



UNIVERSITÉ
CAEN
NORMANDIE



Cristallographie à Haut débit aux Electrons pour l'identification de Matériaux Inorganiques (CHEMIN)

Lieu : laboratoire de cristallographie et science des matériaux (CRISMAT), Caen, France
(<https://crismat.cnrs.fr>)

Date d'embauche souhaitée : 01 Octobre 2026

Type de contrat : contrat doctoral

Durée : 36 mois

Salaire : 2300€ bruts mensuels

Date limite de candidature : 22/05/2026 – Nous encourageons les candidatures précoces. Les candidat·e·s présélectionné·e·s seront contacté·e·s pour un entretien.

Responsable scientifique : Philippe BOULLAY – Directeur de Recherche CNRS

Co-encadrant : Carmelo PRESTIPINO – Chargé de Recherche CNRS

Description du sujet de thèse :

Ce projet vise à faciliter l'analyse des matériaux polycristallins sous forme de poudre ou massifs en développant des approches d'analyse structurale basées sur la diffraction électronique réalisée dans un microscope électronique en transmission (MET). Au CRISMAT, il a été montré que des cristaux ou domaines cristallins de 10 nm [1] peuvent être analysés par la diffraction des électrons dite 3D (3D ED) [2]. Une infime quantité de poudre suffit donc pour mettre en œuvre cette technique. Cependant, la collecte sur un grand nombre de cristaux/domaines et l'analyse des données reste relativement lente. L'objectif est ici de proposer des approches optimisées pour une utilisation systématique, automatisée et nécessitant une supervision minimale, avec deux axes principaux :

1. Automatisation de la 3D ED : Actuellement, seuls quelques jeux de données peuvent être collectés et analysés manuellement par jour. Quelques groupes ont exploré des approches semi-autonomes de 3D ED, notamment pour des composés pharmaceutiques [3]. Ces méthodes seront testées et adaptées aux matériaux inorganiques complexes étudiés au CRISMAT.

2. Cristallographie sérielle et 4D-STEM : Certains matériaux sont trop sensibles aux conditions du microscope pour être analysés par 3D ED classique. Nous développerons une méthode alternative, la cristallographie sérielle [4], qui réduit le temps d'exposition à quelques millisecondes par cristal. En combinant cette approche avec la technique dite 4D-STEM [5], nous pourrions visualiser et identifier les différentes phases présentes dans des échantillons polyphasés, même en très petites quantités.

En développant ces outils, le CRISMAT, pionnier dans le domaine de la cristallographie électronique, renforcera son leadership tout en offrant à la communauté scientifique des solutions innovantes pour la caractérisation des matériaux, spécialement adaptés aux exigences de la chimie exploratoire et la découverte accélérée de nouveaux matériaux.



UNIVERSITÉ
CAEN
NORMANDIE



Objectifs du projet de doctorat et mots clés :

- Développement d'approches innovantes en **cristallographie** pour une utilisation dans la recherche en **science des matériaux**.
- Réaliser, puis automatiser à terme, la collecte de données de **diffraction des électrons** (DE) à l'aide d'un **microscope électronique en transmission** (MET).
- Développer des **modèles d'apprentissage supervisé (ou non supervisé)** pour une analyse automatisée et précise des fractions de phases à partir de données de DE.
- Développer des approches à **haut débit** pour l'identification et l'optimisation de **matériaux durables dédiés à l'énergie** (électrolytes solides, matériaux thermoélectriques, etc.).
- **Publier** les résultats de recherche dans des revues scientifiques à comité de lecture et les **communiquer** lors de conférences internationales.

Avantages pour le·a doctorant·e :

- **Recherche innovante** : Contribuer à un domaine de recherche d'avant-garde, pertinent et impactant dans le domaine des matériaux durables.
- **Expertise interdisciplinaire** : Acquérir des compétences en caractérisation des matériaux, en intelligence artificielle et en sciences des matériaux pour l'énergie.
- **Formation avancée** : Développer des compétences pointues en diffraction des électrons, en microscopie électronique en transmission, en apprentissage automatique, en analyse de données et en communication scientifique.
- **Évolution professionnelle** Construire une base solide pour une carrière dans la recherche et développement, en milieu académique ou industriel.
- **Environnement collaboratif** : Travailler au sein d'une équipe de recherche dynamique et bienveillante, en collaboration avec des expert·e·s reconnu·e·s dans leurs domaines respectifs.
- **Infrastructures de pointe** : Accès aux installations de recherche de dernière génération au CRISMAT, incluant des équipements avancés de diffraction des électrons (DE) et de microscopie électronique en transmission (MET), ainsi que des ressources de calcul haute performance.

Pré-requis (diplômes et connaissances particulières souhaités) :

Nous recherchons un·e candidat·e motivé·e et compétent·e présentant les qualifications suivantes:

- Un diplôme de Master en Chimie, Science des Matériaux, Physique, Informatique ou dans un domaine connexe.
- Des compétences analytiques et de résolution de problèmes avérées.
- Une expérience en programmation, de préférence en Python.
- Une connaissance des techniques de diffraction serait un atout.
- Un vif intérêt pour les matériaux durables et la recherche environnementale.
- Une maîtrise écrite et orale de l'anglais.



UNIVERSITÉ
CAEN
NORMANDIE



Précisions :

- Cette offre est soumise à l'obtention du financement. Acceptation formelle du Conseil Régional de Normandie prévue pour la fin Mai.
- Le laboratoire se situe dans un secteur relevant de la protection du potentiel scientifique et technique (PPST) et nécessite donc, conformément à la réglementation, que l'arrivée du candidat soit autorisée par l'autorité compétente du Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation.

Contact : Les candidat·e·s intéressé·e·s sont invité·e·s à envoyer les documents suivants à philippe.boullay@ensicaen.fr et/ou carmelo.prestipino@ensicaen.fr :

- Un curriculum vitae (CV) détaillé.
- Une lettre de motivation présentant vos centres d'intérêt en recherche, votre expérience pertinente et les raisons de votre candidature à ce poste.
- Les relevés de notes de vos diplômes universitaires (licence et master).
- Les coordonnées de deux référents académiques.

Des détails concernant la mise en œuvre du projet seront communiqués aux candidats.

Bibliographie

- [1] Cordero Oyonarte, E. et al., ACS Nano 19 (2025) 20599
- [2] Gemmi, M. et al., ACS Central Science 5 (2019) 1315.
- [3] Lightowler, M. et al., Angew. Chem. Int. Ed. 136 (2024) e202317695.
- [4] Smeets, S. et al., J. Appl. Crystallogr. 51 (2018) 1262.
- [5] Ophus, C. Microsc. Microanal. 25 (2019) 563.

Thèses récentes soutenues au CRISMAT en relation avec ce projet

Sara Passuti (2021-2024) Electron Crystallography of Nanodomains in Functional Materials
<https://theses.hal.science/tel-04835405> (English)

Erica Cordero Oyonarte (2021-2024) Electron Crystallography of Nanoparticles
<https://theses.hal.science/tel-04866041> (English)