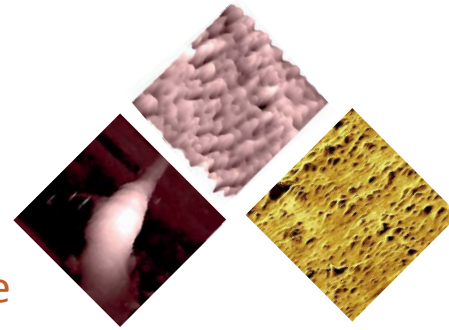
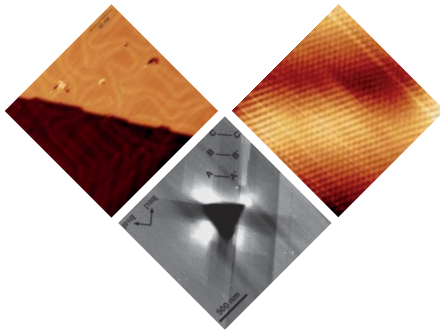
Forum

des Microscopies à Sonde Locale



Résidence Club La Fayette
La Rochelle



Du 19 au 23 mars 2018

www.sondeslocales.fr/forum2018

Avant-Propos

Pour sa 21ème édition, le Forum des Microscopies à Sonde Locale s'arrête pour la première fois en Poitou-Charentes. Située à l'est du pertuis d'Antioche et tournées vers la mer, La Rochelle sera la ville hôte de l'édition 2018. C'est dans la résidence club La Fayette, à deux pas de l'océan Atlantique, que le Forum prendra ses quartiers pour cinq jours d'exposés et de discussions autour des dernières avancées en nanosciences et nanotechnologies et bien sûr des outils indispensables à ces recherches, les Sondes Locales.

La diversité a, depuis ses débuts, fait la richesse du Forum. Cette année ne feras pas exception et nous aborderons un large panel de thématiques scientifiques, biologie, nano-mécanique, transport électrique, optique, électrochimie… Outre les techniques traditionnellement présentes au Forum que sont les microscopies à effet tunnel et à force atomique, ce Forum sera pour beaucoup l'occasion de découvrir des techniques plus rarement exposées comme la sonde à électrode vibrante (Scanning Vibrating Electrode Technique ou SVET) ou la microscopie à conductance ionique (Scanning Ion Conductance Microscopy SICM).

Encore une fois, l'esprit du forum sera respecté en faisant une large part aux jeunes chercheuses et chercheurs puisque les doctorants et post-doctorants représentent la moitié des présentations proposées, que ce soit sous forme de communication orale ou de poster. Ces derniers, exposés tout au long de la semaine, bénéficient de trois sessions qui seront autant d'occasions de débattre des travaux le plus souvent très pointus exposés à cette occasion. Notez que les 3 meilleurs exposés de doctorants se verront remettre un prix sponsorisé par la société Bruker alors que les 3 meilleurs posters, doctorant et post-doctorants, se verront attribuer un prix sponsorisé par la société Zurich Instruments.

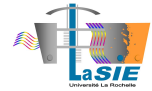
Mais le Forum est aussi une occasion unique pour notre communauté de rencontrer les différents fournisseurs de matériels et d'assister à des démonstrations des dernières avancées technologiques dans le domaine. N'oubliez pas de venir nombreux visiter leurs stands. Vous pourrez également vous inscrire à 2 ateliers thématiques proposés par les sociétés Bruker et Milexia-Park.

Enfin, nous tenons à remercier l'ensemble de nos partenaires, institutions, collectivités locales et industriels qui nous ont apportés leur soutien financier pour l'organisation de cette manifestation.

Bienvenue à cette édition 2018 !

Le comité Local d'Organisation

Partenaires

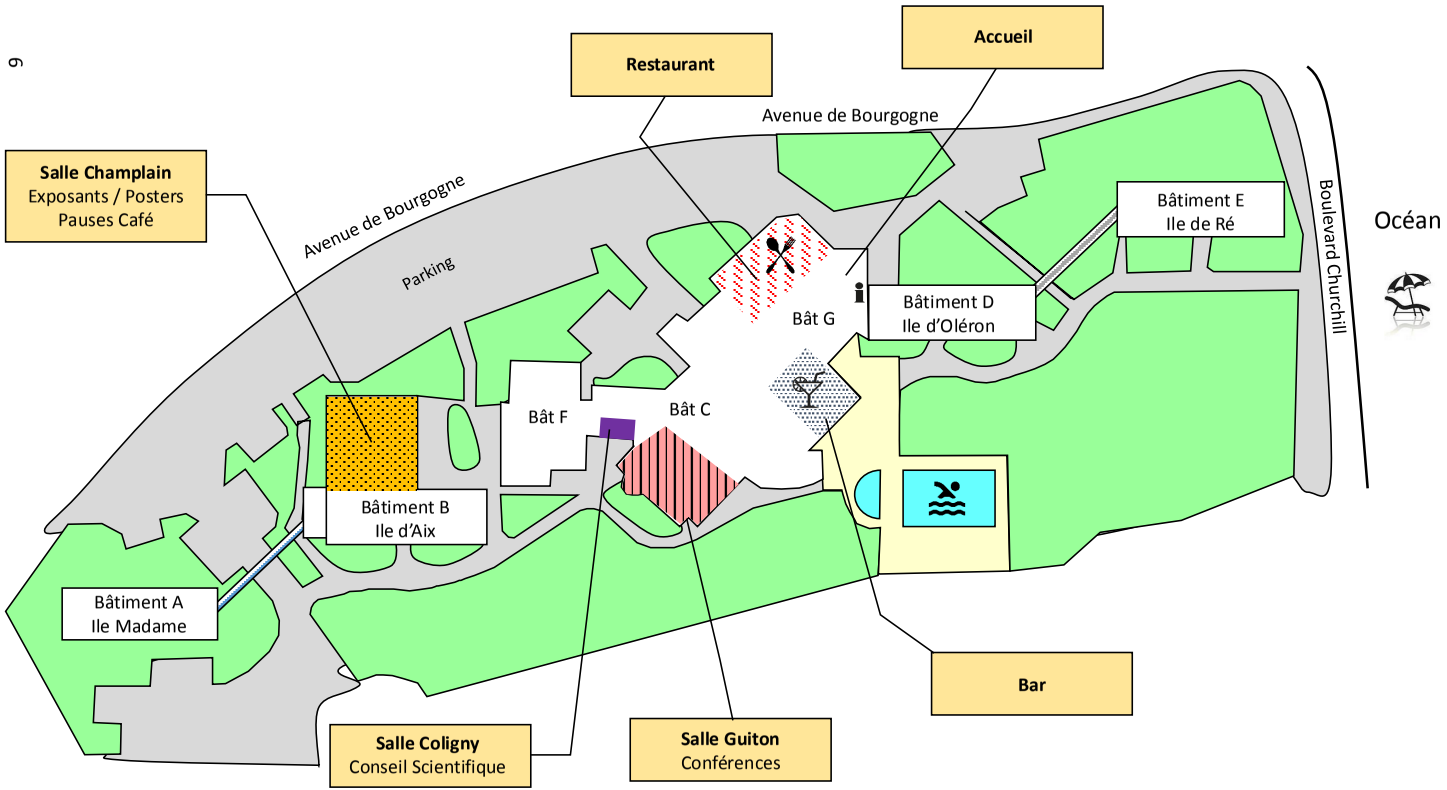


Comité scientifique

David ALBERTINI	Lyon	Institut des Nanotechnologie de Lyon (INL)
Renaud BACHELOT	Troyes	Laboratoire de Nanotechnologie et d'Instrumentation Optique (LNIO)
Ludovic BELLON	Lyon	Laboratoire de Physique (LP)
Elizabeth BOER-DUCHEMIN	Paris	Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay (ISMO)
Xavier BOUJU	Toulouse	Le Centre d'Elaboration de Matériaux et d'Etudes Structurales (CEMES)
Jean-Pierre BUCHER	Strasbourg	Institut de Physique et Chimie des Matériaux de Strasbourg (IPCMS)
Jean-Luc BUBENDORFF	Mulhouse	Institut de Science des Matériaux de Mulhouse (IS2M)
Touria COHEN-BOUHACINA	Bordeaux	Laboratoire Ondes et Matière d'Aquitaine (LOMA)
Michel DROUET	Poitiers	Institut Pprime
Céline FIORINI	Gif sur Yvette	Laboratoire d'Electronique et nanoPhotonique Organique (LEPO)
Samuel GRESILLON	Paris	Laboratoire Photons Et Matière (LPEM)
Benoît HACKENS	Louvain-la-Neuve (B)	Institute of Condensed Matter and Nanosciences, Nanoscopic Physics (IMCN/NAPS)
Hubert KLEIN	Marseille	Centre Interdisciplinaire de Nanoscience de Marseille (CINaM)
Frank LAFONT	Lille	Institut Pasteur de Lille, CNRS UMR8204, INSERM U1019, Univ. Lille Nord de France
Philippe LECLERE	Mons (B)	Laboratory for Chemistry of Novel Materials (CNM)
Pierre MALLET	Grenoble	Institut NÉEL
Denis MARIOLLE	Grenoble	CEA LETI
Thierry MELIN	Lille	Institut d'Electronique de Microelectronique et de Nanotechnologie (IEMN)
Pierre-Emmanuel MILHIET	Montpellier	Centre de Biochimie Structurale (CBS)
Bernard NYSTEN	Louvain la Neuve (B)	Laboratoire de science des polymères (POLY)
Frank PALMINO	Besançon	Franche-Comté Electronique Mécanique Thermique et Optique - Sciences et Technologies (FEMTO - ST)
Lionel PATRONE	Toulon	Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence
Agnès PIEDNOIR	Lyon	Institut Lumière Matière (ILM)
Michel RAMONDA	Montpellier	Laboratoire de Microscopie en Champ Proche (LMCP)
Véronique VIE	Rennes	Interactions Cellulaires et Moléculaires
Tomaso ZAMBELLI	Zurich (CH)	Laboratory of Biosensors and Bioelectronics

Comité local

Michel DROUET	Poitiers	Institut Pprime, UPR3346 CNRS/Univerité de Poitiers
Loranne VERNISSE	Poitiers	Institut Pprime, UPR3346 CNRS/Univerité de Poitiers
Christian COGNARD	Poitiers	STIM / Image UP, ERL7003 CNRS/Université de Poitiers
Stéphane SEBILLE	Poitiers	STIM / Image UP, ERL7003 CNRS/Université de Poitiers
Catherine SAVALLE	La Rochelle	LASIE, UMR7356, CNRS/Université de La Rochelle
Dimitri CHAURAUD	Poitiers	Institut Pprime, UPR3346 CNRS/Univerité de Poitiers
Béatrice PEGUIN	Poitiers	Institut Pprime, UPR3346 CNRS/Univerité de Poitiers
Benoît TEYCHENE	Poitiers	IC2MP, UMR7285 CNRS/Université de Poitiers
Grégory ABADIAS	Poitiers	Institut Pprime, UPR3346 CNRS/Univerité de Poitiers
Christophe TROMAS	Poitiers	Institut Pprime, UPR3346 CNRS/Univerité de Poitiers
Xavier FEAUGAS	La Rochelle	LASIE, UMR7356, CNRS/Université de La Rochelle


Restaurant
Accueil
Avenue de Bourgogne
Salle Champlain
Exposants / Posters
Pauses Café
Avenue de Bourgogne
Parking
Bâtiment E
Ile de Ré
Boulevard Churchill
Océan
Bâtiment D
Ile d'Oléron
Bât G
Bât F
Bât C
Bâtiment B
Ile d'Aix
Bâtiment A
Ile Madame
Bar
Salle Coligny
Conseil Scientifique
Salle Guiton
Conférences

Sommaire

Partenaires 3
Comité scientifique et comité d'organisation 4
Plan du site 6
Workshops 8
Programme 10
Session 1 : Electronique 12
Hommage J. Granet 19
Session A : Exposants 20
Session 2 : Bio 30
Session 3 : Modes électriques 38
Session 4 : Auto-assemblage 46
Session 5 : Manipulation 54
Session B : Exposants 62
Session 6 : Optique 72
Session 7 : Croissance et contraintes 80
Session 8 : Electrochimie 88
Session 9 : STM 96
Session 10 : Mécanique 104
Session 11 : Mixte 114
Session 12 : Industriels 122
Session Posters 128
Liste des Participants 157
Liste des Exposants 160

Workshop Park Systems/Milexia France

Caractérisation mécanique et électrique à l'échelle nanométrique dans des conditions ambiantes ou sous vide

Mercredi 21 Mars, 21.30
Le Forum des Microscopies à Sondes Locales 2018

Les frontières de la science des matériaux réclament de nouvelles méthodes de caractérisation à l'échelle nanométrique.

Dans cette session, nous aborderons spécifiquement les nouvelles techniques uniques destinées à caractériser les propriétés nano-mécaniques et électriques. La combinaison de ces techniques permet tout aussi bien d'étudier des structures à base de polymère que de silicium. Par ailleurs, la facilité d'utilisation garantit ces modes applicables pour une large base d'utilisateurs AFM. La polyvalence de l'équipement permet en outre l'intégration dans différents environnements allant des solutions à l'aide de boîte à gants jusqu'au système sous vide.

Nous vous présenterons les capacités d'un AFM Park Systems NX10 lors de notre workshop.

Visitez le stand de Milexia France pour vous inscrire au workshop.

Park Systems est un leader mondial des équipements de microscopie à force atomique (AFM) avec une gamme complète de produits destinés aux chercheurs et ingénieurs des secteurs de la chimie, des matériaux, de la physique, des sciences de la vie et du semi-conducteur. Les équipements Park Systems sont utilisés par plus d'un millier d'institutions et de sociétés dans le monde entier. **L'AFM Park Systems** fournit la précision de données la plus élevée à l'échelle nanométrique, une productivité supérieure et des coûts d'exploitation les plus bas grâce à sa technologie unique et son ingénierie innovante. Les produits **Park Systems** sont vendus et pris en charge dans le monde entier, avec des sièges régionaux aux États-Unis, en Corée, au Japon et à Singapour, en Europe et des partenaires de distribution en Europe, en Asie et en Amérique. **www.parkAFM.com**

Park Systems NX10 AFM

Participer à l'Atelier AFM

Mardi 20 mars 2018 21:30 | Stand Bruker

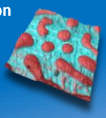
Bruker vous propose un atelier concernant les dernières avancées en **mesure mécanique et électrique en AFM sur le Dimension Icon**. Dans un esprit d'échange et de convivialité propre au Forum, vous découvrirez ainsi le Nanomechanical et le Nanoelectrical Lab de Bruker avec :

- **La nano mécanique avec les dernières évolutions des modes** basés sur les courbes de force : Force Volume, Fast Force Volume, Peak Force QNM de haute précision, et mesure en Contact Resonance. Les meilleures pratiques, quel mode choisir et comment obtenir des données quantitatives.
- **Le mode Data Cube ou 4D**, comment celui-ci permet l'acquisition de données d'une incroyable richesse et son utilisation tant en mécanique qu'en mesures électriques : MFM, KPFM, PFM, SCM, sMIM, TUNA, etc.

Une collation de bienvenue vous attend !

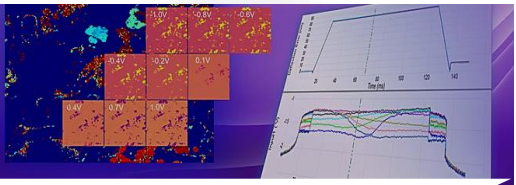
NanoMechanics Lab

A full set of advanced modes enabling quantifiable nanoscale characterization



NanoElectrical Lab

The most complete array of electrical AFM techniques, including the ***NEW FASTForce Volume modes***



Immediate access to data cubes with electrical spectroscopy
Unique, previously unattainable in a single measurement

CONTACT

Emmanuel Paris | Sales Manager | Bruker Nano Surfaces Division
+33 1 72 86 61 11 | emmanuel.paris@bruker.com | www.bruker.com/nano

Programme

Lundi 19 mars		Mardi 20 mars		Mercredi 21 mars	
		09:00	S2 : Bio Christian Cognard Stéphane Sébille Christian Marlière	09:00	S6 : Optique Mathieu Mivelle Nicolas Pocholle * Renaud Bachelot
10:00	Accueil des participants	10:00	Pause	10:00	Pause
		10:50	S3 : Modes électriques Yann Almadori Nicolas Moreau * Louis Thomas *	10:50	S7 : C & C Li Ma * Agnès Piednoir Dimitri Chauraud *
12:00	Buffet déjeunatoire	12:00	Déjeuner	12:00	Déjeuner
		14:00	S4 : Auto-assemblage Sylvain Clair Natalia Turek *	14:00	Excursions
15:00	Ouverture		Laurent Nony		
15:20	Rémisol	15:20	Pause		
15:40	S1 : Electronique Bulent Baris Nathali Vergel *	15:50	S5 : Manipulations Rémy Pawlak Franck Para * Mohanad Alchaar *		
16:20	Hommage J. Granet				
16:40	Exposants 1	16:50	Exposants 2		
17:10	Pause				
17:40	Posters 1	17:20	Posters 2	18:00	Temps libre
19:00	Apéritif d'accueil	19:00	Apéritif (par Oxford-Intruments)		
20:00	Dîner	20:00	Dîner	20:00	Dîner
		21:30	Atelier Bruker	21:30	Atelier Park

Jeudi 22 mars		Vendredi 23 mars	
09:00	S8 : Electrochimie	09:00	S11 : Mixte
	René Sabot		Marc Faucher
	Dao Trinh		Antoine Niguès
	Mohamed Bettayeb *		Jacques Peretti
10:00	Pause	10:00	Pause
10:50	S9 : STM	10:50	S12 : Industriels
	Thibault Arduin *		Raphaël Barbattini
	Gaël Reecht		Marc Chaigneau
	Thomas Leoni		Clôture
12:00	Déjeuner	11:45	Déjeuner
14:00	S10 : Mécanique		
	Nicolas Delorme		
	Luca Canale *		
	Antoine Lainé *		
	Laeticia Jubin *		
15:40	Pause		
16:10	Poster 3		
18:10	Réunion CS		
20:00	Gala		

* : Orateur éligible à un prix oral

Les Polychromies de Notre-Dame-la-Grande

Notre-Dame-la-Grande

Notre-Dame-la-Grande de Poitiers est une église romane dont la nef remonte au XIe siècle. Historiquement se dressait à cet endroit un temple païen, remplacé par une église déjà mentionnée au Xe siècle.

Au Moyen Âge, Notre-Dame-la-Grande est à la fois une collégiale et une église paroissiale rattachée à l'évêché de Poitiers (devenu depuis archevêché). Son architecture se caractérise par une nef très haute qui ne possède qu'un seul niveau d'élévation. Les collatéraux n'ont, eux aussi, qu'un seul niveau d'élévation, d'où cet effet d'église-halle qui serait très bien rendu si de massifs piliers assez rapprochés ne venaient casser cette atmosphère, pour la remplacer par une ambiance plus confinée et assez sombre.

Dans le deuxième quart du XIIe siècle on note un changement majeur : on détruit la façade ouest, la nef s'allonge à l'ouest de deux travées et on édifie la célèbre «façade-écran». Aux XVe et XVIe siècle, des chapelles latérales sont ajoutées, financées par de riches familles marchandes de la ville, comme la chapelle Sainte-Anne avec sa belle mise au tombeau. La superbe façade de l'église, de style roman poitevin, illustre des pages de la Bible.

Session 1

Electronique

Lundi 19 mars 15h40 – 16h40

Modérateur : Hubert Klein

Bulent BARIS

Stabilisation de nano-îlots d'or bidimensionnel sur la surface AlN(0001)

Nathali VERGEL

Transport mechanism in a p-type InGaAs/InP(001) heterostructure

Franck Palmino

Hommage à Julien Granet

Etude de l'effet Kondo au sein d'auto-assemblages de phtalocyanines par spectroscopie tunnel et photoémission

Stabilisation de nano-îlots d'or bidimensionnel sur la surface AlN(0001)

Benoit EYDOUX[1,2], **Bulent BARIS[1]**, Hassan KHOUSSA[1], Olivier GUILLERMET[1,2], Sébastien GAUTHIER[1], Xavier BOUJU[1] et David MARTROU[1,*]

[1]*Centre d'élaboration de matériaux et d'étude structurales, CEMES-CNRS, Groupe Nanosciences, 29 rue Jeanne Marvig, F-31055 Toulouse, France*

[2]*Université de Toulouse III, UPS, 118 Route de Narbone, F-31062 Toulouse, France*

Une des étapes clés en électronique moléculaire est le contact d'une molécule avec un réservoir d'électrons. Idéalement, ce réservoir est un nano-îlot métallique déposé sur un substrat isolant et a une épaisseur de une à deux monocouches d'épaisseur pour pouvoir être observé en microscopie à force atomique en mode non contact (NC-AFM)[1]. Or la majorité des métaux sur les isolants classiques (SiO_2, MgO, KBr…) croissent de manière tridimensionnelle (3D). Pour contourner cet obstacle nous avons choisi d'utiliser le semi-conducteur AlN qui a un gap de 6,2 eV. La maîtrise de sa croissance par épitaxie par jets moléculaires nous permet de contrôler sa surface à l'échelle atomique : la surface adopte une reconstruction (2×2)-N_{ad} qui comprend un atome d'azote additionnel par maille (2×2) [2]. Le dépôt d'or à 500°C sur cette surface donne lieu à la formation de nano-îlots d'or d'une monocouche d'épaisseur comme le montre l'image NC-AFM de gauche. Après transfert de l'échantillon sous ultra-haut vide (UHV) vers un microscope à force atomique fonctionnant à basse température (5 K), nous avons obtenu la résolution atomique (image du milieu). La monocouche d'or forme une figure de moiré dont l'analyse a permis de remonter à la relation d'épitaxie entre l'or et la surface AlN(0001). À partir de ces informations, plusieurs modèles atomiques ont été proposés et optimisés par des calculs DFT [3]. Les résultats montrent que la structure favorable est constituée d'une monocouche d'or réagissant avec les atomes de la reconstruction (2×2)-N_{ad}. De plus, l'analyse des charges atomiques montre qu'il y a un transfert d'électrons de la surface vers la monocouche d'or (0,11 e^-/Au) ainsi qu'un transfert latéral entre adatomes d'or. Ces mécanismes sont au cœur de la stabilisation de la monocouche d'or sur AlN(0001). La structure atomique relaxée en DFT montre une forte distorsion par rapport à un réseau hexagonal ce qui correspond à l'observation expérimentale en NC-AFM (image de droite).

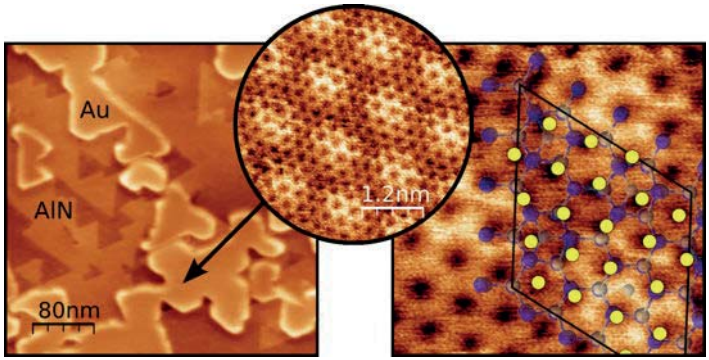


Figure 1 : (gauche) image NC-AFM des nano-îlots d'or sur la surface AlN(0001) ; (milieu) résolution atomique obtenue par NC-AFM à basse température (5K); (droite) superposition du modèle calculé par DFT (jaune : atome d'or, violet : atome d'aluminium, gris : atome d'azote) sur l'image NC-AFM expérimentale.

Références

[1] F. J. Giessibl, Rev. Mod. Phys. **75**, 949 (**2003**).
[2] F. Chaumeton, *et al.*, Phys. Rev. B **94**, 165305 **(2016).**
[3] B Eydoux *et al.*, Phys Rev Applied, **8**, 044002 **(2017)**.

dmartrou@cemes.fr

Transport mechanism in a p-type InGaAs/InP (001) heterostructure

Nathali Alexandra Franchina Vergel, Bruno Grandidier, Didier Stiévenard, Christophe Delerue, Xavier Wallart, Ludovic Desplanque, Chrtistophe Coinon, Maxime Berthe.

Univ. Lille, CNRS, Centrale Lille, ISEN, Univ. Valenciennes, UMR 8520 - IEMN, F-59000 Lille, France

Low temperature scanning tunneling microscopy (LT-STM) [1], spectroscopy (LT-STS) [1] and in-line four-probe STM [2] measurements under ultra-high vacuum (UHV) were used to study the transport mechanism in a thin InGaAs quantum well (QW) grown on an InP(001) substrate with molecular beam epitaxy (MBE). By desorbing the As-capped protective layer of the sample, we were able to monitor the reconstruction of the InGaAs surface as a function of the temperature. Tuning the surface structure to a (2x4) reconstruction [3], we further investigated the electronic local density of states (LDOS) of the QW. When the InP potential barrier was p-type doped, the differential conductance exhibited a clear step-like voltage dependence in the conduction band, in agreement with previous works [4], corresponding to the electron sub-bands formed in the InGaAs QW due to quantum confinement effects. In contrast, for an undoped potential barrier, the step-like features were not resolved at positive sample bias and the current saturated at negative sample bias. Based on these different behaviours and on the four-point probe transport measurements, we are able to explain the transport mechanisms that allow the establishment of a steady state current through the quantized states of the InGaAs QW at positive and negative sample voltages.

This work was supported by the French RENATECH network and by Excelsior Equipex.

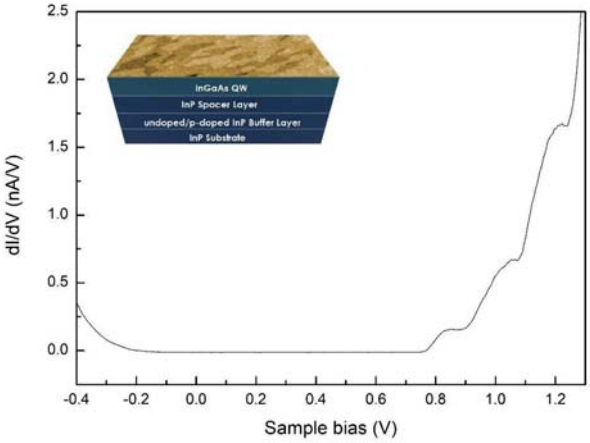


Figure 1: dI/dV spectrum acquired at a given point of the p-doped InGaAs QW surface. Inset: schematic of the InGaAs/InP (001) heterostructure grown by MBE.

Références

[1] J. A. Stroscio in Scanning Tunneling Microscopy, Academic Press, **1993,** 008086015X.
[2] I. Miccoli, F. Edler, H. Pfnür and C. Tegenkamp, C., **2015**, J. Phys.: Condens. Matter 27, 223201.
[3] A. Ohtake, Surface Science Report **2008**, 63, 295.
[4] S. Perraud, K. Kanisawa, Z. Wang and T. Fujisawa, Phys. Rev. B 76, **2007**, 195333.

Etude de l'effet Kondo au sein d'auto-assemblages de phtalocyanines par spectroscopie tunnel et photoémission

Julien GRANET

Ce manuscrit porte sur l'étude des propriétés structurales et électroniques de molécules purement organiques H2Pc et de molécules contenant un ion 4f de cérium adsorbées sur des surfaces métalliques par spectroscopies de photoélectrons. En particulier, nous nous sommes intéressés à l'existence d'un effet Kondo induit par la présence de spin portés par ces molécules dans la limite de l'impureté individuelle (molécule isolée) et au sein d'un réseau bidimensionnel Kondo (réseau supramoléculaire).

Les résultats marquants de ce travail sont les suivants : (i) la création d'un réseau Kondo bidimensionnel de molécules purement organiques, (ii) la mise en évidence d'un effet Kondo dans des molécules contenant un ion cérium.

Dans un premier temps, nous nous sommes intéressés à la croissance de H2Pc/Ag(111) et aux propriétés électroniques associées par LEED, STM/STS et ARPES. La croissance a été étudiée en fonction du taux de couverture. Nous avons mis en évidence une succession de phases : une phase gazeuse pour les faibles de taux de couverture résultant d'interactions intermoléculaires répulsives. Pour des taux de couverture plus élevés, une phase de maille rectangulaire commensurable avec le substrat est observée et enfin une phase incommensurable de maille oblique. Ensuite, nous avons étudié les états moléculaires par STS. Nous avons mis en évidence le peuplement de l'état LUMO de la molécule induit par le transfert de charge avec le substrat. Ce transfert d'électrons dans l'orbitale de la molécule a pour conséquence l'apparition d'un spin 1/2 qui est à l'origine d'un effet Kondo mis en évidence par l'intermédiaire d'une résonance de la conductance au niveau de Fermi. Un couplage électron-vibron a également été mis en évidence. La présence de l'effet Kondo persiste lors de la formation d'un auto-assemblage. Toutefois, il semblerait que les interactions intermoléculaires suppriment le couplage électron-vibron. En conclusion, nous avons réalisé un réseau Kondo bidimensionnel moléculaire à partir de molécules purement organiques.

Dans un deuxième temps, nous nous sommes intéressés aux propriétés structurales et électroniques d'un complexe moléculaire biplateaux à base d'ion cérium 4f : CePcTPP adsorbé sur une surface d'Ag(111) et une surface de Cu(111). L'étude STM a permis de mettre en évidence la fragilité de ces molécules lors de leur évaporation à 620 K. En effet, nous avons montré qu'une certaine proportion de CePcTPP se casse en macrocycles de type phtalocyanine et porphyrine qui finissent par venir polluer la surface. Ces résidus jouent un rôle non négligeable dans la formation des auto-assemblages de CePcTPP. En effet, tandis que des réseaux compacts supramoléculaires de CePcTPP sont formés sur Cu(111), nous avons vu que des porphyrines métallées interagissent avec les CePcTPP pour former une phase mixte MTPP/CePcTPP. Des mesures XANES réalisées sur le composé moléculaire sous forme de poudre ont révélé que l'ion Ce présentait une valence intermédiaire. La comparaison avec la monocouche de CePcTPP/Ag(111) n'a pas pu être réalisée du fait de la faible quantité d'ion Ce à la surface et de la destruction des molécules sous le faisceau de photons. Ensuite, les propriétés électroniques ont été caractérisées par ARPES et STS. Un gap HOMO-LUMO apparent d'environ 1.6 eV a été mesuré sur les deux surfaces métalliques. De plus, une résonance au niveau de Fermi a été mesurée en STS, signature d'un effet Kondo. Celle-ci n'a été mesurée que lorsque la molécule est adsorbée sur Ag(111). Elle est absente sur Cu(111). Pour expliquer cette différence entre les deux substrats, les effets des interactions intermoléculaires ont été avancés. Une étude plus approfondie sera nécessaire dans l'avenir pour clarifier ce point.

Parc du Futuroscope : L'Aréna de nuit

Futuroscope

Le Parc du Futuroscope est un parc à thèmes orienté vers le multimédia, les technologies cinématographiques, audiovisuelles et robotiques du futur. Il se situe dans le département de la Vienne, à une dizaine de km de Poitiers. Il est entouré d'un technopôle implanté sur la commune de Chasseneuil-du-Poitou.

Pionnier des parcs de loisirs en France, le Futuroscope est né d'un brillant projet d'aménagement du territoire imaginé par René Monory à la fin des années 80. Depuis son ouverture au public en 1987, avec l'ambitieuse mission « d'apprivoiser le futur », le Futuroscope est devenu le 2e parc de loisir français par son nombre d'entrées. Le Futuroscope cultive depuis sa différence sur le marché des loisirs et renforce son identité singulière en proposant une offre conjuguant le ludique et le pédagogique.

Progressivement, le Parc a su évoluer d'une offre principalement centrée sur les grandes images vers une offre plus diversifiée, qui intègre toutes sortes d'expériences à vivre et à partager. De spectateur, le visiteur du Futuroscope devient acteur. De cette stratégie, sont nées de nouvelles expériences, plus participatives, comme Les Yeux Grands Fermés, Danse avec les Robots, Star du Futur…

Session A

Exposants 1

Lundi 19 mars 16h40 – 17h10

Modérateur : Agnès Piednoir

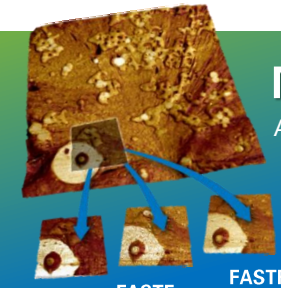
BRUKER
ZURICH INSTRUMENTS
SCIENTEC
FRANCE SCIENTIFIC
MILEXIA
SPECS
NANOANDMORE
SCHAEFFER

Atomic Force Microscopes

The most cited AFMs in the world

NanoMechanics Lab

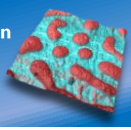
A full set of advanced modes enabling quantifiable nanoscale characterization



PeakForce QNM | FASTForce Volume | FASTForce Volume CR

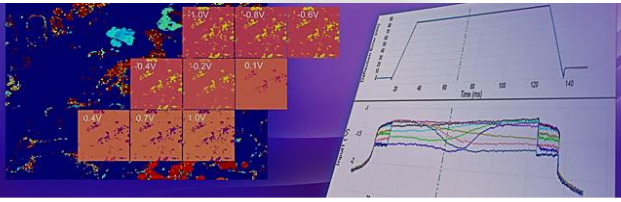
Dimension FastScan

Dimension Icon



NanoElectrical Lab

The most complete array of electrical AFM techniques, including the ***NEW FASTForce Volume modes***

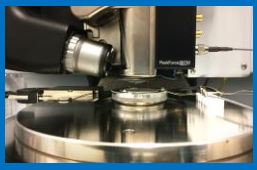


Immediate access to data cubes with electrical spectroscopy
Unique, previously unattainable in a single measurement

PeakForce SECM

World's First Complete AFM-Based SECM Microscopy

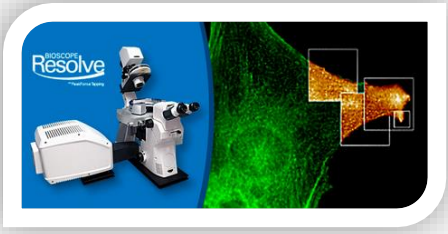
- Previously unattainable data with <100 nm spatial resolution using reliable, easy-to-use probes specifically deisnged for SECM
- Simultaneous electrochemical, electrical and mechanical mapping in liquid



Highest Resolution Imaging

in BioAFM – Any Time, Every Time

- Complete Cell Mechanics Data: Accurate, Repeatable
- Investigating Cell Dynamics without Compromise
- Combined Fluorescence and Biomechanics: Seamless, Simple



CONTACT

22 Emmanuel Paris | Sales Manager | Bruker Nano Surfaces Division

+33 1 72 86 61 11 | emmanuel.paris@bruker.com | www.bruker.com/nano

Une PLL, en mieux

Facile à installer.
Facile à utiliser.
Aussi rapide que nécessaire.

PID/PLL Advisor

Auto tune

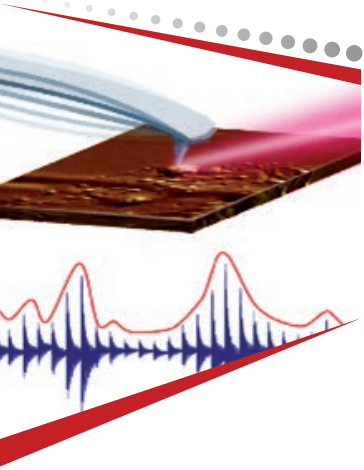
Imaging Module

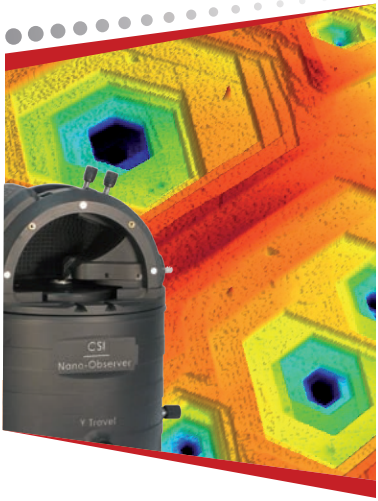
en demo au stand

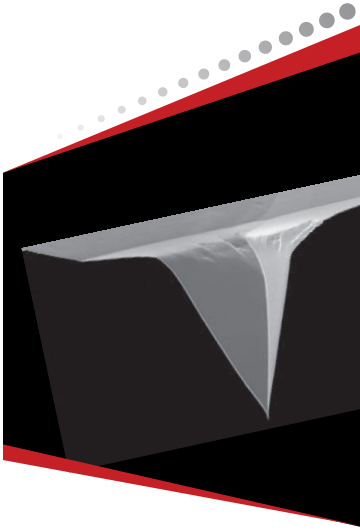
+41 44 515 0410
info@zhinst.com
www.zhinst.com

Zurich Instruments

SCIENTEC
La SoluTion à vos mesures







Microscopie AFM Infra-Rouge

- **10 nm de résolution latérale en spectroscopie IR**
- Spectroscopie locale
- Mapping à une seule longueur d'onde
- **Tapping-IR**
- s-SNOM
- Nombreux modes AFM

Microscopie à Force Atomique

- **Nano-Observer AFM** : rapport prix/ performance imbattable
- **Nombreux modes électriques avancés** :
  - ResiScope
  - Soft ResiScope
  - HD-KFM
  - sMIM...

Large gamme de pointes AFM

Sondes AFM **compatibles avec tous les AFM** disponibles sur le marché :

- Petit budget
- Haute résolution
- Electriques
- Magnétiques
- Standards
- Spécifiques

ANASYS INSTRUMENTS
The nanoscale spectroscopy company

CSI Concept Scientific Instruments
Atomic Force Microscopes

AppNano

Scientec, spécialiste de la microscopie en champ proche.
01 64 53 27 00 / info@scientec.fr / www.scientec.fr

FRANCESCIENTIFIQUE

Microscope à Force Atomique

Découvrez notre gamme pour la recherche et l'industrie...

FlexAFM

CoreAFM

... et également notre gamme dédiée à l'enseignement

NaioAFM

NaioSTM

nanosurf

www.france-scien fr

Région Parisienne
150, avenue Joseph Kessel
78960 Voisins-le-Bretonneux

Région Lyonnaise
8, rue Joseph Bergier
69230 Saint-Genis-Laval

Standard
Tél. : +33 (0)4 26 46 01 60
Fax : +33 (0)4 26 23 90 10

Vos Partenaires en Microscopies à Sonde Locale

MILEXIA FRANCE commercialise des instruments scientifiques de haute technologie depuis 1981 en France, en Belgique et en Suisse francophones.

Nos spécialités sont la microscopie et l'analyse. Nous nous appuyons sur des fournisseurs leaders mondiaux, sur leur segment de marché, et proposons une offre globale à notre clientèle : conseils spécialisés, choix concerté de la solution la mieux adaptée, installation et tests de réception technique sur site. La société **MILEXIA FRANCE** est agréée pour la formation des utilisateurs.

Notre équipe « support technique » vous conseille en permanence sur les meilleures conditions d'utilisation des équipements et assure, via une offre de contrats de maintenance variée, un fonctionnement optimal du matériel.

MILEXIA FRANCE représente la société sud-coréenne **PARK SYSTEMS**, présente sur le marché des microscopies à sondes locales depuis 1989 (Park Scientific Instruments).

PARK SYSTEMS dispose d'une gamme complète d'outils de microscopie et de métrologie à l'échelle nanométrique allant du système de table au système industriel automatisé.
Les fonctionnalités innovantes, tel que le mode « True Non-Contact » et le changement de pointe automatique, distinguent leurs produits et font des AFM **PARK SYSTEMS** les systèmes les plus faciles à utiliser et les plus avancés actuellement disponibles sur le marché.

Contact

Franck Senequier - Responsable Applications
franck.senequier@milexia.fr 06 20 09 22 00 www.milexia.fr

Nanonis™ BP5

SPM CONTROL SYSTEM BASE PACKAGE 5

KEY FEATURES

- Operation-Optimized User Interface
- Full Flexibility for most Advanced Measurement Techniques
- Uncompromising Signal Quality
- Works with any SPM in any Mode
- Future-proof state-of-the-art Hardware

SPECS Surface Nano Analysis GmbH

T +49 30 46 78 24-0
E info@specs.com
H www.specs.com

SPECS™

NanoAndMore France SARL

The World of Science and Technology

Adresse:

33 rue VITAL

75016 PARIS

sales@nanoandmore.fr

info@nanoandmore.fr

Tel: 01 42 88 29 67

Fax: 01 42 88 32 07

www.nanoandmore.fr

Schaefer Techniques

LiteScope™

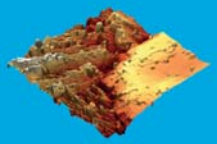
Scanning Probe Microscope designed for easy integration into the Electron Microscopes

- 3D visualization of the surface structure
- Complex surface characterization – Topography, Roughness, Magnetic properties, Conductivity, Electrical properties etc.
- Precise SPM tip navigation into the area of the interest by the SEM
- User friendly operation, easy to integration to SEM
- Wide range of SPM imaging modes

Explore Variety of Application

Textured PIN diode on glass substrate – solar cell, CPEM

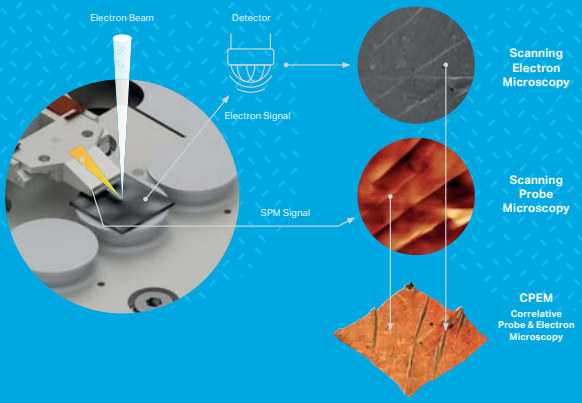
The result of anisotropic wet etching of silicon through line-grid mask, CPEM



Cast-iron

Etched aluminum

Explore brand new Correlative Probe and Electron Microscopy technique



info@schaefet-tech.com
01 64 49 63 51

www.schaefer-tech.com

Fine de claire

La ***fine de claire*** est un type d'huître élevée en claire, de couleur blanche ou verte; elle est affinée hors mer entre un et deux mois, à raison de 20 coquillages au maximum par mètre carré. La fine de claire est une huître concave d'abord gardée dans des cages en pleine mer, puis mûries (ou ennoblies) en claires.

La chair d'une fine de claire est plus ferme que celle d'une huître de parc, et dispose d'un léger goût de noisette. Son taux de chair est identique à celui de la fine de parc, mais les « Fine de Claire » prennent une forme arrondie et bombée. À noter que la « Fine de Claire » est labellisée « Label Rouge » uniquement pour la souche verte : elle est alors commercialisée sous l'appellation *huitre fine de claire verte*.

Session 2

Objets Biologiques

Mardi 20 mars 9h00 – 10h00

Modérateur : Tomaso ZAMBELLI

Christian COGNARD

Topographie par microscopie à balayage par conductance ionique (SICM) des cellules vivantes: principes, possibilités, limites

Stéphane SEBILLE

Les applications du SICM sur les systèmes biologiques et combinaisons avec d'autres techniques

Christian MARLIERE

Atomic Force Microscopy to detail in real time cell-wall remodeling of adhering Staphylococcus aureus during biofilm genesis

Topographie par microscopie à balayage par conductance ionique (SICM) des cellules vivantes: principes, possibilités, limites.

C Cognard, A Krzesiak et S Sebille

ImageUP Plateforme d'Imagerie de l'Université de Poitiers et Equipe Transferts Ioniques et Rythmicité Cellulaire (TIRC) du Laboratoire Signalisation et Transports Ioniques Membranaires (STIM)
Pôle Biologie Santé Bât B36/B37- Université de Poitiers - 1 rue Georges Bonnet - POITIERS

La microscopie de conductance ionique par balayage (SICM pour scanning ion conductance microscopy), une microscopie de balayage à sonde locale (SPM pour scanning probe microscopy), a été introduite en 1989 par Hansma et collaborateurs [1] puis développée pour les échantillons biologiques par l'équipe de Korchev [2]. Alors que les différentes SPM utilisent, pour construire les images, des interactions spécifiques entre la pointe d'une sonde et l'objet étudié, la SICM met en œuvre une sonde plus simple (une microélectrode de verre) et repose sur la mesure du courant qui passe entre l'intérieur de cette micro- ou nano-pipette et la surface de l'échantillon pour rétro-contrôler la position de cette dernière et construire l'image topographique de la surface de l'échantillon biologique.

Le principe général de la technique, appliqué aux cellules vivantes, est de faire parcourir (balayage) la surface (ou une portion de surface), par la pointe de la pipette remplie d'un liquide à la fois conducteur (des ions et de l'eau) et physiologique (composition compatible avec la vie), d'une cellule baignant dans ce même milieu, à une distance donnée. Cette dernière est maintenue à l'aide d'une boucle de rétrocontrôle en mesurant et en maintenant, en permanence, le courant induit par une différence de potentiel (ddp) appliquée entre deux électrodes, l'une située dans le bain, l'autre dans le milieu intra-pipette. En première approximation, l'amplitude du courant, pour une ddp donnée, est fonction de la résistance du milieu, donc de la distance, entre pointe et surface. Cette distance de la pointe à la membrane cellulaire (donc aussi le courant) est maintenue en relevant ou en abaissant la pipette afin de suivre le relief membranaire, et l'enregistrement de ces mouvements en Z permet de construire l'image topographique.

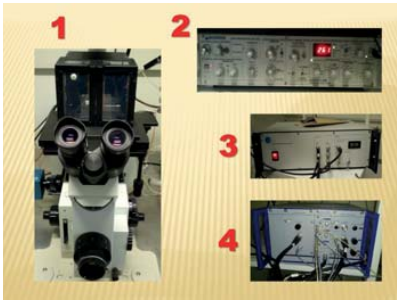


Figure 1. Les éléments fondamentaux d'une installation de SICM pour la biologie.

Une installation typique de SICM pour la biologie comprend, comme montré sur la figure 1, un microscope inversé (1), un amplificateur/convertisseur de courant/tension (2), un boitier assurant le rétrocontrôle (3) et un module assurant la commande des moteurs piezo-électriques (4) pour déplacer la pipette, le tout étant complété par un ordinateur pour l'acquisition des données et la reconstruction topographique.

Différentes méthodes de positionnement de la pipette par rapport à la surface étudiée peuvent être utilisées : soit la pointe de la pipette est approchée puis maintenue à une distance constante pour le balayage (méthode classique), soit, une fois la distance convenable trouvée (set-point), la pipette est rétractée, déplacée latéralement au-dessus d'un nouveau point et l'approche réitérée (méthode dite de « hopping », introduite par Novak et al. en 2009 [3]).

Quelque-soit, le mode d'approche utilisé, la méthode assurant le rétrocontrôle peut différer dans la manière dont le courant entre la pipette et la surface membranaire est mesuré/appliqué. On distingue 3 possibilités : la méthode classique de courant direct (DC-SICM), celle de modulation de la distance (DM-SICM) et celle de bias modulation (BM-SICM) où c'est un décalage de phase qui est utilisé [4][5].
La méthode de SICM peut aussi être associée à d'autres techniques classiques de biologie comme le patch-clamp (smart-patch), la microscopie confocale ou même l'électrochimie, offrant ainsi de nombreuses possibilités [6].

La SICM a cependant des limites. Outre la nécessité d'un signal de courant propre, la résolution des images obtenues, et leur validité, dépend énormément de la taille et la forme de la pointe de la pipette car cette dernière peut, à des distances réduites, voir la relation distance/courant ne plus répondre à la simple loi d'Ohm. Enfin, même dans ses développements les plus récents, la SICM est une technique d'imagerie lente (dû au balayage mécanique) qui ne permet des études biologiques dynamiques qu'à une échelle de temps modérée.

[1] Hansma, P.K. ;Drake, B. ; Marti, O. ; Gould,S.A. ; Prater, C.B. *Science* **1989**, *283*, 641
[2] Korchev, Y.E. ; Bashford, C.L. ; Milovanovic, M. ; Vodyanoy, I. ; Lab, J.M. *Biophysical J.* **1997**, *73*, 653
[3] Novak, P. et al. *Nat. Methods* **2009**, *6*, 279
[4] Chen, C.C. ; Zhou, Y. ; Baker, L.A. *Annu. Rev. Anal. Chem.* **2012**, *5*, 207
[5] McKelvey, K ; Perry, D. ; Byers, J.C. ; Colburn, A.W. ; Unwin, P.R. ; *Anal. Chem.* **2014**,*86*, 3639
[6] Page, A. ; Perry, D. ; Unwin, P.R. *Proc. R. Soc. A.* **2017**, *473*, 20160889

Les applications du SICM sur les systèmes biologiques et combinaisons avec d'autres techniques

Stéphane SEBILLE, Charlotte LORIN, Christian COGNARD

Equipe Transferts ioniques et Rythmicité Cellulaire (TIRC) du Laboratoire Signalisation et Transports ioniques Membranaires (STIM). Pôle Biologie santé Bât B36/B37 - Université de Poitiers – 1 rue Georges Bonnet - POITIERS

Jusqu'à récemment, les investigations en temps réel de la physiologie cellulaire étaient restreintes à l'échelle du micromètre, compte tenu des limites (i) de la résolution de la microscopie photonique et (ii) de l'utilisation des microscopies à sonde locale sur des échantillons aussi fragiles que des cellules vivantes. Aujourd'hui, bien que diverses méthodes permettent d'outrepasser ces limites en permettant des analyses à l'échelle nanométrique, elles ne permettent pas d'analyser les modifications de structure de la membrane plasmique. La microscopie de conductance ionique à balayage (Scanning ion conductance Microscopy: SICM) est une microscopie à sonde locale à balayage qui permet la détection de la surface cellulaire sans contact de cellules vivantes permettant, par exemple, la détection de protéines isolées dans la membrane cellulaire. Le principe de cette technique, ainsi que ses limites, sont présentés dans le résumé « Topographie par microscopie à balayage par conductance ionique (SICM) : principes, possibilités, limites » dans ce même livret.
La microscopie de conductance ionique à balayage est une technique polyvalente capable d'apporter simultanément des données structurales et fonctionnelles sur les cellules vivantes mais aussi au niveau tissulaire et subcellulaire à une résolution nanométrique. Elle permet l'analyse simultanée et dynamique de la morphologie membranaire et de divers paramètres fonctionnels (volume de la cellule, potentiels membranaires, contraction cellulaire, mesure de courants en canal unitaire et certains paramètres de signalisation intracellulaire. Gorelik et collaborateurs [1] ont réussi à étendre les fonctionnalités de cette technique en utilisant la pipette de SICM pour enregistrer des courants ioniques par la technique de patch clamp. Cette nouvelle approche technologique est appelée « smart-patch ». Cette technique peut permettre de cartographier la densité et donc la position des canaux ioniques dans la membrane plasmique

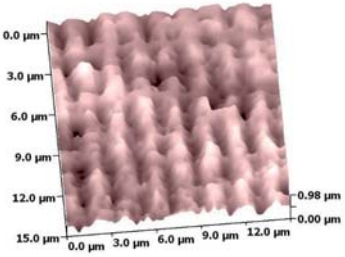


Figure 1 : Surface d'une cellule cardiaque obtenue par SICM

Les maladies cardio-vasculaires étant les causes majeures de morbidité et de mortalité dans le monde. Lyon et collaborateurs [2] se sont intéressés les premiers aux conséquences de l'insuffisance cardiaque sur la structure de la surface membranaire des cardiomyocytes qui présentent de nombreuses anomalies fonctionnelles telles que des troubles de l'homéostasie calcique causant des arythmies. Nos résultats au laboratoire mettent en évidence des différences topographiques de la surface de cardiomyocytes de souris (Figure 1) atteinte de cardiomyopathie dilatée associée à la dystrophie musculaire de Duchenne [3]. Ainsi, le SICM combiné à du marquage et à de nouvelles méthodes d'analyse permet de réaliser une véritable exploration nanoscopique des structures intracellulaires de cardiomyocytes atteints par des pathologies mortelles.

La microscopie de conductance ionique à balayage est ainsi une technique polyvalente et performante fournissant des images de hautes résolutions temporelles et spatiales de la surface de cellules vivantes. En l'associant à plusieurs autres méthodes d'études biologiques, des explorations macroscopiques, microscopiques et nanoscopiques peuvent être entreprises pour comprendre les fonctionnalités et la compartimentation cellulaires de structures, telles que des dendrites et des complexes protéiques. Les perspectives d'exploitation du SICM sont très vastes car cette technologie peut être employée sur une très grande variété d'échantillons biologiques. La combinaison de cette technique avec d'autre techniques telles que le SECM [4] ouvre également des perspectives de grand intérêt pour la recherche en physiologie cellulaire.

[1] Gorelik, J.; Gu, Y.; Spohr, H. A., et al. *Biophys J*, **2002**, 83 (6), 3296–3303
[2] Lyon, A. R.; MacLeod, K. T.; Zhang, Y., et al. *Proc Natl Acad Sci USA,* **2009**, 106 (16), 6854–6859.
[3] Lorin, C.; Gueffier, M.; Bois, P., et al. *Cell Biochem. Biophys*. **2013**, 66 (3), 723–736.
[4] Takahashi, Y., Schevchuk, A., Novak, P., et al. *Proc Natl Acad Sci USA,* **2012**, 109(29) :11540.

Atomic Force Microscopy to detail in real time cell-wall remodeling of adhering *Staphylococcus aureus* during biofilm genesis

Rym Boudjemaa,[a] Karine Steenkeste[a], Alexis Canette,[b] Romain Briandet,[b] Marie-Pierre Fontaine-Aupart,[a] Christian Marlière,[a]

[a] [b] Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay (ISMO), CNRS, Université Paris-Sud, Université Paris-Saclay, Orsay, France; Micalis Institute, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, Jouy-en-Josas, France

Atomic Force Microscopy (AFM) in the approach-retract scanning mode is a powerful method to probe at the nanoscale the topography and mechanical properties of live bacteria in aqueous environment. We took benefit from this method to describe the time evolution of the surface nanotopography of the strain S. aureus 27217 from bacterial adhesion to the first step of biofilm genesis. Two types of adhering bacteria were observed without and with herring-bone patterned bacterial envelope decorations. These AFM observations on individual bacteria were further confirmed by Scanning Electron Microscopy (SEM) experiments on large cell population, revealing an equal ratio between the two populations. AFM revealed that the herring-bone pattern is characterized by lateral dimensions of ~70 nm and the mean depth of the trough between them is ~15nm. The corresponding root-mean-square (RMS) roughness of such cells was ~5nm (on (400nm)² image), one order of magnitude higher than that for a cell of the second population, the so-called "smooth" one. Concomitantly with these topographic investigations, AFM mechanical characterization of the two types of adhering bacteria was performed: the upper patterns (the herring-bone motif) are stiff (Young modulus of ~ 2.3 MPa) while the lower ones are much softer (~ 0.35 MPa) similar to the stiffness of the smooth population.
Another important result is that we observed, thanks to our 4-hour real-time AFM experiments, the gradual detachment of the herring-bone patterns from the bacterial surface and its progressive smoothing. Accumulation of these herring-bone tiles in the form of highly adhesive globular deposits between bacteria was observed. Furthermore we observed that these cell surface decorations were removed by centrifugation and thus loosely attached to the cell wall. Proteomic analysis of the supernatant highlighted the presence of Staphylococcus aureus surface proteins well-known to be implicated in adhesion and biofilm formation.

Notre-Dame de Royan

Édifiée en trois ans à la suite du bombardement allié de la ville de Royan le 5 janvier 1945, puis inaugurée en 1958, l'église Notre-Dame est due architectes Guillaume Gillet et Marc Hébrard, en collaboration avec les ingénieurs Bernard Laffaille, René Sarger et Ou Tseng.

Elle est considérée comme un chef-d'œuvre de l'architecture contemporaine, tant par ses dimensions (45 mètres de longueur sur 22 mètres de largeur, 36 mètres de hauteur avec un clocher culminant à près de 60 mètres) que par l'audace de sa conception (piliers en V, couverture en voile mince - 8 cm - de béton en "selle de cheval") et l'emploi généralisé du béton brut.

L'édifice peut accueillir jusqu'à 2 000 personnes dans sa nef en ellipse, qui lui donne l'allure d'un vaisseau, dotée de verrières en gemmail, d'une statuaire moderne et d'orgues de 3 500 tuyaux

Elle a été classée monument historique en 1988.

Session 3

Modes Electriques

Mardi 20 mars 10h50 – 11h50

Modérateur : Philippe Leclère

Yann ALMADORI

Interface photovoltaïque 2D à base de dichalcogénures de métaux de transition : une étude multimodale par nc-AFM/KPFM

Nicolas MOREAU

Caractérisation d'une cavité Fabry-Pérot dans une constriction en graphène à l'aide d'un microscope à effet de grille locale

Louis THOMAS

Etude par C-AFM de substrats magnétiques fonctionnalisés par des SAMs photo-commutables

Etude d'une interface photovoltaïque 2D à base de dichalcogénures de métaux de transition : une approche multimodale par nc-AFM/KPFM

Yann ALMADORI, Nedjma BENDIAB, Benjamin GREVIN

Univ. Grenoble Alpes, CNRS, CEA, INAC-SyMMES, 38000 Grenoble, France
Institut Néel, CNRS, Univ. Grenoble-Alpes, 38042 Grenoble Cedex 09, France

Les dichalcogénures de métaux de transition (TMDC) du groupe VI-B, i.e. de la forme MX2 (M = Mo, W ; X = S, Se, Te), deviennent des semi-conducteurs à gap direct à l'état de monocouches 2D et présentent d'exceptionnelles propriétés d'absorption optique (1-2 eV) au regard de leur épaisseur [1]. Ces propriétés en font de très sérieux candidats pour des applications dans le domaine de l'optoélectronique [2,3]. Un point clé pour des applications basées sur la conversion photo-électrique est de créer des systèmes permettant une séparation efficace des paires électrons-trous (excitons) générées par absorption de lumière. Une approche consiste à former des hétérojunctions (HJ) de type-II, qui sont ici attendues pour de nombreuses paires de TMDC. Toutefois, dans le cas particulier d'hétérostructures 2D verticales de type van der Waals (vdW), des questions fondamentales, liées au positionnement et à l'alignement des niveaux d'énergie, restent ouvertes. Il apparait donc crucial de comprendre précisément les propriétés optoélectroniques (transfert de charge, alignement des bandes, potentiel d'interface) des interfaces hybrides 2D. La microscopie à sonde de Kelvin (KPFM) couplée à la microscopie à force atomique en mode non-contact (nc-AFM) est bien adaptée pour répondre aux questions d'alignement de bandes. Elle a déjà démontré son potentiel dans l'étude de systèmes photovoltaïques organiques, inorganiques ou hybrides. Pourtant, très peu d'études de KPFM s'intéressent aux hétérostructures TMDC/TMDC et une seule traite de la réponse sous illumination de ces systèmes, sans toutefois présenter d'images de photo-potentiel [4].

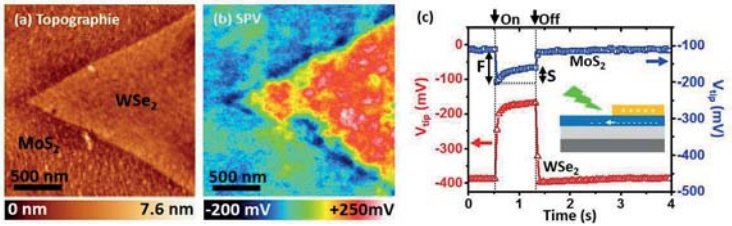


Figure 1 : (a) Image nc-AFM/KPFM de la topographique de l'hétérojonction WSe2/MoS2. (b) Image du photo-potentiel de surface (SPV= Vdc(noir) – Vdc(lumière)) obtenue par la méthode d'imagerie différentielle. (c) Evolution temporelle du potentiel de surface Vdc sous illumination différentielle. Les mesures sur le MoS2 et le WSe2 sont associées aux courbes bleue et rouge, respectivement. L'encart schématise le chargement par trous (+) du flocon de WSe2 (orange) et celui par électrons (-) du film de MoS2.

Dans ce contexte, nous reportons l'étude par nc-AFM/KPFM d'une HJ 2D de type-II formée par un flocon monocouche de WSe2 déposé à la surface d'un film de MoS2 sur substrat SiO2/Si [5]. Afin d'analyser la dépendance spatiale de la génération des porteurs de charge et l'impact des défauts structuraux et/ou chimiques sur celle-ci, nous avons développé une technique basée sur la mesure, en chaque point d'une image, de la réponse temporelle du potentiel de surface sous illumination différentielle (cycle OFF-ON-OFF). Elle permet de reconstruire des images 2D de photo-voltage de surface (SPV) en prévenant les effets liés au désalignement entre images ON-OFF prises successivement. Ces images de SPV montrent clairement une séparation photo-induite de charges à l'interface WSe2/MoS2 et une limitation de ce processus par les défauts. Par ailleurs, l'analyse de l'amplitude du SPV en fonction de la puissance optique nous permet de discuter la nature des recombinaisons à l'interface WSe2/MoS2, et met en évidence la coexistence de recombinaisons radiative directe et de type Shockley-Read-Hall. Finalement, nous avons utilisé une méthode récemment développée de KPFM sous illumination modulée en fréquence, afin d'imager la dynamique de décroissance du SPV [6]. Cette méthode révèle des processus de recombinaison retardés par les pièges à l'interface TMDC/oxyde de silicium du substrat.

Références

[1] Britnell, L.; Ribeiro, R. M.; Eckmann, A.; Jalil, R.; Belle, B. D.; Mishchenko, A.; Kim, Y.-J.; Gorbachev, R. V.; Georgiou, T.; Morozov,S. V.; Grigorenko, A. N.; Geim, A. K.; Casiraghi, C.; Neto, A. H. C.;Novoselov, K. S., *Science* **2013**, *340*, 1311.
[2] Bernardi, M.; Palummo, M.; Grossman, J. C., *Nano Lett.* **2013**, *13*, 3664.
[3] Zhang, W.; Chuu, C.-P.; Huang, J.-K.; Chen, C.-H.; Tsai, M.-L.; Chang, Y.-H.; Liang, C.-T.; Chen, Y.-Z.; Chueh, Y.-L.; He, J.-H.; Chou, M.-Y.; Li, L.-J., *Sci. Rep.* **2014**, *4*, 3826.
[4] Zhang, K.; Zhang, T.; Cheng, G.; Li, T.; Wang, S.; Wei, W.; Zhou, X.; Yu, W.; Sun, Y.; Wang, P.; Zhang, D.; Zeng, C.; Wang, X.; Hu, W.; Fan, H. J.; Shen, G.; Chen, X.; Duan, X.; Chang, K.; Dai, N., *ACS Nano* **2016**, *10*, 3852.
[5] Almadori, A.; Bendiab, N.; Grévin, B., *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2018**, *10*, 1363.
[6] Fernandez Garrillo, P. A.; Borowik, Ł; Caffy, F.; Demadrille, R.; Grevin, B., *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2016**, *8*, 31460.

Caractérisation d'une cavité Fabry-Pérot dans une constriction en graphène à l'aide d'un microscope à effet de grille locale

Nicolas Moreau[1], Boris Brun[1],Sowmya Somanchi[2], Kenji Watanabe[3], Takashi Taniguchi[3], Christoph Stampfer[2], Benoît Hackens[1]

[1] *IMCN/NAPS, Université catholique de Louvain, B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgique*
[2] *JARA-FIT and 2nd Institute of Physics, RWTH Aachen University, 52056 Aachen, Germany*
[3] *National Institute for Materials Science, 1-1 Namiki, Tsukuba 305-004 4, Japan*

Le graphène, un matériau 2D composé d'un réseau hexagonal d'atomes de carbone [1] a fait l'objet d'un engouement sans précédent en physique du solide ces dernières années. Ses bandes de conduction et de valence ont la forme de cônes et se touchent en un point, ce qui en fait un semimétal. Cette structure de bande particulière lui confère des propriétés électroniques exceptionnelles. En effet, les électrons dans le graphène obéissent à l'équation de Dirac pour des fermions sans masse. Une des implications de ce comportement est le tunneling de Klein [2]. Il s'agit de la capacité d'un électron relativiste à traverser perpendiculairement une jonction PN avec une transmission unitaire. La jonction PN se forme au niveau d'une barrière de potentiel polarisée négativement d'un côté pour doper le graphène en électrons et positivement de l'autre pour le doper en trous. Lorsque l'angle d'incidence s'éloigne de la perpendiculaire à cette jonction PN, le coefficient de transmission diminue. En créant une jonction NPN (ou PNP), il est alors possible de créer une cavité Fabry-Pérot (FP) [3], comme en optique.

Dans ce travail, nous étudions ce phénomène d'interférence à l'aide d'une constriction en graphène [4] (voir figure 1). Celui-ci est encapsulé dans du nitrure de Bore, ce qui confère aux porteurs de charge une mobilité exceptionnelle, ingrédient indispensable pour observer un tel phénomène. Grâce à notre microscope à effet de grille locale (SGM) placé dans un réfrigérateur à dilution atteignant les 20mK, nous pouvons modifier localement la densité électronique de l'échantillon (voir figure 1) à l'aide d'une pointe AFM chargée [5,6] (voir figure 1). En plaçant la pointe à la verticale de la constriction et en jouant sur la tension qu'on lui applique, il est alors possible de créer une jonction NPN (ou PNP), et d'observer le tunneling de Klein au sein de la cavité FP délimitée par les deux interfaces PN. L'avantage qu'offre la technique SGM sur des échantillons possédant une grille statique [3,7] est qu'il est possible de changer la forme du potentiel (et donc la pente du potentiel à la jonction PN) en fonction notamment de la hauteur de pointe. Nos mesures nous permettent d'une part de bien caractériser cette forme du potentiel induit par la pointe et ressenti par les porteurs de charge au sein du dispositif (figure 2). D'autre part, en contrôlant la forme de ce potentiel, nous étudions en détail les conditions d'apparition de cavité FP, ainsi que l'effet de ce potentiel sur la quantification de la conductance de la constriction.

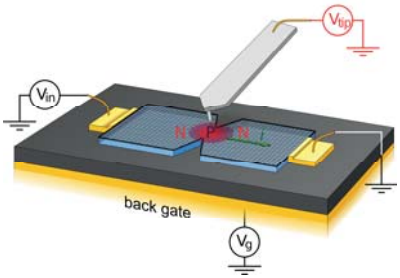


Figure 1 : Schéma de l'échantillon. La couche bleue représente le nitrure de Bore et la couche noire le graphène. La pointe est représentée au dessus de la constriction. En appliquant une tension V_{tip}, il est possible de créer une jonction NPN qui modifie le transport électronique.

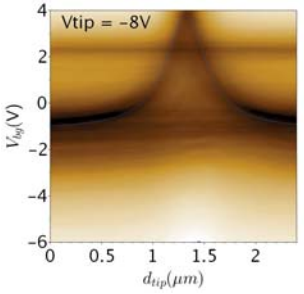


Figure 2 : Conductance de la constriction (faible en foncé et haute en clair) en fonction de la tension de la grille arrière (V_{bg}) et de la position de la pointe dans l'axe de la constriction (d_{tip}). Cela permet de caractériser la forme de la pointe et d'observer des interférences typiques d'une cavité FP.

Références

[1] Castro Neto, A.H. et al., R*eviews of Modern Physics* **2009**, *81*, 109
[2] Young, A.F., Kim, P., *Nature Physics* **2009**, *5, 222*
[3] Rickhaus, P. et al., *Nat. Comm.* **2013**, *4, 3342*
[4] Terrés, B. et al., *Nat. Comm.* **2016**, *7, 11528 Nature Physics* **2006**, *2, 826*
[5] Hackens, H. et al.,
[6] Brun, B. et al., *Nat. Comm.* **2014**, *5, 4290*
[7] Varlet, A. et al., *Physical Review Letters* **2014**, *113, 116601*

Étude par C-AFM de substrats magnétiques fonctionnalisés par des SAMs photo-commutables

Louis THOMAS[1], David GUÉRIN[1], Dominique DERESMES[1], Thierry MÉLIN[1], Dominique VUILLAUME[1], Stéphane LENFANT[1]

[1]IEMN, Univ. Lille, CNRS, 59652 Villeneuve d'Ascq, France

La spintronique moléculaire utilise des systèmes contenant des molécules et exploite le transport d'électrons polarisé en spin (phénomènes de magnétorésistance). Une approche prometteuse à l'intégration des molécules est la formation en solution de monocouches auto-assemblées, (Self-Assembled Monolayers, SAMs) sur un substrat ferromagnétique (FM) servant d'électrode dans des jonctions FM/SAM/FM. Jusqu'à présent, les SAMs intégrées dans de tels dispositifs jouent le rôle de simple barrière tunnel [1]. Nous avons étudié ici des molécules photo-commutables offrant deux états de conductance électrique par éclairement associés à un changement de conformation afin d'explorer les relations entre conformation moléculaire, couplages molécule/électrodes et transport polarisé en spin, comme proposé théoriquement [2]. Nous avons greffé des SAMs de dérivé de diaryléthène (DDA) (Figure 1, [A]) sur manganite de lanthane dopé au strontium (LSMO), en collaboration avec CNRS/Thales, et de dérivé d'azobenzène (AzBT) (Figure 1, [B]) sur cobalt. Dans les deux cas, la molécule possède une transition réversible entre deux isomères par éclairement UV ou visible. La caractérisation électrique a été réalisée par Conducting Atomic Force Microscope (C-AFM), à l'air et sous atmosphère d'azote au moyen d'un Icon AFM (Bruker) pour LSMO-DDA et sous ultra-vide avec un VT SPM (Scienta Omicron) pour Co-AzBT afin de prévenir l'oxydation de l'électrode. Ces travaux ont montré, pour LSMO, une commutation de résistance du substrat en l'absence de SAM, d'un ratio entre 2 et 1200 (Figure 1, [C]) due à une modification de stoechiométrie du LSMO [3, 4]. Dans le cas de Co-AzBT, un effet similaire est observé d'un ratio 50 pour les substrats non-fonctionnalisés (Figure 1, [D]). Ces effets sont fortement réduits lorsque la surface est fonctionnalisée par une SAM (Figure 1, [C, D]). Les variations de résistance en fonction de l'éclairement caractérisées par spectroscopie I-V sont de l'ordre de 2,5 à ce stade de nos travaux pour DDA et AzBT.

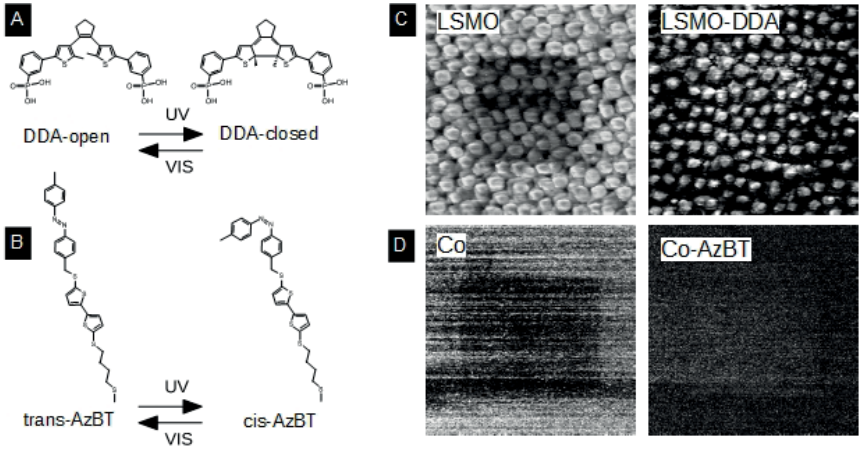


Figure 1 : Molécule de DDA [A] et de AzBT [B]. Image de courant en échelle logarithmique où un précédent scan a été réalisé au centre, sans (1,0×1,0 µm², F=30 nN, ΔV=0,1V, I de 1pA à 1nA) et avec SAM (1,0×1,0 µm², F=30 nN, ΔV=0,3V, I de 1pA à 1nA) pour LSMO-DDA [C], sans (1,5×1,5 µm², F=20 nN, ΔV=0,2V, I de 1nA à 10µA) et avec SAM pour Co-AzBT (1,5×1,5 µm², F=20 nN, ΔV=0,1V, I de 100pA à 100nA) [D].

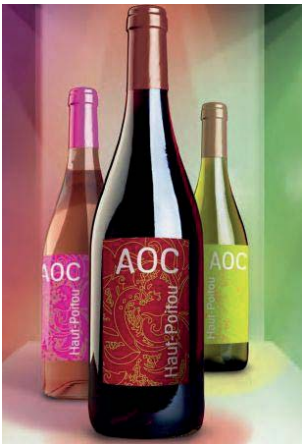
Références

[1] Tatay, S.; Galbiati, M.; Delprat, S.; Barraud, C.; Bouzehouane, K.; Collin, S.; Deranlot, C.; Jacquet, E.; Seneor, P.; Mattana, R.; Petroff, F. J.Phys.: Condens. Matter 2016, 28, 094010

[2] Ulman, K.; Narashiman, S.; Delin, A. The Journal of Chemical Physics 2014, 140, 044716

[3] Kelly, S.; Kim, Y.; Eliseev, E.; Morozovska, A.; Jesse, S.; Biegalski, M.; Mitchell, J.; Zheng, H.; Aarts, J.; Hwang, I.; Oh, S.; Choi, J.; Choi, T.; Park, B.; Kalinin, S.; Maksymovych, P. Nanotechnology 2014, 25, 475302

[4] Moreno, C.; Munuera, C.; Valencia, S.; Kronast, F.; Obradors, X.; Ocal,C. Nano Lett. 2010, 10, 3828



Haut-Poitou

Prospères au Moyen Âge, quand le Poitou se rattachait à l'Aquitaine, les vignobles du Haut-Poitou furent très étendus jusqu'à la fin du XIX e siècle. Ils se réduisent aujourd'hui à des enclaves entre herbages et cultures, au nord et à l'est de Poitiers. Leurs vins appartiennent à la famille du Val de Loire tout en montrant des influences bordelaises.

Les rouges sont généralement légers et frais, mais possèdent une bonne structure. Les rosés présentent un caractère assez proche. Les blancs sont vifs et bouquetés. Ce sont le plus souvent des vins à boire jeunes. AOVDQS depuis 1970, le haut-poitou est devenu AOC en 2011.

Session 4

Auto-Assemblage

Mardi 20 mars 14h00 – 15h20

Modérateur : Franck Palmino

Sylvain CLAIR

Chimie supramoléculaire en surface : auto-assemblages et couplages covalents

Natalia TUREK

High resolution imaging of molecular assemblies on a semiconductor surface by non-contact AFM at low temperature

Laurent NONY

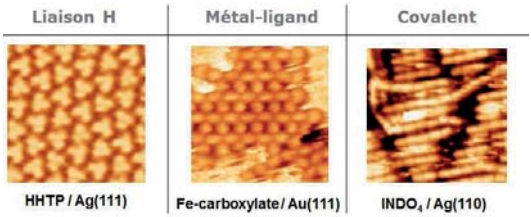
Spectroscopie de réflectivité différentielle et AFM non-contact sur des dérivés bis-pyrène déposés sur des halogénures alcalins : relation entre structure et propriétés optiques

Chimie supramoléculaire en surface : auto-assemblages et couplages covalents

Sylvain Clair

Aix Marseille Univ, Univ Toulon, CNRS, IM2NP, Marseille

Les auto-assemblages supramoléculaires en surface permettent de créer efficacement des nanostructures organiques avec un contrôle à l'échelle de l'atome. Par un design approprié de la forme et de la fonctionnalisation de molécules briques de base, une grande variété de réseaux peuvent être créés en mettant à profit des interactions intermoléculaires spécifiques telles que la liaison hydrogène ou la liaison métal-ligand [1]. La forte réactivité de substrats métalliques peut provoquer une modification chimique des molécules adsorbées (déshydrogénation, déshalogénation) [2] et éventuellement conduire à la formation de liens covalents entre les précurseurs. De véritables polymères de surface sont ainsi réalisés, avec des modes de croissance particuliers en raison de la force de la liaison covalente [3]. Cette nouvelle approche dite de « synthèse sur surface » donne accès à des chemins réactionnels originaux et permet la formation de nouveaux composés chimiques [4]. La microscopie de champ proche offre ici un apport décisif pour la caractérisation locale de la diversité de structures créées, mais il est souvent nécessaire de la coupler à des mesures spectroscopiques pour obtenir une signature chimique non ambiguë [5].



Références

[1] Barth, J.V. *Annu. Rev. Phys. Chem.***2010**, *58*, 375
[2] Giovanelli L, et al. *J. Phys. Chem. C* **2014**, *118*, 14899
[3] Clair, S. et al. *Chem. Commun*. **2014**, *50*, 9627
[4] Kalashnyk N, et al. *soumis* **2018**
[5] Kalashnyk N, et al. *Nat. Commun*. **2017**, *8*:14735

High resolution imaging of molecular assemblies on a semiconductor surface by non-contact AFM at low temperature

Natalia Turek[a], Sylvie Godey[a], Dominique Deresmes[a], Thierry Mélin[a], Judicael Jeannoutot[b], Younes Makoudi[b], Frank Palmino[b], Frédéric Cherioux[b]

[a] *Institut d'Electronique, Microélectronique et Nanotechnologie (IEMN), IEMN-CNRS UMR 8520, Av. Henri Poincaré, CS 60069, F-59652 Villeneuve d'Ascq, France*

[b] *Institut FEMTO-ST, CNRS, Université Bourgogne Franche-Comté, 15B Avenue des Montboucons, 25030 Besançon cedex*

In this work, we study by non-contact AFM (nc-AFM) the formation of molecular self-assemblies on the passivated surface of boron doped silicon B-Si(111)-(√3x√3)R30° under ultra-high vacuum at low temperature. The investigated molecule is 1-(4'cyanophenyl)-2,5-bis(decyloxy)-4-(4'-iodophenyl)benzene, which possess two aliphatic chains attached to a triphenyl core ended with two different terminations (either iodine or cyano group). The use of a passivated semiconductor enables creating regular and extended structures without significant change in electronic properties of molecules [1, 2].

We perform both scanning tunneling microscopy and nc-AFM imaging using a low-temperature (4K) AFM/STM (JT AFM/STM, SPECS) using high stiffness sensors (Kolibri sensor, k=540kN/m, f0=1MHz). AFM measurements are carried out in constant "height mode" in which the topography feedback loop is opened and the scanning is achieved while scanning the sensor parallel to the surface plane, and the recorded signal consist in the sensor frequency shift.

The growth of periodic molecular network is observed, formed by parallel lines made by molecule aromatic cores and interdigitated aliphatic chains placed between adjacent rows (Fig.1). In the constant height Δf images we notice submolecular features, obtained without intentional tip functionalization [3], but only by conditioning the tip on the silicon surface. We will discuss the high resolution AFM imaging accompanied by the signal in dissipation channel, as well as the conformation of the molecules in the observed assemblies.

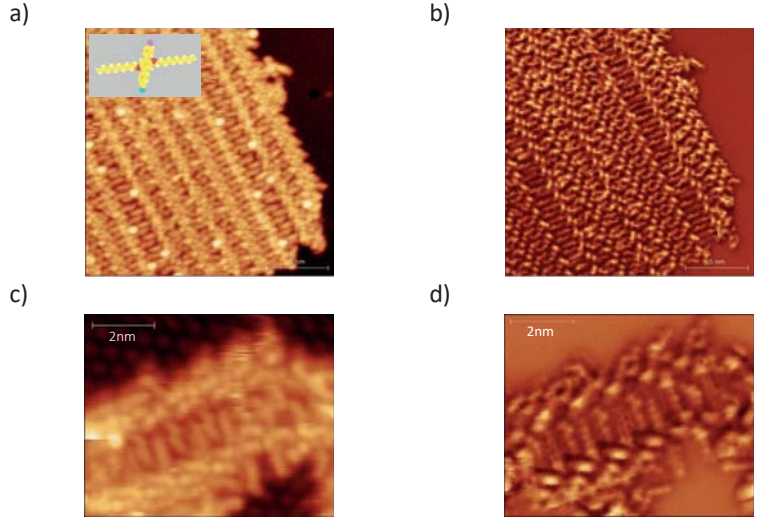


Fig.1 a) STM image of a molecular assembly, Vs=-1.8V, It=5pA, model of the molecule in the inset of the image, b) constant height Δf non-contact AFM image of the same zone (20x20nm2); c) STM of a small organized domain taken at Vs=-1.9V, It=5pA d) corresponding nc-AFM Δf image revealing submolecular contrast (6.5x8nm2). All images done with tip oscillation A=50pm

References:

[1] Makoudi Y,Beyer M, Lamare S, Jeannoutot J, Palmino F, Chérioux F, Nanoscale **2016,** *8*, 12347

[2] Makoudi Y, Jeannoutot J, Palmino F, Chérioux F, Copie G, Krzeminski C, Cleri F, Grandidier B, Surf Sci Rep. **2016**, *72*, 316

[3] Sweetman A, Jarvis S, Rahe P, Champness N, Kantorovich L, Phys. Rev. B **2014**, *90*, 165425

Spectroscopie de réflectivité différentielle et AFM non-contact sur des dérivés bis-pyrène déposés sur des halogénures alcalins: relation entre structure et propriétés optiques

Franck Bocquet[1], **Laurent Nony**[1], Franck Para[1], Philipda Luangprasert[1], Christian Loppacher[1]
Thomas Leoni[2], Anthony Thomas[2], Alain Ranguis[2], Anthony d'Aléo[2], Frédéric Fagès[2], Conrad Becker[2]

1- *Aix-Marseille Université, CNRS, IM2NP UMR 7334, 13397, Marseille, France*
2- *Aix-Marseille Université, CNRS, CINaM UMR 7325, 13288 Marseille, France*

Nous présentons une analyse combinée de mesures de spectroscopie de réflectivité différentielle (DRS) [1] et d'AFM non-contact (nc-AFM) sur des composés bis-pyrène (1,4-di-n-octyloxy-2,5-bis(pyren-1-ylethenyl)benzene, cf. fig.1a) déposés sous ultra-vide dans divers régimes d'épaisseur, de la sous-monocouche (ML) jusqu'à 5 ML, sur des substrats halogénures alcalins, KCl(001) et NaCl(001).

Les molécules étudiées ici sont des chromophores impliqués dans des dispositifs de l'opto-électronique organique [2], absorbant autour de 450 nm (cf. fig.1b) avec un dipôle de transition orienté le long du grand axe de la molécule. L'analyse nc-AFM montre que dans le régime ML, les molécules forment sur KCl un assemblage supramoléculaire au sein duquel les molécules sont adsorbées à plat (phase α, cf. fig.1c, d). Les couches suivantes croissent en mode couche par couche, mais avec des molécules adsorbées verticalement (phase β, cf. fig.1e, f). Sur NaCl, seuls des domaines β sont visibles, qui croissent sous formes d'ilôts (Volmer Weber). Les modes de croissance très différents des molécules sur les deux substrats donnant lieu à des signatures optiques distinctes, nous avions précédemment montré comment il était qualitativement possible de mettre en relation les données structurales et les données DRS, représentatives de l'absorption optique des molécules [3].

Nous détaillerons dans cet exposé une analyse plus complète de ces données qui explique comment la redistribution de l'intensité du signal d'absorption dans les spectres DRS de 1ML à 5ML porte, outre l'information du mode de croissance et de la fonction diélectriques des couches organiques adsorbées, également celle du motif moléculaire à l'origine de l'absorption en relation avec l'orientation du moment de dipôle de transition des molécules dans les phases α et β. Nos données, obtenues dans les premiers stades de croissance du solide moléculaire de bis-pyrène sont très compatibles avec le comportement de type H-agrégat des molécules dans certains solvants comme l'acétonitrile [4].

La complémentarité des techniques de caractérisation (structure/absorption optique) montre toute la pertinence de l'approche.

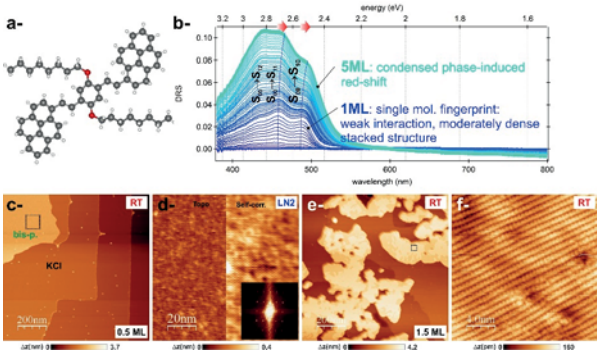


Figure1: *a-Molécule de bis-pyrene. b-Spectres DRS sur KCl(001) de 0 à 5ML. c-Image nc-AFM de 0.5ML sur KCl(001). d-Zoom sur le domaine moléculaire visible en c. Les molécules s'adsorbent à plat pour former une phase supramoléculaire identifiée dans l'image auto-corrélée de topographie (phase α). e-Image nc-AFM de 1.5ML sur KCl(001). Les molécules de seconde couche croissent verticalement (hauteur apparente : 2.2nm, phase β). f-Image nc-AFM haute résolution sur une phase β.*

Références

[1]- R. Forker, M. Gruenewald, and T. Fritz, Annu. Rep. Prog. Chem., Sect. C: Phys. Chem. **108**,3468 (2012)
[2]- T.M. Figueira-Duarte, K. Müllen, *Chem. Rev.* **111** (11), 7260–7314 (2011)
[3]- P.Luangprasert *et al.,* Affiche au Forum des microscopies, Montpellier, 2017
[4]- F. Bocquet *et al.*, Phys. Rev. B, submitted.

La bataille de Poitiers, par Charles de STEUBEN, Huile sur toile, Château de Versailles, 1837.

732

La bataille de Poitiers ou bataille de Tours pour les Anglo-Saxons, appelée dans des sources arabes « bataille du Pavé des Martyrs » (arabe : ءادهشلا طالب ةكرعم) a lieu entre, d'une part, les Francs et les Burgondes dirigés par Charles Martel alliés aux Vascons dirigés par Eudes, et d'autre part une armée omeyyade menée par Abd al-Rahman, gouverneur général d'al-Andalus. Elle s'est déroulée entre les villes de Poitiers et Tours, au nord de l'Aquitaine, près du village de Vouneuil-sur-Vienne. L'emplacement de la bataille était alors proche de la frontière entre le Royaume franc et celui d'Aquitaine, alors indépendant.

Les Francs furent victorieux. Abd al-Rahman a été tué, et Charles a étendu son autorité dans le sud. Les détails de la bataille, y compris son emplacement exact et le nombre de combattants, ne peuvent être déterminés à partir des comptes qui ont survécu. Remarquablement, les troupes franques ont remporté la bataille sans cavalerie.

Session 5

Nano Manipulation

Mardi 20 mars 16h00 – 17h00

Modérateur : Xavier Bouju

Rémy PAWLAK

Retour sur la première course international de molécules-voitures: dans le rétroviseur de l'équipe suisse

Franck PARA

Fibres organiques covalentes de longueur micrométrique par polymérisation radicalaire UV-induite sur une surface d'halogénure alcalin

Mohanad ALCHAAR

Contrôle de la charge électrique de nano-îlots d'or sur isolant par émission de champ en NC-AFM

Retour sur la première course international de molécules-voitures: dans le rétroviseur de l'équipe suisse.

Rémy Pawlak[1], Tobias Meier[1], Catherine Housecroft[2], Edwin C. Constable[2], Ernst Meyer[1]

[1] *University of Basel, Department of Physics, Klingelbergstr. 82, 4056 Basel (Switzerland)*
[2] *Department of Chemistry, University of Basel, Spitalstrasse 51, 4056 Basel, Switzerland*

Fin avril avait lieu la toute première course de machines moléculaires organisée par le CNRS grâce au microscopie à effet tunnel (STM) quatre pointes et basse température (4K) du CEMES (Toulouse). Les candidats de la course avaient pour consigne de propulser le long d'un parcours pré-défini et approuvé par un juge-arbitre (Figure 1) une molécule individuelle uniquement par excitations électroniques. Notre équipe, représentant la Suisse (Université de Bâle), a franchi première sur les cinq candidats la ligne d'arrivée de la piste d'or après 6h30 de compétition [1]. Dans cette présentation, nous discuterons les caractéristiques techniques de notre véhicule, le Swii Nano-Dragster, que nous avons conçu et testé en amont pour réduire les forces de frottements entre la molécule et la surface. Forts de notre expérience, nous reviendrons également sur les difficultés de l'épreuve en elle-même ainsi que sur les nombreux aléas durant la compétition. Une seconde édition de la "NanocarRace" est en préparation. Chauffez vos pointes STM!

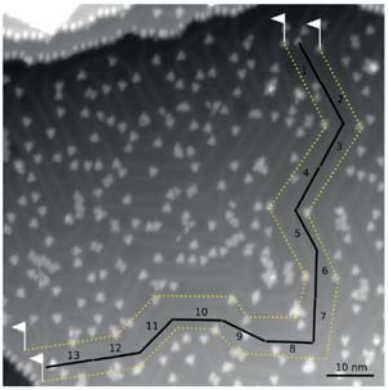


Figure 1 : La piste d'or sur laquelle l'équipe suisse a concouru durant la première course internationale de molécules-voitures. Composée de 13 segments de 10 nm, huit virages pour une longueur totale de plus de 130 nm, quatre véhicules ont été utilisés pour compléter le parcours en 6h30.

Références

[1] *L'équipe mixte américano-autrichienne est arrivée avant (1h30) mais elle ne se déplaçait pas sur la même surface (de l'argent, alors que les autres étaient sur de l'or).Les juges de la course ont attribué une victoire ex-æquo.*
[2] R. Pawlak, S. Kawai, T. Meier, Th. Glatzel, A. Baratoff, E. Meyer. Single-molecule manipulation experiments to explore friction and adhesion. *J. Phys. D : App. Phys.* **2017,** *50,* 113003.
[3] Pawlak, R. *et al.* Design and characterization of an electrically powered single molecule on gold. *ACS Nano* **2017,** *11,* 9930.
[4] Pawlak, R., Meier, T. Fast and curious. *Nat. Nanotechnol.* **2017,** *12,*712.

Fibres organiques covalentes de longueur micrométrique par polymérisation radicalaire UV-induite sur une surface d'halogénure alcalin

Franck PARA[1], Franck BOCQUET[1], Laurent NONY[1] and Christian LOPPACHER[1]
Michel FERON[2] and Frédéric CHERIOUX[2]
David Z. GAO[3], Filippo Federici CANOVA[3] and Matthew B. WATKINS[4].

[1] Aix-Marseille Université, CNRS, IM2NP UMR 7334, 13397 Marseille, France;
[2] Institut FEMTO-ST, Univ. Bourgogne Franche-Comté, CNRS, 15B avenue des Montboucons, F-25030 Besançon, France
[3] Nanolayers Research Computing LTD, 15 Southgrove Road, Sheffield, UK, S10 2NP;
[4] School of Mathematics and Physics, University of Lincoln, UK.

Nous présentons un nouveau mode de fabrication de fibres polymères obtenues par polymérisation radicalaire sur surface à partir de molécules de type dimaleimides (cf. fig.1-a) [1]. Les tectons moléculaires sont évaporés sous ultra-vide sur des mono-cristaux d'halogénures alcalins tels que KCl (001), NaCl (001) et KBr (001). Nous discutons des résultats de la surface ayant conduit aux meilleurs résultats soit KCl(001). Les dépôts ont été imagés par microscopie à force atomique en mode non-contact à température ambiante, ainsi que les opérations de manipulations des nano-objets par la pointe. Les résultats montrent que le dépôt des molécules conduit à la formation de fibres dont la longueur peut atteindre plus de 1µm de long (cf.fig.1-b).

Le nombre de fibres augmente lorsque l'échantillon est éclairé par une LED UV - excitation à 266nm (cf.fig.1-d)..L'approche est novatrice à trois titres : d'abord la croissance se fait par polymérisation radicalaire en chaîne et non pas par étapes. Ensuite, la polymérisation est initiée à partir d'une phase moléculaire gazeuse bidimensionnelle et non pas déjà auto-assemblée. Enfin les cations du substrat favorisent l'adsorption des molécules en configuration optimale pour faciliter la polymérisation radicalaire et voir ainsi la propagation de la fibre polymérique sans défaut le long des directions <110> du substrat (cf.fig.1-c).

Nous discutons des différents mécanismes d'initiation de la réaction du polymère, qui peuvent être spontanés en surface (cf. fig. 1-b) ou catalysés par illumination UV (cf. fig.1-d), à température ambiante. Ceux-ci sont très probablement assistés par l'interaction électrostatique molécule-substrat ainsi que par la conformation d'adsorption de la molécule sur le substrat lui-même. Une fois initiée, la polymérisation se développe facilement sous forme de fibres et n'est stoppée que par des défauts sur la surface ou par l'épuisement des molécules précurseurs.

L'interprétation des données expérimentales est complétée par des calculs issus de la théorie de la fonctionnelle densité (DFT) : type de propagation, structure et stabilité des fibres.

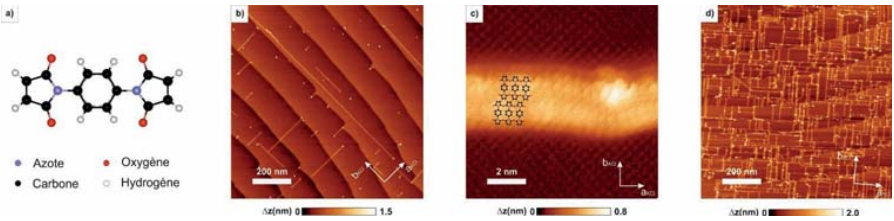


Figure 1 : *a) Molécule de dimaleimide ; b) Image nc-AFM avec un fil de dimaleimide de 1µm de long obtenu sans UV (l'image est tourné de 45° par rapport aux autres images); c) Image à haute résolution montrant à la fois la constante du réseau du substrat ainsi que l'agencement de la fibre polymère (modèle de six molécules superposées). d) Image nc-AFM avec des fibres polymères de dimaleimides obtenues par polymérisation UV.*

Références

[1] Para, F. ; Bocquet, F. ; Nony, L. ; Loppacher, Ch. ; et al. ; *Nature Chemistry* (**manuscrit soumis en 2017**).

Contrôle de la charge électrique de nano-îlots d'or sur isolant par émission de champ en NC-AFM

Bulent BARIS[1], **Mohanad ALCHAAR[1,2*]**, Janak PRASAD[1], Sébastien GAUTHIER[1], Erik DUJARDIN[1] et David MARTROU[1]

[1]*Centre d'élaboration de matériaux et d'étude structurales, CEMES-CNRS, Groupe Nanosciences, 29 rue Jeanne Marvig, F-31055 Toulouse, France*

[2]*Université de Toulouse III, UPS, 118 Route de Narbone, F-31062 Toulouse, France*

Des îlots métalliques 2D déposés sur un substrat isolant peuvent être utilisés comme réservoirs d'électrons pour créer un contact électrique avec une molécule ou un nanoruban de graphène. La difficulté consiste à stabiliser la charge dans un nanocristal métallique pendant un temps suffisament long pour pouvoir effectuer diverses manipulations. Nous présentons ici les résultats sur le contrôle de la charge de nano-îlots d'or déposés sur un substrat isolant de SiO_2. La technique utilisée pour imager les nano-plaquettes d'Au/SiO_2 est la microscopie à force atomique en mode non contact (NC-AFM) fonctionnnant sous ultra vide (UHV) [1] et couplée à la sonde de Kelvin (KPFM), permettant la caractérisation de la charge (voir figure 1) [2,3]. Nos résultats montrent que la charge de ces îlots métalliques se fait par émission de champ à partir de la pointe AFM, et qu'elle peut être contrôlée avec précision en réalisant des courbes de spectroscopie Δf(V). La procédure de charge fonctionne pour les deux types de polarités, les électrons pouvant être émis de la pointe vers l'îlot ou inversement. Le modèle analytique et les simulations numériques montrent que l'augmentation du potentiel durant la charge de l'îlot conduit à un courant de charge et à un champ électrique constant entre la pointe et l'îlot, ce qui donne lieu à un plateau en Δf au délà d'une tension seuil, visible sur la courbe noire/verte de la figure 1(g) [4]. Nos mesures suggèrent que cette méthode peut être utilisée pour définir le potentiel de l'ilôt avec une précision de l'ordre de 10 mV, correspondant au transfert d'un électron. La modification du potentiel électrostatique ouvre la voie à des expériences originales, telles que l'étude du transfert de charges à travers un fil moléculaire reliant deux réservoirs de potentiels différents ou l'exploration local des mécanismes de fuite de charge à travers une couche isolante.

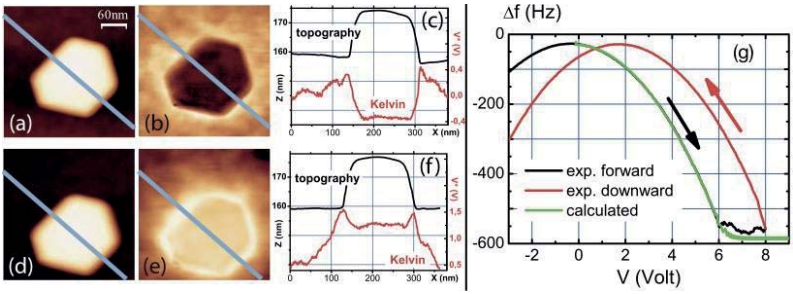


Figure 1 : Image de la topographie et du potentiel Kelvin pour un nano-îlot d'or sur SiO_2 avant (a,b) et après (d,e) la charge. Les profils avant (c) et après (f) la charge. (g) Spectroscopies Δf (V) mesurées sur l'îlot montrant l'injection d'électrons (Δf = -7Hz, Δz = 2nm). La courbe noire (aller) est enregistrée avant la rouge (retour). La courbe verte est le résultat d'une simulation numérique à l'aide d'un AFM virtuel.

Références

[1] F. J. Giessibl, Rev. Mod. Phys. **75**, 949 (**2003**).
[2] M. Nonnenmacher, M. P. O'Boyle, and H. K. Wickramasinghe, Appl. Phys. Lett. **58**, 2921 (**1991**).
[3] Shin'ichi Kitamura and Masashi Iwatsuki, Appl. Phys. Lett. **72**, 3154 (**1998**).
[4] B. Baris *et al.*, submitted to Appl. Phys. Lett. (**2018**)

* *mohanad.alchaar@cemes.fr*

Mines d'argent des rois Francs

Durant le haut Moyen Âge, Melle fut un centre actif de monnayage, grâce à d'importantes mines d'argent situées sous la ville et aux alentours. Celles-ci ont été exploitées de 602 jusqu'à au moins 995. Le minerai extrait était de la galène : du plomb contenant de l'argent. Le plomb servit tout d'abord à payer un tribut aux rois francs : sous Dagobert Ier, huit mille livres en étaient envoyées tous les ans à Paris où il servit à la couverture de la basilique Saint-Denis.

Le monnayage fut actif de 768 à 1189. L'atelier monétaire faisait notamment partie des dix ateliers autorisés à maintenir leur activité grâce à un édit de Charles le Chauve de 864. Il était le seul légal pour la grande Aquitaine. Deux types de monnaies étaient frappées : l'obole et le denier.

Session B

Exposants 2

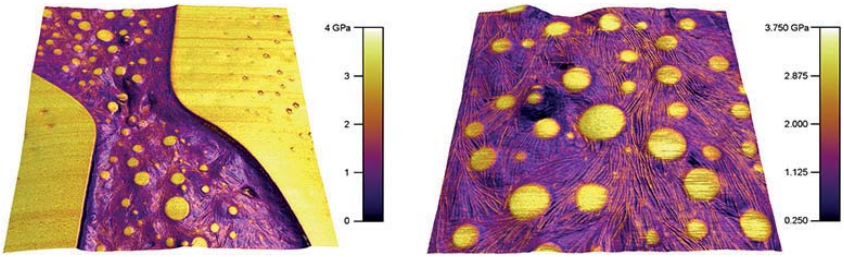
Mardi 20 mars 17h00 – 17h30

Modérateur : Renaud Bachelot

ASYLUM RESEARCH
JPK
AXESS TECH
HORIBA
SCIENTA OMICRON
DIGITALSURF
VMICRO

ASYLUM RESEARCH
an **Oxford Instruments** company

About Asylum Research, an Oxford Instruments company :
Asylum Research is the technology leader in atomic force probe microscopy (AFM) for both materials and bioscience applications. Founded in 1999, we are dedicated to innovative instrumentation for nanoscience and nanotechnology, with over 300 years combined AFM/SPM experience among our staff. Asylum's MFP-3D family of AFMs as well as the highest resolution fast scanning AFM, the Cypher, are used for a variety of nanoscience applications in material science, physics, data storage and semiconductors, polymers, chemistry, biomaterials, and bioscience, including single molecule mechanical experiments on DNA, protein unfolding and polymer elasticity, as well as force measurements for biomaterials, chemical sensing, polymers, colloidal forces, adhesion, and more.



AM-FM modulus mapping on PS-PCL polymer blend using blueDrive photothermal excitation

AM-FM Viscoelastic Modulus Mapping of a polystyrene (PS) / polycaprolactone (PCL) polymer thin film on mica. Image was taken using blueDrive photothermal excitation on a Cypher S AFM at 2Hz. Scan sizes are 5µm (left) and 2µm (right).

Powerful Optical Tweezers & AFM Combination: NanoTracker & NanoWizard

OT-AFM COMBI SYSTEM

Measure forces in 2D and 3D, from 500 fN to 10 nN

Imaging, positioning, and manipulation experiments from single molecules to living cells

Fully flexible and modular design, with the widest range of modes/accessories

Comprehensive integration with optical microscopy techniques

JPK Instruments

Nanotechnology for Life Science

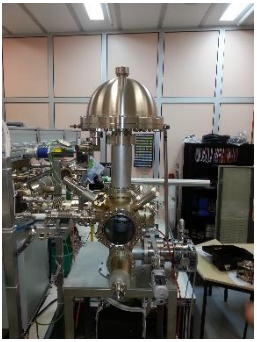
Visit our web site: www.jpk.com

Follow us on Facebook, Youtube and Linkedin.

017-0249_Anzeige_OT-AFM_DIN_A4_RZ_ohne_stoerer.indd 1 29.10.2017 20:01:24

AxessTech a deux activités :

1) **conception et réalisation** de systèmes UHV sur mesures autour de trois expertises :



-**chaudronnerie** (un chaudronnier-soudeur avec un atelier dédié)

-**montage mécanique** (un monteur-testeur avec un atelier équipé des équipements pour les tests de vide)

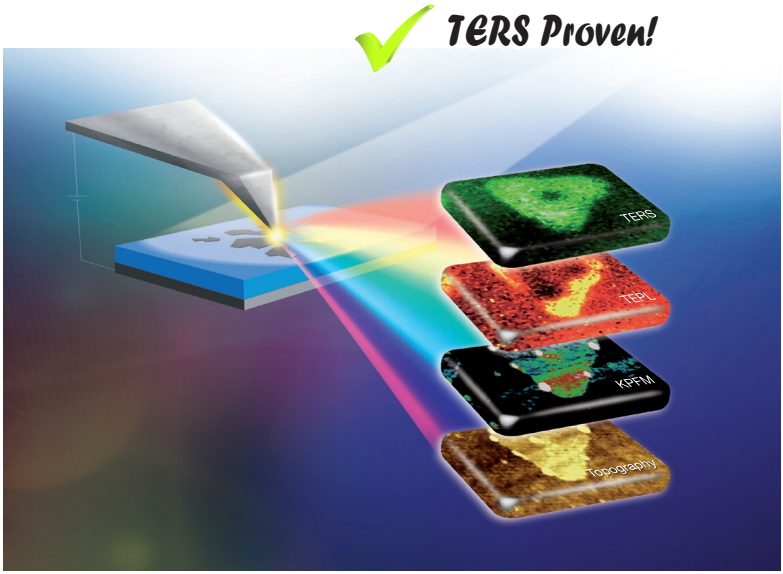
-**conception CAO** (un technicien et un ingénieur en bureau d'étude).

2) **distribution** d'instruments de dépôts et d'analyse de surfaces sous UHV (Focus GmbH, Sigma Surface Science-Mantis GmbH).

HORIBA Scientific

JOBIN YVON Technology

NanoRaman™: Quand la Microscopie à Force Atomique intègre la Spectroscopie Optique



- Plateforme d'analyse multi-techniques du macro au nanoscopique
- AFM robuste, stable, à résolution ultime
- Spectroscopie Raman confocale
- Facile d'utilisation, résultats rapides

www.horiba.com/nanoraman
info-sci.fr@horiba.com

Suivez-nous

Scienta Omicron is the market leader in high value UHV equipment. The company provides top capabilities for the research community through its technology leadership in electron spectroscopy, scanning probe microscopy and thin film deposition. These capabilities are available in custom tailored solutions from one source with worldwide sales and service groups.

Customer success
Scienta Omicron provides high service levels. Our aim is to be a partner for customer success in research and analysis. Our knowledge and experience are vast. We offer support for more than 30 different experimental techniques, and for each one you will find a number of specialists who can support project planning, assessment of technique suitability, system design, equipment training, applications support and system upgrades.

Solution leadership
Scienta Omicron offers a wide range of standard modular solutions and continuous access to new technologies through significant investments in R&D. Along with our standard offerings; Scienta Omicron also maintains the unique flexibility, expertise and infrastructure to develop completely new concepts to meet any customer's possible special requirement.

Execution
Scienta Omicron is committed to an exciting and successful future in the field of world-leading surface science. There is an ongoing effort in place to improving operations and realizing synergies.The main operations are based in Uppsala, Sweden and Taunusstein, Germany, with sales and service representation in all major markets around the globe.

Company history
Scienta Omicron was formed by the merger of two of the most renowned companies in the field of Surface Science: VG Scienta and Omicron NanoTechnology.VG Scienta has a long tradition of building high performance electron spectrometers. The company's history in electron spectroscopy is based on a close affiliation with the Nobel prize-winning achievements at Uppsala University, and dates back to the early 1980s and the first available systems on the market. Omicron NanoTechnology has been the world's leading supplier of analytical instrumentation solutions in nanotechnology research and development for decades. We have created innovative instrumentation with state-of-the-art performance and combined analytical tools into sophisticated multi-technique analytical systems. This is the foundation of the "multi-technique" philosophy.

Mountains 7 SPIP

Solutions logicielles

pour l'imagerie et l'analyse de vos données en microscopie

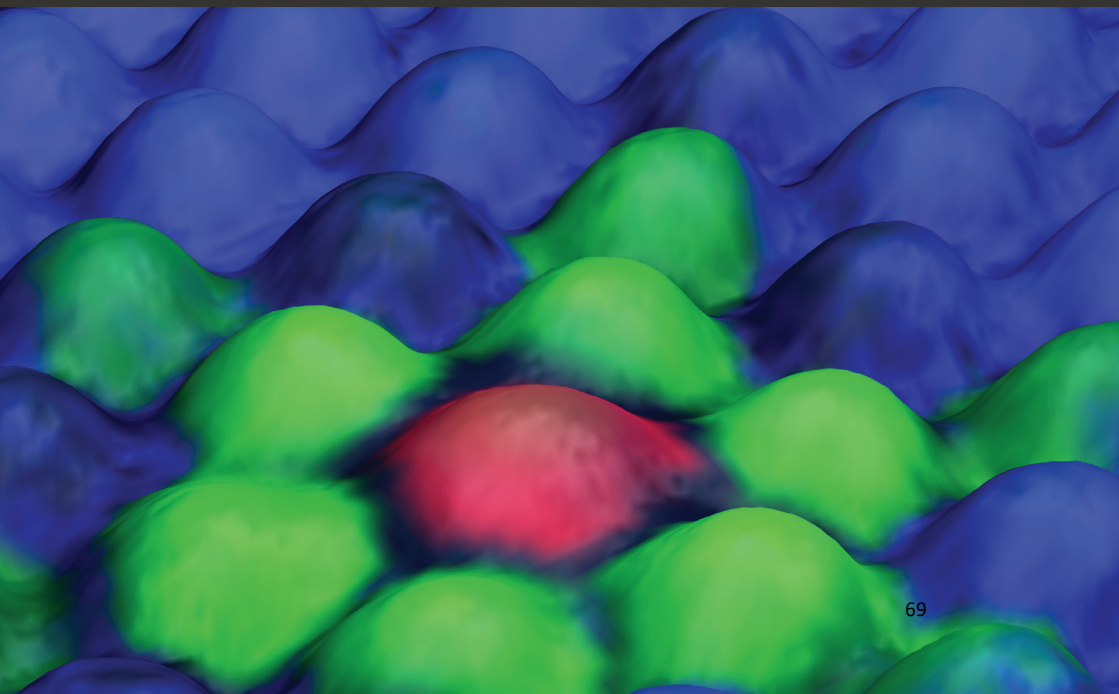
Études corrélatives

Analyse des courbes de force

Analyse des grains et particules

Toutes les fonctionnalités :

www.digitalsurf.com / www.imagemet.com



Vmicro
MEMS & Microfabrication

SCANNING PROBES

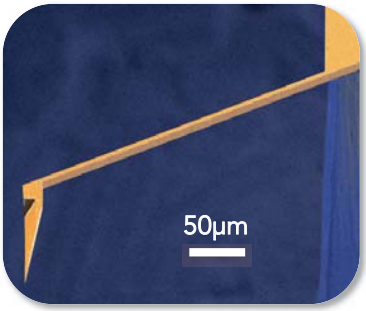
Vprobes

New SOI MEMS technology

- Vertical probes
- Integrated piezo-resistive transducers
- Clean resonance peak
- Resonant frequencies from 150kHz to 4MHz
- Vibration amplitudes from 10pm to 500nm
- Long tip >100µm

Applications

- Custom made instrumentation
- UHV/Cryogenic compatible
- SEM+AFM set up



Lprobes

High aspect ratio – Ultra long tip

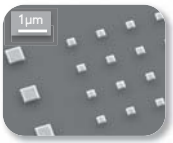
- Batch processed with high reproducibility
- Monolithic single crystal silicon tip
- Resonant frequencies from 40kHz to 700kHz
- All tip angles < 20°
- Real tip visibility

Applications

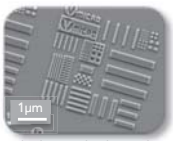
- High aspect ratio sample
- Bio-sample
- Scattering SNOM

On-demand nano-fabricated samples

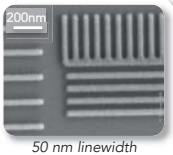
High resolution e-beam lithography
Multiple configurations: nanoholes, nanodots, connected nano-electrodes



Isolated metal dots



High density high resolution inorganic resist pattern



50 nm linewidth features

Crédit Photo : Rob Shenk

L'Hermione

Dans la mythologie grecque, Hermione est la fille de Ménélas et d'Hélène. Cette dernière étant elle-même fille d'Océan. Hermione serait donc la petite fille d'Océan.

Construite à l'arsenal de Rochefort en 1779, la frégate Hermione est célèbre pour avoir conduit le marquis de La Fayette aux Etats Unis en 1780 pour rejoindre les insurgés américains dans leur quête d'indépendance. Elle participe aux combats et reçoit le Congrès américain à son bord. A partir de 1783 et jusqu'à 1793, date de son naufrage, elle sert d'escorte aux navires marchands, missions pour lesquelles elle naviguera jusqu'en Inde.

Une frégate est un navire à trois mâts et un seul pont de batterie. L'Hermione est une frégate de 12, c'est-à-dire qu'elle est armée de 26 canons de 12 livres (6kg) et de 6 canons de 6 livres (3kg). C'est un navire spécifique du XVIIIème, de dimensions modestes par rapport aux forteresses flottantes qu'étaient les vaisseaux de 80 ou 100 canons.

Une réplique de l'Hermione fut construite à Rochefort à partir de 1997 et lancée le 7 septembre 2014. Depuis ce jour, elle parcourt les océans, souvenir vivant de l'histoire maritime française et d'un homme, La Fayette, symbole du soutien français aux insurgés américains.

Session 6

Optique

Mercredi 21 mars 9h00 – 10h00

Modérateur : Samuel Grésillon

Mathieu MIVELLE

Exploring the magnetic and electric side of light through plasmonic cavities

Nicolas POCHOLLE

Ultrasound acoustic microscopy and IR spectroscopy platform for biological applications

Renaud BACHELOT

Nanoscale switching of near-infrared hot spots in plasmonic oligomers probed by two-photon absorption in photopolymers and atomic force microscopy

Exploring the magnetic and electric side of light through plasmonic cavities

Cyrine Ernandes [1, 2], Hung-ju Lin[2], Michel Mortier[3], Patrick Gredin[3], Maria F Garcia-Parajo[4,5], Mathieu Mivelle [1]and Lionel Aigouy [2].

[1]*Université Pierre et Marie Curie, CNRS, Institut des NanoSciences de Paris, UMR 7588, 75005 Paris, France*
[2]*Laboratoire de Physique et d'Etude des Matériaux, ESPCI Paristech, CNRS, 75005 Paris, France*
[3]*Institut de Recherche de Chimie Paris, IRCP, NSCP Chimie ParisTech, 75005 Paris, France.*
[4]*Institut de Ciencies Fotoniques (ICFO), The Barcelona Institute of Science and Technology, Barcelona, Spain*
[5]*ICREA, Pg. Lluís Companys 23, 08010 Barcelona, Spain*

Over the past few years, the advances in the field of nanophotonic have allowed the development of optical nanostructures to manipulate the emission of fluorescent nanoemitters [1]. However, these interactions have been so far considered to be mediated only by the optical electric field, discarding the magnetic side of the light. In fact, most of the past studies involving single emitters have been studying the modification of the excitation or emission properties of electric dipole transitions solely [2]. Nevertheless, it was recently demonstrated that magnetic dipole could also be found in a certain class of emitters, as in lanthanide ions. Moreover, it was shown that by manipulating the magnetic local density of states sensed by those ions, the fluorescent emission of the magnetic dipolar transitions could be enhanced or decreased with respect to their electric counterpart [3]. In here, we demonstrate experimentally, in perfect agreement with numerical simulations, the manipulation of magnetic and electric dipolar transitions by means of plasmonic cavities. Using a near-field scanning optical microscope (NSOM), we bring in close proximity to plasmonic cavities made of aluminum, a nanoparticle doped with trivalent europium (figure 1a), allowing perfect control over the interactions between the emitter and the nanostructures. In this study, we show an increase, as well as a decrease, of the electric and magnetic signal from the emitter (figure 1b), according to the particle position inside the cavities. Furthermore, by scanning the particle over the nanostructures, we also retrieve the spatial distribution of both the electric and magnetic radiative local density of state at the surface of the cavities (figure 1c). We believe that this work paves the way to a profound understanding of 'magnetic light' and matter interactions and in particular toward the design of nanostructures to boost these interactions.

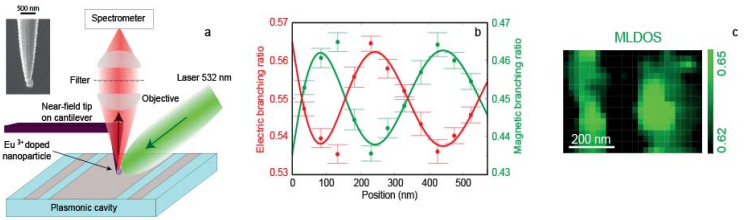


Figure 1: (a) Illustration of the experimental setup. (b) Experimental branching ratio associated with electric (red) and magnetic transitions (green) of the Eu^{3+} according to its position inside the cavity. (c) 2D experimental maps of the Magnetic radiative LDOS in the cavity plane.

Références

[1] P. Anger, P. Bharadwaj, L. Novotny. *Physical Review Letters* ***2006****, vol.96,*1130002*.*
[2] S. Kühn, U. Håkanson, L. Rogobete, V. Sandoghdar, *Physical Review Letters* ***2006****, vol. 97*, 017402.
[3] L. Aigouy, A. Cazé, P. Gredin, M. Mortier,R. Carminati. *Physical Review Letters* ***2014****, vol.113,* 076101.

Ultrasound acoustic microscopy and IR spectroscopy platform for biological applications

N. Pocholle[1], M.J. Virolle[2], E. Aybeke[3], A. Deniset-Besseau[3], A. Dazzi[3], E. Bourillot[1], E. Lesniewska[1]

1 ICB UMR CNRS 6303, University of Bourgogne, Dijon, France
2 Institute I2BC UMR 9198, Univ. Paris-Sud, Orsay, France.
3 Laboratory of Chemistry Physic, Univ. Paris-Sud, Orsay, France

We have developed a new AFM-based platform combining IR spectroscopy and acoustic [1-2] to detect and characterize lipidic vesicles present in the cytoplasm of various micro-organisms. We started with the bacteria Streptomyces that is able to store excess of carbon as TriAcylGlycerols (TAGs) in lipid vesicles. TAG are a ready-to-use source of bio-diesel, chemically and structurally identical to those found in commercial fuels. To illustrate the potential of these techniques, we will present the detection and size distribution (accuracy under 10 nm) of triglycerides vesicles in Streptomyces using high-resolution infrared microscopy AFM-IR [3] as well as acoustic wave in ultrasound mode UA-AFM [4]. Our results indicate that the coupling of these techniques constitutes a great advantage to fully characterize chemical, topographical and volumetric parameters of a biological sample. We will present a 3D reconstruction of bacteria or yeast cells, showing the in-depth vesicles distribution. Similar analysis will be carried out with oleaginous (Yarrovia lipolytica) and non-oleaginous yeasts (Saccharomyces cerevisiae yeasts) as well as with Listeria in order to demonstrate the great potential of acoustic and microwave microscopy.

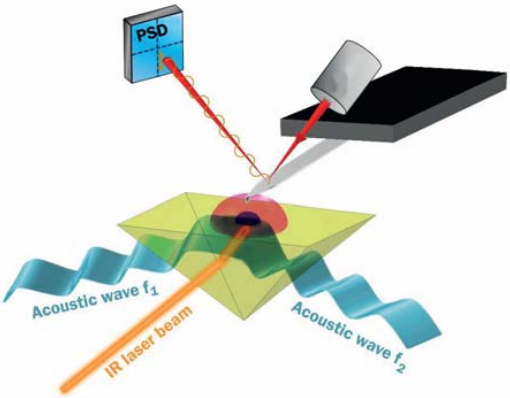


Figure 1 : UA-AFM-IR platform

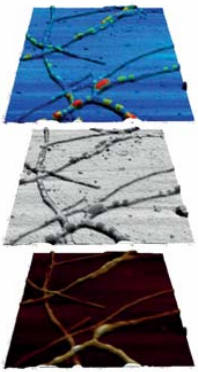


Figure 2 : From top to bottom: AFM-IR at 1740 cm-1,UA-AFM at 640kHz, and AFM image (Range 10 µm)

Références :

[1] Vitry et al., *Nano Research* **2016**, *9(6)*, 1674
[2] Vitry et al., *Nano Research* **2015**, *8(7)*, 2199
[3] Vitry et al., *Applied Physics Letters* **2014**, *105(5)*, 053110
[4] Dazzi et al., *Applied spectroscopy* **2012**, *66(12)*, 1365
[5] Tetard et al., *Nature nanotechnology* **2008**, *3(8)*, 501

Nanoscale switching of near-infrared hot spots in plasmonic oligomers probed by two-photon absorption in photopolymers and atomic force microscopy

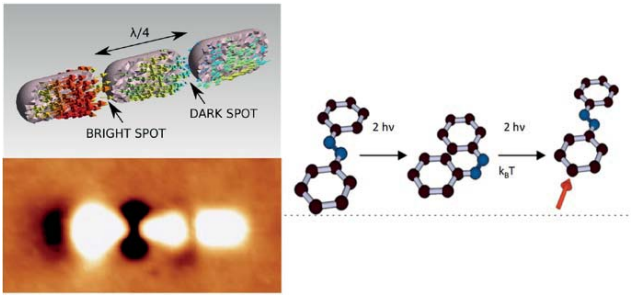
Yinping Zhang[£], Guillaume Demesy[$], Mohamed Haggui[£,&], Davy Gérard[£], Jérémie Béal[£], Stephanie Dodson[%], Qihua Xiong[%,#], Jérome Plain[£], Nicolas Bonod[$] and **Renaud Bachelot**[£]

[£] *Institut Charles Delaunay CNRS UMR 6281, Laboratoire of Nanotechnologie, Instrumentation et Optique (LNIO). Université de Technologie de Troyes, France*
[$] *Aix Marseille Univ., CNRS, Centrale Marseille, Institut Fresnel, Marseille, France*
[%] *Division of Physics and Applied Physics, School of Physical and Mathematical Sciences, Nanyang Technological University, Singapore 637371*
[#] *School of Materials Science and Engineering and § Division of Microelectronics, School of Electrical and Electronic Engineering, Nanyang Technological University, Singapore 639798*

Email:renaud.bachelot@utt.fr

Plasmonic oligomers are near-field coupled assemblies of metallic nanoparticles. Both their scattering/absorption spectra and the spatial distribution of the electromagnetic field can be tailored through the hybridization of plasmonic modes hosted by individual particles. Such a control on the field distribution opens new routes to deliver light at a deep subwavelength scale in targeted locations ("hot spots"). However, active control of hot spots in plasmonic oligomers and their observation in the near field are highly challenging. Here, we propose to use a two-photon absorption process in azopolymer in the near infrared to imprint from the far field the near field distribution around a trimer antenna. The trimer antenna comprises two nanogaps separated by a quarter of the wavelength in the polymer and is designed to allow for the switch on a single nanogap when illuminated at 900 nm by a collimated beam at an oblique incidence. The AFM monitoring of the topographical depletions in the photopolymer proves that it is possible to address a *single* hot spot in the structure and to remotely switch its location in the two nanogaps on demand, simply by illuminating with an opposite oblique incidence. This work shows that bonding and anti-bonding gap modes can be selectively excited resulting in controlled hot spot locations. Two-photon absorption by azobenzene-containing photopolymer turns out to be a reliable approach for investigating confined plasmonic fields in the near infrared with a 20 nm resolution.

Ā



Cognac

Le Cognac est un alcool produit exclusivement dans la région autour de la ville, dont il tire son nom, qui comprend en grande partie la Charente et la Charente Maritime. Déclaré AOC, le Cognac, ou eau de vie de vin, est un breuvage qui acquiert ses lettres de noblesse à partir du XVIIIème siècle grâce aux négoces avec les marchands Hollandais et leur apport dans l'art de la distillation.

Amateurs de vins charentais, ils installèrent les premiers alambics dans la région et distillèrent les vins afin de les conserver durant leurs voyages. Les marchands remarquèrent que la double distillation permettait non seulement au produit de voyager sous forme d'eau de vie inaltérable mais qu'en plus, l'eau de vie se bonifier au fil du temps : c'est la naissance du Cognac.

Le XIXième siècle signe la consécration du Cognac et sa renommée sous l'impulsion de Napoléon III et la signature d'un traité de commerce avec les Anglais. Les premiers grands comptoirs de négoces sont anglais et dorénavant les appellations qui caractérisent les âges d'un cognac (V.S., X.O. etc.) seront en anglais.

Des vendanges de l'Uni Blanc (Cépage) à la mise en bouteilles, les étapes de fabrication du Cognac sont nombreuses et très réglementées. La double distillation est réalisée dans des alambics en cuivre et s'effectue en deux « chauffes » jusqu'à obtenir l'eau de vie, incolore et fortement alcoolisée (70° environ). Cette dernière va alors séjourner plusieurs années (2 ans et demi minimum) en fut de chêne exclusivement pour acquérir arômes et sa fameuse couleur ambrée. Lors de ce vieillissent, une partie de l'eau de vie (environ 2 % du stock total chaque année soit 22 millions de bouteilles) s'évapore et devient ce que l'on nomme poétiquement la part des anges.

Session 7

Croissance et contraintes

Mercredi 21 mars 10h50 – 11h50

Modérateur : Denis Mariolle

Li MA

Analyse par STM des étapes initiales d'oxydation d'un acier austénitique monocristallin modèle Fe-18Cr-13Ni(100)

Agnès PIEDNOIR

Comment une contrainte peut-elle influencer la croissance de la calcite ?

Dimitri CHAURAUD

Influence des contraintes sur la reconstruction atomique en chevrons de l'Au(111)

Analyse par STM des étapes initiales d'oxydation d'un acier austénitique monocristallin modèle Fe-18Cr-13Ni(100)

Li MA, Frédéric WIAME, Vincent MAURICE, Philippe MARCUS

Laboratoire de Physico-Chimie des Surfaces, Institut de Recherche de Chimie Paris (IRCP)

CNRS - Chimie ParisTech, Université de Recherche PSL, 75005 Paris, France

Les aciers inoxydables (alliages à base de FeCr) suscitent un grand intérêt en raison de leur haute résistance à la corrosion due à la formation d'une couche continue et protectrice d'oxyde de surface, appelée film passif. L'enrichissement en Cr du film passif est considéré comme le facteur clé de la résistance à la corrosion des aciers inoxydables austénitiques. Des hétérogénéités d'enrichissement en Cr peuvent être causées par l'oxyde natif initialement formé dans l'air (pré-passivation). Afin de comprendre l'initiation de la corrosion localisée, il est nécessaire d'étudier l'état de surface et la morphologie dans les premières étapes de l'oxydation pour élucider l'origine des hétérogénéités.

La diffraction d'électrons lents (LEED) et la microscopie à effet tunnel (STM) ont été utilisées pour étudier altérations topographiques et structurales locales de la surface d'un acier inoxydable austénitique modèle orienté (10 lors des premières étapes d'oxydation.

La surface avant oxydation présente une succession de terrasses (d'environ 20 nm de large) et des multi-marches (3-6 plans atomiques). Aucune contamination de surface n'est visible. Des rangées de lacunes et une superstructure ($\sqrt{2}\times\sqrt{2}$)R45° sont identifiées. Le contraste chimique observé dans les images STM suggère 4 types d'états atomiques sur les terrasses.
Lors d'une oxydation à 250°C, les défauts diffusent sur les terrasses et créent une nouvelle structure entre les rangées de lacunes pour une exposition inférieure à 1 L. Les oxydes se forment et croissent ensuite horizontalement le long du bord de marche. Lors d'une exposition à l'oxygène de 1 à 3 L, des îlots d'oxyde apparaissent sur les terrasses et forment finalement une structure hexagonale couvrant toute la terrasse à 9 L. À partir de là, les oxydes s'accumulent au bord des marches permettant la croissance des îlots d'oxyde multicouches. Pour des grandes expositions à l'oxygène (> 100 L), la terrasse et la morphologie des marches sont encore visibles même si les îlots d'oxyde multicouches continuent à croître sur les terrasses. Des oxydes multicouches massifs ont été mis en évidence pour une exposition de 200 L, le contraste chimique indique différentes structures locales d'oxyde sur les îlots multicouches.

Mots-clés : microscopie à effet tunnel (STM); acier inoxydable; monocristal; mécanisme d'oxydation; topographie

Remerciements : Ce projet a reçu un financement du Conseil Européen de la Recherche (CER) dans le cadre du programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union Européenne (ERC Advanced Grant CIMNAS n°741123). La Région Île-de-France est remerciée pour le financement partiel des équipements STM. China Scholarship Council (CSC) est remerciée pour la bourse d'études attribuée à Li MA (n°201606380129).

Comment une contrainte peut-elle influencer la croissance de la calcite ?

Bahareh ZAREEIPOLGARDANI, **Agnès PIEDNOIR**, Jean COLOMBANI

Institut Lumière Matière, CNRS-UCBL, Campus LyonTech, 69622 Villeurbanne

La calcite, forme cristalline la plus répandue du carbonate de calcium, est omniprésente dans la nature et dans l'industrie. En particulier, sa précipitation par des organismes vivants sous forme de coquillages est le principal puits de CO_2 à l'intérieur de l'océan et elle est utilisée dans de multiples secteurs industriels (fabrication du ciment ordinaire, blanchiment du papier, dentifrice, etc.) [1]. C'est pourquoi la connaissance de ses mécanismes de croissance, tant organique qu'inorganique, est d'une importance primordiale, que ce soit dans la modélisation du cycle du carbone, la simulation de réservoirs pétroliers ou la conception de meilleurs ciments.

Cependant, un paramètre, bien que presque toujours présent lors de la croissance de la calcite, a été oublié dans la plupart des études réalisées jusqu'à présent. Lorsque les grains de calcite croissent à partir de germes, ils finissent par entrer en contact et des contraintes se développent à leurs interfaces, en particulier si le matériau pousse à l'intérieur d'un moule (ciment) ou sous d'autres sédiments (calcaire). Cette contrainte est susceptible de modifier la cinétique de croissance et la morphologie de surface, mais jusqu'à présent, nous ne savions pas comment.

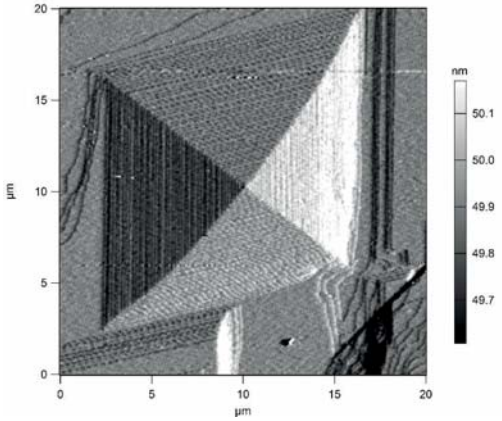


Figure 1 : Image AFM en déflection de la croissance d'une pyramide de calcite en solution.

Pour remédier à cet oubli, nous avons utilisé un microscope à force atomique (AFM), à la fois pour appliquer une contrainte locale sur une surface de calcite en croissance et pour obtenir la topographie de la surface. Nous avons constaté que la contrainte avait une double influence : d'une part, elle ralentit significativement la croissance et d'autre part, elle induit un changement du type de phase de croissance.

Références

[1] Andersson M. P., Dobberschütz S., Sand K. K., Tobler D. J., De Yoreo J. J., and Stipp S. L. S. Angew. Chem. 2016, 128, 11086

Influence des contraintes sur la reconstruction atomique en chevrons de l'Au(111)

D. CHAURAUD, J. DURINCK, M. DROUET, L. VERNISSE, J. BONNEVILLE, C. COUPEAU

Institut Pprime UPR 3346, Université de Poitiers/CNRS/ENSMA, France

La structuration de surfaces est un champ d'investigation en plein essor. L'enjeu technologique est de pouvoir conférer de nouvelles propriétés spécifiques aux matériaux à partir de la modification de leur surface libre ou de créer des gabarits particuliers qui permettent de fonctionnaliser ultérieurement cette surface par apport de molécules, nanoparticules ou agrégats métalliques. A cet égard, la surface de l'Au(111) présente des opportunités encourageantes dans divers domaines applicatifs tels que la microélectronique ou la nanocatalyse [1], en raison de sa reconstruction de surface 22×√3, plus connue sous le nom de reconstruction en chevrons [2]. Cette dernière est caractérisée par une alternance de zones hcp / cfc. Les deux zones sont séparées par des domaines où les atomes sont surélevés de 15 pm par rapport à la surface (contraste au niveau des terrasses visible sur la Figure 1). Bien que cette surface en chevrons ait fait l'objet d'études intensives dans le passé, il n'existe que très peu données dans la littérature concernant l'influence des contraintes sur sa stabilité mécanique [3].

Dans ce contexte, nous nous sommes attachés à comprendre le rôle des marches, qu'elles soient vicinales ou issues du processus d'émergence des dislocations (traces de glissement), sur l'organisation de la structure en chevrons. L'idée plus générale est d'identifier à terme, s'il est possible, les mécanismes à même de piloter la reconstruction dans le cadre d'une approche de type nano-ingénierie mécanique.

A partir d'une double approche observations expérimentales UHV-STM / simulations atomistiques en dynamique moléculaire (Figure 1), il est en particulier montré que :
(1) la largeur des terrasses modifie de manière significative la période de la structure en chevron [4], en relaxant localement les contraintes de surface connues pour être en tension [5],
(2) une réorganisation de la structure en chevrons est observée en fonction du type de facettes {100} ou {111} de la marche, en bon accord avec des études antérieures en bon accord avec des études antérieures [6].

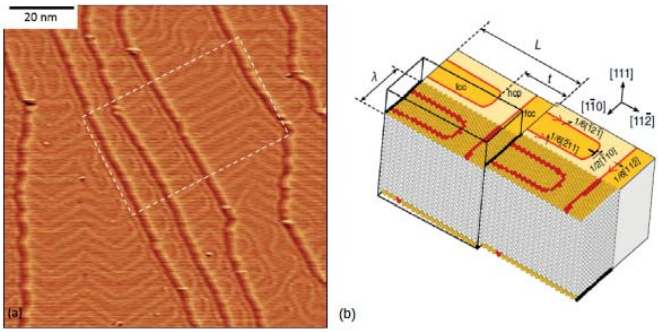


Figure 1: (a) Image STM de la reconstruction de surface de l'Au(111). Le cadre blanc met en évidence l'influence des largeurs de terrasses vicinales sur la période de la reconstruction. (b) Image issue de calculs atomistiques. Les atomes sont colorés selon leurs nombres de premiers voisins.

[1] Corso, M., Fernandez, L., Schiller, F., Ortega, E., American Chemical Society, **2009**.
[2] Wölls, C., Chiang, S., Wilson, R.J., Lippel, P.H., *Phys. Rev. B*, **1988**, 39(11):7988.
[3] Schaff O, Schmid A.K., Bartelt N.C., De La Figuera J., Hwang R.Q., **2001**, *Mat. Sci. and Eng. : A,* 319.
[4] Chauraud, D., Durinck, J., Drouet, M., Vernisse, V., Bonneville, J. and Coupeau, C., *Phys. Rev. B*, **2017,** 96(045410).
[5] Narasimhan S., Vanderbilt D., *Physical Review Letters*, **1992**, 69(10).
[6] Repain, V., Berroir, J. M., Rousset, S. and Lecoeur, J. Applied surface science, **2000,** 162:30–36.

Le Cardinal de Richelieu au siège de la Rochelle de Henri-Paul Motte, Huile sur toile, Musée d'Orbigny Bernon, 1881.

Richelieu

Après l'Edit de Nantes, La Rochelle devient une place forte de la religion réformée, les protestants représentant près de 90% de la population de la ville au début du XVIIe siècle. Grande capitale atlantique, La Rochelle prospère grâce au commerce du sel et du vin notamment.

L'arrivée de Louis XIII ravive les tensions entre catholiques et protestants. En 1627, La Rochelle est la dernière des places de sureté accordées aux protestants après les guerres de religions du XVIe siècle. Le roi et son ministre Richelieu redoutent que la prospérité de la ville et que ses liens avec les Anglais ne mettent en péril le pouvoir royal. En riposte à l'arrivée de navires anglais sur les côtes de l'ile de Ré, l'armée royale s'installe devant La Rochelle et assiège la ville. Pour empêcher le ravitaillement par la mer, Richelieu ordonne la construction d'une digue de 1500 mètres de long et vingt mètres de haut. Pour cela, 59 navires lestés de pierres sont coulés. Le siège dure plus d'un an et affame la population. Plusieurs tentatives de ravitaillement par les anglais échouent, et lorsque la ville finit par se rendre, il ne reste que 5 400 survivants sur les 25 000 habitants.

La tour Richelieu, située dans le chenal d'entrée du port, à l'emplacement de l'ancienne digue, rappelle aujourd'hui encore le lien entre Richelieu et La Rochelle.

http://www.protestantisme-museelarochelle.fr

Session 8

Electrochimie

Jeudi 22 mars 9h00 – 10h00

Modérateur : Bernard Nysten

René SABOT

Application de la technique SVET (Scanning Vibrating Electrode Technique) à l'étude des phénomènes de corrosion localisée

Dao TRINH

Application de la Microscopie Électrochimique À Balayage (SECM) au LaSIE

Mohamed BETTAYEB

Etude couplée ECSTM et EBSD de la résistance locale des joints de grains à l'initiation de la corrosion intergranulaire

Application de la technique SVET (Scanning Vibrating Electrode Technique) à l'étude des phénomènes de corrosion localisée

René SABOT, Philippe REFAIT, Marc JEANNIN

LaSIE, UMR 7356, Université de La Rochelle, Bât. Marie Curie, Av. Michel Crépeau, 17042 La Rochelle Cedex 1.

Scanning Vibrating Electrode Technique (SVET) est une technique électrochimique locale qui permet de dresser une cartographie de l'activité électrochimique d'une surface métallique en solution par balayage d'une sonde parallèlement à cette surface (figure 1).

Le principe de la technique est basé sur la mesure d'une différence de potentiel entre 2 points de la solution au voisinage de la surface métallique. A partir de cette différence de potentiel il est possible d'accéder à la valeur de la densité de courant locale, elle-même reliée à la cinétique des réactions électrochimiques en un point de la surface.

Après avoir abordé le principe et les limites de la technique nous présenterons les possibilités offertes par la SVET dans le domaine de la corrosion. Cette méthode connue depuis plusieurs décennies est une aide précieuse pour l'étude des phénomènes de corrosion localisée, les plus dangereux au regard de l'intégrité des structures métalliques.

Plusieurs exemples d'application comme les recherches effectuées au laboratoire sur l'influence d'inhibiteurs sur la corrosion par piqûre des aciers au carbone en milieu carbonaté chloruré [1][2] ainsi que sur la corrosion galvanique associée à la formation de différents produits de corrosion [3] seront présentés.

Figure 1 : Suivi de la corrosion localisée d'un acier au carbone en solution aqueuse à l'aide de la sonde SVET.

Références

[1] Reffass, M.; Sabot, R.; Savall, C.; Jeannin, M.; Creus, J.; Refait, Ph. Localised corrosion of carbon steel in NaHCO3/NaCl electrolytes : role of Fe(II)-containing compounds, Corrosion Science, 48 (2006) 709-726.

[2] Reffass, M.; Sabot, R.; Jeannin, M.; Berziou, C.; Refait, Ph. Effects of NO2- ions on localised corrosion of steel in NaHCO3 + NaCl electrolytes, Electrochimica Acta, Volume 52, Issue 27, (2007) 7599-7606.

[3] Romaine, A.; Jeannin, M.; Sabot, R.; Necib, S.; Refait, Ph. Corrosion processes of carbon steel in argillite: Galvanic effects associated with the heterogeneity of the corrosion product layer, Electrochimica Acta, 182 (2015) 1019-1028.

Application de la Microscopie Électrochimique À Balayage (SECM) au LaSIE

Dao TRINH, Coralie VOSGIEN LACOMBRE, Geoffrey BOUVET, Stéphane COHENDOZ, Xavier FEAUGAS, Stéphanie MALLARINO, Simon FRAPPART*, Sébastien TOUZAIN,

LaSIE UMR 7356, Univ. la Rochelle, Bât. Marie Curie, Av. Michel Crépeau, 17042 La Rochelle Cedex 1.
** DCNS Research, Indret, 44620 La Montagne*

La technique **microscopie électrochimique à balayage (SECM)** est une technique électrochimique locale qui permet de mesurer localement les phénomènes à l'interface d'un matériau. Elle est utilisée au sein de l'axe de recherche **DMPR** (Durabilité, Microstructure, Protection et Revêtements) de **laboratoire LaSIE UMR 7536** depuis 2013. Deux applications ont étudiés : mesure des gonflements thermiques d'un revêtement époxy, et couplages galvaniques des soudures d'acier pour la construction navale et sous-marine.

Afin d'étudier l'influence des **gonflements thermique des revêtements anticorrosion**, des systèmes époxy DGEBA/DAMP purs sont étudiés. Des mesures de gonflement in situ de films libres et de revêtements sur substrat acier, chargés ou non, d'une centaine de microns d'épaisseur, sont quantifiées respectivement par analyse mécanique dynamique et par microscopie électrochimique à balayage, et ce à différentes températures (30, 40, 50, 60°C). Les films libres et les revêtements se comportent différemment, de même que le système époxy seul ou chargés. Ces différences peuvent être attribuées à la présence de contraintes internes présentes au sein du matériau à différentes échelles structurales. Certaines d'entre elles ont pu être mises en évidence par des essais mécaniques originaux basés sur des séquences de charge/décharge.

Des échantillons d'acier pour la construction navale et sous-marine (fourni par DCNS) ont soudé **par friction malaxage** (FSW). Au niveau de soudage, il existe des couplages galvaniques possibles dus aux différentes microstructures. **Les réactivités de corrosion** de ces zones sont sondées par la technique SECM.

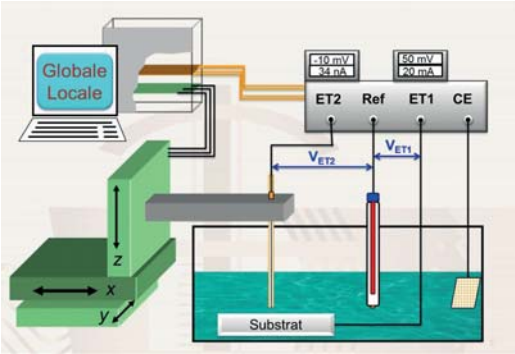


Figure 1 : Schéma de la technique microscopie électrochimique à balayage (SECM) utilisée au LaSIE

Références

[1] Influence of pigment and internal stresses on water uptake in model epoxy: a thermodynamic approach, CV Lacombre, G Bouvet, D Trinh, X Feaugas, S Touzain, S Mallarino, Journal of Materials Science 53 (3), 2253-2267
[2] Influence of pigment on the degradation of anticorrosion polymer coatings using a thermodynamic analysis of electrochemical impedance spectroscopy data, CV Lacombre, D Trinh, G Bouvet, X Feaugas, S Mallarino, S Touzain, Electrochimica Acta 234, 7-15
[3] In situ monitoring of organic coating swelling by dynamic mechanical analysis and scanning electrochemical microscopy G Bouvet, D Trinh, S Mallarino, X Feaugas, S Touzain, Progress in Organic Coatings 96, 13-18

Etude couplée ECSTM et EBSD de la résistance locale des joints de grains à l'initiation de la corrosion intergranulaire

Mohamed Bettayeb[a], Vincent Maurice[a], Lorena H. Klein[a], Linsey Lapeire[b], Kim Verbeken[b], Philippe Marcus[a]

[a]PSL research university / CNRS-Chimie ParisTech, Institut de Recherché de Chimie Paris, Paris, France [b]Ghent University (UGhent), Department of Materials Science and Engineering, Ghent, Belgium

L'ingénierie des joints de grains (IJG) définit un ensemble de méthodes utilisées pour l'amélioration du comportement des matériaux polycristallins à des phénomènes de surface tels que la corrosion, la ségrégation et la fissuration, en contrôlant le réseau de joints de grains (jdg). La classification des jdg est basée sur de nombreux paramètres géométriques (plan de jdg, désorientation, degré de coïncidence…). Chaque type de jdg se comporte différemment ; il est donc possible d'améliorer les propriétés des matériaux polycristallins par introduction de proportion importante de jdg résistants.

Selon leur type, énergie et ou leur environnement cristallographique, les jdg sont susceptibles de réagir différemment à la corrosion intergranulaire (IG). Dans ce travail, on cherche à comprendre la relation entre la microstructure locale des jdg et leur comportement local aux premiers stades de la corrosion (IG).

Des échantillons de cuivre micro-polycristallin de haute pureté ont été utilisés pour éviter les effets des éléments d'alliages. La topographie locale à l'émergence des jdg a été analysée par microscopie à effet tunnel sous contrôle électrochimique (ECSTM) tout en ayant le contrôle du potentiel électrochimique imposé. La diffraction des électrons rétrodiffusés (EBSD) nous a permis de déterminer la microstructure locale (type de jdg, texture des grains). Une méthode de nanoindentation a été développée afin de permettre le repositionnement et la mesure de la même zone avec les deux techniques.

Différents types de jdg ont été observés : jdg aléatoires et jdg spéciaux de type coïncident site latice (CSL) (avec différents coefficient de coïncidence). L'étude a été focalisée sur les différences de résistance à la corrosion IG entre les jdg suivant deux états : l'état passif après formation de couches d'oxydes protectrices et l'état actif de la surface après dissolution dans l'acide chlorhydrique. Dans les deux cas, les jdg de type coherent twins (∑3 CSL avec un plan (111)) ont montré une meilleure résistance à l'initiation à la corrosion IG. Cependant, des changements locaux ont été observés suivant un même jdg. Ces changements se produisent suite à une déviation locale du plan de jdg. Par exemple, les jdg de type ∑3 ont été trouvés réactifs à la corrosion IG quand la déviation atteint une valeur de 1.7°.

Ce travail nous a permis d'observer et de comparer différents types de jdg et de mieux comprendre l'effet des paramètres géométriques comme la déviation et la misorientation capable de modifier le comportement local à la corrosion le long d'un même jdg. Ce projet a reçu un financement du Conseil européen de la recherche (ERC) dans le cadre du programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union européenne (convention de subvention n° 741123).

Tumulus

Les tumulus de Bougon forment une nécropole datée, pour les parties les plus anciennes, de 4700 ans avant l'ère commune (AEC) par une culture du Néolithique et sont situés sur la commune de Bougon (Deux-Sèvres). Un musée de la Préhistoire a été construit à l'intérieur du parc archéologique des tumulus par le Conseil général des Deux-Sèvres.

Cet ensemble du Néolithique moyen du Centre-Ouest de la France (v. 4700-3500 AEC) appartient au mégalithisme le plus ancien dans le monde, celui de la France de l'Ouest : Bretagne, Normandie, Poitou, Charentes. Les caractéristiques des dolmens les rattachent au type angoumoisin, à chambre funéraire carrée, ou rectangulaire. Ce type de dolmen a été édifié tout au long du Néolithique moyen. Ici, ils ont été bâtis au cours du V^{e} millénaire.

Session 9

Microscopie Tunnel

Jeudi 22 mars 10h50 – 11h50

Modérateur : Lionel Patrone

Thibault ARDHUIN

Etude par STM/NC-AFM à basse température de la molécule d'hexabenzocoronène sur films ultra-mince de NaCl et KBr

Gaël REECHT

Contrôle et mesure par STM des différents états d'un switch moléculaire

Thomas LEONI

Déshydrogénation d'azaacène induite par pointe STM : Rôle du champ électrique

Etude par STM/nc-AFM à basse température de la molécule d'hexabenzocoronène sur films ultra-mince de NaCl et KBr

Thibault ARDHUIN, Olivier GUILLERMET, André GOURDON, Sébastien GAUTHIER

CEMES CNRS UPR 8011 and Université de Toulouse
29 rue Jeanne Marvig, 31055 Toulouse, France

La molécule d' hexa-peri-hexabenzocoronène [HBC, Fig. 1(a)] a été largement étudiée par STM lorsqu'elle est adsorbée sur métal [1-3], mais très peu sur surface isolante [3]. La surface isolante la plus utilisée pour imager des molécules isolées est NaCl(001), généralement sous forme de bicouche sur les surfaces denses des métaux nobles. Une difficulté récurrente est que la plupart des molécules tendent à diffuser sur ces surfaces, ce qui impose l'usage de basses températures (5K) et de faibles courants tunnel (de l'ordre du pA). Ceci est particulièrement vrai pour HBC/NaCl(2MC)/Cu(111) [3]. L'interaction molécule-surface pour ce type de système est régie par l'interaction de van der Waals et les interactions électrostatiques. Un calcul d'énergie d'interaction entre les charges partielles portées par HBC et les charges ioniques du substrat montre que ces dernières interactions sont défavorables pour HBC/NaCl(001) alors qu'elles sont favorables pour HBC/KBr(001), ce qui a pour origine des coïncidences/anti-coïncidences spatiales de charges complémentaires. Cette estimation est vérifiée expérimentalement : Des images stables de HBC/KBr sur Cu(111) et Ag(111) sont obtenues dans des conditions beaucoup moins restrictives que pour HBC/NaCl, pour des épaisseurs d'isolant de 1 à 4 MC. De manière complémentaire, la manipulation latérale de HBC est beaucoup plus facile sur NaCl, ce qui a permis de construire différents assemblages incluant de 2 à 4 HBC [Fig.1 (b et c)].

Nous avons étudié par STM et ncAFM (diapason qPlus) des HBC isolés sur KBr et des assemblages de 2 à 4 HBC sur KBr et NaCl [Fig. 1 (b et c)], en imageant en particulier au voisinage des résonances observées sur les spectres dI/dV(V) ou dZ/dV(V). La comparaison avec la distribution spatiale des densités électroniques calculées de certaines orbitales moléculaires (OM) de HBC libre montre que ces résonances sont en général dominées par la contribution d'une seule OM. On essayera de comprendre par des calculs simples la relation au voisinage des résonances entre les images obtenues sur des assemblages et sur des molécules isolées.

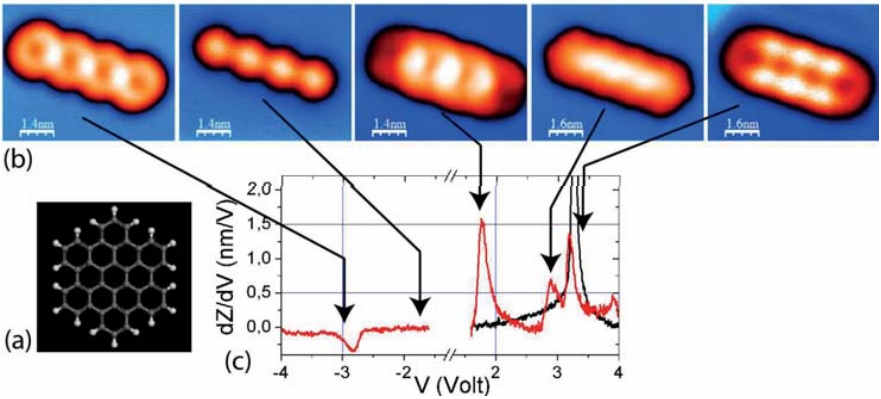


Figure 1 : (a) La molécule d'HBC, (b) images d'un assemblage linéaire de 4 HBC sur NaCl(2MC/Ag(111) enregistrées aux tensions correspondant aux positions des flèches sur le spectre dZ/dV(V) en (c). I = 1pA. Spectre rouge (noir) = HBC (KBr 2MC).

Par ailleurs, les spectres $\Delta f(V)$ mesurés en nc-AFM lors de ces expériences présentent des signatures spécifiques aux tensions correspondant à ces résonances, que l'on tentera d'expliquer.

Références

[1] C. Wagner, D. Kasemann, C. Golnik, R. Forker, M. Esslinger, K. Müllen, and T. Fritz, *Phys. Rev B* **2010**, *81*, 035423
[2] W.-H. Soe, H. S. Wong, C. Manzano, M. Grisolia, M. Hliwa, X. Feng, K. Müllen, and C. Joachim, *ACS Nano* **2012**, *6*, 3230
[3] L. Gross, F. Mohn, N. Moll, B. Schuler, A. Criado, E. Guitián, D. Peña, A. Gourdon, G. Meyer, *Science* **2012**, *337*, 1326

Contrôle et mesure par STM des différents états d'un switch moléculaire.

Gaël Reecht [1], Christian Lotze [1], Dmytro Sysoiev [2], Thomas Huhn [2], Katharina Franke [1]

[1] Physic Department, Freie Universität Berlin, Allemagne
2 Chimie Department, Universität Konstanz, Allemagne

Les diaryléthènes sont une classe de switch moléculaire dont les propriétés de conductance peuvent être drastiquement modifiées, malgré un changement de géométrie très limité. En effet, la formation d'une simple liaison C-C, permet de transformer réversiblement une molécule non-conjuguée (isomère ouvert) en une molécule π-conjuguée (isomère fermé). Ces propriétés remarquables, permettent aux diaryléthènes d'être des candidats idéaux pour l'électronique moléculaire [1].

Avec un STM basse température (4K), un dérivé de diaryléthène déposé sur Au(111) et Ag(111) a été étudié. L'étude de la molécule adsorbée sur la surface montre que celle-ci, initialement sous sa forme ouverte non-conjuguée, peut être transformée en isomère fermé sous l'influence de la pointe STM (voir Figure1). Les mesures de spectroscopie tunnel permettent en effet d'identifier avec certitude les deux isomères de la molécule qui présentent des structures électroniques très différentes, énergétiquement et spatialement. Les molécules de diaryléthènes sont ensuite manipulées individuellement avec la pointe STM afin de former une jonction moléculaire. Dans cette configuration, schématisée par la Figure1, des mesures de transport peuvent être réalisées. Entre les deux isomères, la différence de conductance mesurée atteint presque deux ordres de grandeur. Cette forte différence de conductance est alors expliquée avec un modèle analytique de transport basé uniquement sur les différences de structures électroniques mesurées par spectroscopie tunnel [2].

Enfin, les mécanismes permettant la modification de la molécule de sa forme ouverte à sa forme fermée sont étudiés. Dans ces expériences réalisées sur une surface Ag(111) et Au(111), deux mécanismes différents sont discernables, l'un fait intervenir l'injection d'électrons dans les états inoccupés de la molécule, l'autre résulte du champ électrique présent entre le substrat et la pointe STM. Si les mécanismes de switch électron-induits sont régulièrement reportés par STM, ceux impliquant le champ électrique sont plus rarement observés, et n'avaient jamais jusqu'à maintenant été complètement désintriqués des phénomènes électron-induits [3].

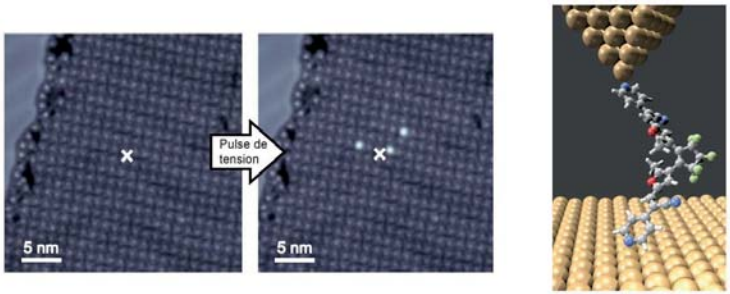


Figure 1. Gauche et centre : Topographies STM de la même zone avant et après qu'un pulse de tension soit appliqué à la position marquée par la croix blanche. Les trois points qui apparaissent plus clairs au centre sont 3 molécules ayant commuté de la configuration ouverte à celle fermée. Droite : Représentation artistique de la jonction moléculaire lors des expériences de manipulation et de transport électronique.

Références

[1] Irie, M., *Chem. Rev*., **2000**, *100*, 1685.
[2] Reecht, G., Lotze, C., Sysoiev, D., Huhn, T., Franke, K.J., *ACS Nano*, **2016**, *10*, 10555
[3] Reecht, G., Lotze, C., Sysoiev, D., Huhn, T., Franke, K.J., *J. Phys.: Condens. Matter*, **2017**, *29*, 294001

Déshydrogénation d'azaacène induite par pointe STM : Rôle du champ électrique.

Thomas LEONI, Tony LELAIDIER, Anthony THOMAS, Alain RANGUIS, Olivier SIRI, Claudio ATTACALITE, Conrad BECKER.

Aix-Marseille Université, CNRS, CINaM UMR 7325, 13288 Marseille, France

Depuis les travaux précurseurs des années 90 sur la dissociation de molécules induites par la pointe d'un STM [1][2], de nombreux progrès ont été accomplis dans le contrôle de réactions de molécule sur surface déclenchées par courant tunnel. En particulier, ces recherches ont démontré la possibilité de briser de manière réversible ou non une liaison covalente intramoléculaire, que ce soit sur des molécules individuelles ou dans des couches auto-assemblées [3]. Dans l'ensemble de ces études, le mécanisme de dissociation s'explique par le transfert d'énergie entre les électrons tunnels qui traversent la jonction et les modes de vibrations de la molécule qui sont alors excités et peuvent conduire à la rupture d'une liaison. Cependant la mesure de ce courant tunnel inélastique implique la présence d'un champ électrique entre la pointe et la surface; comprendre la contribution du champ électrique indépendamment de celle des électrons inélastiques dans le processus de dissociation est un problème qui n'a été que rarement abordé. Dans cette présentation, nous montrerons comment des dihydrotetraazapentacenes (DHTAP **1** sur la figure 1) auto-assemblées en seconde couche sur Au(111) peuvent subir de manière contrôlée une modification de leur topologie moléculaire par l'application de pulses de tensions entre la pointe du STM et la surface. En s'appuyant sur des séries de pulses réalisés à grande distance pointe surface (I_t<seuil de détection du convertisseur I/V) et à l'aide de spectroscopies courant-tension enregistrées à différentes distances pointe surface et de spectroscopies courant-distance, nous montrerons que la grandeur physique responsable de cette modification est le champ électrique, et non pas le courant tunnel inélastique, stimulus classique de ce type de réaction. En combinant images STM, calculs DFT et spectroscopies tunnels, nous caractériserons les produits de la réaction induite par les pulses. Cette réaction est identifiée à une ou deux déshydrogénations des groupements N-H des DHTAP, ce qui conduit à la formation d'une molécule de tetraazapentacene (TAP **2**), molécule dont on ne sait toujours pas faire la synthèse en solution.

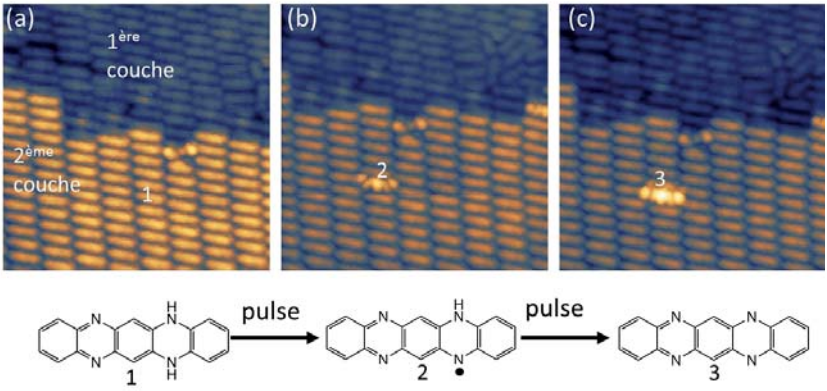


Figure 1 : (a) Image STM de DHTAP **1** auto-assemblée en deuxième couche sur Au(111) I_t = 20 pA, V_{bias}=1.3V, 14nm x 14nm. (b) Image STM de la même zone après un pulse en tension de 1sc à 4.1V sur la molécule **1** de la figure (a) effectué à une distance absolue pointe surface de ~1.2nm (I_t<100fA). Celle-ci apparait maintenant avec un contraste intramoléculaire et est associée au composé **2.** (c) Image STM de la même zone après un deuxième pulse en tension identique au premier sur la molécule **2.** Le contraste intramoléculaire a changé de géométrie et est associée au composé **3**.

Références

[1] Dujardin, G.; Walkup, R. E.; Avouris, Ph. *Science.* **1992**, *255*, 1232.
[2] Gaudioso,J ;Lee,H.J.,Ho,W. *J.Am.Chem.Soc.***1999**,*121*,8479.
[3] Kim, Y.; Motobayashi, K.; Frederiksen, T.; Ueba, H.; Kawai, M. *Prog. Surf. Sci*. **2015**, *90*, 85.

Venise Verte

Le Marais poitevin est une région naturelle de France à cheval entre les départements de Vendée, des Deux-Sèvres et de Charente-Maritime ainsi qu'entre les régions Nouvelle-Aquitaine et Pays de la Loire.

L'ensemble constitué par le marais poitevin et la baie de l'Aiguillon, relique du golfe des Pictons, s'étend sur environ 100 000 hectares : il s'agit de la deuxième plus grande zone humide de France après la Camargue. Une partie de celui-ci constitue le parc naturel régional du Marais poitevin.

Le 20 mai 2010, les marais mouillés dits « de la Venise verte » ont obtenu en outre le label Grand Site de France.

Session 10

Mécanique

Jeudi 22 mars 14h00 – 15h40

Modérateur : Ludovic Bellon

Nicolas DELORME
Microscopie à force atomique et spectroscopie de force pour l'étude de la matière molle

Luca CANALE
Frottement sur la glace: caracterisation experimentale de l'interface

Antoine LAINE
Propriétés frictionnelles des liquides ioniques aux interfaces, mesurées par macroscope à force atomique

Laetitia JUBIN
Déposition assistée par microscopie à sonde locale

Microscopie à force atomique et spectroscopie de force pour l'étude de la matière molle

Nicolas DELORME[1], Kenza Ayche[1], Jean-François Bardeau[1] Alain Gibaud[1], Guillaume Vignaud[2], Yves Grohens[2], Fanny Guyomarc'h[3], Christelle Lopez, Oumaima Et-Thakafy[3]

[1] IMMM, Université du Mans, UMR CNRS 6283, 72000 Le Mans, France
[2] IRDL, Université Bretagne Sud, FRE CNRS 3744, 56100 Lorient, France
[3] STLO, INRA, Agrocampus Ouest, 35000 Rennes, France

La matière molle est un domaine de recherche qui englobe tous les matériaux dans lesquels les interactions intermoléculaires sont faibles (polymères, lipides, tensio-actifs, colloïdes…). Située à l'interface de la Physique, de la Chimie et de la Biologie, l'étude de la matière molle a donc des implications dans de nombreux domaines.
Du fait de ces faibles énergies d'interaction ces matériaux sont susceptibles de se réorganiser sous l'action de sollicitations externes de faibles intensités (température, contrainte mécanique…). A cause de la fragilité intrinsèque de ces matériaux il fallu attendre le développement de techniques très sensibles et non destructives pour que les sciences de la matière molle prennent leur essor. La microscopie à force atomique du fait de sa grande sensibilité a joué et continue à jouer un rôle important dans ce développement.
Dans cette présentation, nous verrons à travers des projets de recherche menés à l'Institut des Molécules et Matériaux du Mans (IMMM) quelques exemples pour lesquels la technique AFM et plus particulièrement la spectroscopie de force a contribué à répondre à des problématiques liées à la matière molle.[1-14]
La présentation débutera par un bref rappel des paramètres expérimentaux qu'il est nécessaire de prendre en compte lorsqu'on fait de la spectroscopie de force. Ensuite, nous verrons que l'AFM est actuellement la seule méthode capable de sonder les propriétés mécaniques de capsules (ou liposomes) de tailles inférieures au micromètre. Ces résultats ouvrent des perspectives intéressantes dans les domaines de la cosmétique, de l'agroalimentaire et de la santé. Enfin nous verrons que la spectroscopie de force et l'imagerie AFM peuvent apporter des réponses originales sur les problèmes de confinement qui agitent depuis une quinzaine d'années la communauté scientifique travaillant sur les films polymères ultraminces.

Références

[1] Unni, A.B., et al., *Probing the Density Variation of Confined Polymer Thin Films via Simple Model-Independent Nanoparticle Adsorption.* Macromolecules, **2017**. 50(3): p. 1027-1036.
[2] Et-Thakafy, O., et al., *Mechanical properties of milk sphingomyelin bilayer membranes in the gel phase: Effects of naturally complex heterogeneity, saturation and acyl chain length investigated on liposomes using AFM.* Chemistry and Physics of Lipids, **2017**.in press
[3] Et-Thakafy, O., et al., *Mechanical Properties of Membranes Composed of Gel-Phase or Fluid-Phase Phospholipids Probed on Liposomes by Atomic Force Spectroscopy.* Langmuir, **2017**. 33(21): p. 5117-5126.
[4] Chebil, M.S., et al., *Reversibility in glass transition behavior after erasing stress induced by spin coating process.* Polymer, **2017**. 122: p. 45-51.
[5] Beena Unni, A., et al., *Solvent Assisted Rinsing: Stability/Instability of Ultrathin Polymer Residual Layer.* Macromolecules, **2016**. 49(5): p. 1807-1815.
[6] Ayche, K., et al., *Natural rubber based thin coating for MEMS encapsulation.* Progress in Organic Coatings, **2016**. 99: p. 308-313.
[7] Delorme, N., et al., *Experimental evidence of ultrathin polymer film stratification by AFM force spectroscopy.* Eur. Phys. J. E, **2015**. 38: p. 56.
[8] Bal, J.K., et al., *Stability of Polymer Ultrathin Films (<7 nm) Made by a Top-Down Approach.* ACS Nano, **2015**. 9(8): p. 8184-8193.
[9] Siniscalco, D., et al., *Statistical Analysis of Mounded Surfaces: Application to the Evolution of Ultrathin Gold Film Morphology with Deposition Temperature.* Langmuir, **2013**. 29(2): p. 717-726.
[10] Mukherjee, M., et al., *Power law in swelling of ultra-thin polymer films.* Polymer, **2013**. 54: p. 4669.
[11] Delorme, N., et al., *Experimental evidence of the electrostatic contribution to the bending rigidity of charged membranes.* J.Phys.Chem. B, **2007**. 111: p. 2503-2505.
[12] Schoeler, B., et al., *Multilayer Films Based on Polysaccharides of Different Secondary Structures: Effects on Film Structure and Mechanical Properties.* Biomacromolecules, **2006**. 7: p. 2065-2071.
[13] Delorme, N. and A. Fery, *Direct method to study membrane rigidity of small vesicles based on atomic force microscope force spectroscopy.* Phys. Rev. E, **2006**. 74: p. 030901.
[14] Delorme, N., et al., *Surface immobilization and mechanical properties of catanionic hollow faceted polyhedrons.* J.Phys.Chem. B, **2006**. 110: p. 1752-1758.

Frottement sur la glace: caractérisation expérimentale de l'interface

Luca CANALE, Jean COMTET, Antoine NIGUÈS, Alessandro SIRIA et Lydéric BOCQUET

Laboratoire de Physique Statistique, Ecole Normale Supérieure, UMR 8550, PSL Research University 75005 Paris Cedex
05, France

La friction sur la glace a été considérablement étudiée à cause de ses nombreuses applications (transport routier, sports d'hiver…). Malgré cela, le lien entre le coefficient de friction macroscopique et le comportement de l'interface entre un solide et la glace n'est pas encore clair. En effet, ce type de friction résulte d'un mélange d'ingrédients variés: frottement solide, changement de phase et lubrification, transport de chaleur, capillarité, élasticité. Les études faites [1,2] ont mené à une théorie de lubrification: la glace fond au niveau de la zone de contact et un film de lubrification explique ainsi les très faibles coefficients de friction mesurés (~ 0.03 contre 0.2 pour du frottement solide). Les stratégies adoptées dans les sports d'hiver (fartage en ski, forme des patins en skating) prétendent aussi optimiser l'épaisseur de ce film d'eau pour réduire le frottement. Néanmoins, ni la présence, ni l'origine (pression, cisaillement), ni la dynamique de ce film n'ont jamais été observées expérimentalement.

Afin d'étudier la dynamique de l'interface entre la glace et un solide, nous avons développé un nouveau macroscope à force atomique [3] : un diapason (L~10cm) vibrant a sa fréquence de résonance est utilisé comme une sonde pour mesurer à la fois la friction et les caractéristiques de l'interface. Une bille en verre (R ~ 1.5mm) est accrochée sur une des pattes et vient cisailler la glace. Nous excitons le mode tangentiel du diapason pour imposer la vitesse de cisaillement et mesurer le coefficient de friction. Par ailleurs, en excitant le mode normal, nous pouvons expliciter la présence d'un film liquide, le quantifier (épaisseur) et déterminer sa rhéologie (viscosité). Le setup est placé dans une chambre froide afin de pouvoir modifier la température et regarder son influence. Enfin, nous modifions les propriétés thermiques et de mouillage de la bille pour étudier leur influence sur le film d'eau et sur la friction

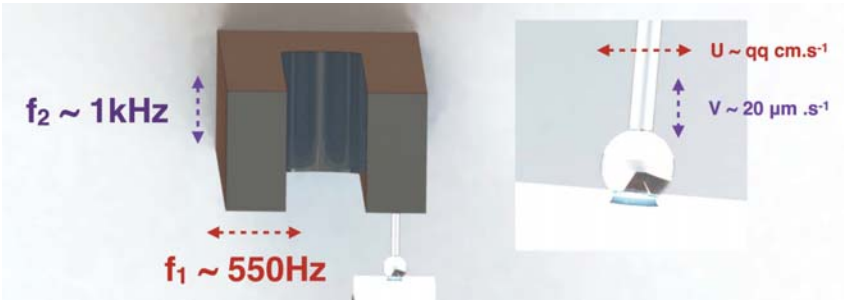


Figure 1 : Schéma du montage expérimental

Références

[1] Kietzig, A. M., Hatzikiriakos, S. G., & Englezos, P. (2010). Physics of ice friction. Journal of Applied Physics, 107(8), 4.
[2] Colbeck, S. C. (1996). A Review of the Friction of Snow. In Physics of Sliding Friction (pp. 275-291). Springer, Dordrecht.
[3] Canale L, et al, Submitted 2018

Propriétés frictionnelles des liquides ioniques aux interfaces, mesurées par macroscope à force atomique

Antoine LAINÉ, Jean COMTET, Antoine NIGUÈS, Lydéric BOCQUET, Alessandro SIRIA

Laboratoire de Physique Statistique, École Normale Supérieure, UMR CNRS 8550, PSL Research University 75005 Paris Cedex 05, France

Les liquides ioniques sont des sels fondus à température ambiante. Ces liquides, exclusivement constitués de molécules chargées, présentent des comportement très particuliers du fait des fortes interactions électrostatiques entre molécules. Des propriétés exotiques aux interfaces [1] font de ces liquides ioniques un excellent candidat pour l'étude des phénomènes d'électro-friction, avec des applications en lubrification active. Pour étudier ces phénomènes, nous utilisons un diapason de taille millimétrique (AFMa, figure 1(A)) [2] sur lequel est fixée une sphère de rayon millimétrique. Deux modes du diapason sont excités, permettant de faire osciller la sonde tangentiellement et normalement à la surface. Pour ces deux modes, une boucle de rétroaction permet un verrouillage en phase et en amplitude d'oscillation. Les variations des propriétés de la résonance de chaque mode permettent d'accéder au module élastique (Z') et dissipatif (Z'') du milieu sondé, dans les directions normales et tangentielles. Les comportements rhéologique et mécanique des liquides ioniques sont alors mesurés dans une géométrie sphère-plan pour des confinements atteignant l'échelle nanométrique. Confiné par un substrat isolant, le comportement frictionnel est correctement décrit par une courbe de Stribeck (figure 1(B)), caractérisant la transition entre trois régimes de lubrification : solide, mixte et liquide. Un comportement sensiblement différent semble etre observé avec un confinement métallique, faisant écho à de récents résultats rapportant l'importance de la métallicité sur les propriétés visco-élastiques des liquides ioniques confinés [3, 4]. Pour des surfaces métalliques, une couche cristallisée recouvre les parois. Les propriétés visco-élastiques et frictionnelles de ces couches interfaciales restent à être complètement déterminées. Par ailleurs, leur présence est potentiellement d'un grand intérêt pour la protection des surfaces métalliques face aux problèmes d'abrasion. Ces résultats ouvrent la voie à une étude approfondie des mécanismes de friction dans les liquides ioniques confinés [5], et, in fine, à un contrôle actif de ces propriétés de friction via l'application de champ électrostatique.

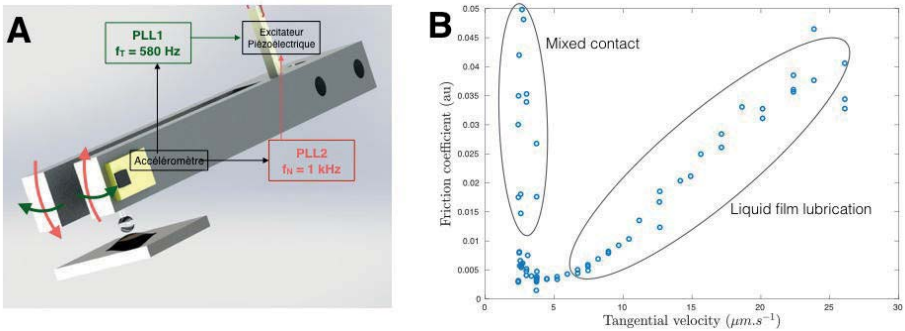


Figure 1 : (A) Représentation schématique du montage expérimental. Les deux modes de vibration utilisés sont excités par un élément piézoélectrique. L'amplitude des oscillations est mesurée à l'aide d'un accéléromètre. L'évolution de la fréquence de résonance et du facteur de qualité permettent d'accéder à la réponse élastique et dissipative du système. (B) Evolution du coefficient de friction en fonction de la vitesse tangentielle pour du liquide ionique BmimPF6 confiné entre une sphère en verre de rayon millimétrique et un substrat de Silicium.

Références

[1] Hoth, J.; Hausen, F.; Muser, M. H.; Bennewitz, R., *Journal of Physics: Condensed Matter*, **2014**, *26*, 284110.
[2] Canale, L., et al, *Submitted, **2018**.*
[3] Comtet, J.; Nigues, A.; Kaiser, V.; Coasne, B.; Bocquet, L.; Siria, A., *Nature Materials,* **2017,** *16*, 634.
[4] Garcia, L.; Jacquot, L.; Charlaix, E.; Cross, B., J. N., *Faraday Discussions,* **2017,** *206*, 443.
[5] Lhermerout, R.; Diederichs, C.; Perkin, S., *Lubricants,* **2018,** *6*, 9.

Déposition assistée par microscopie à sonde locale

Laetitia Jubin, Lydéric Bocquet, Alessandro Siria, Antoine Niguès

Laboratoire de physique statistique, École normale supérieure,
UMR CNRS 8550, PSL Research University, 75005 Paris Cedex 05

La fabrication de nanostructures est un domaine de recherche en plein essor. Que ce soit dans le domaine de la médecine, des systèmes électroniques ou de l'énergie, la fabrication de structures toujours plus petites ouvre un champ d'applications gigantesque. Parmi les nombreuses méthodes de fabrication, les techniques basées sur des sondes en champ proche, dites nano-stylo à plume, offrent de belles perspectives pour la nano-impression.

Nous présenterons la déposition de différents matériaux sur un substrat de silicium dans des formes géométriques complexes et dans des dimensions allant de quelques nanomètres à des centaines de nanomètres. Nous avons réussi à obtenir un dépôt continu à débit contrôlé afin de produire des structures en 3D à l'échelle du nanomètre. A notre connaissance, certaines de nos structures ne peuvent être obtenues par d'autres méthodes conventionnelles de fabrication additive à cette échelle.

Sanxay

Entre Poitiers et Niort, le site archéologique gallo-romain de Sanxay correspond à un sanctuaire rural. Occupé du I^{er} au IV^{e} siècle de notre ère, il fut l'une des agglomérations gallo-romaines majeures de l'antique territoire Picton.

Dans le cadre verdoyant de la vallée de la Vonne, les vestiges des plus grands édifices (temple octogonal, amphithéâtre, thermes), furent pour la plupart mis au jour par le Père Camille de La Croix de 1881 à 1883. Répartis le long d'un terrain de 19 hectares, ils classent le sanctuaire parmi les ensembles monumentaux les mieux conservés et les plus intéressants du monde gallo-romain.

Session 11

Mixte

Vendredi 23 mars 9h00 – 10h00

Modérateur : Michel Ramonda

Marc FAUCHER

Sondes verticales basées sur les technologies micro-nano systèmes: une nouvelle famille de capteurs pour le microscope à force atomique

Antoine NIGUÈS

Du nano-résonateur au macro-résonateur pour la microscopie à force atomique

Jacques PERETTI

Observation de la localisation d'Anderson par le désordre d'alliage dans les puits quantique d'InGaN/GaN

Sondes verticales basées sur les technologies micro-nano systèmes: une nouvelle famille de capteurs pour le microscope à force atomique

Marc FAUCHER[1], Estelle Mairiaux[2], Benjamin Walter[2]

1 : Univ. Lille, CNRS, Centrale Lille, ISEN, Univ. Valenciennes, UMR 8520 – IEMN, F-59000 Lille, France.
2 : Vmicro SAS, IEMN-CNRS cite scientifique avenue Poincare, 59652 Villeneuve d'Ascq, France

Nous présentons une famille récente de capteurs verticaux à pointes (Vprobe) qui ont été développées pour permettre un renouvellement instrumental du microscope à force atomique. Ces capteurs sont caractérisés par l'intégration d'une pointe sur une structure mécanique composée d'une navette, celle-ci étant elle-même reliée à des ancrages latéraux par quatre poutres de raideur modérée. Deux de ces poutres sont composites et contiennent, près de leur point d'encastrement, des transducteurs piézorésistifs d'un modèle nouveau qui permet d'extraire un signal sous basse impédance, ce qui facilite l'interfaçage électronique. La technologie MEMS/NEMS qui permet de fabriquer ces sondes a été développée à partir de technologies de micro-fabrication sur une plate-forme silicium. L'intégration de procédé étant réalisée spécifiquement pour disposer à la fois d'une pointe avec un rayon de courbure identique aux pointes cantilevers classiques, et d'un résonateur performant, et de fabriquer à l'identique des séries de capteurs sur wafers. Plusieurs variantes de Vprobes ont étés conçues, avec des raideurs de 100 N/m à 2000N/m et des fréquences comprises entre 160 kHz et 4MHz. Nous avons démontré leur utilisation sur un AFM commercial modifié avec une électronique Zurich Instruments, avec des images réalisées en mode FM ou AM [1]. Les perspectives sont nombreuses, en particulier pour aller au-delà des inconvénients des capteurs à base de quartz pour l'AFM sous vide, le champ proche optique, ou encore la conception d'AFM avec une tête rapide ultra-compacte.

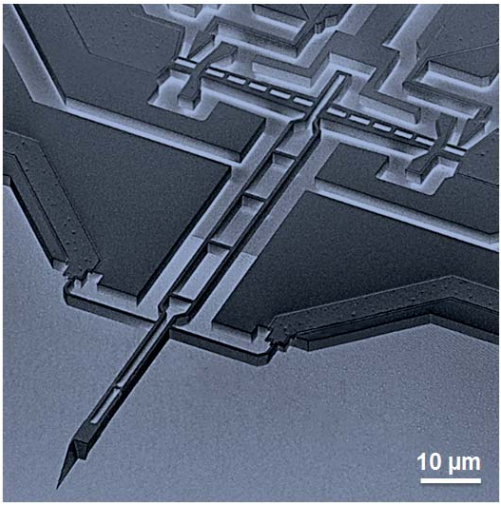


Figure 1 : sonde verticale 'Vprobe' développée par Vmicro et l'IEMN. Il s'agit d'un capteur fabriqué en technologie MEMS silicium, disposant de transducteurs d'actionnement et de détection intégrés. La pointe vibre dans le plan du wafer grâce à une ingénierie de mode en quasi flexion qui permet une translation de la navette centrale.

Références

[1] B. Walter, E. Mairiaux, and M. Faucher, "Atomic force microscope based on vertical silicon probes," Applied Physics Letters, vol. 110, p. 243101, 2017.

Du nano-résonateur au macro-résonateur pour la microscopie à force atomique

Antoine NIGUÈS et équipe MicroMégas

Laboratoire de physique statistique, École normale supérieure,
UMR CNRS 8550, PSL Research University, 75005 Paris Cedex 05

Quand on a un AFM dans la tête, on voit tout sous la forme d'un résonateur

La microscopie à force atomique (AFM) permet de sonder la matière à l'échelle atomique en mesurant la perturbation d'un oscillateur mécanique induite par les forces d'interaction en champ proche. La quête d'amélioration de la sensibilité et de la résolution de l'AFM a forcé l'introduction d'une nouvelle classe de résonateurs dont les dimensions sont bien inférieures à l'échelle du micromètre. Dans ce contexte, les résonateurs nanotubes sont les oscillateurs mécaniques par excellence. Leur nature unidimensionnelle, leur faible masse, leur cristallinité presque parfaite, couplés à la possibilité de fonctionnalisation, en font des candidats parfaits pour les capteurs de force ultra-sensibles et à la demande. Cependant, leurs dimensions minuscules font de la mesure des propriétés mécaniques une tâche très difficile, en particulier lorsqu'il s'agit de travailler dans une géométrie sans cavité à température ambiante. En ut ilis un faisceau d'électrons hautement focalisé, nous montrons que la réponse mécanique des nanotubes peut quantitativement mesurée à l'approche d'une surface comme en AFM classique (Figure 1 (A)) [1].

Bien que la sensibilité soit en train d'être réduite à des valeurs impressionnantes de zepto-Newton, ces nouvelles sondes présentent des contraintes importantes en raison des défis dans les conditions de détection et de travail et il n'est pas possible de les déplacer facilement en dehors des applications de laboratoire. C'est pourquoi il est important de développer dans le même temps des sondes de force qui associent une sensibilité élevée à la polyvalence : nous présentons un nouveau capteur atomique, appelé Macroscope à Force Atomique (AFMa), basé sur un oscillateur harmonique centimétrique. L'avantage de l'utilisation des sondes macroscopiques est double. D'abord, grâce à ses dimensions, il est possible de modifier la spécificité de la sonde à la convenance : cela permet alors d'étudier l'interaction dans une variété de géométries allant de la pointe nanométrique à des sphères macroscopiques ou à des formes plus complexes. Deuxièmement, en raison de sa masse (200 g), le couplage avec des dispositifs macroscopiques pour les mesures de forces n'affecte pas suffisamment les propriétés mécaniques des lames vibrantes pour diminuer sensiblement les performances de détection de force du dispositif, i.e. le facteur de qualité n'est pas dégradé par l'ajout d'une sonde macroscopique. Pour confirmer les études des performances de détection de force de l'AFMa et ainsi démontrer la potentialité de ce nouveau capteur, nous réalisons dans ce travail des images à l'échelle nanométrique d'un échantillon dans l'air et totalement immergé dans un liquide très visqueux (Figure 1 (B)) [2]. Ce résonateur millimétrique est d'ores et déjà utilisé dans notre laboratoire pour plusieurs études comme la friction sur la neige, la friction entre cristaux de liquides ioniques confinés et la nano-impression.

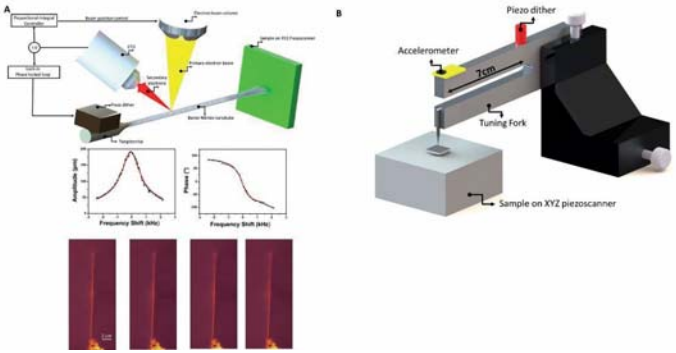


Figure 1 : (A) Nano-résonateur : un nanotube de nitrure de bore est excité à sa fréquence de résonance. Les électrons secondaires émis par le nanotube irradié par un faisceau d'électrons sont collectés via un détecteur ETD. Les fluctuations d'intensité enregistrent le mouvement mécanique de l'oscillateur. (B) Macro-résonateur : les vibrations d'un diapason centimétrique excité par un élément piézoélectrique sont lues par un accéléromètre placé à l'extrémité d'un des bras du résonateur.

Références

[1] Siria, A ; Niguès, A. *Scientific Reports* (**2017**)
[2] Canale, L et al. *Submitted* (**2018**)

Observation de la localisation d'Anderson par le désordre d'alliage dans les puits quantiques d'InGaN/GaN

Wiebke HAHN,[1] Jean-Marie LENTALI,[1] Petr POLOVODOV,[1] James S. SPECK,[2] Claude WEISBUCH,[1,2] Marcel FILOCHE,[1] Yves LASSAILLY,[1] Lucio MARTINELLI,[1] **Jacques PERETTI**[1]

[1]*Laboratoire de Physique de la Matière Condensée, Ecole polytechnique, CNRS, Université Paris Saclay, 91128 Palaiseau Cedex, France*

[2]*Materials Department, University of California, Santa Barbara, California 93106, USA*

Les dispositifs semi-conducteurs incorporent des hétérostructures entre alliages de différentes compositions pour former des barrières, des puits quantiques… Ces alliages comportent un désordre intrinsèque dû à la distribution aléatoire, sur le réseau cristallin, des différents atomes qui constituent l'alliage. La théorie prévoit qu'à ce désordre de composition sont associées des fluctuations du potentiel vu par les porteurs sur des échelles de quelques nanomètres qui induisent des effets de localisation d'Anderson.
Dans les hétérostructures en nitrures semi-conducteurs, telles que les puits quantiques d'InGaN/GaN qui constituent la partie active des diodes électroluminescentes (LEDs) pour l'éclairage, à cause de la très forte variation de l'énergie de bande interdite avec la composition (de 0.7 eV pour InN à 3.4 eV pour GaN), les fluctuations du potentiel induites par le désordre d'alliage peuvent atteindre quelques centaines de meV (Figure 1) [1]. Les effets de localisation sont alors attendus à température ambiante, susceptibles d'avoir un impact fort sur les propriétés et les performances des dispositifs (largeur du spectre d'émission, longueur de diffusion, efficacité relative des mécanismes de recombinaison radiatifs et non radiatifs, en particulier à forte injection.

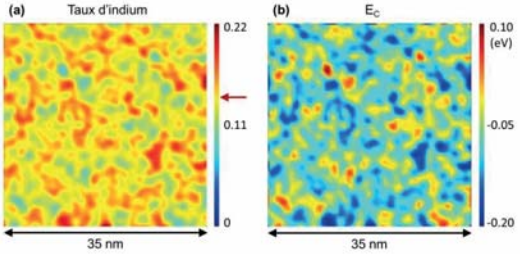


Figure 1 : (a) Carte du taux d'indium mesurée par sonde atomique tomographique dans un puits quantique de InGaN/GaN de concentration nominale en indium 14%. (b) Carte calculée de l'écart à l'énergie nominale du minimum de la bande de conduction.

Des fluctuations spatiales du spectre d'émission ont déjà été observées dans les puits quantiques d'InGaN/GaN par des techniques de spectroscopie optique résolue spatialement (photoluminescence, cathodoluminescence, microscopie optique en champ proche). Mais ces résultats ne sont pas compatibles avec l'émission attendue à partir d'états localisés induits par le désordre d'alliage: l'échelle caractéristique des fluctuations est grande (de l'ordre de la centaine de nanomètres ou plus) et aucune émission locale de largeur spectrale inférieure à 100 meV n'a été détectée à température ambiante.

Nous présenterons des expériences de micro-spectroscopie de luminescence sous injection locale des électrons par STM que avons récemment réalisées dans une structure à puits quantique unique d'InGaN/GaN, à température ambiante. Des fluctuations du spectre d'émission sur des distances de quelques nanomètres sont observées et des raies étroites caractéristiques de l'émission d'états localisés individuels sont résolues. Ces résultats, qui constituent la première mise en évidence expérimentale de l'émission caractéristique de la localisation d'Anderson des porteurs induite par le désordre d'alliage, sont en accord avec les simulations basées sur la théorie du paysage de localisation récemment développée [2-4].

Références

[1] Yang, T.-J.; Shivaraman, R.; Speck, J. S.; Wu, Y.-R.. *J. Appl. Phys.* **2014**, *116*, 113104
[2] Filoche, M.; Piccardo, M.; Wu, Y.-R.; Li, C.-K.; Weisbuch, C.; Mayboroda, S.; *Phys. Rev. B* **2017**, *95*, 144204.
[3] Piccardo, M.; Li, C.-K.; Wu, Y.-R.; Speck, J. S.; Bonef, B.; Farrell, R. M.; Filoche, M.; Martinelli, L.; Peretti, J.; Weisbuch, C.. *Phys. Rev. B* **2017**, *95*, 144205.
[4] Li, C.-K.; Piccardo, M.; Lu, L.-S.; Mayboroda, S.; Martinelli, L.; Peretti, J.; Speck, J. S.; Weisbuch, C.; Filoche, M.; Wu, Y.-R.. *Phys. Rev. B* **2017**, *95*, 144206.

Profil reconstitué de Pierrette

Pierrette

Le Paléosite est un espace muséographique et un centre d'interprétation de la Préhistoire situé dans la commune de Saint-Césaire, à 10 km à l'est de Saintes et à 15 km à l'ouest de Cognac, en Charente-Maritime, et se trouve à proximité du site archéologique de la Roche à Pierrot, où fut découvert un squelette néandertalien en 1979, nommé « Pierrette ».

Outre un aperçu de la vie au paléolithique, vous pourrez sur place découvrir votre alter ego néandertalien grâce à la salle de « morphing »

Session 12

Industriels

Vendredi 23 mars 10h40 – 11h20

Modérateur : David Albertini

Rafaël BARBATTINI

Quantitative measurements of electromechanical response with interferometric atomic force microscopy

Marc CHAIGNEAU

Spectroscopies optiques exaltées par effet de pointe : Application à la caractérisation de matériaux 2D

Quantitative measurements of electromechanical response with interferometric atomic force microscopy

Aleksander Labuda[1], Haidong Lu[2], Alexei Gruverman[2] and Roger Proksch[1]

[1] *Asylum Research, an Oxford Instruments Company, Santa Barbara, CA*

[2] *University of Nebraska, Lincoln, NE*

One of the ongoing challenges in the field of piezoresponse force microscopy (PFM) is the accurate quantification of the piezoelectric coefficients. Conventional PFM systems almost exclusively use an optical beam deflection (OBD) system where a laser is focused on the back of the cantilever and the angle of the reflected light is used to deduce the cantilever normal and lateral tip motion. However, non-desirable buckling and torsion of the cantilever may be misinterpreted as cantilever tip motion. This is a shortcoming of the OBD method which measures the angle of the cantilever, rather than the displacement of the tip.

Here, we describe results on highly sensitive PFM imaging and spectroscopic studies of ferroelectrics ($LiNbO_3$ crystals and $Pb(Zr,Ti)O_3$ and $BaTiO_3$ thin films) performed with an interferometric AFM. This AFM is based on a commercial Cypher S AFM and combines the existing OBD system with a separate quantitative interferometric Laser Doppler Vibrometer (LDV) system to enable accurate measurements of the displacement and velocity of the cantilever tip [1]. This combined instrument allows a host of quantitative measurements to be performed including measuring a variety of in-situ PFM cantilever oscillation modes, as well as accurately measuring the cantilever spring constant prior to making contact with the surface. Importantly, the piezoelectric coefficients extracted from several LDV measurements showed an order of magnitude less variability compared to the error-prone OBD measurements acquired simultaneously. By performing simultaneous LDV and OBD measurements, we were able to conclude that most of the measurement error and variability in PFM measurements thus far can be attributed to the shortcoming of the OBD method.

We present a systematic methodology for accurate PFM measurement of d_{33} and d_{15} coefficients. In this context, the notable differences between the OBD and LDV results are demonstrated and discussed. Even though the interferometer provides an intrinsically quantitative measurement of the cantilever motion, there are additional requirements for quantification of the tip-sample electromechanical response that prevent cantilever dynamics and stray electrostatic interactions from overwhelming the PFM signal. Further considerations about the effects of finite loading forces that may reduce the apparent piezoelectric sensitivity are also discussed. In addition, quantitative lateral PFM results, determined from sequential LDV measurements at various LDV spot positions, are also presented.

Références

[1] A. Labuda and R. Proksch, Appl. Phys. Lett. **106**, 253103 (2015)

Spectroscopies optiques exaltées par effet de pointe : Application à la caractérisation de matériaux 2D

Marc CHAIGNEAU[1], Andrey KRAYEV[2]

[1]*HORIBA France, Palaiseau, France*
[2]*HORIBA Inc., Novato, CA, USA*

La combinaison de spectroscopies optiques avec la microscopie à sonde locale permet d'amplifier la diffusion Raman mais également la photoluminescence de matériaux 2D. Cette amplification du signal spectroscopique, obtenue grâce à une pointe AFM recouverte d'une couche mince d'argent, est très localisée et permet ainsi d'augmenter la résolution optique jusqu'à la dizaine de nanomètres.

Dans cet exposé, nous présenterons des résultats de spectroscopies optiques exaltées par effet de pointe (TEOS, pour Tip-Enhanced Optical Spectroscopies) sur de l'oxyde de graphène fonctionnalisé [1] et des matériaux semi-conducteurs 2D (MoS2 et WS2) [2]. Nous illustrerons sur ces matériaux la possibilité de corréler ces informations chimiques et optoélectroniques obtenues grâce au TEOS avec d'autres modes d'imagerie AFM telle que la sonde de Kelvin ou la mesure de photo-courant.

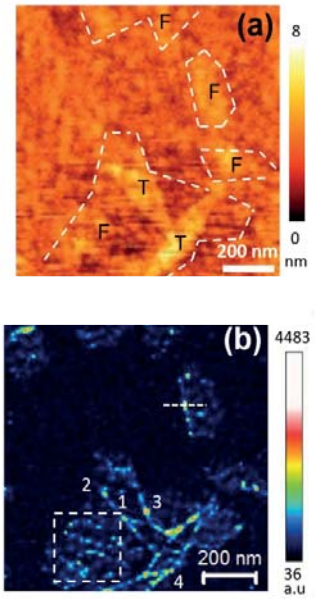


Figure 1 : (a) Image AFM et (b) image NanoRaman hyperspectrale de feuillets d'oxyde de graphène. La résolution optique est de 10 nm.

Références

[1] Kumar, Su, Krayev, Chaigneau, «In-situ Topographical, Chemical and Electrical Imaging of Carboxyl Graphene Oxide at the Nanoscale » *Nature Communications* (en revision)

[2] Okuno, Lancry, Tempez, Cairone, Scatena, Matteo Bosi, Filippo Fabbri, Chaigneau «Tip-enhanced Photoluminescence and Raman studies on single- and bi-layer MoS2» (soumis).

[3] Kastl, Chen, Kuykendall, Darlington, Borys, Krayev, Schuck, Aloni, Schwartzberg «The important role of water in growth of monolayer transition metal dichalcogenides» *2D Mater.* **2017** 021024.

B.D.

Le festival international de la bande dessinée d'Angoulême, plus communément appelé festival d'Angoulême, est le principal festival de bande dessinée francophone et le plus important d'Europe en termes de notoriété et de rayonnement culturel. Créé en 1974, il a lieu à Angoulême tous les ans au mois de janvier et associe expositions, débats, rencontres et nombreuses séances de dédicace, les principaux auteurs francophones étant présents.

Plusieurs prix y sont décernés, dont le Grand Prix de la ville d'Angoulême, qui récompense un auteur pour l'ensemble de son œuvre, et le Fauve d'or, récompensant un album paru l'année précédente.

Posters

Lundi 19 mars 17h40 – 19h00
Mardi 20 mars 17h40 – 19h00
Jeudi 22 mars 16h10 – 18h10

P1 **Tomaso ZAMBELLI**
Microchanneled SU-8 AFM cantilevers

P2 **Loïc CROUZIER**
Développement d'une métrologie hybride combinant AFM et SEM pour la mesure des propriétés dimensionnelles des nanoparticules

P3 **Delphine POMMIER**
Conception d'une nanosource de plasmons efficace et intégrable

P4 **Véronique VIE**
Détection de transition de phase de lipides membranaires par l'utilisation de microrésonateurs

P5 **Mathieu MIVELLE**
Enhancing Magnetic light emission with optical nanoantennas

P6 **Agnès PIEDNOIR**
Mesure des gradients de forces magnétiques générés par des structures composites par MFM

P7 **Antonio DA COASTA**
Relationship between microstructure and local electrical phenomena in [(Nd2Ti2O7)4/(SrTiO3)n]10 (n = 4-8) superlattices

P8 **Antonio DA COASTA**
Nanoscale piezoelectric measurements on single PVDF textile filament

Éligibilité au prix poster

P9 **Denis MARIOLLE**
Imagerie force-volume rapide appliquée à la cartographie multidimensionnelle des propriétés électriques

P10 **Alexandra DEVALLEE**
Évaluation d'une méthode d'étalonnage pour la mesure de capacités par SMM

P11 **Jaume LLACER-MARTINEZ**
Etude locale de la stabilité de films photovoltaïques pérovskites

P12 **Sébastien TOUSSAINT**
Origami-folded 2D crystals

P13 **Arnaud FOUCHET**
Propriétés électriques locales et tridimensionnelles des nanostructures Sr_3V2O_8 allongées auto-organisées par Scanning Spreading Resistance Microscopy (SSRM)

P14 **Mathilde LEFEVRE**
Production et caractérisation de protéines adhésives recombinantes d'étoile de mer (Asterias rubens)

P15 **Wael HOURANI**
Etude de monocouches supramoléculaires sur HOPG par AFM Haute-Résolution à l'air

P16 **Lionel PATRONE**
SAMs de molécules donneur/accepteur sur SAMs terminées amine

P17 **Benoit TEYCHENE**
Application de l'AFM en mode acoustique pour le suivi en ligne du colmatage de membrane de filtration

Éligibilité au prix poster

P18 **Cuong NGYUEN THAI**
Development, characterization and integration of piezoelectric bio-based textile fibers for energy harvesting applications

P19 **Ludivic BELLON**
Bistabilité thermo-optique de micro-leviers

P20 **Rosine COQ GERMANICUS**
Détermination des propriétés mécaniques de matériaux très rigides: comparaison entre nanoindentation instrumentée, Microscopie à Force Atomique en mode Peak Force Tapping et Contact Résonnant

P21 **Marie CAPRON**
Calcul en temps réel des propriétés mécaniques d'échantillons de bois soumis à des traitements thermiques par la méthode CR-AFM

P22 **Lee KEIBOCK**
In-Situ Monitoring of Copper Nanoparticle Deposition and Dissolution on Gold Thin Film via Electrochemical Atomic Force Microscopy

P23 **Frédéric EGHIAIAN**
Méthodes AFM et optiques pour la mécanobiologie

P24 **Erik ABEGG**
Non-contact determination of the mechanical properties of soft condensed matter using AFM

P25 **Ayoub AIT-OUBBA**
Peut-on prédire la profondeur d'un réseau de dislocations à partir d'observations STM de Morphologies de Surface ?

Éligibilité au prix poster

Microchanneled SU-8 AFM cantilevers

Tomaso ZAMBELLI, Hana HAN, Vincent MARTINEZ, János VÖRÖS

Laboratory of Biosensors and Bioelectronics, Institute for Biomedical Engineering, ETH Zurich, Switzerland

Most of the applications with microchanneled AFM cantilever require a tip. Apertures of the standard cantilevers based on silicon technology were fabricated by milling via tedious FIB or corner photolithography which only provides the pyramidal tip geometry. Here we present the novel approach to obtain a hollow tip on every cantilever without further processing after photolithography.

The hollow SU-8 cantilever with aperture has been fabricated with sideway as shown in Fig.1. All the parameters were adjusted to present work based on the previous fabrication process [1]. For the functionality test, each device was released from the wafer and glued on the customized plastic clip to be simply fixed to the AFM probe holder.

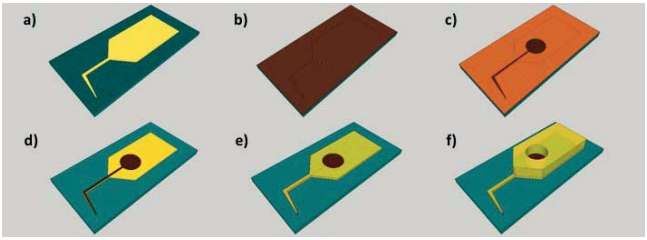


Figure 1 : Sideway microfabrication process for SU-8 micropipette. a) Patterning of 1st SU-8 layer, b) Deposition of Cu as a seed layer, c) Patterning of photoresist and Cu electroplating, d) Strip off the photoresist and Cu seed layer, e) Patterning of the 2nd SU-8 layer, f) Patterning of the SU-8 chip layer.

We have fabricated the hollow AFM cantilevers made entirely of SU-8 having a hundred-microns long tip. The length of cantilever arm and tip could be designed dependently for different types of cantilever. Apertures of the all types of cantilever had a rectangular shape, in a range of 8-15 µm by 10 µm. To confirm their functionality, cantilevers were used to pick up microbeads embedded in hydrogel (Fig. 2c). An optically selected bead was sucked against the aperture edge by applying a negative pressure. Then, the cantilevers were gradually retracted until the bead completely emerged from the gel.

Références

[1] Martinez et al, *J Micromech. Microeng*, **2016** 26, 055006

Développement d'une métrologie hybride combinant AFM et SEM pour la mesure des propriétés dimensionnelles des nanoparticules

Loïc CROUZIER[1,2], Alexandra DELVALLEE[1], Nicolas FELTIN[1], Sébastien DUCOURTIEUX[1], Laurent DEVOILLE[1], Guillaume NOIRCLER[1], Christian ULYSSE[3]

1 Laboratoire National de métrologie et d'Essais – 29 avenue Hennequin, 78197 Trappes Cedex (France)
2 INSTITUT P' D1 / Axe PDP, SP2MI bât. H1 – Bd Marie et Pierre Curie, 86962 Futuroscope Chasseneuil (France)
3 Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies C2N, route de Nozay, 91460 Marcoussis (France)

A ce jour, il n'y a pas d'instrument capable de mesurer un nano-objet selon les trois directions de l'espace avec une incertitude contrôlée. La combinaison de plusieurs instruments est donc nécessaire pour caractériser métrologiquement les propriétés dimensionnelles d'un nano-objet. Cette étude propose une nouvelle approche de la métrologie hybride tirant parti de la complémentarité des techniques AFM (Atomic Force Microscopy) et SEM (Scanning Electron Microscopy) pour la mesure 3D des paramètres dimensionnels des nanoparticules (NP). En effet, le SEM ne donne aucune information quantitative selon l'axe Z alors que l'incertitude associée à la mesure AFM des NP est proche de 1,5 nm [1]. Inversement la mesure selon les axes X et Y est impactée par la convolution pointe/NP pour l'AFM quand les derniers SEM équipés de source FEG peuvent atteindre une résolution de 1 nm.

Des études précédentes ont été menées sur la comparaison du mode de distribution en taille obtenu par AFM et SEM mais sur des populations différentes de NP [2]. Dans ce contexte, un nouveau système de repositionnement composé d'un substrat Silicium lithographié a été développé. Avec ce dispositif, il est désormais possible de combiner les mesures AFM et SEM directement sur la même population de NP. Afin de vérifier la validité de ce concept ainsi que les capacités des deux instruments, des mesures ont été réalisées sur plusieurs échantillons de NP de silice amorphe élaborés selon la technique Stöber [3] et de taille allant de 5 nm à 110 nm (cf. Figure 1). Bien que la nature sphérique des NP impose une égalité entre les mesures de hauteur et de diamètre, un écart systématique est observé pour les plus petites particules. En effet, le diamètre mesuré est supérieur à la hauteur.

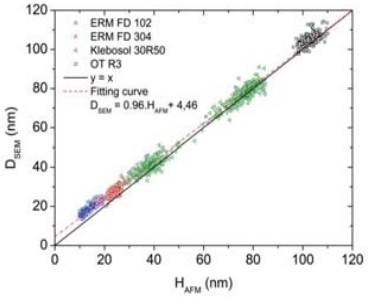


Figure 1 : Comparaison entre les mesures de hauteur réalisées par AFM et les mesures de diamètre mesurées par SEM sur plusieurs populations de NP de silice

Une comparaison entre des nanoparticules de silice et de PSL (Polystyrène Latex) de diamètre 30 nm, dont la déformation est connue [4-5] suggère que les propriétés mécaniques des NP pourraient jouer un rôle dans les écarts observés. L'étude de la sphéricité des particules de silice permet d'établir l'hypothèse selon laquelle l'orientation des NP sur le substrat a un impact sur les différences observées.

Références

[1] Delvallée, A.; Feltin, N.; Ducourtieux, S. *Metrologia* **2016,** *53 Number 1*
[2] Delvallée, A.; Feltin, N.; Ducourtieux, S. *Measurement Science and Technology* **2015**, *26 Number 8*
[3] Huang, J. ; Pemberton, JE. *Colloids and Surfaces A : Physicochemical and Engineering Aspects* **2010**, *360,* 175
[4] Hayashida, M.; Kumagai, K.; Malac, M. *Micron* **2015**, *79*, 53
[5] He, BC.; Fu, WE.; Liou, HC. *Proc of SPIE* **2012**, *8378*

Conception d'une nanosource de plasmons efficace et intégrable

Delphine POMMIER[1], Cheng ZHANG[2], Anne-Lise COUTROT[2], Christophe SAUVAN[2], Eric LE MOAL[1], François MARQUIER[2], Gérald DUJARDIN[1], Marco APRILLI[3], Julien BASSET[3], Julien GABELLI[3], Jean-Jacques GREFFET[2], Elizabeth BOER-DUCHEMIN[1]

Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay [1] - CNRS, Université Paris Sud, Université Paris Saclay, Orsay 91400

Laboratoire Charles Fabry [2] - Institut d'Optique Graduate School, Palaiseau 91120

Laboratoire de Physique des Solides [3] – Université Paris Sud, Université Paris Saclay, Orsay 91400 [3]

La plasmonique est un domaine de recherche très vaste dont peuvent découler de nombreuses applications, notamment un éventuel remplacement des composants électroniques par des composants plasmoniques, qui seraient moins limités en modulation par la génération de chaleur qui posera une véritable barrière à l'amélioration de la vitesse et de la puissance des composants électroniques. L'avantage de cette solution par rapport à son équivalent optique est que grâce à la petite longueur d'onde des plasmons ceux ci peuvent être confinés dans un très faible volume, ce qui permet de miniaturiser les composants dans des volumes bien inférieurs au confinement nécessaire à la photonique.

Cependant pour parvenir à alimenter les composants plasmoniques miniaturisés, il est important d'avoir une source elle aussi miniaturisée, intégrable à un circuit électronique et efficace. L'excitation des plasmons peut s'effectuer de façon optique, par exemple avec un nano-laser, mais étant donné qu'ils sont font au minimum 100nm de côté, (cf ref. [1]), cela augmenterait la taille du composant plasmonique. Cette excitation peut également s'effectuer de façon électrique, et dans ce cas, deux solutions sont possibles : l'excitation électrique par faisceau de haute énergie, très encombrante, ou par le courant tunnel inélastique qui traverse une jonction tunnel, qui peut être de taille nanométrique (~10nm) mais dont l'efficacité actuelle dans la littérature va de 10^{-4} à 10^{-6} (cf ref.[2]). L'objectif de cette thèse est donc d'augmenter l'efficacité des jonctions tunnel actuelles sans en augmenter la taille en créant une jonction tunnel constituée d'une couche d'aluminium oxydée sur un nanomètre, surplombée d'une nano-antenne d'or puis recouvert d'un film d'or mince (fig.1-a).

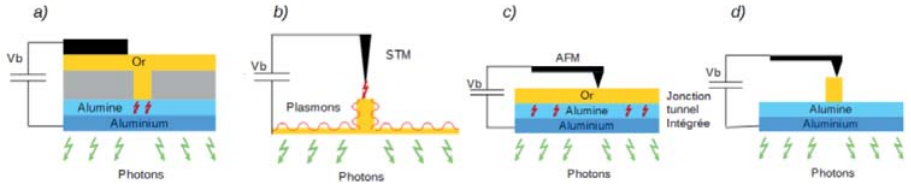


Figure 1 : Schéma des différentes étapes : a) Modèle final de la jonction tunnel intégrée efficace, b) Excitation d'une antenne par un STM, c) Excitation d'une jonction tunnel intégrée via un AFM, et d) Excitation du prototype intermédiaire de la jonction tunnel intégrée via un AFM.

Pour y parvenir, quelques étapes sont nécessaires : tout d'abord nous allons observer l'influence des antennes sur l'efficacité d'une jonction tunnel composée de l'antenne et de la pointe d'un microscope à effet tunnel (STM), l'air qui les sépare constituant l'isolant de la jonction tunnel (fig.1-b). Ensuite, nous allons mettre au point un procédé pour exciter localement une jonction tunnel intégrée grâce à un microscope à force atomique (AFM) (fig.1-c). Le savoir faire expérimental ainsi acquis nous permettra ensuite de vérifier l'efficacité de notre solution sur une version préliminaire du prototype souhaité, plus facile à réaliser et étudier (fig.1-d).

Références (style « Forum – Reference Titre »)

[1] « Electrically driven subwavelength optical nanocircuits », K.C.Y Huang, M.K. Seo, T.Saramiento, Y. Huo, J.S. Harris, M.L. Brongersma, Nature photonics, **2014**, 8, 244-249

[2] « Electrically driven surface plasmon nanosources », E. Boer-Duchemin, T. Wang, E. Le Moal, G. Dujardin, Proc. SPIE, **2015**, *9361*, Ultrafast Phenomena and Nanophotonics XIX

Détection de transition de phase de lipides membranaires par l'utilisation de microrésonateurs

Véronique VIÉ[1], Qingyue Li[1], Lucas Garnier[1], Hervé Lhermite[2], Bruno Bêche[1]

[1]Institut de Physique de Rennes, Campus Beaulieu, Université de Rennes, France,
Institut d'Électronique et de Télécommunication de Rennes, Campus Beaulieu, Université de Rennes, France

Nous avons développé un capteur basé sur des résonateurs optiques afin de détecter des changements d'indice de réfraction environnant pour des solutions ou la matière molle. Ces capteurs à bas coût ont une sensibilité qui permet de détecter la transition de phase lipidique à des concentrations 1000 fois inférieures à celles utilisées par les techniques conventionnelles (Differential Scanning Calorimetry).

Les micro-résonateurs sont réalisés en salle blanche. Les plaques de silicium sont recouvertes d'une résine (UV210) qui, après exposition aux ultraviolets et rinçage, forme des guides de lumière entre lesquels sont positionnés des anneaux ovoïdes. Les anneaux sont positionnés à 500 nm des guides afin de capter le champ évanescent lors du passage de la lumière créant ainsi un peigne de lumière en sortie des guides.

Les caractéristiques du signal de sortie sont dépendantes de l'indice effectif (résonateur-environnement) du résonateur. Ainsi, nous avons pu mesurer des changements d'indice de réfraction de solutions de glucose [1] avec une sensibilité de 0.04mg/ml.

Récemment, nous avons pu suivre la transition de phase lipidique gel/fluide, de la sphingomyeline du lait [2]. Nous décrirons lors de cette présentation les caractéristiques physiques du signal optique. Son analyse conduit à la détermination de la température de la transition de phase gel-fluide de ce lipide dont l'implication est majeure dans les processus membranaires.

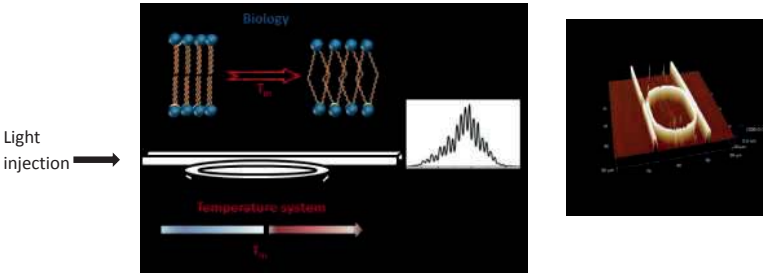


Figure 1 : A gauche, principe de la mesure : un dépôt de lipides est placé sur le résonateur de taille micronique. Durant le chauffage et en particulier au moment de la transition de phase, le spectre collecté en sortie est modifié et analysé. A droite : image optique du guide de lumière et du résonateur, vue de dessus.

Références

1. *Q. Li*, V. Vié, H. Lhermite, E. Gaviot, C. Bourlieu, A. Moréac, D. Morineau, D. Dupont, S. Beaufils, B. Bêche "Polymer resonators sensors for detection of sphingolipid gel/fluid phase transition and melting temperature measurement" Sensors and Actuators A Physical, 263, 707-717, 2017
2. R. Castro-Beltrán, N. Huby, V. Vié, H. Lhermite, L. Camberlein, E. Gaviot, B. Bêche "A laterally coupled UV210 polymer racetrack micro-resonator for thermal tunability and glucose sensing capability" Advanced Device Materials, Maney Online, 1 (3), pp.80-87, 2015.

Enhancing Magnetic light emission with optical nanoantennas

Maria Sanz-Paz[1], Cyrine Ernandes[2,3], Juan Uriel Esparza[2], Geoffrey W. Burr[4], Niek F. van Hulst[1,5], Agnès Maitre[2], Lionel Aigouy[3], Nicolas Bonod[6], Thierry Gacoin[7], Maria F. Garcia-Parajo[1,5], Sébastien Bidault[8] and **Mathieu Mivelle**[1,2*]

[1]Institut de Ciencies Fotoniques (ICFO), The Barcelona Institute of Science and Technology, Barcelona, Spain, [2]Université Pierre et Marie Curie, CNRS, Institut des NanoSciences de Paris, UMR 7588, 75005 Paris, France, [3]Laboratoire de Physique et d'Etude des Matériaux, ESPCI Paristech, CNRS, 75005 Paris, France, [4]IBM Almaden Research Center, San Jose, California 95120, United States, [5]ICREA, Pg. Lluís Companys 23, 08010 Barcelona, Spain, [6]Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, Institut Fresnel, Marseille, France, [7]Laboratoire de Physique de la Matière Condensée, Ecole Polytechnique, Route de Saclay, 91128 Palaiseau, France, [8]ESPCI Paris, PSL Research University, CNRS, INSERM, Institut Langevin, 75005 Paris, France

**e-mail: mathieu.mivelle@insp.upmc.fr*

Electric and magnetic optical fields carry the same amount of energy. Nevertheless, the efficiency with which matter interacts with electric optical fields is commonly accepted to be at least 4 orders of magnitude higher than with magnetic optical fields[1]. Here we experimentally demonstrate that properly designed photonic nanoantennas (figure 1) can selectively manipulate the magnetic versus electric emission of luminescent nanocrystals[2]. In particular, an enhancement of magnetic emission from trivalent europium-doped nanoparticles can only by observed in the vicinity of nanoantennas featuring a magnetic resonance. Moreover, by controlling the spatial coupling between emitter and nanoresonator using a Near-field Scanning Optical Microscope (NSOM), local distributions of both magnetic and electric radiative local densities of states can be readily recorded with nanoscale precision (figure 2), revealing the modification of the quantum environment induced by the presence of the nanoantennas. This manipulation and enhancement of magnetic light and matter interactions is a turning point in nanophotonics, opening up new possibilities for the research fields of opto-electronics, chiral optics, nonlinear & nano-optics, spintronics and metamaterials, amongst others.

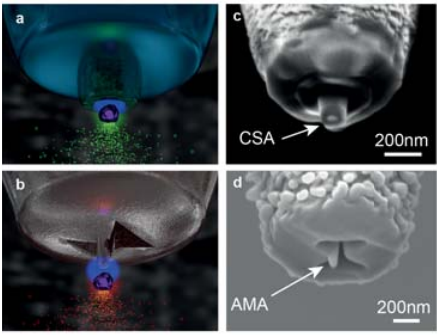


Figure 1. Schematic of a, a coaxial silicon antenna (CSA), and b, an aluminium monopole antenna (AMA), coupled to a trivalent europium doped nanoparticle. c And d are their respective antennas SEM images, placed at the end of a NSOM tip and used experimentally.

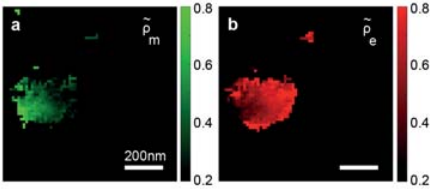


Figure 2. Distribution of a, the magnetic (ρ_m), b, the electric (ρ_e) radiative local densities of state in close proximity to the CSA.

Bibliography

[1] L. D. Landau, E. M. Lífshíts, and L. Pitaevskii, *Electrodynamics of continuous media*, **1984**, *8*

[2] M. Mivelle, T. Grosjean, G. W. Burr, U. C. Fischer, and M. F. Garcia-Parajo, *ACS Photonics,* ***2015,*** *2*, 1071

Mesure des gradients de forces magnétiques générés par des structures composites par MFM

Samir MEKKAOUI[1], **Agnès PIEDNOIR[2]**, Marie-Charlotte AUDRY[1], Anne-Laure DEMAN[1], Damien LE ROY[2]

[1]Institut des Nanotechnologies de Lyon INL-UMR5270, CNRS, Université Lyon1, Villeurbanne F-69622, France
[2] Institut Lumière Matière ILM-UMR 5306, CNRS, Université Lyon1, Villeurbanne F-69622, France

L'implémentation de forces magnétiques dans des systèmes microfluidiques apparait particulièrement avantageuse pour la manipulation sans contact d'objets biologiques marqués magnétiquement [1-2]. Intégrer des microsources de gradients de champs magnétiques dans de tels systèmes permet d'obtenir des forces importantes à l'échelle du micromètre. Cependant, les procédés de microfabrication sont souvent couteux et complexes, et ne permettent pas de résoudre les problèmes d'adhésion entre les structures métalliques et les supports polymères.

Une manière de contourner ces difficultés est l'utilisation de composites magnétiques, obtenus en mélangeant des particules magnétiques dans une matrice élastomère de PolyDiMethylSiloxane (PDMS). Cette approche permet de créer un matériau magnétique aux propriétés modulables, aisément intégrable dans des microsystèmes fabriqués par lithographie douce en matrice élastomère. L'auto organisation des particules magnétiques durant la réticulation du composite permet l'obtention d'un réseau de structures ferromagnétiques dans une matrice non magnétique. Lorsqu'il est soumis à un champ magnétique extérieur, ce matériau génère une forte modulation du gradient de champ à l'échelle du micromètre de sorte que les cibles biologiques (cellules tumorales circulantes, globules blancs, …), marquées magnétiquement, se concentrent dans les zones où le champ magnétique local est maximum.

La caractérisation des forces magnétiques générées au niveau de la surface du matériau est réalisée par microscopie à force atomique (Asylum MFP-3D) en mode MFM. L'utilisation d'une pointe magnétique CoCr permet de relever la topographie des pièges magnétiques en mode Tapping ainsi que de mesurer l'intensité des gradients de force en mode lift. Cette caractérisation permet de comparer la capacité de piégeage entre différentes structures, à mettre en regard du taux de piégeage relevé en système microfluidique.

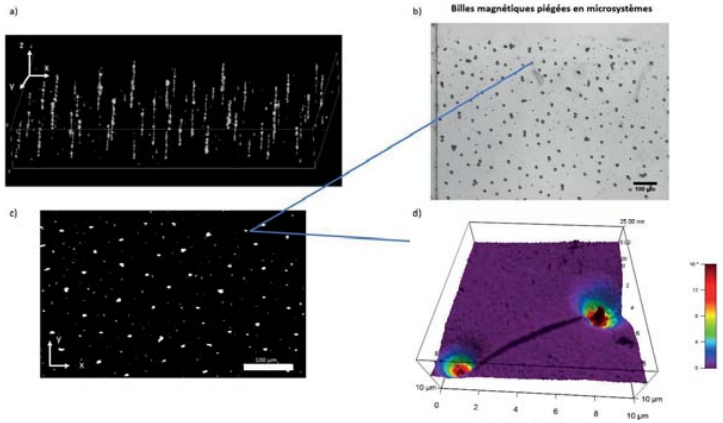


Figure 1 : a) reconstruction 3D de la membrane composite b) utilisation de la membrane pour piéger des micro objets en microsystème fluidique c) projection 2D montrant les pièges magnétiques d) Topographie 3D des pièges magnétiques, l'échelle des couleurs représente le contraste de phase mesuré avec une pointe magnétique CoCr en mode lift (h=50nm).

Références

[1] B. D. Plouffe, S. K. Murthy, and L. H. Lewis, "Fundamentals and application of magnetic particles in cell isolation and enrichment: a review," Rep. Prog. Phys., vol. 78, no. 1, p. 016601, 2014

[2] M. Faivre et al., "Magnetophoretic manipulation in microsystem using carbonyl iron-polydimethylsiloxane microstructures," Biomicrofluidics, vol. 8, no. 5, p. 054103, 2014.

Relationship between microstructure and local electrical phenomena in $[(Nd_2Ti_2O_7)_4/(SrTiO_3)_n]_{10}$ (n = 4-8) superlattices

T. Carlier,[1,2] A. Ferri,[1] S. Saitzek,[1] **A. Da Costa,[1]** M. Huvé,[1] A. Bayart,[1] A. Tebano,[3] R. Desfeux,[1]

[1] *Univ. Artois, CNRS, Centrale Lille, ENSCL, Univ. Lille, UMR 8181, Unité de Catalyse et Chimie du Solide (UCCS), F-62300 Lens, France*
[2] *SCIENTEC, 17 Avenue des Andes, ZA de courtaboeuf, 91940 Les Ulis, France*
[3] *CNR-SPIN and Department of Civil Engineering and Computer Science Engineering, University of Rome, Tor Vergata, Via del Politecnico, 00133, Rome, Italy*

Transition metal oxides thin films with perovskite-type structure were increasingly investigated due to recognized technologically important properties such as high-temperature superconductivity, colossal magnetoresistance, ferroelectricity and, more recently, multiferroicity [1]. A singular interest has been paid to ferro-/piezoelectric lanthanide titanium oxides with perovskite-layered structure ($Ln_2Ti_2O_7$ family) due to their high Curie Temperatures (Tc ~1500°C) which offer very promising perspectives for applications in severe environments [2-4].

In this context, we successfully epitaxially grown artificial $[(Nd_2Ti_2O_7)_4/(SrTiO_3)_n]_{10}$ superlattices (n = 4 and 8) on $SrTiO_3$ substrates by pulsed laser deposition using the in-situ RHEED diagnostic. The crystallographic relationships between $Nd_2Ti_2O_7$ (NTO) and $SrTiO_3$ (STO) (layers and substrate) were found to be: [100]NTO//[001]STO, [010]NTO//[1-10]STO and (00l)NTO//(110)STO. Nanoscale current variation was detected by Conductive-AFM technique on both superlattices with higher density for the $(NTO_4/STO_4)_{10}$ heterostructure. This later sample did not present piezoelectric response as measured by piezo-force microscopy (PFM), while ambiguous piezo-activity was observed on the $(NTO_4/STO_8)_{10}$ superlattice. Scanning transmission electronic microscopy energy dispersive spectroscopy analysis evidenced the diffusion of Nd^{3+} cations on Sr^{2+} sites in $SrTiO_3$ structure into the multilayers, this phenomenon being more pronounced when the value of n was reduced. These particular nanoscale electrical behaviors, *i.e.* the evidence of electrical conducting channels and misleading PFM signals, were mainly attributed to the electronic minibands formation occurring in such artificial systems allowing for tunneling effect and to the existence of oxygen vacancies in the $SrTiO_3$ layers with larger concentrations near the interfaces.

Through this study we show that precautions have to be taken to carefully interpret the obtained local electromechanical signals from classical imaging and spectroscopic modes of the contact-resonance PFM technique. In addition, the interfacial structure properties are shown to be fundamental in order to correctly elucidate the nanoscale electrical behavior in such artificial oxide superlattices.

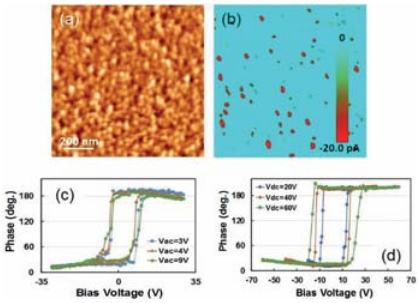


Figure 1: (a) AFM morphology and (b) local conductivity variations measured by c-AFM measured over the surface of the $(NTO_4/STO_8)_{10}$ superlattice. (c) In-phase piezoloops under different AC driving voltage and (d) for different maximum DC voltage for the same heterostructure, evidencing ambiguous piezo-activity.

Références

[1] Cheong, S.-W.; *Nat. Mater.* **2007**, *6*, 927.
[2] Sayir, A.; Farmer, S. C.; Dynys, F.; *Advances in Electronic and Electrochemical Ceramics*, John Wiley & Sons **2006**, 57.
[3] Yamamoto, J. K.; Bhalla, A. S.; *J. Appl. Phys.* **1991**, *70*, 4469.
[4] Yan, H.; Ning, H.; Kan, Y.; Wang, P.; Reece, M. J.; *J. Am. Ceram. Soc.* **2009**, *92*, 2270.

Nanoscale piezoelectric measurements on single PVDF textile filament

A. Ferri [1], F. Rault [2], **A. Da Costa [1],** C. Cochrane [2], M. Boudriaux [2], G. Lemort [2], C. Campagne [2], E. Devaux [2], C. Courtois [3], R. Desfeux [1]

[1] Univ. Artois, CNRS, Centrale Lille, ENSCL, Univ. Lille, UMR 8181, Unité de Catalyse et Chimie du Solide (UCCS), F-62300 Lens, France ;
[2] ENSAIT, GEMTEX, F-59100 Roubaix, France ;
[3] UVHC, LMCPA EA 2443, F-59313 Valenciennes, France

Electroactive polymers are perfect candidates to solve the main problem for e-textiles, *i.e.*: develop self-sustaining energy sensors. Among available piezoelectric polymers, fluoropolymers such as poly(vinylidene fluoride) (PVDF) show the better piezoelectric behavior [1]. Its piezoelectric behavior is known since several decades and is clearly related to its crystalline phases. Many works made on films or fibers have focused on the characterization of the phase transitions during various PVDF processing and on its electromechanical activity by combining several techniques. Piezo-force microscopy (PFM) is an interesting tool to underline the crystalline forms and piezoelectricity efficiency of PVDF at the local scale (Fig. 1(a)). However, this technique is little used on samples in the form of fibers and in this case, it is most often nanofibers. In this study, the feasibility and the interest of PFM analysis on such fibers was investigated as a first step of the development of more complex piezoelectric fiber, *i.e*: multicomponent fiber with concentric layers of different polymers around the PVDF. Different problems like adhesion between the components will limit the drawability of final fiber and the possible conversion of crystalline phases of PVDF. Thus, it is supposed to obtain weak responses of the piezoelectric behavior of PVDF with conventional analyses.

For this work, two conventional PVDF textile filaments with different weak draw ratio (as-spun (DR = 0) and drawn (DR = 1.5) micro-scale fibers) were produced and analyzed by FTIR, XRD and PFM. FTIR spectra revealed small intensity peaks than can be attributed to the polar phase of PVDF for samples having a draw ratio at 1.5. Nevertheless, the presence of such crystalline form could not be confirmed by XRD. It seems that the transformation of α into β phase during the spinning process is too low to present a sensitive signal. PFM analyses have revealed phase and amplitude PFM contrasts for pristine regions over the surface of the fiber without correlation with the associated AFM morphology, which are related to the polar β-phase of the PVDF (Fig. 1(b)). From piezoresponse loops, local effective piezoelectric constant of about 12 pm/V was determined (Fig. 1(c)), evidencing the electromechanical behavior of the individual fiber at the local scale. These performances are required for considering such micro-scale functional fibers in textile applications.

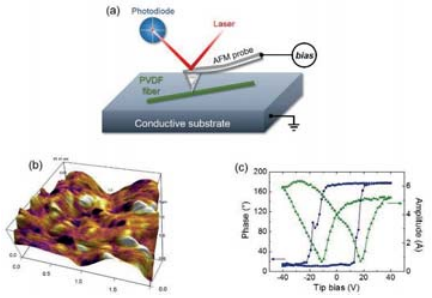


Figure 1: (a) Experimental setup for probing the local electromechanical response of single PVDF fiber; (b) Phase piezoresponse overlaid on top of the 3D topography showing no correlation between the two signals; (c) Piezoresponse phase and amplitude loops measured on the PVDF fiber.

Références

[1] Ramadan, K. S.; Sameoto, D.; Evoy, S. *Smart Mater. Struct.* **2014**, *23*, 3.

Imagerie force-volume rapide appliquée à la cartographie multidimensionnelle des propriétés électriques

Denis MARIOLLE[1], Nicolas CHEVALIER[1], Mickael FEBVRE[2], Zhuangqun HUANG[2], Bede PITTENGER[2], Peter DE WOLF[2]

[1]Univ. Grenoble Alpes, F-38000 Grenoble, France
[1]CEA, LETI, MINATEC Campus, F-38054 Grenoble, France
[2]Bruker Nano Surfaces, 112 Robin Hill Road, Santa Barbara, CA 93117, USA

De nos jours, les modes électriques [1] basés sur la microscopie à force atomique (AFM) permettent de caractériser une gamme étendue de propriétés telles que la conductivité, la charge, le potentiel de surface, la densité et le type de porteurs, les domaines piézoélectriques. Parmi ces techniques, on peut citer l'AFM en mode conducteur (C-AFM, TUNA, SSRM, SCM, etc.), la microscopie à sonde de Kelvin (KFM) ou encore la piézo-force (PFM). En pratique, elles s'utilisent couramment en mode imagerie ou en mode spectroscopie pour l'étude des matériaux et des dispositifs électroniques à l'échelle nanométrique. En mode imagerie, les conditions d'analyses (par exemple la polarisation DC de l'échantillon) sont fixées pour toute la durée de l'acquisition. En mode « spectroscopie », la pointe est stationnaire, tandis que le signal électrique d'intérêt varie (par exemple la polarisation DC de l'échantillon). Dans cette étude, nous proposons un mode d'acquisition multidimensionnel basé sur une méthode de cartographie par force volume rapide (FFV) ce qui a pour avantage de combiner en une seule acquisition l'imagerie et la spectroscopie. La particularité de ce mode repose sur le fait que chaque cycle d'acquisition force-distance comprend un segment d'une durée prédéfinie (Δt ou *hold time*) pendant lequel la force est maintenue constante (figure 1). Durant ce temps Δt, on acquiert un signal électrique d'intérêt en faisant varier l'un des paramètres expérimentaux (tension, amplitude, fréquence, etc.). Il résulte de ce mode d'acquisition un volume tridimensionnel de données contenant les spectres électriques et mécaniques en chaque pixel. L'analyse de ces données permet d'extraire une grandeur physique d'intérêt, comme une barrière de potentiel à partir d'une courbe I(V) et de la corréler si nécessaire avec les propriétés mécaniques extraites des courbes de force. L'optimisation du cycle d'acquisition permet de maintenir une vitesse d'imagerie relativement élevée (typiquement 20-100 ms/pixel) tout en contrôlant la force (cas des échantillons fragiles). La figure 1 illustre ce mode d'acquisition sur une mémoire SRAM en mode SCM.

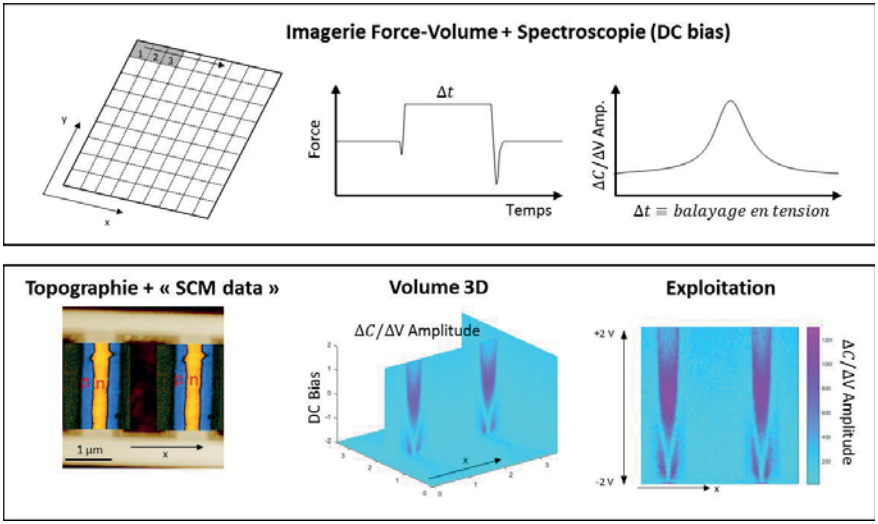


Figure 1 : Principe d'acquisition multidimensionnel basé sur la méthode de cartographie par FFV et exemple de réalisation en Scanning Capacitance Microscopy (SCM) sur une mémoire SRAM. La force est maintenue constante sur la période Δt , sur cette période, la tension de polarisation est balayée de -2 à +2V. A partir du volume 3D de données (signal amplitude $\Delta C/ \Delta V$), il est possible de visualiser sur un profil de données la réponse de la jonction p-n en fonction de la tension de polarisation, et ainsi de visualiser le déplacement apparent de la jonction avec le bias appliqué sur l'échantillon.

Références

[1] Gautier, B. ; Chrétien, P. ; Aguir, K. et al. *Techniques de l'ingénieur* **2016**, *R1084V1.*

Évaluation d'une méthode d'étalonnage pour la mesure de capacités par SMM

Alexandra DELVALLÉE, José MORÁN, Djamel ALLAL, Mohammad Saif KHAN, François PIQUEMAL

Laboratoire National de métrologie et d'Essais (LNE)
29 avenue Roger Hennequin, 78190 Trappes

La microscopie champ proche micro-onde à balayage ou SMM (Scanning Microwave Microscope) est un système de mesure associant un AFM à pointe conductrice avec un analyseur de réseau vectoriel (VNA). Le SMM permet de mesurer les propriétés électriques locales telles que la résistivité ou la conductivité électrique et les capacités à l'échelle nanométrique.
La technique SMM s'appuie sur des mesures de paramètres S_{11} (rapports d'ondes électromagnétiques en réflexion) en utilisant un VNA associé fonctionnant pour une gamme de fréquence allant de 1MHz jusqu'à quelques dizaine de GHz. Outre la résolution et la sensibilité, un critère important est la capacité à acquérir des données quantitatives. Mais l'un des inconvénients majeurs de cette technique est le besoin d'étalonnage systématique à chaque modification dans le montage ou simple changement de fréquence de travail. Le développement et l'évaluation des méthodes d'étalonnage sont donc indispensables pour la mesure quantitative des propriétés électriques.

Deux techniques d'étalonnage de la capacité à partir du SMM sont déjà existantes [1,2,3]. Nous nous concentrerons ici sur la méthode appelée « IEEE calibration workflow » [2]. Cette méthode met en œuvre un « kit de calibration », décrit sur la figure 1, qui est constitué de quatre couches d'oxyde de silicium d'épaisseur différentes ou sont déposés des plots d'or de diamètre variant de 1 µm à 4 µm pour des valeurs de capacités variant d'une centaine d'attofarad à une dizaine de femtofarad. Les valeurs théoriques de capacités sont connues à partir des caractéristiques géométriques (diamètre, épaisseur d'oxyde).

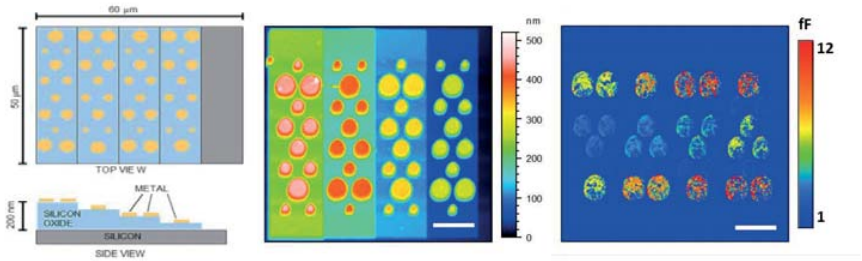


Figure 1 : (gauche) kit de calibration de [4][5], (centre) image topographique (AFM) et (droite) image SMM (capacité) (barre d'échelle 10 µm).

Le choix des plots pour la mesure ainsi que leur nombre ont un fort impact sur les paramètres d'étalonnage calculé et donc les mesures de capacités effectuées. Une évaluation du choix optimal des plots afin d'obtenir une mesure de capacité la moins éloignée possible des valeurs théoriques sera donc menée.

Références

[1] Huber, H.P., et al, 2010 ,. Rev. Sci. Instrum. 81.
[2] Hoffmann, J. et al, 2012. Proc. IEEE Conf. Nanotechnol.
[3] Gramse, G. et al, 2014 Nanotechnology, Volume 25, Number 14
[4] http://www.mc2-technologies.com/smm-calibration-kit/
[5] Kasper, M. et al, 2014, Journal of Applied Physics 116, 184301

Etude Locale de la Stabilité de Films Photovoltaïques Pérovskites

Jaume Llacer Martinez[1,2*], David Moerman[1], Olivier Douhéret[3], Didier Théron[2], et Philippe Leclère[1]

[1] *Laboratoire de Chimie des Matériaux Nouveaux*
Université de Mons (UMONS), Place du Parc 20, B-7000 Mons – Belgique.

[2] *IEMN, Avenue Henri Poincaré, F-59652 Villeneuve d'Ascq – France.*

[3] *Materia Nova R&D Center, Avenue Nicolas Copernic 1, B-7000 Mons – Belgique.*

**jaume.llacermartinez@umons.ac.be*

Depuis quelques années, les cristaux pérovskites hybrides d'halogénures organométalliques ont démontré des propriétés photovoltaïques des plus prometteuses. Outre la facilité de mise en œuvre par voie liquide et le faible coût des matériaux, cet élan résulte surtout d'une augmentation rapide des rendements des cellules solaires correspondantes à des niveaux concurrentiels des technologies Si commerciales. Ainsi, l'efficacité de conversion en puissance a été notamment amélioré de 3.8% en 2009 à 22.1% sept ans plus tard. [1] Cependant, des problématiques scientifiques fondamentales demeurent comme, entre autres, les mécanismes de dégradation des matériaux, le comportement excitonique ou d'hystérèse des dispositifs, et doivent être élucidées pour permettre une industrialisation et commercialisation de cette technologie. La diversité des modes de microscopie à pointe (AFM) apparait des plus opportunes pour étudier les mécanismes de dégradation.

Ce travail étudie la dégradation, à la nanoéechelle, de films polycristallins de pérovskite composée d'iodure de plomb et de méthyl-ammonium ($CH_3NH_3PbI_3$ (MAPI)). Différentes techniques AFM sont utilisées. La Figure 1 présente les images (a) de la hauteur et (b) de potentiel de surface obtenu par AFM en mode Kelvin (KPFM) opérant en méthode de balayage sans contact sur un film mince de MAPI déposé sur une couche dense de TiO_2 et vieilli une semaine en boîte à gants (N_2). La surface du film présente une morphologie granulaire avec, de manière inattendue, des hauts potentiels de surface (contraste plus clair) à la jointure des grains. Compte tenu de cette localisation, ce contraste est attribué à la formation de PbI_2 dont les propriétés isolantes peuvent générer des variations abruptes de potentiel. [2] Pour s'en assurer, des mesures complémentaires par AFM conducteur (C-AFM) devrait confirmer cette hypothèse. Combinées avec une étude plus exhaustive dans la durée de ces contrastes électriques locaux, ces mesures apporteront une meilleure compréhension des mécanismes de dégradation des pérovskites 3D. [3]

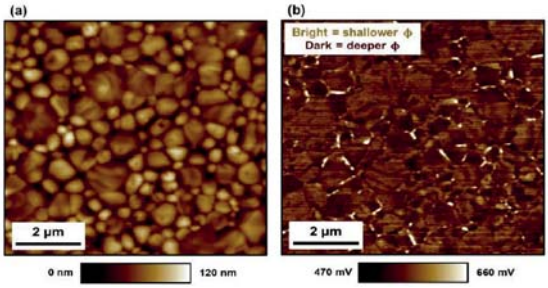


Figure 1 : Images de la (a) topographie et (b) du potentiel de surface, obtenu par AFM et KPFM respectivement, d'une couche de MAPI déposée sur une couche dense de TiO_2.

Références

[1] Best Research-Cell Efficiencies, National Renewable Energy Laboratory (NREL), **2016**.

[2] Y. Zhao, K. Zhu, Chem. Commun. **2014**, *50*, *1605-1607*.

[3] X. Zheng, C. Wu, S. K. Jha, Z. Li, K. Zhu et S. Priya, ACS Energy Letters **2016**, *1*, *1014*.

Origami-folded 2D crystals

Alice Nsengimana, **Sébastien Toussaint**, Boris Brun, Nicolas Moreau, Cécile d'Haese, Bernard Nysten, Benoit Hackens

Université catholique de Louvain, Institute of condensed matter and nanosciences (IMCN/NAPS), B-1348 Louvain-le-Neuve, Belgium

Following the groundbreaking initial experiments performed on graphene [1], 2D crystals aroused a continuously growing interest. In this family of materials, hexagonal boron nitride (h-BN) turned out to be a fundamental building block of heterostructures of 2D crystals (graphene, WSe_2, graphite...), due to its large bandgap and similar lattice constant as that of graphene. Due to their 2D nature, 2D crystals are naturally prone to develop various defects, which could alter their properties, such as cracks, wrinkles, or peculiar folded geometries. Previous reports have shown that, after a high-temperature annealing, h-BN deposited on a substrate with significantly different thermal expansion coefficient exhibits a pattern of wrinkles organised in hexagonal lattice, reminescent of its crystal symmetry [2]. Here, we first reproduce similar results using several micrometer-large h-BN crystals deposited on top of BaF_2 crystals. Using atomic force microscopy we characterize the high aspect ratio wrinkles and unveil the complex three-dimensional topography of the origami-like junctions between uni-dimensional folds (Fig.1). In addition, 2D crystals are predicted to exhibit coupled mechanical-electrical properties : a gradient of deformation (such as the one generated perpendicular to the apex of a wrinkle) should theoretically induce a local electrical polarisation, i.e. the definition of flexoelectricity [3, 4]. Experimentally, we characterize the local electrical polarisation in the vicinity of wrinkles using electrostatic force microscopy (EFM) or Kelvin probe microscopy (KPM). The local electrostatic polarisation makes wrinkled h-BN substrates suitable candidates to induce interesting emergent functional properties in other materials, in particular in heterostructure configuration [5]. The wrinkled h-BN crystals are also characterized using micro-Raman spectroscopy and deviations from the 'bulk' Raman spectrum of pristine h-BN are observed, probably associated to pseudo one-dimensional modes confined in the wrinkle structures.

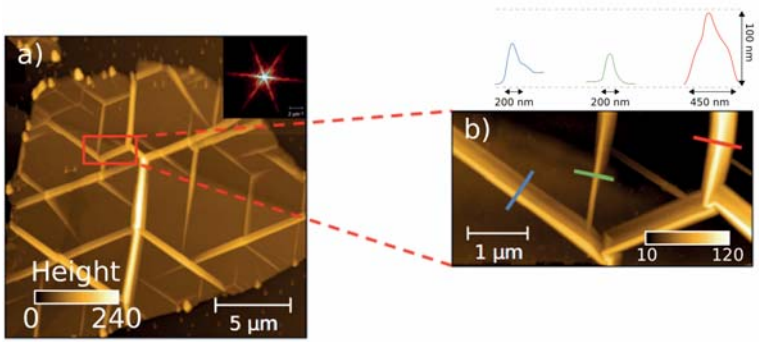


Figure 1 : a) AFM topography of a wrinkled h-BN flake. Most wrinkles are oriented at 120° angle with neighbouring wrinkles. Inset : 2D-FFT of the topography. b) Zoom on the AFM topography map in (a), with line profiles of the wrinkles indicated along the corresponding coloured lines in the topography maps.

Références

[1] Novoselov, Kostya S., *et al.*, *Nature* **2005**, 438.7065, 197.
[2] Oliveira, Camilla K., *et al.*, *Nano Research*, **2015**, 8, 1680.
[3] Zubko, Pavlo, *et al.*, *Annual Review of Materials Research*, **2013**, 43, 387.
[4] Duerloo, *et al.*, *Nano letters*, **2013**, 13, 1681.
[5] Wu, Yong, *et al.*, *Nano letters*, **2017**, 18, 64.

Propriétés électriques locales et tridimensionnelles des nanostructures $Sr_3V_2O_8$ allongées auto-organisées par Scanning Spreading Resistance Microscopy (SSRM)

Arnaud Fouchet[1,*], Rosine Coq Germanicus[1,*], Matthieu Euchin[1], Bruno Bérini[2], Yves Dumont[2], Ulrike Luders[1], Adrian David[1], Wilfrid Prellier[1]

[1] *CRISMAT, CNRS UMR6508, ENSICAEN, Normandie Université, 14050 Caen Cedex 4, France*
[2] *GEMaC, CNRS UMR 8635, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines - Université Paris-Saclay, 45 Av. des États-Unis, 78035 Versailles; France*
*arnaud.fouchet@ensicaen.fr, rosine.germanicus@unicaen.fr

De nos jours, l'approche « bottom-up » est un moyen simple et contrôlé d'obtenir des nanostructures fonctionnelles et organisées. C'est un processus en une étape qui permet d'obtenir une taille et un espacement réguliers à l'échelle nanométrique. Dernièrement, nous avons montré que les nanostructures auto-organisées se développent à la surface de films de perovskites $SrVO_3$ (SVO) par dépôt laser pulsé (PLD). En fait, des nanostructures allongées auto-organisées de la phase $Sr_3V_2O_8$ sous forme de bâtonnets ont été identifiées, avec la microscopie Auger Scanning (SAM) et la microscopie électronique à transmission à la surface SVO [1]. Tandis que le SVO est un matériau métallique paramagnétique fortement corrélé qui peut être utilisé comme électrode, au contraire, sous forme massif, $Sr_3V_2O_8$ est un orthovanadate isolant avec de faibles pertes diélectriques et est intéressant pour l'application micro-ondes. Néanmoins, les propriétés de transport de l'orthovanadate sous forme nanostructuré n'ont jamais été étudiées jusqu'à présent. Nous proposons de révéler la morphologie et les propriétés électriques locales et tridimensionnelles (Figure 1) de ces nanostructures allongées auto-organisées 3D à l'échelle nanométrique.

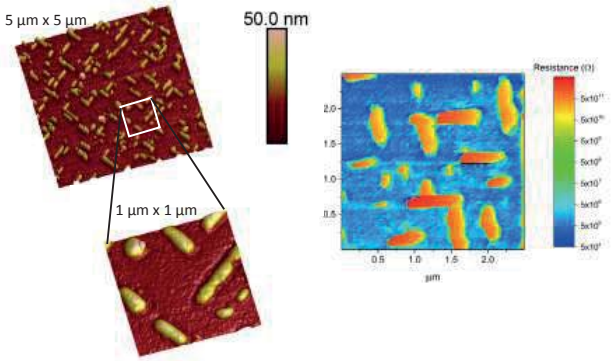


Figure 1: Images AFM 3D topographiques pour des tailles de balayage de 5 µm x 5µm (a) et 1 µm x 1 µm (b) et mesure SSRM

[1] B. Bérini, V. Demange, M. Bouttemy, E. Popova, N. Keller, Y. Dumont, and A. Fouchet, Adv. Mater. Interfaces **3**, 1600274 (2016).

Production et caractérisation de protéines adhésives recombinantes d'étoile de mer (*Asterias rubens*)

Mathilde LEFEVRE[1,2], Patrick FLAMMANG[3], Lionel TAFFOREAU[1], Ruddy WATTIEZ[4], Elise HENNEBERT[1], Philippe LECLERE[2]

[1]*Laboratoire de Biologie Cellulaire - Institut de recherche en Biosciences*
[2]*Service de Chimie des Matériaux Nouveaux - Institut de recherche en Sciences et Ingénierie des Matériaux*
[3]*Laboratoire de Biologie des Organismes Marins et Biomimétisme - Institut de recherche en Biosciences*
[4]*Laboratoire de Protéomique et Microbiologie - Institut de recherche en Biosciences*
Université de Mons (UMONS), Mons, Belgique

Les adhésifs d'origine biologique offrent souvent des performances impressionnantes dans leur contexte naturel et, par conséquent, peuvent inspirer de nouveaux adhésifs pour une variété croissante d'applications en médecine et en science des matériaux. Les étoiles de mer sont des organismes modèles pour le développement de tels adhésifs. En effet, pour s'attacher aux surfaces immergées telles que les rochers, ces organismes utilisent des sécrétions adhésives produites par des organes spécialisés appelés *podia* (Figure 1A). Lorsque ceux-ci se détachent, le matériel adhésif demeure sur le substrat sous la forme d'empreintes [1, 2] (Figures 1B et 1C).

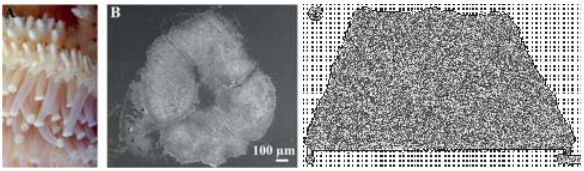


Figure 1 : Podia et empreintes d'*Asterias rubens*. (A) Photo de *podia*, (B) Photo d'une empreinte adhésive au microscope électronique à balayage [2], (C) Image en microscopie à force atomique du matériel adhésif composant l'empreinte [2].

Chez l'espèce *Asterias rubens*, la fraction organique du matériel adhésif est majoritairement constituée de protéines [1]. Récemment, une analyse en spectrométrie de masse des protéines d'empreintes, combinée au séquençage des ARN messager (ARNm) exprimés dans les *podia*, a permis l'obtention des séquences de l'entièreté des protéines constituant le matériel adhésif [3]. Parmi ces 35 protéines, 20 présentent des similarités avec des protéines connues, mais les 15 autres, qui sont aussi les plus abondantes, ne présentent pas d'homologues connus dans les bases de données. L'une de ces nouvelles protéines adhésives, Sfp1, a été caractérisée [4]. Cette protéine de 3853 acides aminés est traduite à partir d'un seul ARNm, et ensuite clivée en 4 sous-unités reliées par des ponts disulfures. Ces sous-unités présentent des domaines de liaison aux protéines, aux carbohydrates, ainsi qu'aux métaux (Figure 2).

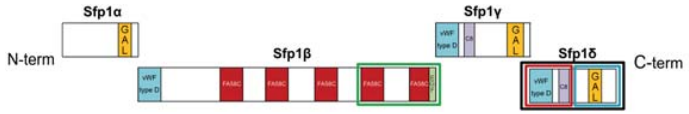


Figure 2 : Sous-unités et domaines de la protéine Sfp1 [4]. Vert, domaine de type Epidermal Growth Factor (EGF) liant le calcium; Jaune, domaine de type lectine se liant au galactose; Rouge : domaine discoïdine; Bleu, domaine de type D du facteur de von Willebrand; Mauve, domaine C8.

N.B. : Les cadres mettent en évidence les parties de protéines produites pour les tests en AFM.

Le but de cette étude est de produire des protéines recombinantes sur base de la séquence de Sfp1 afin de pouvoir tester leurs propriétés adhésives. Différentes parties fonctionnelles de la protéine Sfp1 ont été produites : la partie C-terminale de la sous-unité Beta, la sous-unité Delta, et les parties N-terminale et C-terminale de la sous-unité Delta (Fig.2). Ces protéines recombinantes sont ensuite analysées et caractérisées individuellement par microscopie à force atomique (AFM) afin de visualiser leur microstructure ainsi que leurs propriétés nanomécaniques (adhérence, déformation, et rigidité), notamment en utilisant la technique du Peak Force Tapping.

Références

[1] Flammang, P.; Michel, A.; Van Cauwenberge, A.; Alexandre, H.; Jangoux, M. *Journal of Experimental Biology* **1998**, *201*, 2383.
[2] Hennebert, E.; Viville, P.; Lazzaroni, R.; Flammang, P. *Journal of Structural Biology* **2008**, *164*, 108.
[3] Hennebert, E.; Leroy, B.; Wattiez, R.; Ladurner, P. *Journal of Proteomics* **2015**, *128*, 83.
[4] Hennebert, E.; Wattiez, R.; Demeuldre, M.; Ladurner, P.; Hwang, D.S.; Waite, J.H.; Flammang, P. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **2014**, *111*, 6317.

Etude de monocouches supramoléculaires sur HOPG par AFM Haute-Résolution à l'air

Wael HOURANI, Simon LAMARE, Younes MAKOUDI, **Frank PALMINO** et Frédéric CHERIOUX

Institut FEMTO-ST, Université Bourgogne Franche-Comté, CNRS,

15B Avenue des Montboucons, F-25030, Besançon cedex, France

La formation de réseaux moléculaires fonctionnels sur surfaces est l'un des principaux défis dans le domaine des nanotechnologies. Dans cette présentation, nous allons proposer un procédé très simple qui peut être utilisé pour réaliser la formation d'une monocouche à base de molécules oligo(para-phénylènes) (OPP) fonctionnelles à l'interface air / graphite [1]. Les molécules OPP sont des molécules semi-conductrices qui peuvent être utilisées dans la fabrication de dispositifs électroniques moléculaires [2][3]. En développant une stratégie convergente, nous avons réalisé avec succès la synthèse de ces molécules avec une longueur ajustable. Le dépôt de ces molécules sur une surface de graphite (HOPG) par une technique simple en utilisant la tournette conduit à la formation de réseaux 2D en monocouches étendus. Ces réseaux ont été caractérisés par la microscopie à force atomique (AFM) employée en « PeakForce tapping » à l'air. Les images avec une résolution submoléculaire obtenues nous ont permis de proposer le modèle d'adsorption de ces molécules sur la surface de HOPG (voir Figure 1). Les interactions qui dirigent la formation de réseaux supramoléculaires sur HOPG sont la liaison hydrogène entre les cyanophényles et l'interdigitation des chaines aliphatiques. Ces résultats sont en accord avec ceux qui ont été obtenus par microscopie à effet tunnel (STM) sous ultra vide [4].

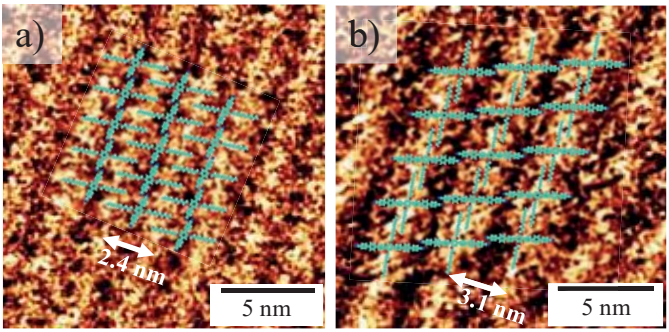


Figure 1 : Comparaison entre les images topographiques (20 x 20 nm^2) et les modèles d'adsorption proposés de molécules (a) OPP-3Ph et (b) OPP-7Ph

Références

[1] Hourani, W. ; Lamare, S. ; Makoudi, Y. ; Palmino, F. ; Chérioux, F., *Nanotechnology* ***2016****, 27, 425601.*

[2] Zheng Q., Jung B. J., Sun J. ; Katz H. E., *J Am Chem Soc,* ***2010****, 132, 5394.*

[3] Hung L. S. ; Chen C.H., *Mater Sci Eng*, ***2002****, 39, 143.*

[4] Makoudi Y. ; Palmino F. ; Arab M. ; Duverger E. ; Cherioux F., *J Am Chem Soc,* ***2008****, 130, 6670-6671.*

SAMs de molécules donneur/accepteur sur SAMs terminées amine

Edward KIONGA-KAMAU[1], Yannick DUFIL[1], Virginie GADENNE[1], Jean-Manuel RAIMUNDO [2], **Lionel PATRONE[1]**

1 IM2NP UMR CNRS 7334, Yncréa Méditerranée / ISEN-Toulon, Maison du Numérique & de l'Innovation, Place G. Pompidou, 83000 Toulon, France.
2 Aix-Marseille Université, CINaM UMR CNRS 7325, case 913, 13288 Marseille cedex 09, France.
lionel.patrone@im2np.fr

Les couches organiques de chromophores donneur-accepteur ont vu leur intérêt s'accroître au cours des dernières décennies en raison de leurs applications potentielles, par exemple en tant que nano-diélectriques auto-assemblés ou pour le photovoltaïque [1]. Bien que le bon fonctionnement de dispositifs électro-optiques à base de ces couches nécessite leur dépôt en films organisés, leurs propriétés d'auto-assemblage sur surface n'ont pas été bien étudiées. De telles monocouches auto-assemblées (SAMs) peuvent être réalisées soit par greffages successifs de molécules donneur et accepteur (par exemple pérylène et porphyrine), ou en une seule fois par le greffage de chromophores donneur-accepteur de type "push-pull" [2]. Deux de ces molécules push-pull ont été étudiées : CP15 et PP1 (Fig. 1a). Dans un premier temps, ces molécules ont été déposées directement sur substrat d'or. Nous avons étudié la dépendance de la morphologie avec la concentration en mettant en évidence la présence de gros agrégats (entre 20 et 60 nm) qui apparaissent à partir des concentrations supérieures ou égales à 10^{-4}M. A partir des spectres RAMAN en mode SERS, nous avons observé un décalage vers le rouge de la bande d'absorption de la SAM de CP15, ce qui indique une possible orientation plus horizontale sur la surface que pour PP1. Ceci est confirmé par l'exaltation observée pour la SAM de CP15 entre 1300 cm^{-1} et 1400 cm^{-1} et la présence d'une bande importante pour la SAM de PP1 autour de 1450 cm^{-1}, que l'on attribue à la polarisation des orbitales coordonnées d'électrons π. Cela montre que la tête greffante COOH permet une meilleure exaltation du groupement bithiophène via l'interaction avec la surface. Dans un deuxième temps, nous avons étudié l'auto-assemblage sur silicium de couches moléculaires terminées amine pour servir de couches d'accroche aux molécules donneur / accepteur. A côté de l'amino-propyltriméthoxysilane, nous avons étudié la réalisation des SAMs de N1-(3-Triméthoxysilylpropyl)diéthylènetriamine qui montrent l'intervention de liaisons hydrogène structurantes. Les études ont ensuite été réalisées sur les SAMs déposées sur aminothiophénol (ATP) sur substrat d'or modèle (Fig. 1b). Nous avons observé que l'exaltation de la SAM de PP1 greffée à la monocouche d'ATP est fortement favorisée par l'utilisation d'un catalyseur permettant la formation d'une liaison amide entre les molécules. Par conséquent, la réaction chimique du groupement COOH du PP1 avec la surface fonctionnalisée NH_2 de l'ATP active le mécanisme de transfert de charge à travers les orbitales coordonnées d'électrons π. Les caractéristiques I(V) des SAMs de PP1 sur ATP ont également été étudiées par STM et les courbes I(V) ont été analysées par spectroscopie de tension de transition [3] (Fig. 1c). L'étude des tensions de transition nous a permis de démontrer que la molécule PP1 déposée sur l'ATP introduit une asymétrie marquée par rapport aux cas de l'or nu et de l'ATP sur l'or (Fig. 1d), et nous avons fait le lien entre cette asymétrie et le dipôle de la push-pull, caractéristique de son orientation au sein de la SAM. Par ailleurs, les caractéristiques de redressement de courant observées semblent indiquer un renversement de l'orientation du dipôle par rapport à la molécule PP1 seule du fait de la liaison covalente avec la molécule d'ATP.

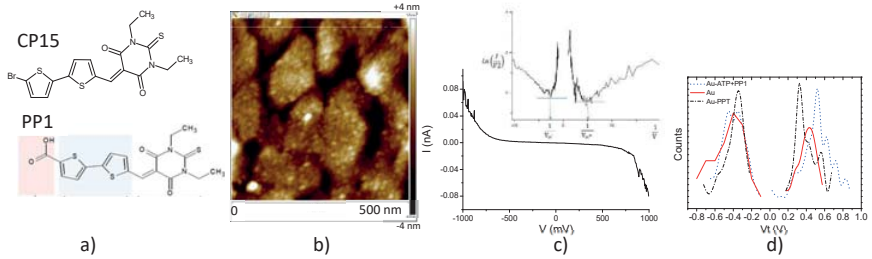


Figure 1 : a) Molécules push-pull étudiées. b) Image STM de SAM de molécules PP1 déposées sur Au(111)+ATP à partir d'une solution à 10-6 M. c) Caractéristique I(V) typique mesurées par STM sur la SAM PP1 sur Au+ATP ; en encart : tracé de type Fowler-Nordheim faisant apparaître les tensions de transition Vt- et Vt+ aux minima. d) Distribution des transitions de transition montrant une asymétrie entre Vt- et Vt+ pour la SAM de PP1.

Des études complémentaires sur l'effet du solvant, du temps de dépôt sont envisagées. Egalement on envisage des analyses XPS, de PM-IRRAS pour étudier l'orientation des molécules, et de spectroscopie UPS et IPES pour mesurer les positions des niveaux HOMO et LUMO. Dans le domaine du photovoltaïque organique, des études complémentaires pourraient viser à incorporer des nanoparticules d'or où d'argent au sein d'une structure de monocouche autoassemblée et ainsi permettre l'augmentation du rendement.

[1] Malytskyi V., Simon J.-J., Patrone L., Raimundo J.-M., *RSC Adv.* **2015**, *5*, 354
[2] Malytskyi V., Simon J.-J., Patrone L., Raimundo J.-M., *RSC Adv.***2015**, *5*, 26308 ; Malytskyi V., Gadenne V., Ksari Y., Patrone L., Raimundo J.-M., *Tetrahedron* **2017**, *73*, 5738
[3] Beebe J.M., Kim B.S., Frisbie D., Kushmerick J.G., *ACS Nano*, **2008**, *2*, 827

Application de l'AFM en mode acoustique pour le suivi en ligne du colmatage de membrane de filtration utilisée pour la production d'eau potable.

Benoit Teychene[1], Hervé Gallard[1].

Institut de Chimie des Milieux et Matériaux de Poitiers (IC2MP – UMR CNRS 7285), Université de Poitiers, Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Poitiers, 7 rue Marcel Doré, Bâtiment 16, TSA 41105, 86073 Poitiers Cedex 9, France. email : benoit.teychene@univ-poitiers.fr, tel : +33549453846

Le problème majeur de la séparation membranaire en traitement des eaux est le colmatage lié à l'accumulation de matières organiques naturelles (MON) à la surface des membranes [1]. Les différents mécanismes de colmatage ont été identifiés comme étant : la concentration de polarisation, le blocage des pores et la construction des dépôts [1].

Du fait de la complexité de ces mécanismes, le suivi en temps réel de ces différents phénomènes reste un challenge pour la communauté scientifique. Les avancées récentes en microscopie à force atomique ouvrent la possibilité d'apporter de nouvelles informations (cartographie des dépôts, structures, rugosité…) [2]. De plus, l'analyse en mode acoustique en milieu liquide permet de développer un suivi des dépôts de filtration en cours de formation et d'étudier l'impact des procédures de lavage.

Dans ce contexte, une cellule de filtration pouvant être installée dans un microscope à force atomique a été développée à l'IC2MP (UMR 7285). Comme présenté sur la figure 1-bas, cette cellule permet d'analyser la topographie des membranes en cours de filtration. Les premiers tests montrent que la formation des dépôts peut être suivie pour différents temps de filtration sans aucune préparation des échantillons. Comme le montre la figure 1-haut, la surface de la membrane vierge présente une taille de pores d'environ 50 nm. Durant la filtration d'une solution aqueuse contenant des matières organiques naturelles, la surface membranaire se recouvre peu à peu d'un dépôt s'accumulant principalement à l'entrée des pores. Les analyses topographiques montrent que le dépôt recouvre progressivement la totalité de la surface membranaire ; les pores ne sont alors plus discernables. Le verrou principal qui reste à lever concerne les perturbations du levier liées à l'écoulement du fluide durant la filtration. Par conséquent, les mesures sont à l'heure actuelle réalisées en stoppant le débit de filtration.

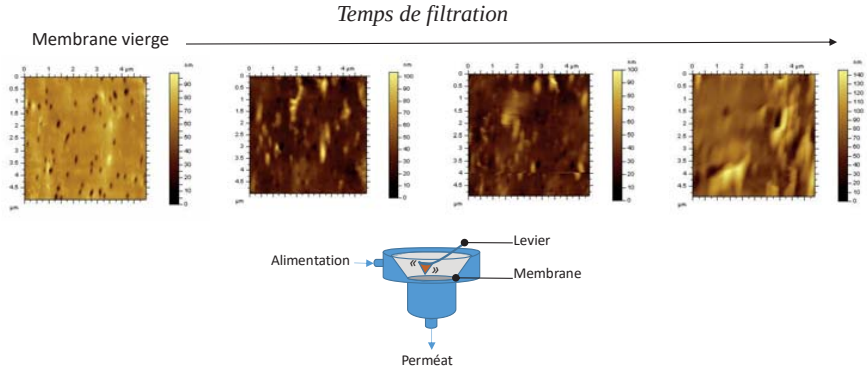


Figure 1 : (Haut) Evolution de la topographie d'une membrane neuve (image de gauche) et lors de la filtration à débit constant d'une solution de matières organiques naturelles (2,5 mg C/L). (Bas) Schéma de la cellule développée à l'IC2MP.

Références

[1] Xiafu Shi, Galit Tal, Nicholas P. Hankins, Vitaly Gitis, Fouling and cleaning of ultrafiltration membranes: A review, Journal of Water Process Engineering **2014**, *1*, 121-138.

[2] L.C. Powell, N. Hilal, C.J. Wright, Atomic force microscopy study of the biofouling and mechanical properties of virgin and industrially fouled reverse osmosis membranes, Desalination **2017**, *404*, 313-321,

Development, characterization and integration of piezoelectric bio-based textile fibers for energy harvesting applications

Cuong NGUYEN THAI[1,2], Alexandre DE NEEF[3], Valentina SESSINI[3], Sophie BARRAU[1], Jean-Michel GLOAGUEN[1], Jean-Marie RAQUEZ[3], Philippe LECLÈRE [2].

1Unité Matériaux et Transformations (UMET), University of Lille 1, Villeneuve d'Ascq, France.
[2]Laboratory for Chemistry of Novel Materials (SCMN), University of Mons (UMONS), Mons, Belgium.
[3]Laboratory of Polymeric and Composite Materials (SMPC), University of Mons (UMONS), Mons, Belgium.

Email : thaicuong2402@gmail.com

Electromechanical energy conversion is a process which converts wasted mechanical vibrations such as air movements, biological locomotions or in-body motions, into a more effective, electrical form [1]. Among the diverse mechanisms for mechanical-to-electricity conversion, piezoelectric transduction is a promising subject for research due to its high-power density. Ceramics such as Lead zirconium titanate (PZT) are the most widely used piezoelectric materials for a long time because of its large electromechanical coupling coefficients. However, its applications are becoming more restricted because of its toxicity to the environment. In this context, electroactive biopolymers [2] are potentially superior energy harvesting candidates as they are flexible, robust, lightweight, easy to fabricate, as well as being lead-free and friendly with the environment. In our BIOHARV project, the ultimate objective is to produce prototypes of piezoelectric fibers which are based on electroactive biopolymers. Our systematic approach is to i) use state-of-the art SPM techniques to investigate the morphology, mechanical and electromechanical properties of bio-based polymers and then ii) using insight gained to fabricate piezoelectric textile fibers with reliable energy harvesting performance. In the first phase of the project, we start with Poly(vinylidene fluoride) (PVDF), which is not a bio-based polymer but well-investigated and more popular for its piezoelectric coefficient being the highest value among other polymers. By blending PVDF with other polymers such as Poly(methyl methacrylate) (PMMA), the piezoelectric phase of PVDF (or β phase) can be promoted. [3]

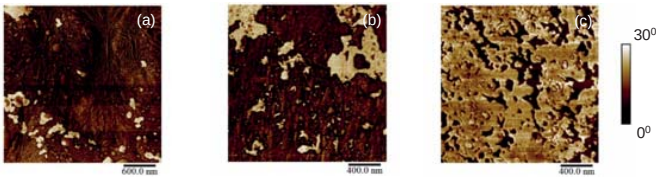
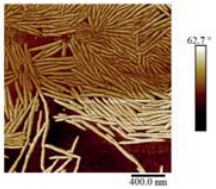


Figure 1 : Tapping AFM phase images of PVDF/PMMA blends produced by melt-blending process :

(a) 100:0; (b) 95:5; (c) 80:20. The data scales range from 0^0 to 30^0.



In fine, we are also trying to develop flexible materials made from bio-based non-isocyanate Poly(urethane) (NIPU) which is produced from the step growth polymerization of Resorcinol bis carbonate and 1,5-diaminopentane. The needle-shaped crystalline structures were initially confirmed by Tapping AFM (Figure 2) and their piezo electric properties are now investigated by Piezo Force Microscopy (PFM).

← Figure 2 : Tapping AFM phase image of bio-based NIPU.

References

[1] Riemer R ; Shapiro A. *Biomechanical energy harvesting from human motion : Theory, state of the art, design guidlines, and future directions*. J.Neuroeng. Rehabil. **2011**, *8*,22.
[2] Fukuda. E. *Piezoelectricity of biopolymers*. Biorheology. **1995**, *32*, 593-609.
[3] Koseki. Y, Aimi. K, Ando. S. *Crystalline structure and molecular mobility of PVDF chains in PVDF/PMMA blend films analyzed by solid-state ^{19}F MAS NMR spectroscopy*. Polymer Journal. **2012**, *44*, 757-763.

Acknowledgements

BIOHARV (BIObased piezoelectric textiles For Energy HARvesting Applications) is an INTERREG collaborative project between five universities (ULille1, UMONS, Mines Douai, ARMINES, UVHC) and one textile research center (CENTEXBEL).

Jean-Marie RAQUEZ and Philippe LECLÈRE are Research Associate and Senior Research Associate of FRS – FNRS (Belgium), respectively.

Bistabilité thermo-optique de micro-leviers

Basile Pottier, **Ludovic Bellon**

Laboratoire de Physique, Université de Lyon, ENS de Lyon, CNRS

Les micro-leviers de microscopie à force atomique (AFM) sont la plupart du temps constitués de silicium, dont la réflectivité dans le visible est médiocre : elle est de l'ordre de 35% pour un levier nu. Le reste de la lumière utilisée pour mesurer leur déflexion est donc soit absorbé, soit transmis en direction de l'échantillon. Cet effet est au contraire recherché pour l'excitation photo-thermique du levier (par exemple blueDrive™). On se propose ici d'étudier l'influence de l'absorption lumineuse sur le micro-levier.

La longueur d'absorption de la lumière visible dans le silicium est de l'ordre du µm, ce qui est souvent comparable à l'épaisseur des leviers AFM. Le champ lumineux n'est donc souvent pas nul sur la face inférieure du levier, où il peut se réfléchir et interférer avec l'onde incidente. Au final, le levier se comporte pour le champ lumineux comme une cavité Fabry-Pérot absorbante, dont l'état d'interférence est fonction de l'épaisseur du levier, la longueur d'onde, et l'indice optique du silicium. Cet état d'interférence va piloter les valeurs des réflectance, absorbance et transmittance du levier. La réflectivité par exemple peut varier d'un facteur 2 pour des variations très faibles (moins de 100 nm) de l'épaisseur du levier.

La fraction absorbée du rayonnement lumineux incident correspond à une source de chaleur à l'extrémité du levier, et dans l'état stationnaire ce flux de chaleur est évacué par convection dans le milieu ambiant, conduction thermique le long du levier jusqu'à son support, et rayonnement thermique. Sous vide, la conduction thermique est le processus dominant, et conduit rapidement à des températures très élevées (plusieurs centaines de degrés pour quelques mW de lumière incidente).

L'indice optique du silicium est dépendant de la température, donc l'état d'interférence du champ lumineux dans l'épaisseur du levier dépend de cette température. Cet état d'interférence pilotant lui-même l'absorption de la lumière, il rétroagit sur le flux de chaleur, et donc sur la température. On a donc un phénomène bouclé entre absorption et température, qui peut induire un comportement non monotone, ou même instable : lorsque de l'absorption est une fonction rapidement croissante de la température, alors si la puissance lumineuse augmente, le flux de chaleur augmente, donc la température augmente, accroissant ainsi l'absorption, donc le flux de chaleur, etc. On peut ainsi observer un cycle d'hystérésis entre des branches basse et haute température lorsque l'on cycle la puissance lumineuse incidente sur le levier. Cet effet est illustré sur la figure 1 ci-dessous : des sauts de température de plusieurs centaines de degrés peuvent être mesurés dans le cycle d'hystérésis.

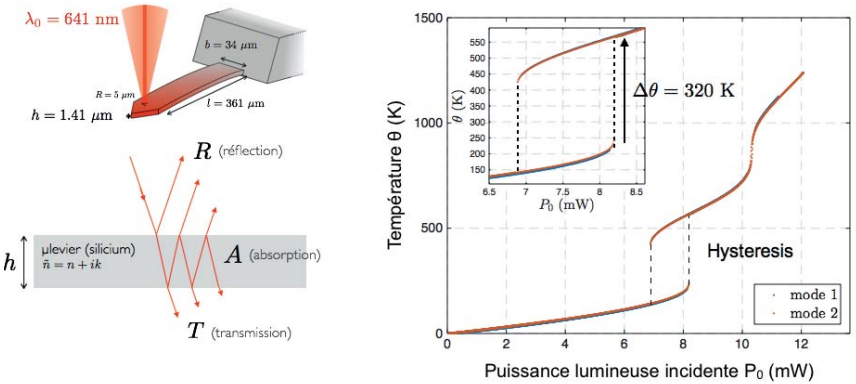


Figure 1 : L'épaisseur d'un levier AFM se comporte comme un cavité Fabry-Pérot pour le faisceau lumineux utilisé pour mesurer sa déflexion. La fraction d'intensité lumineuse absorbée *A* dépend de l'état d'interférence dans cette cavité, donc de l'indice optique du silicium, qui dépend lui-même de la température. Comme la température elle-même est pilotée par l'absorption de la lumière, le phénomène est bouclé et peut engendrer des instabilités. La mesure présentée ici démontre par exemple une augmentation de température oscillant avec la puissance incidente, et présentant même un cycle d'hystérésis autour de P_0=7-8mW, avec des sauts de plusieurs centaines de degrés.

Détermination des propriétés mécaniques de matériaux très rigides : comparaison entre nanoindentation instrumentée, Microscopie à Force Atomique en mode Peak Force Tapping et Contact Résonant

Rosine COQ GERMANICUS[1], David MERCIER[2], Mickaël FEBVRE[3], Jérôme BEAUMALE[3], Philippe DESCAMPS[1], Philippe LECLERE[4]

[1] *CRISMAT, CNRS UMR6508, ENSICAEN, Normandie Université, 14050 Caen Cedex 4, France*
[2] *CMR Group, Liège Belgium*
[3] *Bruker Nano Surfaces, 7 rue de la Croix Martre, 91120 Palaiseau, France*
[4] *Service de Chimie des Matériaux Nouveaux, CIRMAP Université de Mons, Belgium.*

La nanoindentation instrumentée est très largement utilisée pour étudier le comportement mécanique local de la matière en fonction de la profondeur. Cette technique basée sur l'interaction d'une pointe diamant avec la matière, repose sur la mesure d'une force verticale appliquée à l'indenteur. Ainsi la courbe de force-déplacement est générée avec une précision de 1 nm et une sensibilité de la force autour de 10 nN[1]. L'analyse de la courbe permet d'évaluer les propriétés mécaniques locales de l'échantillon analysé comme le module d'Young et la dureté[2].

Concernant le microscope à force atomique (AFM), un déplacement vertical du levier est appliqué au levier de la pointe AFM par une céramique piézoélectrique. En déterminant expérimentalement la raideur (k), et en calibrant la déflection du levier, la force appliquée peut ainsi être déterminée. Grâce à des pointes présentant des apex de quelques nm de rayon, les cartographies de topographie de surface peuvent être obtenues avec une très bonne résolution (proche du nanomètre). Le récent mode Peak Force Tapping avec son extension Quantitative Nanomechanical Mode (PFT-QNM) permet de réaliser des acquisitions tout en contrôlant précisément la distance pointe échantillon et surtout la force maximale appliquée. Une oscillation de l'ordre de 1 à 2 kHz, bien inférieure à la fréquence de résonance du cantilever, est appliquée au levier. La pointe est ainsi en contact intermittent avec l'échantillon. Lors de la mesure PF-QNM la courbe de force déplacement est alors mesurée en chaque pixel de l'image. Les propriétés mécaniques de la matière, comme le module de contact, l'énergie dissipée ou la déformation sont alors déterminées[3,4]. Néanmoins jusqu'à présent les applications étaient limitées à des matériaux relativement complaisants avec un module d'Young < 80 GPa. L'utilisation de pointes AFM en diamant naturel et collées sur un levier en acier (k>350 N/m) a permis de lever ce verrou technologique.

Dans ce travail, nous présentons et comparons les résultats préliminaires obtenus par nanoindentation classique, PFT-QNM et par contact résonant pour deux matériaux rigides à fort module d'Young : le nitrure de silicium (Si3N4) et un revêtement métallique composite (Ni-SiC). Les mesures sont comparées et les différences discutées.

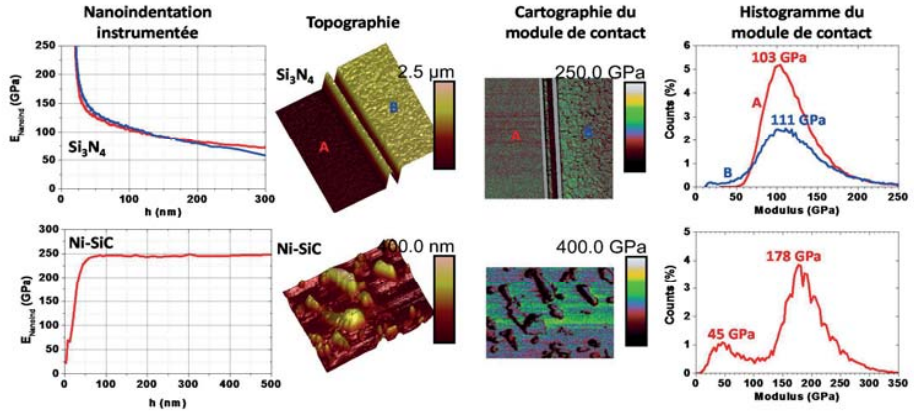


Figure 1 : Si_3N_4(en haut) et Ni-SiC (en bas), les courbes de nanoindentation classique, les topographies AFM, les cartographies du module de contact mesuré en PFT-QNM et les histogrammes obtenus pour chaque échantillon.

Références

[1] S.R. Cohen and E. Kalfon-Cohen, Beilstein J. Nanotechnol. **4**, 815 (2013).
[2] W.C. Oliver and G.M. Pharr, J. Mater. Res. **7**, 1564 (1992).
[3] M.E. Dokukin and I. Sokolov, Langmuir **28**, 16060 (2012).
[4] O. Arnould, D. Siniscalco, A. Bourmaud, A. Le Duigou, and C. Baley, Ind. Crops Prod. **97**, 224 (2017).

Calcul en temps réel des propriétés mécaniques d'échantillons de bois soumis à des traitements thermiques par la méthode CR-AFM

Marie CAPRON[1,2], Alain PANZARELLA[1,2], Bruno SOLE CRUZ[1,2], Diego PONTONI[1,2]

1 ESRF – The European Synchrotron, 71 avenue des Martyrs, Grenoble, France
2 Partnership for Soft Condensed Matter (PSCM), 71 avenue des Martyrs, Grenoble, France

Mots clefs : CR-AFM ; Recouvrance hygrothermique ; Bois de compression

Lors de la croissance des arbres, le bois est produit par dépositions de couches concentriques dans la zone périphérique de la branche, nommée cambium. Ce procédé de formation du bois s'accompagne de la génération de contraintes de croissance. Ces contraintes ont deux origines principales : (1) le chargement ou poids de la structure appliqué progressivement durant la croissance de l'arbre, et (2) la maturation cellulaire apparaissant à la fin de la déposition d'une couche ce qui provoque une contraction longitudinale (L) dans la direction de la branche et une expansion tangentielle (T) aux cernes appelées aussi déformations de maturation. Les contraintes de croissance peuvent être évaluées en mesurant les contraintes internes bloquées qui se composent : des contraintes relâchées instantanément lorsque l'on coupe un échantillon de l'arbre ; et des contraintes visqueuses qui ne sont relâchées que si l'on bout l'échantillon à une température supérieure à la température de ramollissement de la lignine [1]. Ce phénomène est appelé la recouvrance hygrothermique [2]. L'enjeu de cette étude est de pouvoir mesurer les propriétés mécaniques des parois de fibres du bois lors de cette recouvrance hygrothermique.

Les mesures mécaniques sont obtenues à l'aide d'un microscope à force atomique (AFM). L'ESRF développe une technique de caractérisation mécanique à l'échelle submicrométrique reposant sur la microscopie à force atomique à contact résonnant, dite CR-AFM [3]. Cette technique a été utilisée pour caractériser des cellules de bois matures [4-6] et en cours de maturation [7]. Cette technique nous permet de mesurer l'évolution du module de contact et, dans une moindre mesure, de l'amortissement de la paroi cellulaire du bois lorsqu'il est soumis à des traitements thermiques. Le mode CR-AFM du microscope MFP-3D (Asylum Research) a été adapté dans le but de pouvoir suivre en temps réel la mesure du module de contact. L'utilisation d'un module de calcul programmable externe de type FPGA, programmé par LabVIEW, nous permet d'utiliser nos propres modèles de calibration développés à partir d'échantillons de calibration connus. La programmation du module de calcul permet à l'utilisateur d'introduire son propre modèle de calibration. Le signal calibré est ensuite renvoyé comme donnée mesurée par le logiciel de commande du microscope. Sur la figure 1, vous pouvez observer une comparaison entre le signal en fréquence de résonnance du contact mesuré par le MFP-3D et celui obtenu par notre module externe.

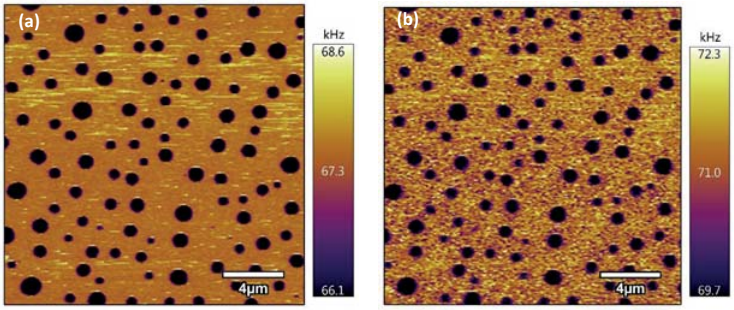


Figure 1 : Comparaison entre le signal en fréquence de résonnance du contact mesuré par le MFP-3D (a) et celui obtenu par notre module externe (b) sur un échantillon de calibration PS LDPE

Références

[1] Gril, J.; Thibaut, B. *Ann For Sci* **1994**, *51*, 329
[2] Kubler, H. *For Prod Abstr* **1987**, *10(3)*,61
[3] Arinero, R.; Lévêque, G.; Girard, P.; Ferrandis, *J.Y. Review of Scientific Instruments* **2007**, *78*, 6
[4] Clair, B.; Arinero, R.; Lévêque, G.; Ramonda, M.; Thibaut, B. *IAWA Journal* **2003**, *24(3)*, 223
[5] Bytebier, K. *Thèse de doctorat, Université Montpellier 2* **2009**
[6] Arnould, O.; Arinero, R. *Composites Part A Applied Science and Manufacturing*, **2015**, *74*, 69
[7] Capron, M.; Ramonda, M.; Laurans F.; Clair, B.; Almeras, T.; Arnould, O. *Plant BioMech 8th conference*, **2015**

In-Situ Monitoring of Copper Nanoparticle Deposition and Dissolution on Gold Thin Film via Electrochemical Atomic Force Microscopy

Pineda JOHN PAUL, Leal MARIO, Pascual GERALD, Kim BYONG, **Lee KEIBOCK**

Park Systems, Santa Clara, United States of America

Technological advances in industries such as electronics, biotechnology, and clean energy have taken a keen interest in understanding the mechanics behind electrophoretic deposition (EPD) at nanoscale due to its versatility and ubiquity in a number of applications [1, 2]. EPD encompasses several industrial proposes that induce migration of colloidal particles suspended in liquid using the influence of an electric field. The particles in an electrolyte solution can then be deposited onto an electrode surface, conferring additional surface chemical or physical properties that are more advantageous for desired applications [3]. Electrodeposition techniques such as electroplating can be performed to enhance to improve electrical conductivity, thermal tolerance, corrosion resistance, and even something as simple as aesthetics. However, to better improve production efficiency for processes that employ electroplating, researchers are keen to understand the dynamics of the process at nanoscale particularly with concerns as to how electrode surface morphology may affect the material's targeted properties post-electrodeposition [4]. To facilitate such investigations, a technique capable of quantitatively measuring electrode sample surface morphology and topography and monitor the electrochemical phenomena at nanoscale is required. Previous attempts at surface characterization with techniques such as scanning electron microscopy (SEM) and scanning tunneling microscopy (STM) have been limited by the necessity of scanning samples in ex situ conditions (e.g., high-vacuum environments) and/or have only been able to acquire averaged data across large scan areas [2. 5]. One alternative that has caught attention for addressing both shortcomings has been electrochemical atomic force microscopy (EC-AFM). This technique has allowed in-situ nanoscale research to be conducted in aqueous environments and with much greater resolution [6]. In this study, we demonstrate the observation via EC-AFM of a reversible deposition and dissolution of copper nanoparticles onto a thin film made of gold in the 111 orientation. Data acquired by a Park NX10 AFM system and a current-voltage curve acquired by a potentiostat reveal the morphological changes of the gold thin film electrode surface before and during the nanoparticle deposition as well as after their dissolution.

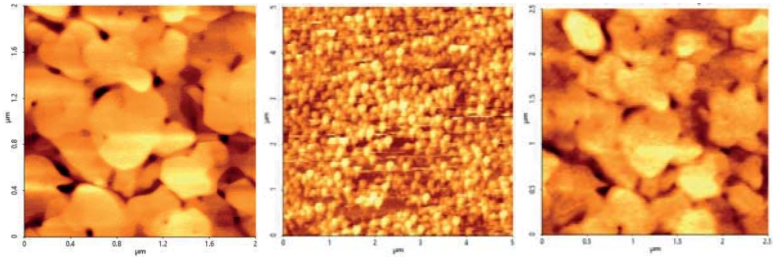


Figure 1: EC-AFM topography images of 111 oriented gold thin film working electrode before (left) deposition with scan size 2 µm x 2 µm, during (center) peak deposition with scan size 5 µm x 5 µm, and after (right) dissolution of electrodeposited copper nanoparticles with scan size 2.5 x 2.5 µm.

References

[1] Dryhurst, G. *Applications of electrochemistry in studies of the oxidation chemistry of central nervous system indoles* **1990**, *90*, 1990 (5 ° 795-811)

[2] Schlesinger, M., Paunovic, M. *Modern Electroplating, 5th Ed.,* **2014**, 2014 (27)

[3] Saidin, N. U., Ying, K. K., Khuan, N. I., *Electrodeposition: Principles, Applications and Methods*, **2011**, *44*, 2011 (49)

[4] Popoola, A. P. I., Fayomi, O. S. I., *Effects of some process variables on zinc coated low carbon steel substrates*, **2011**, *6*, 2011 (20 ° 4264-4272)

[5] Smith, T. J., Stevenson, K. J., *Electrochemical SPM Fundamentals and Applications* in *Scanning Probe Microscopy*, **2007**, *1*, 2007 (280-314)

[6] Reggente, M., Passeri, D., Rossi, M., Tamburri, E., Terranova, M. L., *Electrochemical atomic force microscopy: In situ monitoring of electrochemical processes,* **2017**, *1873* (1 ° 020009)

Méthodes AFM et optiques pour la mécanobiologie

Frederic Eghiaian, JPK Instruments AG

En dépit d'une existence remontant au 19e siècle, la mécanobiologie n'a connu un essor significatif que depuis les vingt dernières années. Parallèlement à ces développements récents, ont émergé de nombreuses méthodes de caractérisations mécaniques pour la biologie, dont certaines sont basées entre autres sur la
microscopie à force atomique, et d'autres sur l'observation par microscopie optique. L'objet de ma présentation sera une revue des méthodes AFM utilisées seules ou en couplage avec des méthodes optiques pour l'étude de phénomènes mécaniques en biologie, à l'échelle de molecules individuelles, et jusqu'aux tissus. Les méthodologies d'application et mesures de force seront décrites et illustrées par leur application à des phénomènes biologiques connus, et leur importance potentielle replacée dans le contexte global de la mécanotransduction.

Non-contact determination of the mechanical properties of soft condensed matter using AFM

Erik Abegg, Elisabeth Charlaix, Joël Chevrier

LiPhy, Université Grenoble Alpes, 38400, Saint Martin d'Hères, France

Precise determination of the elastic properties of soft condensed matter at the nanoscale is important in many situations, from substrate characterization to cancer cell differentiation. When measuring these properties at these small length scales through contact mechanics, adhesive effects dominate the interaction dynamics and prevent obtaining quantitative results. As a solution to this problem, a non-contact measuring mode has previously been developed for the surface force apparatus (SFA). [1] The aim of our project is to move this technique to the AFM platform.

The added advantages to this technique are the non-invasiveness of the measurement and the prevention of probe contamination. When using this technique on an AFM platform, smaller probes can be utilized, achieving lateral resolution below the micron scale. In contrast to conventional AFM, the technique is not limited to the resonance frequency of the cantilever used, allowing the investigation of frequency dependent viscoelastic effects with a single probe. This was previously demonstrated by investigating the mechanical response of water nano-meniscus over multiple frequencies. [2] We aim to demonstrate the technique on two devices, a homemade Force Feedback Microscope employing an optical fiber and a conventional optical beam deflection AFM.

Références

[1] Leroy, S.; Léger, L.; Charlaix, E. *Phys. Rev. Lett*. **2012** *108*, 264501
[2] Carpentier, S.; Charlaix, E.; Chevrier, J.; . *Appl. Phys. Lett*. **2015** *107*, 204101

Peut-on prédire la profondeur d'un réseau de dislocations à partir d'observations STM de Morphologies de Surface ?

Ayoub AIT-OUBBA[1], Christophe COUPEAU[2], Julien DURINCK[2], Jean GRILHE[2], Mohamed TALEA[1].

1-Laboratoire de traitement de l'information, Faculté des sciences Ben M'sik, Université Hassan II-Casablanca, BP 7955 Sidi Othman, 20450 Casablanca, Maroc.

2-Institut P', Université de Poitiers, ENSMA, SP2MI-Téléport 2, 86962 Futuroscope-Chasseneuil cedex, France.

Les matériaux cristallins présentent souvent des reconstructions de surface au niveau atomique. Celles-ci sont interprétées comme étant dues à la relaxation des contraintes de surface. Dans le cas de l'Au(111), des structures en chevrons séparent des domaines cfc et hcp et sont dues à la relaxation des contraintes de surface par l'insertion d'une ou plusieurs lignes d'atomes chaque 23 lignes d'atomes du cristal. On peut considérer ces lignes comme des morceaux de plans supplémentaires introduits à partir de la surface libre et la limite de ces plans comme des dislocations coins parfaites. Dans l'or, ces dislocations se dissocient parallèlement à la surface en deux partielles de Shockley bordant un défaut d'empilement. La microscopie à effet tunnel (STM) permet de caractériser ces structures [1,2] que l'on peut, en première approximation, interpréter comme des réseaux de dislocations. En supposant que ces défauts sont bien des dislocations, l'élasticité linéaire permet en parallèle de déterminer le profil de la surface en fonction de différents paramètres, comme par exemple la profondeur du réseau de dislocations qui est supposé de l'ordre du plan atomique.

Dans ce contexte, nous avons d'abord étudié le cas d'une seule dislocation coin de vecteur de Burgers parallèle à la surface et située à une profondeur *h*. Nous avons déterminé, en utilisant la théorie de l'élasticité, le profil de la surface en fonction de *h*. On peut alors caractériser l'image obtenue, voisine d'une gaussienne, par sa largeur à mi-hauteur divisée par sa hauteur. Nous avons tracé ce rapport R(*h)* en fonction de la profondeur *h* de la dislocation. R(*h*) est une fonction monotone croissante de *h*. Pour déterminer expérimentalement la profondeur d'une dislocation, il suffit donc de mesurer la hauteur et la largeur à mi-hauteur du profil de la surface observé. On peut alors déterminer la profondeur de la dislocation en utilisant le graphe de R(*h*).

Nous avons également étudié un dipôle de dislocations séparées d'une distance *d* et montré que, pour une profondeur supérieure à une profondeur critique hc fonction de *d*, la microscopie STM ne pouvait plus séparer les deux dislocations du dipôle.

Nous avons enfin calculé le profil de la surface dans le cas de réseaux de dislocations semblables à ceux observés en STM. Nos calculs semblent montrer que la profondeur des réseaux de dislocations est sans doute supérieure à un plan atomique, [3].

Mots clés: Dislocations, Surface libre, Reconstruction de surface, STM, Contrainte.

Référence:

[1] Woll, C.; Chiang, S.; Wilson, R. J.; Lippel, P. H.; *Phys.Rev. B*. **1989,** *39*, 7988.
[2] Barth, J. V.; Brune, H.; Ertl, G.; Behm, R. J.; *Phys.Rev. B.* **1990,** *42*, 9307.
[3] Ait-Oubba, A.; Coupeau, C.; Durinck, J.; Talea, M.; Grilhé, J.; soumis à *Phil Mag*.

Liste des Participants

ABADIAS Grégory	Institut Pprime	gregory.abadias@univ-poitiers.fr
ABEGG Erik	LiPhy	erikabegg@gmail.com
AIT-OUBBA Ayoub	Université Hassan II de Casablanca	ayoub.aitoubba@gmail.com
ALBERTINI David	INL	david.albertini@insa-lyon.fr
ALCHAAR Mohanad	CEMES	mohanad.alchaar@cemes.fr
ALMADORI Yann	INAC-SyMMES	yann.almadori@cea.fr
ANGULO Jose	LCC	jose.angulo@lcc-toulouse.fr
ARDHUIN Thibault	CEMES	thibault.ardhuin@gmail.com
BACHELOT Renaud	Université de Technologie de Troyes	renaud.bachelot@utt.fr
BARBATTINI Rafael	Oxford Instruments	rafael.barbattini@oxinst.com
BARIS Bulent	CEMES	bulent.baris@cemes.fr
BEAUMALE Jerome	Bruker France	jerome.beaumale@bruker.com
BELLON Ludovic	ENS de Lyon UCBL et CNRS	Ludovic.bellon@ens-lyon.fr
BERGMANN Victor	Park Systems Europe Gmbh	pse@parkafm.com
BERTHE Maxime	IEMN	maxime.berthe@iemn.fr
BETTAYEB Mohamed	Chimie ParisTech	mohamed.bettayeb@chimie-paristech.fr
BIJEON Jean-Louis	Université de technologie de Troyes	bijeon@utt.fr
BOUJU Xavier	CEMES	xavier.bouju@cemes.Fr
BOURRELLIER Romain	Schaefer techniques	r.bourrellier@schaefer-tech.com
BOUZEHOUANE Karim	CNRS Thalès	karim.bouzehouane@cnrs-thales.fr
CANALE Luca	ENS	lcanale@lps.ens.fr
CAPRON Marie	ESRF	marie.capron@esrf.fr
CHAIGNEAU Marc	HORIBA FRANCE SAS	lauranne.estevez@horiba.com
CHAURAUD Dimitri	Insitut PPRIME	dimitri.chauraud@univ-poitiers.fr
CLAIR Sylvain	Aix-Marseille Université	sylvain.clair@im2np.fr
COGNARD Christian	Université de Poitiers	christian.cognard@univ-poitiers.fr
COQ GERMANICUS Rosine	CRISMAT LAMIPS	rosine.germanicus@unicaen.fr
CROUZIER Loïc	Lab. Nat. de Métrologie et d Essais LNE	loic.crouzier@univ-poitiers.fr
CRUGUEL Hervé	Sorbonne université	herve.cruguel@insp.jussieu.fr
DA COSTA Antonio	Université Artois	antonio.dacosta@univ-artois.fr
DECOMBE Renaud	Milexia France	renaud.decombe@milexia.fr
DELORME Nicolas	Le Mans Université	nicolas.delorme@univ-lemans.fr
DELVALLÉE Alexandra	Lab. Nat. de Métrologie et d Essais LNE	alexandra.delvallee@lne.fr
DROUET Michel	Institut Pprime	michel.drouet@univ-poitiers.fr
DUBREUIL Frederic	Université Grenoble Alpes	frederic.dubreuil@cermav.cnrs.fr
EGHIAIAN Frédéric	JPK Instruments AG	confregis@jpk.com
ETTEMA Ad	Scienta Omicron	ad.ettema@scientaomicron.com
FAUCHER Marc	IEMN + Vmicro	marc.faucher@vmicro.fr
FEAUGAS Xavier	Université de La Rochelle	xfeaugas@univ-lr.fr
FEBVRE Mickael	Bruker France	Mickael.Febvre@bruker.com
FORESTIER Pierre	France Scientifique	fabien.chiomento@france-scientifique.fr
FOUCHET Arnaud	CRISMAT	arnaud.fouchet@ensicaen.fr
FRANCHINA VERGEL Nathali Alexandra	Université Lille 1	nathalifranchina@yahoo.it
GAUTIER Brice	INL/INSA Lyon	brice.gautier@insa-lyon.fr
GILLMANN Gilbert	NANOANDMORE FRANCE	sales@nanoandmore.fr

GODEY Sylvie	Université Lille 1	sylvie.godey@iemn.univ-lille1.fr
GONZALEZ Nicolas	DIGITAL SURF	cdelayat@digitalsurf.fr
GRESILLON Samuel	Institut Langevin/Sorbonne Université	samuel.gresillon@espci.fr
GUILLERMET Olivier	CEMES	olivier.guillermet@cemes.fr
HOLMES Benjamin	JPK Instruments	holmes@jpk.com
HOURANI Waël	FEMTO-ST	wael.hourani@univ-fcomte.fr
JUBIN Laetitia	Ecole Normale Supérieure	laetitia.jubin@gmail.com
KEEBOCK Lee	Park Systems Europe Gmbh	gerald@parkafm.com
KLEIN Hubert	Aix Marseille Université	klein@cinam.univ-mrs.fr
LAINÉ Antoine	Ecole Normale Supérieure	antoine.laine@lps.ens.fr
LECLERE Philippe	Université de Mons UMONS	philippe.leclere@umons.ac.be
LEFEVRE François-Xavier	Université de Nantes	francois-xavier.lefevre@univ-nantes.fr
LEFEVRE Mathilde	UMONS	mathilde.lefevre@umons.ac.be
LEONI Thomas	Cinam	leoni@cinam.univ-mrs.fr
LEPLEUX Emmanuel	ScienTec	e.lepleux@scientec.fr
LLACER MARTINEZ Jaume	UMONS	jaume.llacermartinez@umons.ac.be
LOPEZ Julien	Oxford Instruments	julien.lopez@oxinst.com
MA Li	Chimie ParisTech/Université PSL	li.ma@chimie-paristech.fr
MARIOLLE Denis	Commissariat à l Énergie Atomique	denis.mariolle@cea.fr
MARLIERE Christian	CNRS Université Paris-Sud	christian.marliere@u-psud.fr
MIVELLE Mathieu	Sorbonne Université	mathieu.mivelle@insp.upmc.fr
MOREAU Nicolas	UCL	nic.moreau@uclouvain.be
NGUYEN THAI Cuong	ULille	cuong.nguyenthai@etudiant.univ-lille1.fr
NIGUÈS Antoine	Ecole normale supérieure	antoine.nigues@gmail.com
NONY Laurent	IM2NP	laurent.nony@im2np.fr
NYSTEN Bernard	UCL - Université catholique de Louvain	bernard.nysten@uclouvain.be
OURDJINI Oualid	Axesstech	oualid.ourdjini@axesstech.fr
PALMINO Frank	Université Franche-Comté	frank.palmino@univ-fcomte.fr
PARA Franck	IM2NP	franck.para@im2np.fr
PARIS Emmanuel	Bruker Nano Surfaces	Emmanuel.paris@bruker.com
PARRET Romain	cinam	parret@cinam.univ-mrs.fr
PATRONE Lionel	IM2NP	lionel.patrone@im2np.fr
PEGUIN Béatrice	Institut Pprime	Béatrice.péguin@univ-poitiers.fr
PERETTI Jacques	LPM	jacques.peretti@polytechnique.edu
PIEDNOIR Agnès	Institut Lumière Matière, Villeurbanne	agnes.piednoir@univ-lyon1.fr
PIODA Alessandro	SPECS Zurich GmbH	pioda@specs-zurich.com
POCHOLLE Nicolas	Université de Bourgogne	nicolas.pocholle@u-bourgogne.fr
POMMIER Delphine	Université Paris Sud	delphine.pommier@u-psud.fr
PORTALUPI Marco	Nanosurf AG	portalupi@nanosurf.com
RAMONDA Michel	Université de Montpellier	michel.ramonda@umontpellier.fr
REECHT Gael	Freie Universität Berlin	greecht@zedat.fu-berlin.de
SAADAOUI Hassan	CRPP, Bordeaux	saadaoui@crpp-bordeaux.cnrs.fr
SABOT René	Université de La Rochelle	rsabot@univ-lr.fr
SAVALL Catherine	Université de La Rochelle	csavall@univ-lr.fr
SEBILLE Stéphane	STIM - Université de Poitiers	stephane.sebille@univ-poitiers.fr
SENEQUIER Franck	Milexia France	margaux.welch@milexia.fr
SIRIA Alessandro	ENS - CNRS	Alessandro.siria@lps.ens.fr
SLIWA Justyna	Park Systems Europe Gmbh	justyna@parkAFM.com
STOMP Romain	Zurich Instruments AG	romain.stomp@zhinst.com
TEYCHENE Benoit	Univ poitiers	benoit.teychene@univ-poitiers.Fr

THOMAS Louis	Université Lille 1	louis.thomas@etudiant.univ-lille1.fr
TOUSSAINT Sébastien	UCL	sebastien.toussaint@uclouvain.be
TRINH Dao	Université La Rochelle	dao.trinh@univ-lr.fr
TROMAS Christophe	Institut Pprime	christophe.tromas@univ-poitiers.fr
TUREK Natalia	Université Lille 1	natalia.turek@ed.univ-lille1.fr
VERNISSE Loranne	Institut Pprime	loranne.vernisse@univ-poitiers.fr
VIÉ Véronique	Université de Rennes 1	vvie@univ-rennes1.fr
VIOT Arnaud	DIGITA SURF	aviot@digitasurf.fr
WALTER Benjamin	Vmicro	benjamin.walter@vmicro.fr
ZAMBELLI Tomaso	ETH Zurich	ztomaso@ethz.ch

- Participant
- Membre du comité local
- Industriel

Liste des exposants

Oualid Ourdjini
oualid.ourdjini@axesstech.fr

Jérôme Beaumale
jerome.beaumale@bruker.com

Julien Lopez
Julien.Lopez@oxinst.com

Fabien Chiomento
fabien.chiomento@france-scientifique.fr

Marc Chaigneau
Lauranne.ESTEVEZ@horiba.com

Benjamin Holmes
holmes@jpk.com

Franck Sénéquier
margaux.welch@milexia.fr

Emmanuel Lepleux
e.lepleux@scientec.fr

Ad Ettema
Ad.ETTEMA@scientaomicron.com

Romain Stomp
romain.stomp@zhinst.com

Benjamin Walter
benjamin.walter@vmicro.fr

Alessandro Pioda
pioda@specs-zurich.com

Nicolas Gonzalez
ngonzalez@digitalsurf.fr

Gilbert Gillmann
sales@nanoandmore.fr

Romain Bourrelier
r.bourrellier@schaefer-tech.com

Programme du lundi 19 au vendredi 23 mars 2018

Lundi		Mardi		Mercredi		Jeudi		Vendredi	
		09:00	Session 2 : Bio	09:00	Session 6 : Optique	09:00	Session 8 : Electrochimie	09:00	Session 11 : Mixte
10:00	Accueil des participants	10:00	Pause	10:00	Pause	10:00	Pause	10:00	Pause
		10:50	Session 3 : Modes electriques	10:50	Session 7 : C & C	10:50	Session 9 : STM	10:50	Session 12 : Industriels
									Clôture
12:00	Déjeuner Buffet	12:00	Déjeuner	12:00	Déjeuner	12:00	Déjeuner	12:00	Déjeuner
		14:00	Session 4 : Auto-assemblage	14:00	Excursions	14:00	Session 10 : Mécanique		
15:00	Ouverture Forum								
15:20	Rémisol	15:20	Pause						
15:40	Session 1 : Electronique	15:50	Session 5 : Manipulation			15:40	Pause		
16:20	Session J. Granet					16:10	Poster 3		
16:40	Exposants 1	16:50	Exposants 2						
17:10	Pause	17:20	Posters 2						
17:40	Posters 1			18:00	Temps libre	18:10	Réunion CS		
19:00	Apéritif d'accueil	19:00	Apéritif (offert par Oxford-Intruments)						
20:00	Dîner	20:00	Dîner	20:00	Dîner	20:00	Gala		
		21:30	Atelier Bruker	21:30	Atelier Park				

ATLANTIQUE
EDITIONS DE L'ACTUALITÉ SCIENTIFIQUE NOUVELLE-AQUITAINE
978-2-911320-61-3