

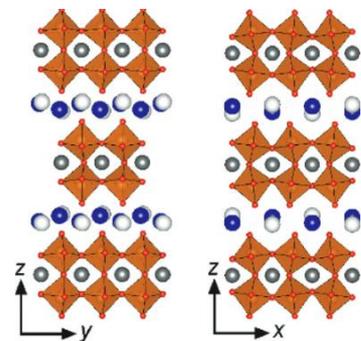
## OFFRE DE THÈSE : Oxydes ferroélectriques Dion-Jacobson bidimensionnels : des matériaux aux dimensions réduites pour améliorer les fonctionnalités

### Contexte Scientifique de la thèse

Les ferroélectriques sont des matériaux qui présentent une polarisation spontanée qui peut être retournée par l'application d'un champ électrique. Cette bistabilité permet leur utilisation sous forme de films minces dans des mémoires informatiques (FeRAM). Pendant longtemps, la communauté scientifique a pensé que la ferroélectricité n'existait pas dans des films ultra-minces (2D) de ferroélectriques. Or la possibilité de diminuer la taille des ferroélectriques dans des dispositifs électroniques est d'un très grand intérêt (miniaturisation, propriétés exaltées ou nouvelles) pour des applications mémoires ou électronique. Les progrès récents ont cependant montré que la ferroélectricité peut exister dans des couches 2D, inférieures à 10nm, ou apparaître par la réduction de la taille des matériaux massifs non-ferroélectriques.

### Objectif principal de la thèse

Cette thèse interdisciplinaire propose de démontrer, de façon robuste, l'existence de la ferroélectricité dans des nanofeuillets oxydes, plus simples à synthétiser que des couches 2D, et de développer une meilleure compréhension des mécanismes qui y donnent naissance afin de proposer de nouveaux matériaux ferroélectriques. Les nanofeuillets d'oxydes sont des objets 2D de quelques nanomètres d'épaisseur, obtenus en exfoliant des structures 3D lamellaires, telles que les phases Dion-Jacobson [1], [2]. Des indications de propriétés ferroélectriques locales ont été observées récemment dans des nanofeuillets Dion-Jacobson [3], [4]. Cependant, les caractérisations rapportées sont ponctuelles et le mécanisme de ferroélectricité n'est pas élucidé.



Exemple de structure Dion-Jacobson [2]

Dans cette thèse, nous proposons la synthèse systématique de nanofeuillets de différentes compositions et l'étude de leurs propriétés ferroélectriques globales et locales pour établir la ferroélectricité associée à leur étude structurale, pour développer une meilleure compréhension de l'origine de la ferroélectricité. Cette thèse pourra aussi bénéficier d'un appui théorique par méthode *ab initio*, si besoin.

Ce projet permettra la mise en évidence de nouveaux matériaux fonctionnels obtenus par une technique de synthèse compatible avec les dépôts contrôlés de grandes surfaces nécessaires dans l'industrie électronique et qui pourraient ouvrir la voie vers de nouveaux dispositifs électroniques.

### Références :

- [1] C. Chen, H. Ning, S. Lepadatu, M. Cain, H. Yan, and M. J. Reece, 'Ferroelectricity in Dion–Jacobson  $ABiNb_2 O_7$  ( $A = Rb, Cs$ ) compounds', *J. Mater. Chem. C*, vol. 3, no. 1, pp. 19–22, 2015, doi: 10.1039/C4TC02136C.
- [2] S. Mallick *et al.*, 'The crystal and defect structures of polar  $KBiNb_2 O_7$ ', *Dalton Trans.*, vol. 51, no. 5, pp. 1866–1873, 2022, doi: 10.1039/D1DT04064B.
- [3] K. Hagiwara *et al.*, 'Molecularly Thin  $BaTiO_3$  Nanosheets with Stable Ferroelectric Response', *Advanced Electronic Materials*, vol. 9, no. 4, p. 2201239, 2023, doi: 10.1002/aelm.202201239.
- [4] B.-W. Li, M. Osada, Y.-H. Kim, Y. Ebina, K. Akatsuka, and T. Sasaki, 'Atomic Layer Engineering of High- $\kappa$  Ferroelectricity in 2D Perovskites', *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 139, no. 31, pp. 10868–10874, Aug. 2017, doi: 10.1021/jacs.7b05665.

## Environnement de travail et supervision

La thèse sera réalisée en collaboration entre l'Institut des Sciences Chimiques de Rennes (ISCR) et le synchrotron Soleil (Saclay) sous la direction de Valérie Demange (directrice de recherche, CNRS/ISCR) et de Charlotte Cochard (maîtresse de conférences, Univ.Rennes/ISCR) et Gianluca Ciatto (scientifique de ligne, Synchrotron Soleil). Les deux premières années de la thèse seront réalisées à Rennes et la dernière à Soleil, tout au long de la thèse, des séjours de plusieurs jours/semaines entre les sites sont anticipées.

L'équipe de Chimie du Solide et des Matériaux (CSM) de l'ISCR est experte en synthèse de matériaux inorganiques sous formes de nanofeuillets, couches minces, de céramique et de monocristaux, ainsi que la caractérisation de la structure cristallographique et des propriétés électriques de ces matériaux.

La ligne de lumière SIRIUS du synchrotron SOLEIL est optimisée pour les expériences en incidente rasante pour l'étude de surfaces et systèmes 2D, des mesures *in situ*, et permet une étude de la structure globale et locale de nanostructures par la diffraction de rayons X, la spectroscopie d'absorption de rayons X, le dichroïsme linéaire et circulaire, et la spectroscopie en condition de diffraction. L'utilisation de l'ensemble de ces techniques de rayonnement synchrotron permettra de réaliser une caractérisation avancée de matériaux produits et d'accélérer l'optimisation de structures.

## Compétences et qualités recherchées

- Ecole d'ingénieur ou master en chimie du solide, matériaux, physique du solide, nanomatériaux.
- Connaissances en synthèse, cristallographie, rayons X et grands instruments (rayonnement synchrotron) sont des plus.
- Connaissance d'un outil de programmation scientifique (Matlab, Python, ou autre) sont des plus
- Bon niveau d'anglais (> B2) est nécessaire, une maîtrise du français est un plus.

## Modalités

- Dates prévisionnelles : 1<sup>er</sup> octobre 2025 au 30 septembre 2028
- Co-financement synchrotron Soleil-région Bretagne

## Candidature

Envoyer un CV et une lettre de motivation à Valérie Demange ([valerie.demange@univ-rennes.fr](mailto:valerie.demange@univ-rennes.fr)), Charlotte Cochard ([charlotte.cochard@univ-rennes.fr](mailto:charlotte.cochard@univ-rennes.fr)) et Gianluca Ciatto ([gianluca.ciatto@synchrotron-soleil.fr](mailto:gianluca.ciatto@synchrotron-soleil.fr)). Les contacts de personnes susceptibles de vous donner des références vous seront demandés si vous êtes retenus pour l'entretien.