



Sujet de stage de M2 Février – juin 2020

Institut des Sciences Chimiques de Rennes, UMR 6226 CNRS/Université de Rennes 1
Equipe : Chimie du Solide et Matériaux

Nanofeuillets oxydes à deux dimensions utilisés comme germes d'épitaxie : synthèses, dépôts sur substrats et caractérisations multi-échelles

Stage financé dans le cadre du projet ANR PolyNash 2017-2021

Le but de ce stage est de développer de nouveaux substrats à bas coût pour la croissance contrôlée et l'étude d'oxydes fonctionnels, et ainsi de pouvoir proposer une nouvelle solution pour l'intégration d'oxydes complexes à propriétés multifonctionnelles pour l'électronique sur grandes surfaces. Généralement, cette intégration est obtenue par croissance épitaxiale sur des substrats monocristallins, souvent des oxydes, ou sur silicium monocristallin après le dépôt d'une première couche tampon oxyde. L'objectif est donc de remplacer ces substrats monocristallins coûteux par des substrats polycristallins ou amorphes peu onéreux, ou encore de déposer directement sur du silicium monocristallin standard de la filière microélectronique. Dans ce but, les substrats seront recouverts d'un "template" cristallisé d'épaisseur « moléculaire », sous forme de nanofeuillets, qui servira de couche de germination pour la croissance épitaxiale ultérieure des oxydes fonctionnels. Ainsi, la croissance de certains matériaux, jusqu'alors difficile ou impossible sur silicium par exemple, devient envisageable en couches minces en utilisant une couche de germination appropriée, c'est-à-dire présentant une symétrie et des paramètres de maille en adéquation avec le matériau à déposer.

Lors de ce stage, il s'agira dans un premier temps de synthétiser les phases lamellaires $\text{KCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ (phase de Dion-Jacobson), $\text{K}_4\text{Nb}_6\text{O}_{17}$ et K_xMnO_2 par réaction à l'état solide, par synthèse en milieux sels fondus¹ et par synthèse hydrothermale. Dans une seconde étape, une exfoliation en solution de ces matériaux permettra d'obtenir des nanofeuillets à 2 dimensions : $\text{Ca}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}^-$, $\text{K}_2\text{Nb}_6\text{O}_{17}^{2-}$ et MnO_2^x qui seront ensuite transférés sur des substrats rigides (Si, verre) et souples (métaux, polymères) par la technique de Langmuir-Blodgett². Ces nanofeuillets, ayant des réseaux cristallographiques 2D différents (carré, rectangulaire, hexagonal, respectivement), serviront de site de germination pour la croissance d'oxydes complexes de structures variées.

L'étude sera également étendue à d'autres types de nanofeuillets de la famille de Dion-Jacobson $\text{MA}_{(n-1)}\text{B}_n\text{O}_{(3n+1)}$, en changeant les cations A et B afin de modifier les paramètres de maille du réseau cristallographique.

Les films minces d'oxydes seront synthétisés principalement par voie chimique en solution et ablation laser pulsé. Les différents matériaux obtenus (phases lamellaires, nanofeuillets, substrats recouverts,

couches minces) seront caractérisés par diffraction des rayons X, EDS, microscopie électronique à balayage, microscopie électronique en transmission et microscopie à force atomique.

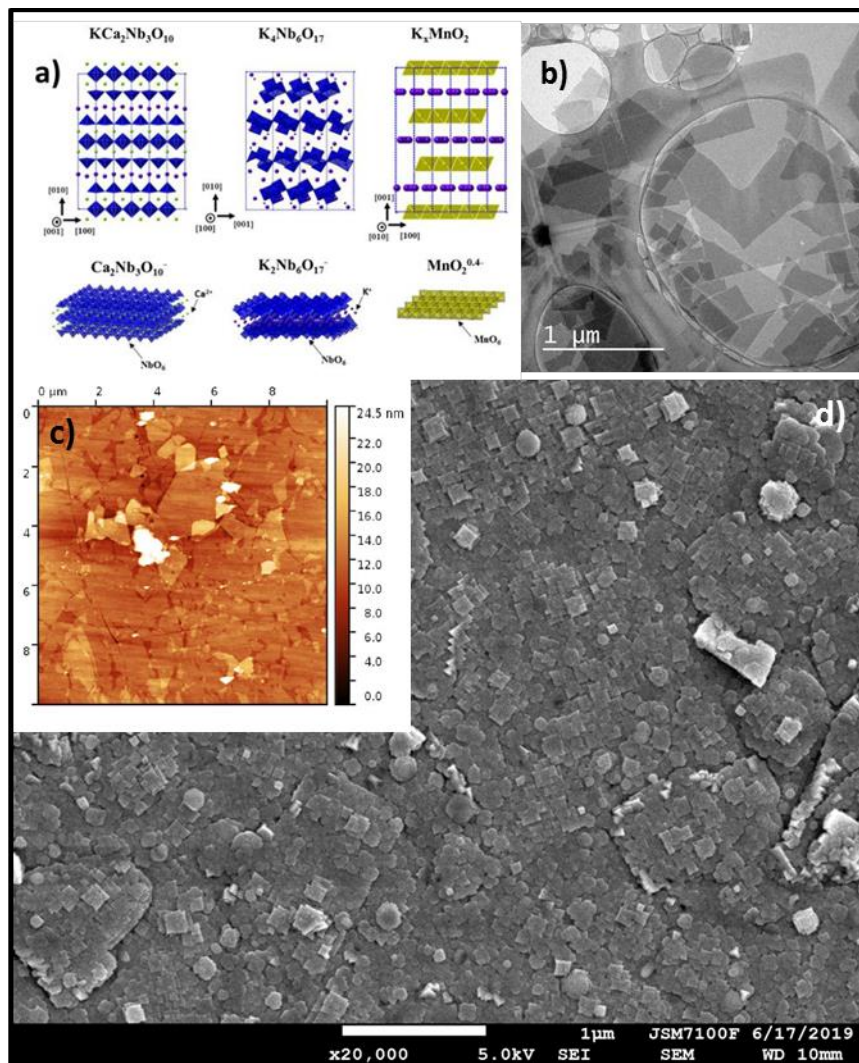


Figure. a) Structures of lamellar phases and of nanosheets resulting of the exfoliation. b) Transmission electron micrograph of $\text{Ca}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ nanosheets. c) Atomic force micrograph of $\text{Ca}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ nanosheets on glass. d) Scanning electron micrograph of KNbO_3 deposited by pulsed laser deposition on $\text{Ca}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ nanosheets on glass³.

1. Yuan, H. *et al.* Synthesis of $\text{KCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ Crystals with Varying Grain Sizes and Their Nanosheet Monolayer Films As Seed Layers for PiezoMEMS Applications. *ACS Appl. Mater. Interfaces* **7**, 27473–27478 (2015).
2. Dral, A. P. *et al.* Atomically Defined Templates for Epitaxial Growth of Complex Oxide Thin Films. *J. Vis. Exp.* (2014). doi:10.3791/52209
3. Baudouin, F. *et al.*, Submitted to *Thin Solid Films*

Les candidats sont invités à fournir CV, lettre de motivation et relevés de notes.

Contacts :

Valérie Demange (CR CNRS) – Tél : 02 23 23 67 88 – e-mail : valerie.demange@univ-rennes1.fr

Florent Baudouin (Doctorant) – Tél : 02 23 23 78 21 – e-mail : florent.baudouin@univ-rennes1.fr