

## Substitution des terres rares utilisées pour la stabilisation de la zircone : vers des zircons stabilisés plus frugales

Laboratoire MATEIS (INSA Lyon/CNRS/UCB Lyon), Villeurbanne

La zircone ( $ZrO_2$ ) est très largement utilisée notamment dans le secteur des biomatériaux grâce à ses très bonnes propriétés combinées en termes de tenue mécanique, chimique et de biocompatibilité. Cette céramique, à l'état pur, subit des transformations de phases : monoclinique (température ambiante à  $1170^\circ C$ ), quadratique ( $1170^\circ C$  à  $2370^\circ C$ ) et cubique (températures supérieures à  $2370^\circ C$ ) au cours d'un traitement thermique. Ces transformations sont accompagnées d'un changement volumique au niveau de la maille cristalline, qui entraînent une dégradation au refroidissement à partir de la température de frittage. La zircone pure n'est donc pas utilisable en pratique. Aussi, des dopants, tels que l'yttrium ou le cérium sont couramment utilisés sous forme oxyde, pour maintenir la zircone dans sa forme quadratique, métastable, après frittage. Une des particularités des zircons dopés est alors que, sous sollicitation mécanique ou thermique, les grains quadratiques se transforment localement en grains monocliniques accompagné d'une augmentation de volume de la maille, permettant de bloquer une éventuelle propagation de fissures ou de défauts préexistants. Les zircons dopés, transformables sous contrainte, possèdent donc des ténacités et des contraintes à la rupture parmi les plus élevées de toutes les céramiques.

Cependant, dans un contexte actuel de sobriété environnementale où les enjeux de ressources naturelles deviennent primordiaux dans l'élaboration de matériaux, la question de l'utilisation des terres rares pour une céramique aussi largement utilisée, se pose. L'objectif de cette thèse est de développer une zircone nanométrique stabilisée à partir d'oxyde de magnésium ou de calcium, matières premières moins critiques en termes d'approvisionnement et de coût. Des travaux existent sur la fabrication de ces poudres dopées et stabilisées. Toutefois, une étude complète permettant de mettre en relation l'élaboration, la microstructure et les propriétés de ces céramiques, en les comparant aux zircons yttrés classiques à iso-microstructure (densité, taille de grains) permettrait une grande avancée vers une utilisation plus courante de ces céramiques. Le travail se focalisera sur l'élaboration de céramiques par frittage, ainsi que sur leur caractérisation microstructurale (microscopie électronique, DRX...). Un intérêt particulier sera porté sur la répartition des dopants dans les grains de zircone. Des essais mécaniques avant et après vieillissement hydrothermal permettront de caractériser l'efficacité de stabilisation de la zircone.

Le/la candidat(e) devra être issu(e) d'une formation en science des matériaux avec des connaissances générales concernant l'élaboration et la caractérisation des matériaux. Une expérience et/ou de solides connaissances dans le domaine des matériaux céramiques (connaissances des procédés d'élaboration et des principales propriétés de ces matériaux) serait souhaitable. Un goût prononcé pour l'expérimentation est attendu. Un bon niveau en anglais écrit et oral est aussi attendu.

Une procédure de recrutement officielle aura lieu début 2025 au niveau de l'Ecole Doctorale Matériaux de l'INSA de Lyon et dans le cadre de bourses de thèses "enjeux" en lien avec les 5 grands enjeux sociétaux autour desquels l'INSA a structuré et anime sa recherche.

Début souhaité : troisième trimestre 2025

MATEIS est membre de l'institut Carnot Ingénierie @Lyon qui s'inscrit dans le pacte pour la recherche, et ayant notamment pour objectif de favoriser le transfert de technologie, le partenariat entre laboratoires publics et entreprises et le développement de l'innovation.

### Contacts :

Sandrine Cottrino ([sandrine.cottrino@insa-lyon.fr](mailto:sandrine.cottrino@insa-lyon.fr)) / Jérôme Chevalier ([jerome.chevalier@insa-lyon.fr](mailto:jerome.chevalier@insa-lyon.fr))

Sylvain Meille ([sylvain.meille@insa-lyon.fr](mailto:sylvain.meille@insa-lyon.fr)) / Laurent Gremillard ([laurent.gremillard@insa-lyon.fr](mailto:laurent.gremillard@insa-lyon.fr))