

Offre de thèse de doctorat

Synthèse et caractérisation de céramiques relaxeurs sans plomb à haute entropie pour le stockage d'énergie et l'électro-déformation

Mots-clés

Céramiques, ferroélectriques relaxeurs, haute entropie, stockage d'énergie, électromécanique.

Contexte :

Les matériaux ferroélectriques relaxeurs suscitent un intérêt croissant en raison de leur constante diélectrique élevée, de leurs faibles pertes, et de leur stabilité thermique et pour le développement de diverses applications comme par exemple les condensateurs de stockage d'énergie et les actionneurs électrostrictifs¹⁻².

Ces matériaux relaxeurs se distinguent par la présence de nanorégions polaires (PNRs), au sein desquelles les dipôles électriques sont corrélés à l'échelle nanométrique et dont la polarisation est orientée de manière aléatoire en l'absence de champ électrique externe.

Récemment, l'approche des oxydes à haute entropie (High Entropy Oxides, HEOs) a émergé comme une stratégie prometteuse pour concevoir des relaxeurs performants. Le désordre chimique intrinsèque, la multiplicité des états de valence ionique et les fortes distorsions du réseau cristallin caractéristiques de ces systèmes favorisent la formation de nanorégions polaires hautement dynamiques³. Cette approche ouvre ainsi des perspectives inédites pour l'optimisation des propriétés diélectriques et électromécaniques.

Objectif :

Ce travail de thèse vise à synthétiser et à caractériser des céramiques ferroélectriques relaxeurs sans plomb, de structure pérovskite ABO_3 , en utilisant le concept de haute entropie. L'objectif est d'explorer des compositions monophasées intégrant cinq cations ou plus, de rayons ioniques et valences différentes, substituant les sites A et/ou B de la structure pérovskite. L'étude a pour objectif d'analyser l'influence de la complexité chimique et du désordre induits par la haute entropie sur la densité de stockage d'énergie, l'efficacité énergétique ainsi que sur le comportement électromécanique. Ce projet de thèse vise à contribuer au développement de la prochaine génération de condensateurs à haute capacité de stockage d'énergie et à ouvrir de nouvelles perspectives pour les actionneurs électrostrictifs.

¹ Ning *et al.* Design strategy of high-entropy perovskite energy-storage ceramics : A review. *J. Eur. Ceram.* 44 (2024) 4831-4843.

² Liu *et al.* Phase transition and large strain response with ultra-low hysteresis of $BaTiO_3$ doped with a high-entropy perovskite oxide. *J. Chem. Eng.* 488 (2024) 150823.

³ Akrami *et al.* High-entropy ceramics : Review of principles, production and applications. *Mater. Sci. Eng R.* 146 (2021) 100644.

Plan de travail :

- Étude bibliographique ciblée sur les matériaux ferroélectriques relaxeurs.
- Synthèse de phases à haute entropie par la méthode de réaction à l'état solide et le procédé sol-gel.
- Optimisation des conditions de frittage des céramiques pour une meilleure densité et obtenir une microstructure homogène.
- Caractérisation structurale et microstructurale des céramiques par DRX, MEB-EDX, MET, etc.

- Mesures des propriétés diélectriques et de polarisation en fonction de la température et de la fréquence.
- Évaluation des performances de stockage d'énergie et électromécaniques.

Profil recherché :

Nous recherchons un(e) candidat(e) passionné(e) par les matériaux et leurs applications dans le domaine de l'énergie, ayant :

- Un diplôme de Master 2 ou d'ingénieur en chimie et science des matériaux.
- Une expérience dans les matériaux céramiques et les techniques de caractérisation.
- Un bon niveau d'anglais (écrit et oral) ainsi qu'en rédaction scientifique.
- Rigueur, autonomie, goût pour le travail dans un laboratoire de recherche.

Modalités de candidature :

Les candidatures doivent obligatoirement être déposées sur le site de l'École doctorale <https://www.adum.fr/>, conformément aux modalités précisées. En parallèle, le dossier complet doit être transmis à l'adresse suivante : hicham.aitlaasri@univ-tours.fr.

Le recrutement s'effectuera en deux étapes :

1. Présélection sur dossier :

Dossier à déposer sur ADUM avant **le 09 avril 2026**. Il devra comprendre :

- Un CV et une lettre de motivation (1 page chacun) ;
- Relevés de notes de Licence et de Master (avec classements en M1 et M2) ;
- Un résumé des stages effectués ;
- Une lettre de recommandation du responsable de stage de master.

2. Audition des candidats présélectionnés **le 11 mai 2026** :

Les candidats présélectionnés seront auditionnés par un jury de l'école doctorale EMSTU de l'Université de Tours. Les modalités de l'audition seront précisées ultérieurement.

Conditions du contrat :

Contrat doctoral de 3 ans à partir du 1^{er} octobre 2026, avec possibilité d'activités complémentaires d'enseignement. La thèse se déroulera au laboratoire GREMAN (UMR CNRS 7347 <http://greman.univ-tours.fr/>), au sein de l'équipe « oxydes pour l'énergie » du pôle de synthèse des matériaux (SDM) à l'IUT de Blois, avec des déplacements prévus sur notre site de Tours (pôle EMA).

Vous êtes passionné(e) par la synthèse et la caractérisation des matériaux céramiques ? Rejoignez notre équipe de recherche pour explorer de nouveaux matériaux sans plomb pour l'efficacité énergétique.

Encadrement et contacts

Cécile Autret-Lambert (directrice de thèse), Professeure de l'Université, Laboratoire GREMAN, Université de Tours. cecile.autret@univ-tours.fr

Hicham Ait Laasri (co-encadrant), Maître de Conférences, Laboratoire GREMAN, IUT de Blois-Université de Tours. hicham.aitlaasri@univ-tours.fr