

Monsieur Julien RIVIERE

Spécialité "Chimie des matériaux - UCCS"

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

*Nouveaux matériaux d'électrode à air innovants sans lanthane pour l'électrolyse haute température.*

dirigés par Madame Rose-Noëlle VANNIER

Soutenance prévue le **jeudi 10 juillet 2025** à 14h30

Lieu : Institut Chevreul, Avenue Paul Langevin, 59650, Villeneuve d'Ascq.

Salle : Amphithéâtre Institut Chevreul

## Composition du jury proposé

|                           |                                                                         |                       |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Mme Rose-Noëlle VANNIER   | Centrale Lille Institut, Unité de catalyse et chimie du solide, UCCS    | Directrice de thèse   |
| M. Victor DUFFORT         | Unité de catalyse et chimie du solide, UCCS, CNRS                       | Co-encadrant de thèse |
| M. Fabrice MAUVY          | Institut de chimie de la matière condensée de Bordeaux, ICMCB, Bordeaux | Rapporteur            |
| M. Pierre-Marie GEFFROY   | Institut de recherche sur les céramiques, IRCER, CNRS                   | Rapporteur            |
| Mme ARMELLE RINGUEDE      | Institut de recherche de chimie paris, IRCP, CNRS                       | Examinatrice          |
| Mme Annie LE GAL LA SALLE | Institut des matériaux Jean Rouxel de Nantes                            | Examinatrice          |
| Mme Vesna MIDDELKOOP      | Flemish Institute for Technological Research, Vito                      | Examinatrice          |
| M. Lionel MONTAGNE        | Université de Lille, Unité de catalyse et chimie du solide, UCCS        | Examineur             |

**Mots-clés :** Electrolyse de l'eau à haute température, Matériaux d'électrode, Conducteurs par ions oxyde, Chimie du solide, Spectroscopie d'impédance, Matériaux sans lanthane

## Résumé :

De nos jours, la majorité des matériaux développés comme électrode à air dans les cellules d'électrolyse à oxyde solide (SOEC) dérive de la pérovskite avec du lanthane en site A. L'Union Européenne a classifié les terres rares, dont le lanthane en fait partie, comme des ressources critiques. Un des enjeux de l'Union Européenne est de réduire sa dépendance vis-à-vis de l'utilisation de ce type de matériaux provenant de pays étranger comme la Chine afin d'éviter une inflation du prix des technologies qui en sont dérivées. Dans le cadre du programme européen Horizon Résilience, l'objectif du projet NOUVEAU, dans lequel s'inscrit cette étude, est de développer des nouveaux revêtements d'électrodes et d'inter-connecteurs pour SOEC plus durables avec un abaissement du contenu en terre rare d'au moins 30 %. Ce travail de thèse s'inscrit sur la base d'articles récents faisant référence à des matériaux innovants dérivés de  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$  et présentant de nombreuses caractéristiques intéressantes : bonne conductivité ionique et électronique, des propriétés de perméation à l'oxygène, des valeurs de coefficients d'expansion thermiques compatibles avec les électrolytes usuellement utilisés et enfin de faibles valeurs d'ASR (résistance spécifique surfacique). Des matériaux de type  $\text{Ca}_2\text{Fe}_{2-x}(\text{Co}, \text{Mn})_x\text{O}_{5+\delta}$  ont été synthétisés via une voie de synthèse nitrate citrate. Les premières mesures d'ASR et de conductivité électrique par spectroscopie d'impédance pour les composés substitués ont permis de mettre en évidence deux compositions prometteuses  $\text{Ca}_2\text{Fe}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_{6-\delta}$  et  $\text{Ca}_2\text{Fe}_{0.5}\text{Co}_{1.5}\text{O}_{5-\delta}$ . L'optimisation des ratios massiques avec GDC nous ont permis de développer une électrode à gradient de composition présentant des performances prometteuses et une quantité réduite en terre rares comparés aux électrodes composites classiques. L'étude de la réaction d'évolution de l'oxygène sur des cellules symétriques par spectroscopie d'impédance et analyse de la fonction de distribution des temps de relaxation a été effectuée sur les électrodes pures, composites et à gradient de composition afin de déterminer les processus limitants opérant au sein de chaque électrode. L'obtention de performances prometteuses pour les études en cellule symétriques et complètes laisse entrevoir des perspectives d'améliorations supplémentaires pour ces nouveaux matériaux d'électrodes.