

# Etude de la dissolution de diverses terres rares dans des liquides silicatés (CMAS) de composition variable – Contribution au développement des barrières thermiques en $ZrO_2-RE_2O_3$ (RE = La-Lu)

Sous la direction de  
M. Vilasi (IJL) / C. Petitjean (IJL) / M-H. Vidal-Sétif (Onera)

Soutenance de thèse – François Perrudin (DMAS/FD2M)

**Jeudi 13 décembre 2018 à 13h30**

À L'institut Jean Lamour, Campus Artem, 2 allée André Guinier, Nancy

## Devant le jury composé de :

**Rapporteurs :** N. Clavier, Chargé de Recherche, ICSM – M. Toplis, Directeur de Recherche, IRAP

**Examineurs :** A. Denoirjean, Directeur de Recherche, IRCER – I. Giboire, Ingénieure de Recherche, CEA –  
F. Pedraza Diaz, Professeur, Université de La Rochelle

**Invités :** A. Joulia, Ingénieur de Recherche, Safran Tech – G. Pujol, Expert matériaux, DGA

## Résumé

L'ingestion de sables et de cendres volcaniques par les moteurs d'avion conduit à la formation de dépôts silicatés (CMAS) qui s'infiltrent dans la porosité du revêtement barrière thermique (BT) en zircone yttrée des aubes de turbine. De nouvelles compositions de BT issues du système  $ZrO_2-RE_2O_3$  (RE = La-Lu) sont donc envisagées. En effet, leur réactivité chimique au contact des CMAS peut conduire à la formation de phases cristallisées, notamment la phase apatite  $Ca_2RE_8(SiO_4)_6O_2$ , qui bloquent l'infiltration du CMAS. Cependant, divers silicates du système  $CaO-RE_2O_3-SiO_2$  sont susceptibles d'entrer en compétition avec sa formation et de plus, la composition du CMAS varie selon les régions survolées. L'objectif de ces travaux de thèse est de déterminer l'influence de la composition du CMAS et de la terre rare sur les mécanismes réactionnels de dissolution et de précipitation. Divers oxydes  $RE_2O_3$  à basicité croissante (RE = Yb, Dy, Gd, Sm et Nd) et un CMAS de composition simplifiée du système  $CaO-Al_2O_3-SiO_2$  (CAS) ont été choisis. Des teneurs fixes en MgO et  $Fe_2O_3$  ont été ensuite ajoutées au CAS en faisant varier le rapport  $CaO/SiO_2$  entre 0,4 et 1,6. Les phases apatite et cyclosilicate  $Ca_3RE_2(Si_3O_9)_2$  ont également été synthétisées afin d'étudier leur dissolution. Il est montré que le mécanisme de dissolution des  $RE_2O_3$  est indirect, les équilibres locaux établis avec cet oxyde imposant systématiquement la formation de la phase apatite. Sa cristallisation est favorisée par un rayon cationique  $RE^{3+}$  proche de celui de  $Ca^{2+}$ . Lorsque l'écart est important, la nucléation de la phase cyclosilicate est rapidement observée dans le CAS avec une répartition préférentielle de ces cations  $RE^{3+}$  dans les sites de coordination 6. La solubilité en RE dans le liquide silicaté augmente avec la basicité de l'oxyde  $RE_2O_3$  et en présence de MgO et  $Fe_2O_3$ . La variation de composition du CMAS modifie la nature des phases à l'équilibre. Leurs limites de solubilité en RE sont inférieures à celles de la phase apatite, ce qui réduit d'autant leur vitesse de redissolution dans le liquide silicaté.

## Mots clés

CMAS ; Barrières Thermiques ; Terres rares ; Dissolution ; Précipitation ; Solubilité