



# Conception et caractérisation de matériaux ultra-haute température à gradient de propriétés

Soutenance de thèse – Lisa AUDOUARD  
12 décembre 2023 – 10h00

Salle Contensou - ONERA Châtillon

## Devant le jury composé de :

Rapporteur	REBILLAT François - Professeur,	UBx, LCTS
Rapporteur	MAITRE Alexandre - Professeur,	UL, IRCER
Examinatrice	REVERON Helen – Directrice de recherche,	INSA Lyon, MATEIS
Examinatrice	QUET Aurélie – Ingénieure de recherche,	CEA Monts
Directrice de thèse	LANGLADE Cécile - Professeur,	UBFC, ICB
Co-encadrante	JULIAN-JANKOWIAK Aurélie - Ingénieure de recherche	ONERA
Co-encadrant	BERTRAND Pierre - Ingénieur de Recherche	UBFC, ICB
Invité	GARCIA Matthieu – Ingénieur	CNES

## Résumé

Le développement d'un nouveau prototype d'ergol vert destiné aux moteurs de repositionnement de satellites implique des conditions thermiques et environnementales plus sévères pour les matériaux de la chambre de combustion, par rapport aux conditions actuelles. De ce fait, des matériaux alternatifs dits Matériaux à Gradient de Propriétés (MGP) sont développés depuis plusieurs années dans le cadre d'une étude ONERA-CNES-ICB. Cette thèse a pour objectif de poursuivre le développement de ce type de matériau à gradient céramique/métal afin d'assurer ainsi sa mise en œuvre jusqu'à 2400 °C en présence de vapeur d'eau. Différentes configurations de MGP élaborées par projection thermique plasma sous air (APS) ont été testées sous flux thermique laser sous vide. La mise en place d'une modélisation de la fissuration de ces matériaux soumis à un choc thermique a permis de mieux faire le lien entre les dégradations observées et les configurations de MGP. Ensuite, la possibilité d'utiliser les MGP élaborés dans une ambiance oxydante à ultra haute température a été étudiée au moyen de deux bancs d'essais expérimentaux. Le premier d'entre eux est un banc laser qui a permis de tester la résistance des matériaux à des chocs thermiques répétés jusqu'à 1800 °C et en présence de vapeur d'eau. Les mécanismes de dégradation relatifs à l'oxydation du MGP ont pu être identifiés et reliés aux différentes configurations de MGP et aux conditions d'essai testées. Le second moyen d'essai a permis de qualifier les MGP dans la flamme H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> d'une chambre de combustion. De ce fait, les conditions d'essais étaient relativement proches des conditions réelles visées.

En parallèle, un travail a été mené sur l'amélioration de la partie en céramique à base d'oxyde d'hafnium et d'oxyde de terre rare. Un point clé de cette étude a consisté à comprendre l'influence de la composition de la céramique et en particulier du taux et de la nature de l'oxyde de terre rare utilisé sur le coefficient de dilatation thermique, la conductivité ionique et la conductivité thermique. Enfin, une dernière partie de cette thèse était consacrée à étudier la possibilité de cicatrifier les fissures observées au sein de la couche céramique, par l'introduction d'une phase visqueuse en température. Son influence sur la résistance des échantillons dans des conditions sévères de température et d'atmosphère a été reportée.

## Mots clés

MGP, satellites, ultra-réfractaires, projection thermique, caractérisations à chaud.