

## Equipe CMNM : Couches minces & nanomatériaux

### AXES DE RECHERCHE / THEMATIQUES

**Couches minces et nanomatériaux à propriétés spécifiques pour leur intégration dans des nanodispositifs**

Au sein de l'équipe « Couches Minces & Nanomatériaux », nous développons, synthétisons, caractérisons et modélisons de nouvelles couches minces et de nouveaux nanomatériaux dans un but d'application aux domaines de la nanoélectronique, de l'optique et de l'énergie. Nous focalisons nos travaux sur des couches minces d'oxydes piézoélectriques sans plomb en vue de leur intégration dans des systèmes nanoélectromécaniques. Nous étudions des matériaux colloïdaux auto-organisés à base de nanoparticules ferroélectriques pour des applications térahertz. Nous travaillons sur des films dédiés au stockage de l'hydrogène.

**Des couches minces et des nanomatériaux écologiquement acceptables.** Dans un contexte de contraintes environnementales,

l'utilisation de substances jugées dangereuses pour la santé et l'environnement dans les composants électroniques doit être bannie. A ce titre, nous nous intéressons depuis plusieurs années à la synthèse, à la caractérisation locale et à la modélisation de nouvelles

couches minces et de nouveaux nanomatériaux écoresponsables dont nous évaluons les performances. Dans le cadre particulier de couches minces ferroélectriques exemptes de plomb, nous nous intéressons à des phases originales que nous stabilisons sur des substrats adaptés. Celles-ci sont généralement de composition complexe. On peut citer les phases à structure pérovskite en feuillets et pyrochlores frustrées de formule générale  $A_2B_2O_7$  (A = lanthanide ; B = Ti, Zr) ou bien encore celles qui appartiennent au système  $A_2WO_6$  (A = lanthanide). Nous étudions leurs propriétés structurales, microstructurales et de surface ; nous évaluons leurs propriétés électromécaniques locales. Dans le cadre de mélanges associant des cristaux liquides nématiques et des composés ferroélectriques, nous dispersons des nanoparticules ferroélectriques de  $BaTiO_3$  et de  $Sn_2P_2S_6$  dont nous contrôlons la taille et la concentration. Nous mesurons leurs propriétés électrooptiques (tension de switch, biréfringence). Dans le cadre de couches minces dédiées au stockage de l'hydrogène, nous focalisons nos travaux sur des phases intermétalliques à base de nickel, de magnésium ou bien encore de cobalt. Nous prédisons des structures encourageantes, les déposons en couches minces et étudions leurs propriétés d'adsorption et de désorption.

**Des outils de synthèse, de caractérisation locale et de modélisation particulièrement performants.** Pour mener à bien ses travaux, l'équipe CMNM dispose d'un panel de techniques de synthèse, de caractérisation des propriétés



### MOT DU RESPONSABLE

Créée en janvier 2008, l'équipe Couches Minces & Nanomatériaux est constituée de 9 enseignants-chercheurs chimistes et physiciens du solide (dont 1 émérite), tous personnels de l'Université d'Artois. Ses activités se situent à l'interface Chimie du Solide / Nanomatériaux / Physique de la Matière Condensée. Elle intègre des compétences aussi bien en chimie qu'en physique de l'état solide (cristallographie, modélisation moléculaire, interaction rayonnement-matière, optique...) qui se veulent particulièrement complémentaires. Ces compétences permettent de prédire, de caractériser et de mesurer des propriétés structurales et physiques de nouvelles (nano-)structures à propriétés spécifiques que l'équipe élabore en couches minces ou sous forme de nanoparticules en vue de les intégrer dans des nanodispositifs dédiés à l'automobile, au domaine de la domotique, du stockage de l'information ou bien encore de la téléphonie. Ces compétences permettent également de modéliser, de comprendre et d'expliquer des mécanismes électroniques, électriques, magnétiques... et des effets de taille mis en jeu dans ces nouveaux matériaux. L'ensemble des travaux menés par l'équipe est axé sur le monde du « nano ».



Rachel DESFEUX



De gauche à droite : en haut, Jean-François BLACH, Adlane SAYEDE et Jean-François HENNINOT ; au milieu, Sébastien SAITZEK, Marc WARENGHEM et Anthony FERRI ; en bas, Rachel DESFEUX, Belkacem MEZIANE et Marie-Hélène CHAMBRIER

### CHIFFRES CLES

9 enseignants-chercheurs (incluant 1 émérite)

12 publications par an en moyenne

2 chapitres d'ouvrage sur la période 2013-2016

1 contrat ANR, 1 BQRi sur la période 2013-2016

structurales, de surface et physique à l'échelle macroscopique et locale (échelle du nanomètre) ainsi que d'outils de modélisation particulièrement performants. Ainsi, nous synthétisons des couches minces orientées, texturées et/ou épitaxiées par voie chimique et par voie physique au travers de techniques sol-gel et par ablation laser pulsé. Nous caractérisons les propriétés structurales, microstructurales et optiques de nos films par diffraction de rayons X haute résolution (figures de pôles et cartes du réseau réciproque enregistrées en collaboration avec l'équipe MISPS), spectrométrie Raman et ellipsométrie. A l'échelle du nanomètre, nous qualifions les propriétés de surface et physiques locales (piézoélectricité, ferroélectricité, conduction électronique, magnétisme,...) par microscopie à champ proche à partir des modes singuliers et particulièrement sophistiqués qui équipent nos microscopes (AFM, MFM, EFM, PFM, ESM...). Nous prédisons et/ou modélisons également les propriétés structurales, électroniques, électriques et magnétiques d'échantillons grâce aux outils de calculs et de modélisation (DFT, modélisation moléculaire...) dont nous disposons. Tous ces outils permettent de mettre en exergue des relations propriété-structure-performance innovantes.

**Vers de nouveaux matériaux en couches minces, de nouvelles performances et l'étude de nouvelles propriétés.** Le développement rapide et continu de nouveaux matériaux nous conduit à adapter notre stratégie et nos travaux de recherche de façon réactive. A ce titre, de nouveaux travaux sont amorcés sur de nouvelles couches minces d'oxydes mixtes ionique et électronique à propriétés électrochimiques, sur de nouveaux candidats hybrides multiferroïques innovants, sur des matériaux composites qui associent des couches minces d'oxydes ou/métalliques et des polymères et dont les performances ferroélectriques ou magnétorésistives sont insolites et sur des multicouches pour lesquelles la conversion de l'énergie lumineuse en énergie électrique est prometteuse.

## QUELQUES FAITS MARQUANTS, RESULTATS ET PROJETS PHARES RECENTS

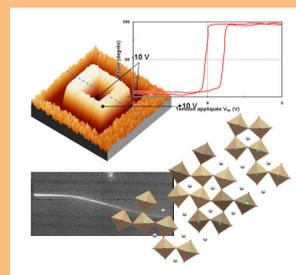
- **Acquisition d'un nouveau microscope à champ proche** (MFP-3D de chez Asylum Research/Oxford Instruments) permettant d'accéder à de faibles coefficients piézoélectriques – Cadre : CPER Chimie des Matériaux (Fédération Chevreul), 2014.
- Organisation d'un « **Workshop AFM** » à la Faculté des Sciences à Lens, 2015.
- **Contrat ANR-PNANO – NANODIELLIPSO** (NANOparticules, fonctions DIElectriques et ELLIPSOmétrie) – UCCS/Horiba Jobin Yvon/INSP/CRPP, 2009-2012.
- Contrat associé à un **financement de thèse DGA-DSTL** en Co-direction (France - UK), 2012-2016.
- **Contrat ANR – NanoPiC** (Study of the multi-scale piezoelectric behavior of innovative micro- and nano-structured composites) – UMET/IEMN/ICGM/UCCS, 2016-2020.
- **Bonus Qualité Recherche Internationale (BQRi) – LAPEROX** (Implementation of layered perovskite oxides in photovoltaic cells) - Université d'Artois/Université de Mons-Belgique, 2016.



## PUBLICATIONS MAJEURES

### Ferroelectric Control of Organic/Ferromagnetic Spinterface

Advanced Materials, 2016, 28, 10204–10210 [IF=18,96] - doi: 10.1002/adma.201603638



### Crystal structure and hydrogenation properties of Pd<sub>5</sub>As Dedicated to Prof. Bernd Harbrecht on the occasion of his

65<sup>th</sup> birthday, Journal of Alloys and Compounds, 2016, 664, 256-265 [IF=3,014] - doi: 10.1016/j.jallcom.2015.12.039

### Lead-Free α-La<sub>2</sub>WO<sub>6</sub> Ferroelectric Thin Films

ACS Applied Materials & Interfaces, 2015, 7 (44), 24409–24418 [IF=6,813] - doi: 10.1021/acsami.5b01776

### Refractive indices and birefringence of hybrid liquid crystal - nanoparticles composite materials in the terahertz region

AIP Advances, 2015, 5, 077143 [IF=1,496] - doi: 10.1063/1.4927392

### Insight on the ferroelectric properties in a (BiFeO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>(SrTiO<sub>3</sub>)<sub>4</sub> superlattice from experiment and ab initio calculations

Applied Physics Letters, 2015, 107, 042904 [IF=3,293] - doi: 10.1063/1.4927600

## OUVRAGES RECENTS

### Microstructure and nanoscale piezoelectric/ferroelectric properties in Ln<sub>2</sub>Ti<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (Ln = lanthanide) thin films with layered perovskite structure

S. Saitzek et al., in Perovskites and Related Mixed Oxides: Concepts and Applications, 2015, Edition: 1st, Chapter 11, Wiley-VCH - doi: 10.1002/9783527686605.ch11

### Evaluation of damages induced by Ga<sup>+</sup>-focused ion beam in piezoelectric nanostructures

A. Ferri et al., in "FIB Nanostructures", Lecture Notes in Nanoscale Science and Technology, 2013, 20, 417-434, Springer - doi: 978-3-319-02874-3.

## CONTACT

### DESFEUX Rachel

Université d'Artois

UCCS, Faculté des Sciences Jean Perrin

Rue Jean Souvraz, SP 18

62307 Lens Cédex, FRANCE

Téléphone : +33 (0)3.21.79.17.71

E-mail : rachel.desfeux@univ-artois.fr

Web : [http://www.uccs.univ-artois.fr/racheldesfeux\\_fr.htm](http://www.uccs.univ-artois.fr/racheldesfeux_fr.htm)



## UNITÉ DE CATALYSE ET CHIMIE DU SOLIDE - UMR CNRS 8181

Bât. C3, Cité Scientifique

Université de Lille

F-59655 Villeneuve d'Ascq Cedex

FRANCE

Web : <http://uccs.univ-lille1.fr>

Email: [uccs-communication@univ-lille1.fr](mailto:uccs-communication@univ-lille1.fr)

UCCS-CMNM-FR2017/v1

