et Techniques Associées, DOTA) et des matériaux céramiques réfractaires (Département Matériaux et Structures, DMAS). La nanophotonique permet de modifier l'émissivité d'une surface en utilisant des nano-antennes optiques mais elle a été démontrée à des températures peu élevées, et les matériaux utilisés ont des températures de fusion en général inférieures à 1000 K. Les céramiques réfractaires, avec des températures de fusion plus élevées, sont donc de bons candidats pour augmenter la température d'utilisation des métamatériaux. Cependant, les propriétés optiques et thermiques en température de ces matériaux ne sont pas encore bien décrites dans la littérature.

Ainsi, plusieurs verrous restent à lever, notamment accroître la connaissance du comportement électromagnétique des matériaux céramiques réfractaires et repenser la conception électromagnétique des métamatériaux en intégrant ces nouveaux matériaux.

### Description des travaux

Les travaux porteront principalement sur l'élaboration des matériaux ultraréfractaires de références tels que des carbures, des borures ou des oxydes de zirconium et d'hafnium. Une attention particulière sera portée au frittage de ces matériaux pour obtenir un taux de densification élevé tout en conservant une microstructure contrôlée. Pour ce faire, le candidat aura accès à divers moyens d'élaboration tels que des presses à chaud ou encore une installation de frittage assisté d'un courant électrique (FAST). La microstructure sera contrôlée par des observations au microscope électronique à balayage, des analyses en spectroscopie à dispersion d'énergie et des analyses par diffraction des rayons X. Dans le cas où les matériaux ne correspondraient pas à nos

critères (taux de porosité < 10% et pureté > 95%), alors une itération sera nécessaire afin d'adapter les poudres ou le traitement thermique.

Les propriétés mécanique et thermomécanique des matériaux modèles seront mesurées à température ambiante et à haute température par flexion 4 points et par dilatométrie.

En parallèle, les propriétés optiques (absorptivité, réflectivité) seront évaluées à température ambiante, puis à haute température sur les matériaux monolithiques de références élaborés (ellipsomètre infrarouge couplé à une plateforme chauffant les échantillons et banc de mesure d'émissivité). L'objectif sera d'extraire des modèles optiques dans l'infrarouge pour les différents matériaux fabriqués en prenant en compte l'influence de la température. Ces caractérisations poussées permettront d'établir une base de données des propriétés des matériaux céramiques ultraréfractaires à température ambiante et à haute température. Ces travaux pourront être valorisés par des publications et des conférences.

Enfin, le candidat pourra participer à la mise en œuvre de ces matériaux pour des métamatériaux. Notamment, différents procédés de gravures pour la réalisation des nano antennes devront être évalués (Faisceau d'ion, lithographie...). L'analyse microstructurale permettra de valider la qualité des réalisations.

---

#### **Collaborations extérieures**

---

#### **Laboratoire d'accueil à l'ONERA**

Département : Département Matériaux et Structures

Lieu (centre ONERA) : Palaiseau

**Contact** : Aurélie Jankowiak

Tél. : 01 46 73 44 59

Email : aurelie.jankowiak@onera.fr