



Ecole Doctorale - 104

Sciences de la Matière, du Rayonnement
et de l'Environnement

ETABLISSEMENT : Université de Lille - FST

Laboratoire(s) de Rattachement : Unité de Catalyse et de Chimie du Solide (UCCS)

Domaine scientifique, Spécialité :

- DS2 | Milieux denses, matériaux et composants
- DS2 | Milieux dilués et optique fondamentale
- DS3 | Sciences de la terre et de l'univers
- DS3 | Terre, enveloppes fluides
- DS4 | Chimie théorique, physique, analytique
- DS4 | Chimie organique, minérale, industrielle
- DS4 | Chimie des matériaux
- DS5 | Aspects moléculaires et cellulaires de la biologie
- DS8 | Energétique, thermique, combustion
- DS8 | Mécanique des solides, des matériaux, des structures et des surfaces
- DS10 | Biotechnologies agroalimentaires, sciences de l'aliment, physiologie
- DS10 | Biologie de l'environnement, des organismes, des populations, écologie
- DS10 | Sciences agronomiques

Direction de thèse : Daviero-Minaud, Sylvie, Professeur des Universités, sylvie.daviero@univ-lille.fr

Co-direction : Colmont, Marie, Maître de Conférence, marie.colmont@centralelille.fr

Co-encadrement (personnel non HDR) : (Nom, Prénom, Corps, e-mail)

Programme(s) de Rattachement : Interreg France-Wallonie-Flandres

(Co)-financement(s) envisagé(s) (mention : en cours/obtenu) : obtenu

Titre de la thèse : Recyclage par voie pyrochimique de Piles à combustibles à Oxydes Solides 2ème et 3ème génération

SUJET DE THESE

Ce sujet de thèse s'inscrit dans le cadre du projet CLUED-O (CLEan energy with sUSTAINable 3rd gENERation soliD Oxides cells) du projet Interreg France-Wallonie-Flandre dont l'objectif est de développer une pile à combustible à oxyde solide ou SOFC (Solid Oxide Fuel Cells) de 3ème génération à hautes performances, fonctionnant à $T < 650$ °C en mode pile à combustible mais également utilisable en mode électrolyse.

Les matériaux utilisés pour les différents constituants des cellules (électrodes, électrolyte, connecteurs...) contiennent des éléments stratégiques (des terres rares : Ce, La, Gd, Y..., du strontium, du cobalt, du nickel, du zirconium...) inscrits sur la liste européenne des éléments critiques, qui doivent être récupérés et valorisés lors de la fin de vie des systèmes. Pour ce faire, CLUED-O engage une réflexion sur l'analyse du cycle de vie et le développement d'un procédé de recyclage des cellules dès leur conception. Ainsi l'étude d'un procédé de recyclage



Ecole Doctorale - 104

Sciences de la Matière, du Rayonnement
et de l'Environnement

sera envisagé dès le début du projet sur des cellules SOFCs de 2^{ème} génération issues de la première partie du projet conçues à partir de 1/2 cellules commerciales, pour en fin du projet, avoir défini les conditions de traitements optimisées qui seront transposées sur les cellules innovantes de 3^{ème} génération conçues durant le projet.

A l'heure actuelle, aucun procédé efficace n'a encore été vraiment développé pour le recyclage des SOFCs. Ces dernières années, deux projets européens ont été développés pour le recyclage par voie hydrométallurgique (HYTECHCYCLING Grant 700190 et BEST4Hy terminés respectivement en 2019 et 2023), mais qui restent au stade laboratoire (TRL 3). Ils demandent des étapes manuelles de traitement complexes (grattage, séparations mécaniques...) en amont des différentes étapes de traitements chimiques et ces dernières nécessitent des solutions acides et des molécules complexantes devant être récupérées puis recyclées.

L'objectif de ce projet de thèse est de développer un traitement pyrochimique alternatif aux traitements hydrométallurgiques déjà envisagés, qui utiliserait les sels fondus comme milieux réactionnels. L'usage de ces derniers permettrait d'envisager un processus simplifié de traitement en diminuant le nombre d'étapes nécessaires, notamment en supprimant les traitements mécaniques, en s'assurant de trouver les sels fondus les plus efficaces possibles pour décomposer les cellules SOFCs, tout en respectant les contraintes environnementales et industrielles en ce qui concerne la nature, la quantité et la toxicité des effluents, ainsi qu'en limitant les dépenses énergétiques.

Les sels fondus ont été sélectionnés comme milieux de réaction du fait de leur très forte réactivité vis-à-vis des matériaux et de leurs propriétés physico-chimiques (fort pouvoir solvatant, grande stabilité thermodynamique, conduction électrique et thermique élevées...) qui permettent une grande versatilité du procédé selon les produits finis recherchés. De plus, leur stabilité permet d'envisager leur recyclabilité après usage.

Le (la) doctorant(e) participera à chaque étape du projet et sera amené à développer son autonomie, son esprit créatif, sa capacité d'analyse et de synthèse et son sens du travail en équipe. Il (elle) utilisera des techniques d'analyses et de caractérisation aussi bien en chimie analytique qu'en chimie des matériaux. Il (elle) sera amené(e) à présenter régulièrement ses résultats et l'avancée de son travail aux autres membres du consortium. La personne qui candidatera sur ce projet devra être motivée par le sujet et convaincue par son impact sociétal, avoir une grande curiosité scientifique et un dynamisme pour mener à bien chaque étape du projet. Ce sujet de thèse sera mené dans un contexte international, en lien avec différents partenaires académiques et industriels, dans un domaine à fort intérêt socio-économique. Il permettra à la personne recrutée de se projeter dans une carrière ouvrant l'accès à la recherche ou la gestion des projets de recherche.

Date de recrutement envisagée : 01/09/2025

Contact (adresse e-mail) : sylvie.daviero@univ-lille.fr ; marie.colmont@centralelille.fr

Remarques/commentaires supplémentaires : *Le (la) candidat(e) devra présenter des compétences en chimie du solide, chimie minérale et/ou matériaux inorganiques.*

Pour candidater, merci d'envoyer par mail aux deux encadrantes, un CV à jour, une lettre de motivation ainsi qu'un bilan des résultats académiques (master M1 et M2 en cours, ou équivalent) permettant de valider la possibilité d'inscription en thèse.