

## Sujet de master 2

### **Titre : Développement et caractérisations fonctionnelles de couches minces ferroélectriques de KNN par sol-gel**

**Équipe encadrante :** Kevin Nadaud, Guillaume Nataf, Nathalie Poirot

#### **Contexte**

Les matériaux ferroélectriques sont étudiés pour leur grande variété de propriétés (piézoélectricité directe et inverse, permittivité élevée, effet d'hystérèse de la polarisation avec l'application d'un champ électrique, pyroélectricité, ...). Ces matériaux multifonctionnels montrent un intérêt grandissant pour des applications en microélectronique, d'où l'intérêt de la recherche actuelle sur la miniaturisation de ces systèmes. Ces oxydes offrent une solution alliant miniaturisation et reconfigurabilité dans les dispositifs (permittivité élevée, dépôts contrôlés en couches minces, la variation de leurs propriétés par application d'un champ électrique) [1]. Actuellement le matériau ferroélectrique  $\text{PbZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$  (PZT) est le plus utilisé. Or la présence de plomb, élément hautement toxique, en fait un composé qui doit être remplacé, par le développement de matériaux respectueux de l'environnement. Une des alternatives à PZT est le composé  $\text{K}_x\text{Na}_{1-x}\text{NbO}_3$  (KNN) qui se présente comme un excellent candidat.

#### **Description du sujet**

Les céramiques piézoélectriques à base de  $\text{K}_{0,5}\text{Na}_{0,5}\text{NbO}_3$  (KNN) ont été largement étudiées ces dernières décennies. Elles montrent des coefficients piézoélectriques relativement élevés d'où la perspective de les incorporer dans des appareils électroniques sous forme de couches minces de KNN pour des applications en micro-technologie. Les dépôts par voie liquide ont montré la possibilité de moduler les propriétés de KNN par modification de la microstructure et l'utilisation de substrats spécifiques [2]. On se propose de déposer par voie liquide des couches minces de KNN sur des substrats de nature différente (procédé sol-gel [3]).

Les dépôts de KNN se feront sur des substrats de  $\text{Si}/\text{Al}_2\text{O}_3$  dans le but de modifier l'orientation/la texture et influencer la structure en domaines. Les techniques de caractérisation permettant de valider la qualité des couches minces déposées se feront par MEB/EDX, DRX, RAMAN. L'étude des solutions se fera par viscosimétrie, analyses thermiques (ATG/ATD) et spectroscopie infra-rouge (FTIR).

Les propriétés diélectriques des couches minces en métal-isolant-métal seront mesurées. Pour cela, des structures de types électrodes à travers un masque ou par photolithographie standard seront réalisées. Ces mesures permettront de connaître la permittivité et les pertes diélectriques notamment en fonction de la température, de la fréquence et du champ AC. Le but est de comparer les résultats obtenus avec la littérature.

La pluridisciplinarité de cette étude est couverte par la maîtrise de la chimie des matériaux, notamment de leur croissance en couches minces associée à leurs caractérisations chimiques et électriques.

En conclusion, les objectifs du stage seront :

- Réalisation de couches minces de KNN
- Corrélation des propriétés électriques et de la microstructure

1. Baochun Xu, Da Chen, Yu Wang, Ruili Tang, Lina Yang, Hui Feng, Yijian Liu, Wireless and Flexible Tactile Sensing Array Based on an Adjustable Resonator with Machine-Learning Perception Adv. Electron. Mater. 9, 2201334 (2023)
2. M.H. Maziaty Akmal, A.R.M. Warikh, U.A.A. Azlan b, N.A. Azmia, M.S. Salleh, M.S. Kasim, Ceramics International 44 (2018) 317–325
3. Lingyan Wang et al, Enhanced ferroelectric properties in Mn-doped  $\text{K}_{0,5}\text{Na}_{0,5}\text{NbO}_3$  thin films derived from chemical solution deposition, Applied Physics Letters 97, 072902 (2010)

## Profil du candidat

Le (la) candidat(e) doit être titulaire d'un diplôme de master 1 (BAC+4) en Sciences des matériaux/chimie

Étudiant(e) motivé(e) et dynamique ayant de fortes capacités pour le travail expérimental, une bonne maîtrise de l'anglais (écrit et oral) ainsi que de fortes capacités rédactionnelles. Une expérience de stage de M1 en laboratoire de recherche sera un plus. Une compétence complémentaire dans un des domaines suivants serait grandement appréciée :

- Expérience en instrumentation et mesures électriques
- Dépôt de couches minces par voie liquide
- Analyses thermiques, spectroscopie FTIR
- Matériaux ferroélectriques/piézoélectriques

**Lieu du stage** : le stage se déroulera au laboratoire GREMAN (UMR CNRS 7347) sur le site de Blois, avec quelques passages sur le site de Tours (<https://greman.univ-tours.fr>).

**Rémunération** : sous forme de gratification (4,35€/heure)

**Période** : durée minimale de 5 mois à partir de février-mars 2025

**Modalités de candidature** : envoi d'un CV et d'une lettre de motivation aux personnes contacts ci-dessous **avant le 1er décembre**.

[kevin.nadaud@univ-tours.fr](mailto:kevin.nadaud@univ-tours.fr)

[guillaume.nataf@univ-tours.fr](mailto:guillaume.nataf@univ-tours.fr)

[nathalie.poirot@univ-tours.fr](mailto:nathalie.poirot@univ-tours.fr)

1. Baochun Xu, Da Chen, Yu Wang, Ruili Tang, Lina Yang, Hui Feng, Yijian Liu, Wireless and Flexible Tactile Sensing Array Based on an Adjustable Resonator with Machine-Learning Perception Adv. Electron. Mater. 9, 2201334 (2023)
2. M.H. Maziaty Akmal, A.R.M. Warikh, U.A.A. Azlan b, N.A. Azmia, M.S. Salleh, M.S. Kasim, Ceramics International 44 (2018) 317–325
3. Lingyan Wang et al, Enhanced ferroelectric properties in Mn-doped  $K_{0.5}Na_{0.5}NbO_3$  thin films derived from chemical solution deposition, Applied Physics Letters 97, 072902 (2010)