

GDR CNRS 3751 B2i

Bio-Ingénierie des Interfaces

9^{ème} journée thématique

Biofilms Marins et Bactériens



25 mars 2022

PARIS - Campus Pierre et Marie Curie

Journée thématique du GDR B2i

Bio-ingénierie des interfaces



Biofilms marins et bactériens

25 mars 2022

Sorbonne Université (SU), Campus Pierre et Marie Curie (Paris)
Bâtiment Esclançon, Amphithéâtre Durand

Conférences invitées :

Dr Alain Dufour, Laboratoire de Biotechnologie et Chimie Marines

Dr Pascal Thébault, Laboratoire Polymères, Biopolymères et Surfaces



Comité d'organisation

Florence Bally-Le Gall, Wilfrid Boireau, Souhir Boujdaï, Fouzia Boulmedais, Yann Chevlot, Etienne Dague, Karine Glinel, Brigitte Grosgeat, Vincent Humblot, Lydie Ploux, Yoann Roupioz, Luc Vellutini.

Programme

9h30-10h00	Accueil – Amphithéâtre Durand & Cave Esclangon, Bâtiment Esclangon
10h00-10h50	Introduction Conférence invitée Alain Dufour, Laboratoire de Biotechnologie et Chimie Marines <i>« Batailles navales : biofilms, protéines antibiofilm et interactions hôte-pathogène »</i>
10h50-12h10	Contribution 1 : <i>Exploration des interactions dans l'holobionte algal pour la découverte de nouveaux antifouling éco-compatibles</i> Emilie ADOUANE, Raphaël LAMI, Soizic PRADO Contribution 2 : <i>Marine Antibiofouling Properties of TiO₂ and Ti-Cu-O Films Deposited by Aerosol-Assisted Chemical Vapor Deposition</i> Lisa Deblock, Caroline Villardi de Oliveira, Marianne Weidenhaupt, Fabienne Faye, Carmen Jimenez Contribution 3 : <i>Activité antibiofilm d'exopolysaccharide bactérien</i> Marie CHAMPION, Isabelle LIHOSSIER, Emilie PORTIER, Karine REHEL, Xavier MOPPERT, Claire HELLIO, Fabienne FAÏ Contribution 4 : <i>Marine Biofouling from the Molecular Perspective by Atomic Force Microscopy</i> G. Julius VANCOSO
12h10-13h30	Pause déjeuner – Patio 56
13h30-14h20	Conférence invitée Pascal Thébault, Laboratoire Polymères, Biopolymères et Surfaces <i>« Différentes approches d'élaboration de surfaces prévenant la formation de biofilms bactériens »</i>
14h20-15h00	Contribution 5 : <i>Grafting phosphonic acid polymers onto titanium implant by UV irradiation.</i> Caroline Pereira, Jean-Sébastien Baumann, Vincent Humblot, Céline Falentin-Daudré Contribution 6 : <i>Hybrid photoactivatable and antibacterial coatings from bioresources synthesized by photochemistry.</i> Fanny SCHNETZ, Marc Pisset, Isabelle Navizet, Yamin Leprince-Wang, Davy-Louis Versace
15h00-16h00	Pause café – POSTERS
16h00-17h00	Contribution 7 : <i>Initial bacterial retention on polydimethylsiloxane of various stiffnesses: the relevance of modulus (mis)match.</i> Viktoriia Drebezghova, Hubert Gojzewski, G. Julius Vancso, Corinne NARDIN Contribution 8 : <i>Revêtements SLIPS (Slippery Liquid Infused Porous Surface) Résistant à la Déplétion de Lubrifiant pour Applications Antibactériennes</i> David Riassetto, Hong-Huy Tran, Céline Ternon, Michel Langlet Contribution 9 : <i>New solid-state NMR approaches to decipher at high resolution the molecular organization of bacterial biofilms.</i> Antoine Loquet Mot de clôture

Programme Posters

How to characterize the liquid/organic layer/solid interface at the nanometric scale? Application to silane monolayers.

Adonis Steve Takala, Solène Lecot, Antonin Lavigne, Frédéric Dubreuil, Thomas Gehin, Yann Chevotot, Christelle Yeromonahos, Magali Phaner-Goutorbe

Phospholipid-porphyrin supramolecular assemblies with photodynamic and photothermal activities against bacteria and their biofilms.

Ali Makky, Paul Cressey, Louis-Gabriel Bronstein, Christophe Regeard

Développement du greffage de polymères bioactifs sur des copolymères d'oléfines cycliques pour améliorer l'hydrophilie.

Jean-Sébastien Baumann, Emile Jubeli, Angelo Morocho, Nadjet Yagoubi, Céline Falentin-Daudré

Elaboration d'un patch par electrospinning pour le traitement de la myéloméningocèle.

Khaoula Benabdderrahmane, Jean-Sébastien Baumann, Salah Ramtani, Julien Stirnemann, Céline Falentin-Daudré

Development of an Artificial Bioresorbable Ligament Based on pNaSS Grafted PCL.

Maya Abdallah, Céline Falentin-Daudré

Surface functionalization of non-woven polypropylene (PP) using plasma treatment: chemical and biological approaches to induce antimicrobial properties.

Tianyue Wei, Caroline Aymes-Chodur, Christophe Regeard, Nadine Aubry-Barroca, Philippe Roger

Greffage de polymères bioactifs sur des implants en silicone afin d'améliorer la réponse biologique.

Anna Wozniak, Mylan Lam, Vivien Moris, Vincent Humblot, Céline Falentin-Daudré

Bacteria detection by surface plasmon resonance imaging of antimicrobial peptides arrays.

Charlène Plenièrè, Raphaël Mathey, Arnaud Buhot, Loïc Leroy, Sandrine Boisset, Didier Boturyn, Yoann Roupioz

RÉSUMÉS COMMUNICATIONS ORALES

Batailles navales : biofilms, protéines antibiofilm et interactions hôte-pathogène

Alain DUFOUR^{1,*}, Albane Jouault¹, Amandine Morot^{1,2}, Angélique Gobet³, Émilie Portier¹, Sophie Rodrigues¹, Yannick Fleury⁴, Christine Paillard², Alexis Bazire¹

¹Laboratoire de Biotechnologie et Chimie Marines (LBCM), EA 3884, Université de Bretagne-Sud, IUEM, 56100 Lorient.

²Laboratoire des Sciences l'Environnement Marin (LEMAR), UMR 6539 CNRS, IRD, Ifremer, Université de Bretagne Occidentale, IUEM, 29280 Plouzané.

³MARBEC, Ifremer, IRD, Université de Montpellier, CNRS, 34200 Sète.

⁴Laboratoire de Biotechnologie et Chimie Marines (LBCM), EA 3884, Université de Bretagne Occidentale, IUEM, 56100 Quimper.

Les biofilms sont des communautés microbiennes constituées de cellules vivantes attachées à un substrat, une interface ou les unes aux autres. Le mode de vie « biofilm » est considéré comme prédominant pour les bactéries dans l'environnement et constitue une étape de nombreux processus infectieux. Dans le milieu marin, les bactéries appartenant aux genres *Pseudoalteromonas* et *Vibrio* sont particulièrement répandues. Les *Pseudoalteromonas* sont connus pour leur capacité à sécréter une variété de molécules bioactives et peuvent vivre en association avec d'autres organismes marins tels que des macroalgues, tandis que les *Vibrio* sont souvent des pathogènes d'animaux marins. Seront présentés des exemples de protéines (AlpP et altérocine) à activité antibiofilm secrétées par des *Pseudoalteromonas*, ainsi que d'interactions hôte-pathogènes où des *Vibrio* infectent des mollusques (palourdes, ormeaux) et pour lesquels les rôles des biofilms sont examinés. Enfin, l'action antibiofilm d'une souche de *Pseudoalteromonas* contre une souche de *Vibrio* pathogène sera présentée.

Les travaux du LBCM dans ce domaine sont financés par la Région Bretagne, les fonds européens FEDER, le programme IDEALG (ANR-10-BTBR-04), et l'EUR ISblue (ANR-17-EURE-0015).

Mots-Clés : biofilm, bactéries marines, *Pseudoalteromonas*, *Vibrio*, altérocine

Biographie

Après un doctorat à l'Université de Rennes 1, et deux postdoctorats à l'UTHSC à San Antonio (USA) et à l'Université de

Cambridge (UK), Alain Dufour a intégré l'Université de Bretagne-Sud en 1996 en tant qu'enseignant-chercheur (MCF puis PR). Ses recherches en microbiologie ont porté sur les molécules antimicrobiennes, la régulation de la réponse aux stress, et se focalisent depuis 2005 sur les biofilms bactériens. Il a été directeur du LBCM (2011-16), est responsable d'une mention de Master en Biotechnologies, et a organisé le 4th *International Symposium on Antimicrobial Peptides (AMP2014)* en 2014.

*Correspondance : alain.dufour@univ-ubs.fr

Exploration des interactions dans l'holobionte algal pour la découverte de nouveaux antifoulings éco-compatibles

Emilie ADOUANE^{1,2}, Raphaël LAMI^{1,*}, Soizic PRADO²

¹Sorbonne Université, CNRS, Laboratoire de Biodiversité et Biotechnologies Microbiennes (LBBM), USR3579, Observatoire Océanologique de Banyuls, 66650 Banyuls-sur-Mer.

²Unité Molécules de Communication et Adaptation des Microorganismes (MCAM), Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN), Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), CP 54, 75005 Paris.

Les biofilms sont des communautés complexes de microorganismes en contact avec une surface et incluses dans une matrice qu'elles sécrètent. Ces biofilms sont omniprésents dans les environnements et ont un rôle majeur dans le fonctionnement des écosystèmes et les cycles géochimiques. En milieu marin, il se développent sur des surfaces immergées (phénomène appelé « biofouling »), à l'origine de nombreux problèmes pour les activités marines militaires et civiles. La plupart des composés antifouling utilisés actuellement sont des biocides ayant un effet toxique sur l'environnement. Aucune alternative durable n'a été développée à grande échelle pour résoudre ce problème environnemental majeur en raison du manque de composés disponibles présentant une faible écotoxicité. Cependant, ces composés chimiques existent dans la nature : de nombreuses espèces marines ont développé des stratégies pour se protéger du biofouling. C'est le cas de certaines macroalgues qui sécrètent des molécules ciblant le quorum sensing, un type de communication bactérien clef dans la formation des biofilms, limitant ainsi leur colonisation par des bactéries pathogènes. Une stratégie innovante pour trouver de nouveaux composés naturels durables dotés d'activité antifouling est donc de cibler les principaux mécanismes responsables de la formation de biofilms mais qui n'affectent pas la viabilité cellulaire. En ce sens, l'application de composés à activité quorum quenching, capables d'inhiber le quorum sensing sans effet toxique, pourrait constituer une stratégie prometteuse contre le biofouling.

Notre connaissance des holobiontes algales a révélé l'existence et les rôles écologiques d'un microbiote qui est capable d'impacter l'état de santé de l'algue hôte. L'épimicrobiote algal est le siège d'une communication chimique intense et dynamique, multidirectionnelle et multipartenaire, qui régule l'organisation des biofilms en surface de l'algue. Les mécanismes clefs mis en jeu dans la formation de ces biofilms ont été très peu étudiés. Nous avons cependant démontré que l'épimicrobiote de l'algue *Saccharina latissima*, espèce clé des côtes du nord de l'Europe, produit des médiateurs chimiques capables d'inhiber le quorum sensing bactérien et par extension d'inhiber la formation de biofilms. Le dialogue moléculaire du micro-écosystème hébergé par l'algue apparaît ainsi comme une cible bio-inspirée efficace pour trouver de nouveaux composés naturels durables, respectueux de l'environnement et à activité antifouling.

Mots-Clés : Quorum sensing, holobionte algal, antifouling

*Correspondance : raphael.lami@obs-banyuls.fr

Marine Antibiofouling Properties of TiO₂ and Ti-Cu-O Films Deposited by Aerosol-Assisted Chemical Vapor Deposition

Lisa Deblock^{1,*}, Caroline Villardi de Oliveira¹, Marianne Weidenhaupt¹, Fabienne Faye², Carmen Jimenez¹

¹Laboratoire des matériaux et du génie Physique, Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP*, 38000 Grenoble, France.

²LBCM - Laboratoire de Biotechnologie et Chimie Marines, Université Bretagne Sud.

Since 2003, the use of tributyltin (TBT) in antifouling coatings is prohibited because of its toxicity towards marine environments(1). The last decade has seen the emergence of a new research area: environmentally-friendly antifouling coatings. Combined with a non-toxic, time and corrosion-resistant character, the photocatalytic properties of TiO₂ make this oxide a good eco-friendly antibiofouling alternative for marine environments(2). But even if it is showing promising results in *in vitro* experiments (3), the limited exposure to sunlight in the sea and the restricted absorbance range (UV) of TiO₂ in the solar spectrum are important issues. To enhance this range, the wide band gap of TiO₂ (3,2eV) must be reduced.

In this context, two materials were synthesized(4) :

First, TiO₂ films have been synthesized using AA-MOCVD deposition. Using precise parameters, microflower-like structures are obtained, enhancing the reactive surface of the interface and the photocatalytic activity of the material.

TiO₂-Cu₂O composite materials (with a Cu:Ti ratio of 1:3 and 1:1) were also synthesized. According to Zhang et al.(5) , the substitution of Ti⁴⁺ by Cu²⁺/Cu¹⁺ in the TiO₂ lattice induces the creation of oxygen vacancies and additional impurity bands right above the valence band maximum of pure TiO₂, which results in a significant reduction of both band gap and the recombination rate of photoelectron–hole pairs, improving the photocatalytic performance and visible light absorption of TiO₂.

The film morphology, composition and photocatalytic performances were investigated, as well as their antifouling properties during *in vitro* experiments and marine immersion.

Références :

- (1) Vellwock, A. and Yao, H., 2021. Biomimetic and bioinspired surface topographies as a green strategy for combating biofouling: a review. *Bioinspiration & Biomimetics*, 16(4), p.041003.
- (2) Qi, K., Cheng, B., Yu, J. and Ho, W., 2017. A review on TiO₂-based Z-scheme photocatalysts. *Chinese Journal of Catalysis*, 38(12), pp.1936-1955.
- (3) Selim, M., El-Safty, S., El-Sockary, M., Hashem, A., Elenien, O., EL-Saeed, A. and Fatthallah, N., 2016. Smart photo-induced silicone/TiO₂ nanocomposites with dominant [110] exposed surfaces for self-cleaning foul-release coatings of ship hulls. *Materials & Design*, 101, pp.218-225.
- (4) Caroline Villardi de Oliveira, Julie Petitbois, Fabienne Fay, Frédéric Sanchette, Frédéric Schuster, et al.. Marine Antibiofouling Properties of TiO₂ and Ti-Cu-O Films Deposited by Aerosol-Assisted Chemical Vapor Deposition. *Coatings*, MDPI, 2020, 10 (8), pp.779. 10.3390/coatings10080779 hal-02927595
- (5) Zhang, H.; Yu, X.; McLeod, J.A.; Sun, X. First-principles study of Cu-doping and oxygen vacancy effects on TiO₂ for water splitting. *Chem. Phys. Lett.* 2014, 612, 106–110

Mots-Clés : marine biofouling, material interface, nanostructure, photocatalysis ; TiO₂/TiO₂-Cu-O thin films

*Correspondance : lisa.deblock@grenoble-inp.fr

Activité antibiofilm d'exopolysaccharide bactérien

Marie CHAMPION^{1,*}, Isabelle LINOSSIER¹, Emilie PORTIER¹, Karine REHEL¹, Xavier MOPPERT², Claire HELLIO³, Fabienne FAÏ¹

¹Laboratoire de biotechnologie et de chimie marines, 56230, Lorient.

²Pacific Biotech, 289, Arue Tahiti.

³Institut Universitaire Européen de la Mer, 29280, Plouzané.

La formation de biofilm sur toute surface immergée entraîne de nombreux problèmes dans les domaines marins et médicaux. Les solutions actuelles, telles que les antibiotiques et les biocides, sont de plus en plus confrontées à des problèmes d'antibiorésistance et de pollution⁽¹⁾. Il est alors nécessaire de trouver de nouveaux moyens de lutte.

Les exopolysaccharides (EPS) sont des polymères produits par les bactéries comme moyen de communication cellulaire, d'interactions cellules-cellules, d'interactions cellules-surfaces et de protection. Il a été montré que des EPS ont la capacité de modifier des surfaces biotiques ou abiotiques, moduler l'expression de certains gènes ou encore perturber la formation d'un biofilm ou le détruire⁽²⁾. Toutes ces capacités font des EPS de bons candidats comme alternatives aux antibiotiques et aux biocides.

Dans ce travail, un EPS, MO245 a été étudié. Cet EPS, produit par une bactérie marine du genre *Vibrio* isolée en Polynésie française, a des similitudes structurales avec l'acide hyaluronique, connu pour avoir des propriétés antiadhésives sur de nombreux modèles bactériens^(3,4).

L'étude de MO245 s'est concentrée d'une part sur ses propriétés antiadhésives et antibiofilms sur deux modèles bactériens (*Pseudomonas aeruginosa* sp. PaO1 et *Vibrio harveyi* DSM 19623). Les résultats montrent un effet antiadhésif et antibiofilm significatif sur les deux souches sans avoir d'effet biocide.

D'autre part, et au vu des résultats, il semble important de comprendre les mécanismes d'action de MO245. L'impact de MO245 sur la motilité, la production de HSL et de rhamnolipides chez *Pseudomonas aeruginosa* et sur les voies du quorum sensing de *Vibrio* ont été étudiées. Cependant, l'action de MO245 semble reposer sur ses capacités de modification de la physico-chimie des surfaces, faisant de lui un bon candidat dans la protection des surfaces immergées.

Références :

⁽¹⁾ Khatoon Z, McTiernan CD, Suuronen EJ, Mah T-F, Alarcon EI. Bacterial biofilm formation on implantable devices and approaches to its treatment and prevention. *Heliyon*. déc 2018;4(12):e01067.

⁽²⁾ Rendueles O, Kaplan JB, Ghigo J-M. Antibiofilm polysaccharides: Bacterial antibiofilm polysaccharides. *Environ Microbiol*. févr 2013;15(2):334-46.

⁽³⁾ Martin-Pastor M, Ferreira AS, Moppert X, Nunes C, Coimbra MA, Reis RL, et al. Structure, rheology, and copper-complexation of a hyaluronan-like exopolysaccharide from *Vibrio*. *Carbohydrate Polymers*. 15 oct 2019;222:114999.

⁽⁴⁾ Romanò CL, Vecchi ED, Bortolin M, Morelli I, Drago L. Hyaluronic Acid and Its Composites as a Local Antimicrobial/Anti-adhesive Barrier. *Journal of Bone and Joint Infection*. 1 janv 2017;2(1):63-72.

Mots-Clés : exopolysaccharide, antibiofilm, bactéries, biofilm

*Correspondance : marie.champion@univ-ubs.fr

Marine Biofouling from the Molecular Perspective by Atomic Force Microscopy

G. Julius VANCOSO*

*University of Twente, Sustainable Polymer Chemistry, Enschede, the Netherlands
& Nanyang Technological University, Materials Science and Engineering, Singapore*

The first steps of forming a biofilm at objects immersed in marine environments involve protein deposition. This can occur by spontaneous adsorption from seawater, or by directed attachment by marine organisms, like barnacle cyprid larvae, in their search of a suitable location for settlement. Atomic Force Microscopy (AFM) allows one to image proteins from single molecule to ensemble levels, enables measurements of molecular adhesion forces, and makes it possible to image the surface desorption process of proteins. In this presentation we shall summarize some of the key results in this field, obtained in the author's laboratory, focusing on marine fouling by the barnacle *Balanus amphitritae*.

We first discuss observations on the morphology of 'footprints' of a putative adhesive secretion deposited by cyprids during surface exploration. AFM provided images across the length scales and enabled correlating protein deposit morphology, substrate surface chemistry, and results of field settlement studies. We then turn our attention to discussing molecular forces measured by AFM based molecular force spectroscopy and establish the molecular basis for the sacrificial bond model for cyprid temporary protein adhesives. ⁽¹⁾

Protein charge at various pH and isoelectric point (pI) values are important in understanding protein function. Here, we show a method based on AFM to determine pI using minute quantities of proteins, with conclusions for surface fouling by cyprid settlement. ⁽²⁾

Finally, we turn our attention to preventing marine fouling by surface chemical engineering. Our results demonstrate the efficient suppression of protein adsorption on zwitterionic pSBMA brushes. Pull-off forces by AFM force spectroscopy were hardly detectable in AFM adhesion measurements using fibronectin-modified AFM tips that were used as a model for a strongly nonspecifically adhering protein. ⁽³⁾

References:

⁽¹⁾ Phang, I.Y., Aldred, N., Clare, A.S., Vancso, G.J. ; **Towards a nanomechanical basis for temporary adhesion in barnacle cyprids (*Semibalanus balanoides*)**

Journal of the Royal Society Interface (2008), 5 (21), pp. 397-401.

⁽²⁾ Guo, S., Zhu, X., Jańczewski, D., Lee, S.S.C., He, T., Teo, S.L.M., Vancso, G.J. ; **Measuring protein isoelectric points by AFM-based force spectroscopy using trace amounts of sample**

Nature Nanotechnology (2016), 11 (9), pp. 817-823.

⁽³⁾ Schön, P., Kutnyanszky, E., ten Donkelaar, B., Santonicola, M.G., Tecim, T., Aldred, N., Clare, A.S., Vancso, G.J. ; **Probing biofouling resistant polymer brush surfaces by atomic force microscopy based force spectroscopy**, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* (2013), 102, pp. 923-930.

Keywords : Marine fouling, adhesion proteins, molecular force spectroscopy, nanoscale imaging by AFM.

*Correspondance : g.j.vancso@utwente.nl

Différentes approches d'élaboration de surfaces prévenant la formation de biofilms bactériens

Pascal THEBAULT*

Université de Normandie Unirouen, Laboratoire CNRS UMR6270 laboratoire Polymères Biopolymères Surfaces (PBS), F-76825 Mont-Saint-Aignan.

Les contaminations microbiennes sont à l'origine de multiples pathologies dans des domaines très divers. En effet, la colonisation de la surface des matériaux par les bactéries est un véritable fléau tant dans le domaine de la santé publique (infections nosocomiales, plaies chroniques, rejets d'implants,...) que dans le secteur industriel (phénomènes de biocorrosion, occlusions des circuits de refroidissement,...) par exemple. Il est aujourd'hui admis que tout micro-organisme favorise une vie sous la forme fixée (dite sessile) plutôt qu'en suspension (dite planctonique). Dans la plupart des cas, ceci entraîne la formation d'un biofilm permettant aux bactéries de persister et de résister à un environnement défavorable. Il a été montré que ce « mode de vie » rend les bactéries jusqu'à 1000 fois plus résistantes aux traitements antibiotiques ou autres bactéricides que leurs équivalentes planctoniques. Cette résistance élevée rend la lutte contre les biofilms très problématique. Dans ce contexte, la prévention semble préférable à tout traitement. Cette stratégie préventive implique notamment l'élaboration de surfaces antibactériennes. Ces surfaces peuvent être passives afin d'empêcher l'adhésion des bactéries sur la surface ou actives grâce à l'immobilisation de molécules ayant des propriétés bactériostatiques ou bactéricides permettant d'inhiber la croissance bactérienne voire entraîner la lyse des bactéries. Au sein du Laboratoire PBS de l'Université de Rouen, nous avons développé différentes approches de surfaces antibactériennes, de la conception à l'évaluation de l'activité antibactérienne en passant par la caractérisation.

Mots-Clés : Biofilms, surfaces, antibactériennes, antiadhésives, modification

Biographie

Pascal Thébault a soutenu son doctorat de chimie de l'Université de Nice-Sophia Antipolis en 2007, portant sur « l'élaboration de surfaces métalliques à visée antibactérienne ». Il a ensuite effectué deux post-doctorats, l'un à l'Université Pierre et Marie Curie de Paris et l'autre au Commissariat à l'énergie atomique (CEA). En 2010, il a obtenu un poste de maître de conférences au sein du laboratoire polymères, biopolymères, surfaces de l'Université de Rouen. Il a soutenu son HDR en 2015 et il est depuis 2017 le responsable de l'axe Polymères et Vivant. Il est auteur de plus de 25 articles dans le domaine des surfaces fonctionnelles à visée biologique.

*Correspondance : pascal.thebault@univ-rouen.fr

Grafting phosphonic acid polymers onto titanium implant by UV irradiation

Caroline Pereira¹, Jean-Sébastien Baumann¹, Vincent Humblot², Céline Falentin-Daudré^{1,*}

¹LBPS/CSPBAT, UMR CNRS 7244, Institut Galilée, Université Sorbonne Paris Nord, 99 avenue JB-Clément, 93430, Villetaneuse, France.

²FEMTO-ST Institute, UMR 6174 CNRS, Université Bourgogne Franche-Comté, 15B avenue Montboucons, 23030 Besançon Cedex, France.

Titanium (Ti) and its alloys are among the most effective metals for structural implantable device applications. These materials have excellent physical and chemical properties such as good corrosion resistance, acceptable biocompatibility, and mechanical properties close to the human bone ⁽¹⁾. However, Ti-based materials are passively integrated into the bone, resulting in a purely mechanical attachment. Consequently, the loss of osseointegration often leads to implant failure ⁽²⁾. Therefore, enhancing bone formation surrounding the implant is primordial. Previous studies assessed in our laboratory have shown that grafting bioactive polymers such as poly (sodium styrene sulfonate) (polyNaSS) favors osteoblast cell adhesion and differentiation ⁽³⁾. In this context, this contribution proposes to functionalize Ti with a phosphonic acid-based polymer, poly (vinyl benzyl phosphonic acid) (poly(VBP)). A two-step UV-initiated grafting polymerization was developed to covalently graft VBP onto Ti surfaces. The Ti substrates were evaluated for cell viability, spreading, alkaline phosphatase activity, and calcium nodules formation using MC3T3-E1 osteoblast cells. Ti grafted samples showed significantly better interaction with osteoblast cells and enhanced cell/surface interaction. Together, these findings demonstrated that the presence of poly(VBP) grafted on Ti surfaces improved osteoblasts' early cell adhesion and spreading processes ⁽⁴⁾, which is crucial for applications aiming at improving osseointegration.

References:

⁽¹⁾ Long, M.; Rack, H.J. Titanium alloys in total joint replacement—a materials science perspective. *Biomaterials* 1998, 19, 1621.

⁽²⁾ Windler, M.K.; in *Titanium in medicine*, ed. D. M. Brunette, T.P. Tengvall, M. Textor and P. Thomsen. Springer, Berlin, 2001, p. 703.

⁽³⁾ Anagnostou, F.; Debet, F.; Pavon-Djavid, G.; Goudaby, Z.; Helary, G.; Migonney, V. Osteoblast functions on functionalized PMMA-based polymers exhibiting *Staphylococcus aureus* adhesion inhibition. *Biomaterials* 2006, 27, 3912.

⁽⁴⁾ Pereira, C.; Baumann, J.S.; Humblot, V.; Falentin-Daudré, C. Biological effect of direct grafting by ultraviolet irradiation of vinyl benzyl phosphonic acid onto titanium surfaces, *Reactive and Functional Polymers* (2022 under review).

Keywords: Titanium, Poly(vinyl benzyl phosphonic acid) grafting, Osseointegration, Bioactive, UV.

*Correspondence: falentin-daudre@univ-paris13.fr

Hybrid photoactivatable and antibacterial coatings from bioressources synthesized by photochemistry

Fanny SCHNETZ^{1,*}, Marc Presset¹, Isabelle Navizet², Yamin Leprince-Wang³, Davy-Louis Versace^{1,*}

¹*Institut de Chimie des Matériaux Paris Est UMR 7182 CNRS-UPEC, 2-8 rue Henri Dunant, 94320 Thiais, France.*

²*Université de Paris-Est, Laboratoire de Modélisation et Simulation Multi Échelle, UMR 8208 CNRS-UPEM, 5 boulevard Descartes, 77420 Champs sur Marne, France.*

³*Université de Paris-Est, Laboratoire Électronique, Systèmes de Communication et Microsystème, UMR 9007 CNRS-UPEM, 5 boulevard Descartes, 77420 Champs sur Marne, France.*

Photoactive polymers have shown increasing interest in recent years. Indeed, these materials contain photoactive molecules able of producing cytotoxic species under visible light such as reactive oxygen species (ROS). This allows to kill bacteria in contact with the surface autonomously when irradiated.

These polymers would be synthesized by photopolymerization, which is generally considered as a more economical and safer chemistry. Indeed, photochemical reactions occur in minutes, at low energy cost, under mild conditions and with few organic solvents. Many types of photoinitiators have already been developed to enable radical or cationic photopolymerization ⁽¹⁾, but recently there has been a growing interest in new structures that absorb wavelengths in the visible-light or near infrared range, such as porphyrin derivatives ^(2, 3). Using visible light allows the use of harmless and economic lamps, such as LEDs.

New molecules derived from porphyrin would be synthesized to initiate photopolymerization in the visible range. After polymerization, these photoinitiators would remain trapped in the matrix. Upon irradiation, they react with oxygen to produce ROS causing bacteria's death. This method seems promising against nosocomial infections, since it is very unlikely that bacteria will develop resistance ⁽⁴⁾.

Références :

⁽¹⁾ Y. Yagci, S. Jockusch et N. J. Turro, Photoinitiated Polymerization: Advances, Challenges, and Opportunities, *Macromolecule*, 2010, vol. 43, pp. 6245-6260.

⁽²⁾ A. Al Mousawi, C. Poriel, F. Dumur, J. Toufaily, T. Hamieh, J. P. Fouassier et J. Lalevée, Zinc tetraphenylporphyrin as high performance visible light photoinitiator of cationic photosensitive resins for LED projector 3D printing applications, *Macromolecules*, 2017, vol. 50, pp. 746-753.

⁽³⁾ H. Marcille, J.-P. Malval, M. Presset, N. Bogliotti, A. Blancha-Grzechnik, V. Brezova, Y. Yagci et D.-L. Versace, Diphenyl functional porphyrins and their metal complexes as visible-light photoinitiators for free-radical, cationic and thiol-ene polymerizations, *Polymer Chemistry*, 2020, vol. 11, pp. 4237-4249.

⁽⁴⁾ T. Maisch, «Resistance in antimicrobial photodynamic inactivation of bacteria», *Photochem. Photobiol. Sci.*, 2015, vol. 14, p. 1518.

Mots-Clés : Antibactérien - Photochimie - Porphyrines - Bioressources

*Correspondance : versace@icmpe.cnrs.fr, fanny.schnetz@u-pec.fr

INITIAL BACTERIAL RETENTION ON POLYDIMETHYLSILOXANE OF VARIOUS STIFFNESSES: THE RELEVANCE OF MODULUS (MIS)MATCH

Viktoriia Drebezghova¹, Hubert Gojzewski², G. Julius Vancso^{2*}, Corinne NARDIN^{1,*}

¹Université de Pau et des Pays de l'Adour, E2S UPPA, CNRS, IPREM, 64053, Pau, France.

²Materials Science and Technology of Polymers, Faculty of Science and Technology, University of Twente, 7500AE, Enschede, The Netherlands.

Controlling the colonization of materials by microorganisms is crucial in a wide range of industrial and clinical settings. Owing to continuous advances in polymer chemistry, polymer-based devices have become increasingly used to reduce chronic infection and medical device failure. However, the underlying mechanisms that govern the interactions of bacteria with material surfaces remain to be established, which limits the ab initio design and engineering of biomaterials to control bacterial attachment and further biofilm growth. Besides, the material properties, which alter bacterial attachment, are intricately entangled and include chemistry, hydration, surface charges, topography and mechanical properties. In order to shed further light on the complex issue of cell-substrate adhesion and the impact on it by surface elasticity, we investigated the initial bacterial retention of *Escherichia Coli* on model poly(dimethylsiloxane) (PDMS) surfaces utilizing variations of substrate stiffness without changing other parameters that impact adhesion.

Our reference PDMS system was designed such that out of the main parameters, that determine bacterial retention, only one was systematically varied, i.e. the mechanical stiffness. Initial bacterial retention could thus be monitored depending on a single parameter, i.e. materials Young's modulus. Bulk moduli were assessed by dynamic mechanical analysis. Substrates were engineered such that the surface modulus values, as measured by atomic force microscopy, ranged between 0,7 and 9 MPa. Following crosslinking, we performed Soxhlet extraction to rule out the effect of non-crosslinked, free chains. The number of bacteria retained, as assessed by initial retention studies, decreases with the increase of both the bulk and surface mechanical stiffness values down to a value corresponding to the Young's modulus of the bacterial cells. For higher values than this threshold, the number of adherent bacteria remains constant. We tentatively explain this observation by considering conformal overlay of bacterial and material surfaces, which might be addressed by considering contact mechanics between bacteria and a soft elastomer surface.

Mots-Clés : bacterial retention, PDMS, mechanical stiffness, atomic force microscopy, surface modulus

*Correspondance : corinne.nardin@univ-pau.fr

Revêtements SLIPS (Slippery Liquid Infused Porous Surface) Résistant à la Déplétion de Lubrifiant pour Applications Antibactériennes

David Riassetto^{1,*}, Hong-Huy Tran², Céline Ternon¹, and Michel Langlet²

¹Université Grenoble Alpes, Grenoble INP, 38016, Grenoble.

²Université Grenoble Alpes, CNRS, 38016, Grenoble.

La superhydrophobie est une caractéristique d'une surface qui caractérise sa capacité à ne pas être mouillée par l'eau. Cette caractéristique dépend de manière synergique de la chimie et de la morphologie de la surface. Bien que ce type de surface soit étudié depuis de nombreuses années, maintenir cette caractéristique sur le très long terme est toujours un enjeu de taille. Une solution afin de maintenir une surface déperlante est de combler les porosités à l'aide d'un liquide qui va servir de lubrifiant et induire le glissement des gouttes d'eau sur la surface. C'est que l'on nomme les revêtements SLIPS (pour Slippery Liquid Infused Porous Surfaces). Toutefois ces surfaces présentent l'inconvénient majeur de perdre leur lubrifiant au cours du temps les transformant ainsi en surfaces quelconques.

Lors de cette présentation, je vous présenterai d'abord les raisons principales de cette perte de lubrifiant. Puis, je vous présenterai l'approche expérimentale que nous avons mise au point pour synthétiser des réseaux de nanofils (NFs) de ZnO, et le lien entre la morphologie de ces réseaux de NFs et leur aptitude à retenir plus ou moins bien le lubrifiant⁽¹⁾. Enfin, je vous présenterais de premiers résultats montrant les qualités antibactériennes de nos revêtements SLIPS en contact statique ou dynamique avec des bactéries et leur milieu de culture.

Références : ⁽¹⁾ H.H. Tran et al., Advanced Materials Interfaces 2021, 8, 2002058.

Mots-Clés : Revêtement SLIPS, Durable, Antibactérien

*Correspondance : David.Riassetto@grenoble-inp.fr

New solid-state NMR approaches to decipher at high resolution the molecular organization of bacterial biofilms

Antoine Loquet*

CNRS, Chemistry and Biology of Membranes and Nanoobjects (CBMN), Institut Européen de Chimie et Biologie (IECB), University of Bordeaux, France.

Bacteria have a wide range of adaptive behavior to overcome extreme environmental conditions. Amongst such responses, biofilm formation remains one of the most fascinating today as it implies the development of complex bacterial communities which are surface-associated. A common feature of bacterial biofilms is the production of an extracellular matrix composed mainly of exopolysaccharides (EPS)

In *Bacillus subtilis*, a sporulating gram-positive bacterial species, such gigantic organization also involves the production of two proteins, TasA and TapA, which are cell wall-associated and have been proven crucial for intact biofilm development. *eps*-deleted mutants show drastically different morphologies when grown in biofilm-forming conditions. It is unclear how the molecular organization of the *B. subtilis* cell wall and its biofilms is related to the expression and co-expression of *eps*, *tasA* and *tapA* genes

Gaining structural information on how *eps*, *tasA* and *tapA* impact the cell wall and biofilm molecular organization is currently a technical challenge, since the molecular composition of such bacterial surfaces (including both the cell wall and biofilms) is highly complex.

Here we will present the development of new approaches using magic-angle spinning solid-state nuclear to decipher the molecular composition and organization of bacterial cell wall and biofilms at high resolution. Our results encompass the analysis of the entire bacterial biofilm including the extracellular matrix and the bacteria, and the effects of biofilm-related gene deletions (*eps*, *eps/tasA* and *eps/tapA*) on such compositions. Illustrated here on *Bacillus* species, our approach will open an avenue to investigate at high resolution the biofilm organization of other micro-organisms.

Mots-Clés : biofilm, polysaccharides, NMR, high-resolution, cell wall

*Correspondance : a.loquet@iecb.u-bordeaux.fr

RÉSUMÉS POSTERS

How to characterize the liquid/organic layer/solid interface at the nanometric scale ? Application to silane monolayers

Adonis Steve TAKALA¹, Solène LECOT¹, Antonin LAVIGNE¹, Frédéric DUBREUIL², Thomas GEHIN³, Yann CHEVOLOT³, Christelle YEROMONAHOS^{1,*}, Magali PHANER-GOUTORBE^{1,*}

¹Univ Lyon, Ecole Centrale de Lyon, CNRS, INSA Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, CPE Lyon, INL, UMR5270, 69134 Ecully Cedex, France.

²Université Lyon, CNRS, ECL, LTDS, UMR5513, 69130 Ecully, France.

³Univ Lyon, CNRS, Ecole Centrale de Lyon, INSA Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, CPE Lyon, INL, UMR5270, 69134 Ecully Cedex, France.

A large number of phenomena occur at solid/liquid interfaces, in the first nanometers of the liquid layer in contact with the solid surface: catalysis reactions, bio-recognition in biosensors, wetting, corrosion processes, tribology, fretting, biofilm formation, flow into a lab-on-chip system, smart surfaces elaboration, etc ... For some of these applications, the solid surface in contact with the liquid is covered by an organic self-assembled or grafted monolayer. The effectiveness of this layer as a sensing layer or as a protecting strongly depends on the vertical and lateral organization of the molecules composing it at the solid/liquid interface.

In this study, we used Atomic Force Microscopy (AFM) in its spectroscopic mode ^[1] and Molecular Dynamics Simulation ^[2] to characterize the impact of a PBS solution on the organization of different silane monolayers deposited on a silicon solid surface.

It was shown that the structure of the silane monolayers and the charge of the silane molecule head group played a major role on the organization and dynamics properties of the ions and water molecules on the PBS/silane/ silicon interface ^[3].

The advantages and limits of the two techniques of characterization will be discussed in the framework of the development of the « 3D-AFM » method that has allowed for the first time to generate atomically resolved 3D-images of the organization of atoms, ions and molecules at solid-liquid interfaces^[5]. However, the method has not been used to investigate a layered system composed on interfacial water, an organic monolayer and the substrate. It remains therefore unknown how fluctuating molecules and interfacial water can be visualized and what information is obtained regarding their influence on the structure and functions of the whole system.

Références :

^[1] F. Zuttion, C. Ligeour, O. Vidal, M. Wälte, F. Morvan, S. Vidal, J.J. Vasseur, Y. Chevolot, M. Phaner-Goutorbe, H. Schillers, *Nanoscale*, 2018, 10, 12771-12778.

^[2] F. Zuttion, Doctoral Thesis, University of Lyon, Ecole centrale de Lyon 2016.

^[3] S. Lecot, Doctoral thesis, Université de Lyon, Ecole centrale de Lyon 2021.

^[4] S. Lecot, A. Lavigne, Y. Chevolot, M. Phaner-Goutorbe, C. Yeromonahos, *Langmuir* 2021, 18, 5563-5572.

^[5] T. Fukuma, R. Garcia, *ACS Nano*, 2018, 12, 11785-11797.

Mots-Clés : Liquid/solid interface, Silane monolayer, Atomic Force Microscopy, Molecular Dynamic Simulation

*Correspondance : magali.phaner@ec-lyon.fr for AFM experiments

*Correspondance : christelle.yeromonahos@ec-lyon.fr for Molecular Dynamic simulations

Phospholipid-porphyrin supramolecular assemblies with photodynamic and photothermal activities against bacteria and their biofilms

Ali Makky^{1,*}, Paul Cressey¹, Louis-Gabriel Bronstein¹, Christophe Regnard²

¹Université Paris-Saclay, CNRS, Institut Galien Paris-Saclay, 92296 Châtenay-Malabry, France.

²I2BC - Institut de Biologie Intégrative de la Cellule, 91198 Gif sur Yvette cedex, France.

Phospholipid-porphyrin conjugates (PI-Por) are amphiphilic scaffolds that consist of porphyrin derivatives grafted to a lysophosphatidylcholine backbone ⁽¹⁻⁴⁾. Owing to their structural similarities with phospholipids, several PI-Por conjugates have shown to be able to self-assemble into liposome-like assemblies exhibiting unique photophysical properties compared to their monomeric counterparts. For these reasons PI-Por conjugates are considered nowadays as versatile backbones to design supramolecular assemblies with multifunctional properties and thus their application in photodynamic therapy, photothermal therapy, photoacoustic imaging and photo-triggerable release properties ⁽¹⁻³⁾. However, little is known about the impact of their structure on their assembling properties, their optical properties as well as on their photothermal and photodynamic activities.

In this work, we synthesized six new PI-Por conjugates exhibiting different alkyl chain lengths in the sn2 position of C16 Lysophosphatidylcholine and linked via peptidic bond to two types of porphyrin derivatives; either pheophorbide-a (Ph_xLPC) or pyropheophorbide-a (Pyr_xLPC) ⁽⁵⁾. By combining a variety of experimental techniques with molecular dynamics simulations, we investigated the thermodynamic, the optical properties and the structure of the PI-Por either self-assembled or when incorporated in lipid bilayer membranes which exhibit different fluidity. Finally, the photothermal and photodynamic efficiencies of these assemblies were assessed on planktonic bacteria and their biofilms.

Our results demonstrated that all of the conjugates can form supramolecular assemblies with bilayers structures but exhibit different photothermal and photodynamic activities against Gram + and Gram - bacterial planktonic cultures and their biofilms depending on their chemical structure of the PI-Por conjugates.

Références:

⁽¹⁾ J. F. Lovell, C. S. Jin, E. Huynh, H. Jin, C. Kim, J. L. Rubinstein, W. C. Chan, W. Cao, L. V. Wang and G. Zheng, *Nat Mater*, 2011, 10, 324-332.

⁽²⁾ J. Massiot, W. Abuillan, O. Konovalov and A. Makky, *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Biomembranes*, 2022, 1864, 183812.

⁽³⁾ J. Massiot, V. Rosilio, N. Ibrahim, A. Yamamoto, V. Nicolas, O. Konovalov, M. Tanaka and A. Makky, *Chemistry – A European Journal*, 2018, 24, 19179-19194.

⁽⁴⁾ J. Massiot, V. Rosilio and A. Makky, *Journal of Materials Chemistry B*, 2019, 7, 1805-1823.

⁽⁵⁾ L.-G. Bronstein, P. Cressey, W. Abuillan, O. Konovalov, M. Jankowski, V. Rosilio and A. Makky, *J Colloid Interf Sci*, 2022, 611, 441-450.

Mots-Clés : phospholipid-porphyrin conjugates, photodynamic therapy, photothermal therapy, supramolecular assemblies, biofilm

*Correspondance : ali.makky@universite-paris-saclay.fr

Développement du greffage de polymères bioactifs sur des copolymères d'oléfines cycliques pour améliorer l'hydrophilie

Jean-Sébastien Baumann¹, Emile Jubeli², Angelo Morocho^{1,2}, Nadjat Yagoubi², Céline Falentin-Daudré^{1,*}

¹LBPS/CSPBAT, UMR CNRS 7244, Institut Galilée, Université Sorbonne Paris Nord Villetaneuse, France.

²Laboratoire Matériaux et Santé EA 401, UFR de Pharmacie, Université Paris-Sud, 92290 Châtenay-Malabry, France.

Les copolymères d'oléfines cycliques (COC) sont des matériaux relativement nouveaux par rapport aux polymères synthétiques établis tels que les dérivés de polyoléfine, de polystyrène, de polyuréthane et de polyacrylate. Cette nouvelle famille de polymères présente des propriétés physico-chimiques intéressantes, ce qui en fait des matériaux très prometteurs pour de nombreuses applications pharmaceutiques et médicales. Les COC présente une surface hydrophobe rendant difficile son intégration dans les systèmes biologiques. Afin d'améliorer l'hydrophilie des COC, une méthode simple et rapide utilisant deux étapes avec irradiation ultraviolette a été développée afin de greffer un polymère bioactif sur ces surfaces. Le poly(sodium styrène sulfonate) un polymère bioactif^{2,3} a été greffé en deux étapes sur la surface du copolymère d'oléfine cyclique. Le procédé consiste à activer la surface à l'ozone et à greffer sous irradiation UV en présence de styrène sulfonate de sodium. La présence de polymère sur les surfaces a été caractérisée par angle de contact avec l'eau, spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier microscopie électronique à balayage avec spectroscopie à dispersion d'énergie et la quantité de polymère greffé a été déterminée par une méthode colorimétrique. Tout d'abord, le temps d'irradiation UV pour le greffage a été étudié. Deuxièmement, l'influence de la présence d'additif sur le greffage a été étudiée. Le degré de greffage est significativement réduit par rapport à un échantillon sans additif. Nous avons développé une méthode simple et rapide pour greffer un polymère hydrophile et bioactif de manière covalente sur une surface COC.⁴

Références :

¹ Bernard, M.; Jubeli, E.; Bakar, J.; Tortolano, L.; Saunier, J.; Yagoubi, N. *Journal of Biomedical Materials Research Part A* 2017, 105 (12), 3333–3349.

² Alcheikh, A.; Pavon-Djavid, G.; Hélarly, G.; Petite, H.; Migonney, V.; Anagnostou, F. *J. Mater. Sci.: Mater. Med.* 2013, 24, 1745.

³ Chouirfa, H.; Evans, M. D. M.; Bean, P.; Saleh-Mghir, A.; Crémieux, A. C.; Castner, D. G.; Falentin-Daudré, C.; Migonney, V. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2018, 10 (2), 1480–1491.

⁴ Baumann, J.-S.; Jubeli, E.; Morocho, A.; Migonney, V.; Yagoubi, N.; Falentin-Daudré, C. *IRBM* 2021

Mots-Clés : Cyclic olefin polymer, greffage de polymère bioactif, irradiation UV

*Correspondance : falentin-daudre@univ-paris13.fr

Elaboration d'un patch par electrospinning pour le traitement de la myéloméningocèle

Khaoula Benabderrahmane¹, Jean-Sébastien Baumann¹, Salah Ramtani¹, Julien Stirnemann², Céline Falentin-Daudré^{1,*}

¹Laboratoire des Biomateriaux Pour la Santé (LBPS), institut Galilée, Université Sorbonne Paris Nord, CSPBAT UMR CNRS 7244, 93430, Villetaneuse.

²Service d'obstétrique et de médecine Fœtale, Hopital Necker-Enfants Malades, AP-HP et EA7328, Université de Paris, 75015, Paris.

Le myéloméningocèle (MMC) est une anomalie congénitale du système nerveux central, caractérisée par la protrusion des méninges et de la moelle épinière à travers les arcs vertébraux ouverts. Bien qu'il soit démontré que la réparation chirurgicale par fœtoscopie améliore les symptômes neurologiques cognitifs¹, une approche moins invasive applicable plus tôt dans la gestation est souhaitable, pour l'amélioration des symptômes neurologiques moteurs, ainsi que la réduction des risques maternels et fœtaux. Plusieurs études ont proposé une approche alternative et attrayante à la chirurgie prénatale, basée sur la couverture du défaut grâce à la mise en place d'un patch pour protéger le tissu neural exposé². Les matériaux utilisés dans la fabrication de ces patches sont soit d'origine naturelle biorésorbables mais avec une faible résistance mécanique comme le collagène³, soit d'origine synthétique avec une meilleure résistance mécanique mais non dégradables, ce qui peut nécessiter une chirurgie de récupération secondaire². Les travaux antérieurs du LBPS ont permis de développer des membranes bioactives à base de Polycaprolactone (PCL) avec d'excellentes propriétés mécaniques et biologiques⁴⁻⁵. En se basant sur ces travaux, l'objectif sera de développer, en collaboration avec l'Hôpital Necker (Pr J. Stirnemann), un patch imperméable et biodégradable, destiné à couvrir et protéger la moelle épinière exposée *in utero*, tout en permettant la prolifération d'un épithélium de recouvrement et de limiter ainsi la fuite de liquide céphalorachidien. L'objectif de ce travail est l'élaboration d'une membrane à base de PCL par electrospinning. Cette membrane est ensuite fonctionnalisée par le greffage du poly(styrène sulfonate de sodium) (PNaSS), un polymère bioactif connu pour ces propriétés biologiques remarquables déjà démontrées par l'équipe LPBS⁵, pour enfin être caractérisée par les diverses techniques disponibles au laboratoire à savoir: FTIR, dosage colorimétrique au bleu de toluidine et MEB-EDX.

Références :

(1) Joyeux L, Chalouhi GE, Ville Y, Sapin E. La chirurgie materno-fœtale du spina bifida : perspectives d'avenir. *Journal de Gynécologie Obstétrique et Biologie de la Reproduction*. 1 juin 2014;43(6):443-54.

(2) Watanabe M. *et al.* "Tissue Engineering Strategies for Fetal Myelomeningocele Repair in Animal Models" *Fetal Diagn Ther*. 2015, 37(3), 197.

(3) Annor A.H. *et al.* "Effect of enzymatic degradation on the mechanical properties of biological scaffold materials" *Surg Endosc*. 2012, 26(10), 2767.

(4) Amokrane G. *et al.* "A simple way to functionalize PCL surface by grafting bioactive polymers using UV irradiation" *IRBM*, 2018, 39 (4), 268.

(5) Amokrane G. *et al.* "Electrospun Poly(ϵ -caprolactone) Fiber Scaffolds Functionalized by the Covalent Grafting of a Bioactive Polymer: Surface Characterization and Influence on *in vitro* Biological Response" *ACS Omega*, 2019, 4(17), 17194.

Mots-Clés : Myéloméningocèle, PCL, Electrospinning, Polymère bioactif.

*Correspondance : falentin-daudre@univ-paris13.fr

Development of an Artificial Bioresorbable Ligament Based on pNaSS Grafted PCL

Maya Abdallah*, Céline Falentin-Daudré

LBPS/CSPBAT, UMR CNRS 7244, Institut Galilée, Université Sorbonne Paris Nord, Villetaneuse, France.

The anterior cruciate ligament (ACL), known to stabilize the knee movement, is one of the most frequently injured structure during sport activities. Autograft and allografts are considered as the current methods for surgical intervention, however, these strategies represent many drawbacks such as donor site morbidity and risk of disease transmission¹. Therefore, the development of a synthetic scaffold able to maintain the main function of the damaged ACL and consequently to regenerate the native ACL synthesis is the alternative approach. PCL as scaffold material is widely used in various biomedical applications as tissue engineering due to the appropriate properties such as biocompatibility, biodegradability, high mechanical strength and surface hydrophobicity that affect the cells interaction. In the present study, PolyCaproLactone (PCL) has been chosen to develop biodegradable synthetic ligaments mimicking the desired properties of ACL². The PCL surface was functionalized with poly (Sodium Styrene Sulfonate) (pNaSS), characterized by the presence of hydrophilic sulfonate group having an impact on cells behavior as cells adhesion, proliferation and differentiation³. PNaSS is as well characterized by the low toxicity and the high thermal stability⁴. A thermal grafting method was processed to functionalize the PCL surface with pNaSS. The colorimetric assay (Toluidine Blue) has indicated the success of pNaSS grafting. Moreover, it has been demonstrated that the pNaSS grafted onto the PCL ligament surface did not alter the physico-chemical properties of PCL. The grafted pNaSS enhance also the cellular response by increasing the affinity of Fibroblast cells adhesion and proliferation comparing to ungrafted PCL ligaments.

References:

- 1 Bourke, S. L. *et al*, *Tissue Eng* 2004, 10 (1–2), 43–52.
- 2 Siddiqui, N. *et al*, *Mol Biotechnol* 2018, 60 (7), 506–532.
- 3 Leroux, A. *et al*, *Biointerphases* 2019, 14 (4), 041004.
- 4 Ma, Z. *et al*, *Journal of Applied Polymer Science* 2020, 137 (38), 49157.

*Correspondance : maya.abdallah@univ-paris13.fr

Surface functionalization of non-woven polypropylene (PP) using plasma treatment: chemical and biological approaches to induce antimicrobial properties.

Tianyue WEI^{1,2}, Caroline AYMES-CHODUR^{1*}, Christophe REGEARD², Nadine AUBRY-BARROCA¹, Philippe ROGER¹

¹*Synthèse de Molécules et Macromolécules pour le Vivant et l'Environnement- Institut de Chimie Moléculaire et des Matériaux d'Orsay (SM2ViE – ICMMO), UMR 8182, Université Paris-Saclay, 91405, Orsay, France.*

²*Institute for Integrative Biology of the Cell (I2BC), Université Paris-Saclay, CEA, CNRS, 91198, Gif-sur-Yvette, France.*

Because of the rapid spread of infectious disease, polypropylene (PP) medical surgical masks have been produced on a very large scale and this pandemic period has evidenced the need for new medical and health products. Our goal is to use the plasma treatment technology to induce the functionalization of the PP surface with antimicrobial components. Essential oils, which are potential biosourced candidates, are intended to be grafted on PP surface to fight against the bacterial infections, by either restricting the growth of bacteria (bacteriostatic effect) or killing bacterial cells (bactericidal effect)⁽¹⁾. Essential oils are also an alternative to the use of classical antibiotics for which the emergence of resistances is increasing ⁽²⁾.

The results presented here show the way to modify the molecules for grafting them on the activated surface. With the background of the SM2ViE team⁽³⁾, the chosen essential oils have been chemically modified to react with the target surface: vinyl bonds have been transformed into peroxide ⁽⁴⁾ by chemo enzymatic oxidation with the help of lipase catalysis. In this study, citronellol and geraniol essential oils have been chosen because of their known antimicrobial activity. Microbiological tests were undertaken to estimate the MIC (Minimum concentration to inhibit visible growth) and the MBC (Minimum concentration that results in bacterial death) of citronellol and geraniol before and after modification. Three bacterial species have been used: *Escherichia coli* possessing two membranes (Gram negative), *Bacillus subtilis* with only one membrane (Gram positive) and *Corynebacterium glutamicum* that possesses features of both Gram-positive and Gram-negative bacteria.

Références :

⁽¹⁾ S. Tariq *et al.*, A comprehensive review of the antibacterial, antifungal and antiviral potential of essential oils and their chemical constituents against drug-resistant microbial pathogens, *Microbial Pathogenesis*. 134 (2019) 103580.

⁽²⁾ M.E.A. de Kraker, *et al.*, Will 10 Million People Die a Year due to Antimicrobial Resistance by 2050?, *PLoS Medicine*. 13 (2016).

⁽³⁾ H. Salmi-Mani *et al.*, Poly(ethylene terephthalate) films modified by UV-induced surface graft polymerization of vanillin derived monomer for antibacterial activity, *European Polymer Journal*. 103 (2018) 51–58.

⁽⁴⁾ E.G. Ankudey, *et al.*, Lipase-mediated epoxidation utilizing urea–hydrogen peroxide in ethyl acetate, *Green Chem*. 8 (2006) 923–926.

Mots-Clés : Surface functionalization, essential oils, antimicrobial treatment, Minimum Inhibitory Concentration

*Correspondance : caroline.aymes-chodur@u-psud.fr, [christophe.regeard@ universite-paris-saclay.fr](mailto:christophe.regeard@universite-paris-saclay.fr)

Greffage de polymères bioactifs sur des implants en silicone afin d'améliorer la réponse biologique

Anna WOZNIAK¹, Mylan Lam, Vivien Moris, Vincent Humblot², Céline Falentin-Daudre^{1,*}

¹LBPS/CSPBAT, UMR CNRS 7244, Institut Galilée, Université Paris 13 Sorbonne Paris Cité, 99 avenue JB Clément 93430 - Villetaneuse.

²FEMTO-ST Institute, UMR 6174 CNRS, Université Bourgogne Franche-Comté, 15B avenue Montboucons, 23030 Besançon Cedex, France.

Le PDMS, poly(diméthylsiloxane) plus communément appelé silicone est un élastomère largement utilisé dans le domaine médical en tant que prothèse. Les implants mammaires en silicone sont utilisés depuis les années 1970 dans la chirurgie reconstructive ou dans la chirurgie plastique. Cependant, à long terme, le caractère inoffensif et la biocompatibilité de ces implants sont remis en cause après le signalement de nombreux cas de lymphomes anaplasiques à grandes cellules (LAGC) chez les femmes porteuses de prothèses siliconées 8 à 10 ans post-implantation chez lesquelles, on observe une déformation de la membrane autour de l'implant. Cette déformation est due à une réaction inflammatoire qui se traduit par la formation d'une enveloppe fibreuse et qui, à long terme mène à des complications telles que la calcification de celle-ci formant une coque responsable de douleurs et de déformation cutanée visible.

Plusieurs hypothèses sont émises pour expliquer cette difformité. L'hypothèse principale est la contamination bactérienne de la surface de l'implant. En effet, la surface hydrophobe du silicone favorise l'adsorption de protéines plasmatiques entraînant *in fine* l'adhésion et la prolifération bactérienne.

Le LBPS a développé des méthodes de fonctionnalisation de polymères bioactifs sur des surfaces métalliques (titane et ses alliages⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾), des surfaces de polymères (PCL⁽⁴⁾⁽⁵⁾) ou encore des céramiques. Ces polymères sont porteurs de fonctions chimiques spécifiques qui permettent de moduler la conformation des protéines s'adsorbant à la surface empêchant ainsi l'adhésion bactérienne. Il a été montré qu'un quater-polymère⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾ porteur d'une fonction silicone et de fonctions bioactives diminue de 80% l'adhésion bactérienne *in vitro* (*S. Aureus & Epidermidis*). Et *in vivo*, une baisse de 1.5 à 2 log est observée⁽⁹⁾. Afin d'améliorer la réponse biologique du silicone, nous développons une stratégie de fonctionnalisation adaptée du polystyrène sulfonate de sodium sur le silicone. La mise en évidence du greffage a été montrée par les techniques de caractérisation telles que la spectroscopie infrarouge (FTIR), un dosage colorimétrique, MEB-EDX, la mesure de l'angle de contact et XPS.

Références : ⁽¹⁾Chouirfa, H.; Migonney, V.; Falentin-Daudré, C. RSC Advances 2016, 6, 13766-13771. ⁽²⁾Helary, G.; Noiclere, F.; Mayinggi, J.; Migonney, V. Acta Biomaterialia 2009, 5, 124-133. ⁽³⁾Falentin-Daudré, C.; Migonney, V.; Chouirfa, H.; Baumann, J.S. "Procédé de greffage de polymères bioactifs sur des matériaux métalliques". 2015, Brevet B248515D34589. ⁽⁴⁾Leroux, A.; Egles, C.; Migonney, V.; PLoS ONE, 2018, 13, e0205722 ⁽⁵⁾Amokrane, G.; Falentin-Daudré, C.; Ramtani, S.; Migonney, V. IRBM 2018, 39, 268-278. ⁽⁶⁾Berlot, S.; Aissaoui, Z.; Pavon-Djavid, G.; Bellenev, J.; Jozefowicz, M.; Hélarly, G.; Migonney, V. Biomacromolecules 2002, 3, 63-68. ⁽⁷⁾El Khadali, F.; Hélarly, G.; Pavon-Djavid, G.; Migonney, V. Biomacromolecules 2002, 3, 51-56. ⁽⁸⁾Yammine, P.; Pavon-Djavid, G.; Hélarly, G.; Migonney, V. Biomacromolecules 2005, 6, 2630-2637. ⁽⁹⁾Cremieux, AC.; Pavon-Djavid, G.; Saleh Mghir, A.; Helary, G.; Migonney, V. J Appl Biomater Biomech. 2003 1(3):178-85.

Mots Clés : Silicone, implant, bioactif, greffage.

*Correspondance : falentin-daudre@univ-paris13.fr

Bacteria detection by surface plasmon resonance imaging of antimicrobial peptides arrays

Charlène PLENIERE^{1,*}, Raphaël MATHEY¹, Arnaud BUHOT¹, Loïc LEROY¹, Sandrine BOISSET²,
Didier BOTURYN³, Yoann ROUPIOZ¹

¹Univ. Grenoble Alpes, CNRS, CEA, IRIG, SYMMES, F-38000 Grenoble.

²Laboratoire de Bactériologie, Institut de Biologie et de Pathologie, CHU de Grenoble Grenoble, France.

³Univ. Grenoble Alpes, DCM, 38610 Gières, France.

Biomolecule adsorption, bacterial biofilms or algae growth on surfaces can cause a major economical loss. Lot of them happen in a marine environment. Chemical corrosion is often described as the main cause but marine biofilms also play a role in the damages⁽¹⁾. Nowadays, natural substitutes to toxic antifouling chemicals are investigated. Antimicrobial peptides (AMP) could be considered as a good alternative⁽²⁾. First, AMPs have to be selected to be specific against the marine biofilm-former bacteria. To do so, a close look-up of immobilized-AMPs interactions with bacteria in solution is mandatory. A method that can be used is the surface plasmon resonance imaging of AMPs arrays. Indeed, this technology allows to test lot of peptides at the same time and results are visualized in real-time. The gold-covered biochip surface is functionalized with peptides which susceptible to interact with some bacteria, depending on species. Samples containing low concentrations of bacteria (few CFU/mL) can thus be incubated for several hours on the AMPs array, and individual interactions (affinity or repelling effect) between each peptide and the bacteria in solution are recorded. As a proof of concept, an experiment using peptides to detect pathogen bacteria in another complex biological sample, namely blood, is described.

Références :

⁽¹⁾ Procópio, L., The role of biofilms in the corrosion of steel in marine environments. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 2019, 35, 73.

⁽²⁾ Doiron, K., Beaulieu, L., St-Louis, R., Lemarchand, K., Reduction of bacterial biofilm formation using marine natural antimicrobial peptides. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 2018, 167, 524–530.

Mots-Clés : antimicrobial peptides, SPRI, bacteria detection, biosensor

*Correspondance : charlene.pleniere@cea.fr

LISTES DES PARTICIPANTS

Maya Abdallah

Laboratoire CSPBAT – LBPS
Villetaneuse
maya.abdallah@univ-paris13.fr

Caroline Aymes-Chodur

Institut de Chimie Moléculaire et des
Matériaux d'Orsay
Orsay
caroline.aymes-chodur@universite-paris-
saclay.fr

Florence Bally-Le Gall

Institut de Science des Matériaux de
Mulhouse
Mulhouse
florence.bally-le-gall@uha.fr

Jean Sébastien Baumann

Laboratoire CSPBAT – LBPS
Villetaneuse
jeansebastien.baumann@univ-paris13.fr

Khaoula Benabdderrahmane

Laboratoire CSPBAT – LBPS
Villetaneuse
khaoula.enabdderrahmane@univ-paris13.fr

Karim Benzerara

Institut de Minéralogie, Physique des
Matériaux et Cosmochimie
Paris
karimbenzerara14@gmail.com

Souhir Boujday

Laboratoire de Réactivité de Surface
Paris
souhir.boujday@sorbonne-universite.fr

Amine Boukerb

CBSA (ex-Laboratoire de Microbiologie
Signaux et Microenvironnement)
Evreux
amine.boukerb@univ-rouen.fr

Nathalie Bourgougnon

Laboratoire de Biotechnologie et Chimie
Marines
Vannes
nathalie.bourgougnon@univ-ubs.fr

Marie Champion

Laboratoire de biotechnologie et de chimie
marines
Lorient
marie.champion@univ-ubs.fr

Paul Cressey

Institut Galien Paris-Saclay
Châtenay-Malabry
paul.cressey@universite-paris-saclay.fr

Etienne Dague

Laboratoire d'analyse et d'architecture des
systèmes
Toulouse
edague@laas.fr

Lisa Deblock

Laboratoire des Matériaux et du Génie
Physique (LMGP)
Grenoble
lisa.deblock@grenoble-inp.fr

Stéphanie Devineau

Université de Paris, BFA
Paris
stephanie.devineau@u-paris.fr

Catherine Dreano

IFREMER
Catherine.Dreanno@ifremer.fr

Alain Dufour

Laboratoire de Biotechnologie et Chimie
Marines
Lorient
alain.dufour@univ-ubs.fr

Hippolyte Durand

CEA Leti
Grenoble
hippolyte.durand@cea.fr

Céline Falentin-Daudré

Laboratoire CSPBAT – LBPS
Villetaneuse
falentin-daudre@univ-paris13.fr

Fabienne Faÿ

Laboratoire de Biotechnologie et Chimie
Marines
Lorient
fabienne.fay@univ-ubs.fr

Anne-Chantal Gouget-Laemmel

Laboratoire de Physique de la Matière
Condensée
Palaiseau
anne-chantal.gouget@polytechnique.edu

Brigitte Grosogeat

Laboratoire des Multimatériaux et Interfaces
Villeurbanne
brigitte.grosogeat@univ-lyon1.fr

Vincent Humblot

Institut FEMTO-ST
Besançon
vincent.humblot@femto-st.fr

Raphaël Lami

Sorbonne Université, Laboratoire de
Biodiversité et Biotechnologies Microbiennes
(LBBM), Observatoire Océanologique de
Banyuls
Banyuls-sur-Mer
raphael.lami@obs-banyuls.fr

Céline Landon

Centre de Biophysique Moléculaire
Orléans
celine.landon@cnrs-orleans.fr

Olivier Lesouhaitier

Laboratoire Communication Bactérienne et
Stratégies Anti-infectieuses
Evreux
olivier.lesouhaitier@univ-rouen.fr

Antoine Loquet

Chemistry and Biology of Membranes and
Nanoobjects (CBMN), Institut Européen de
Chimie et Biologie (IECB)
Bordeaux
a.loquet@iecb.u-bordeaux.fr

Ali Makky

Institut Galien Paris-Saclay
Châtenay-Malabry
ali.makky@universite-paris-saclay.fr

Raphaël Mathey

Laboratoire Systèmes Moléculaires et
nanoMatériaux pour l'Énergie et la Santé
Grenoble
raphael.mathey@cea.fr

Rachel Meallet-Renault

Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay
Orsay
rachel.meallet-renault@universite-paris-
saclay.fr

Jean-Philippe Michel

Institut Galien Paris Saclay
Châtenay-Malabry
jean-philippe.michel@universite-paris-
saclay.fr

Corinne Nardin

E2S UPPA, IPREM
Pau
corinne.nardin@univ-pau.fr

Moussa Nasserredine

Laboratoire CSPBAT – LBPS
Villetaneuse
nassmoussa@hotmail.fr

Tuan Nguyen

R&D department, CERAVER
Plailly
nguyentuan111190@gmail.com

Mathieu Nicolas

Institut des Nanosciences de Paris et
Laboratoire de Réactivité de Surface
Paris
mathieu.nicolas@insp.jussieu.fr

Caroline Pereira

Laboratoire CSPBAT – LBPS
Villetaneuse
caroline.pereira@univ-paris13.fr

Magali Phaner-Goutorbe

Institut des Nanotechnologies de Lyon
Ecully
magali.phaner@ec-lyon.fr

Charlène Plenièrè

Laboratoire Systèmes Moléculaires et
nanoMatériaux pour l'Énergie et la Santé
Grenoble
charlene.plenièrè@cea.fr

Lydie Ploux

INSERM
Strasbourg
ploux@unistra.fr

David Riassetto

Laboratoire des Matériaux et du Génie
Physique
Grenoble
David.Riassetto@grenoble-inp.fr

Véronique Rosilio

Institut Galien Paris-Saclay
Châtenay-Malabry
veronique.rosilio@universite-paris-saclay.fr

Yoann Roupioz

Laboratoire Systèmes Moléculaires et
nanoMatériaux pour l'Énergie et la Santé
Grenoble
yoann.roupioz@cea.fr

Fanny Schnetz

Institut de Chimie des Matériaux Paris Est
Thiais
fanny.schnetz@u-pec.fr

Claire Semedo

Laboratoire CSPBAT - LBPS
Villetaneuse
claire.semedo@univ-paris13.fr

Pascal Thébault

Laboratoire Polymères Biopolymères Surfaces
Rouen
pascal.thebault@univ-rouen.fr

Julius Vancso

University of Twente
Enschede
g.j.vancso@utwente.nl

Luc Vellutini

Institut des Sciences Moléculaires
Talence
luc.vellutini@u-bordeaux.fr

Julien Vieillard

Laboratoire COBRA, Université de Rouen
Normandie
Evreux
julien.vieillard@univ-rouen.fr

Dror Warschawski

Laboratoire des Biomolécules
Paris
dror.warschawski@sorbonne-universite.fr

Tianyue Wei

Institut de Chimie Moléculaire et des
Matériaux d'Orsay
Orsay
tianyue.wei@universite-paris-saclay.fr

Marianne Weidenhaupt

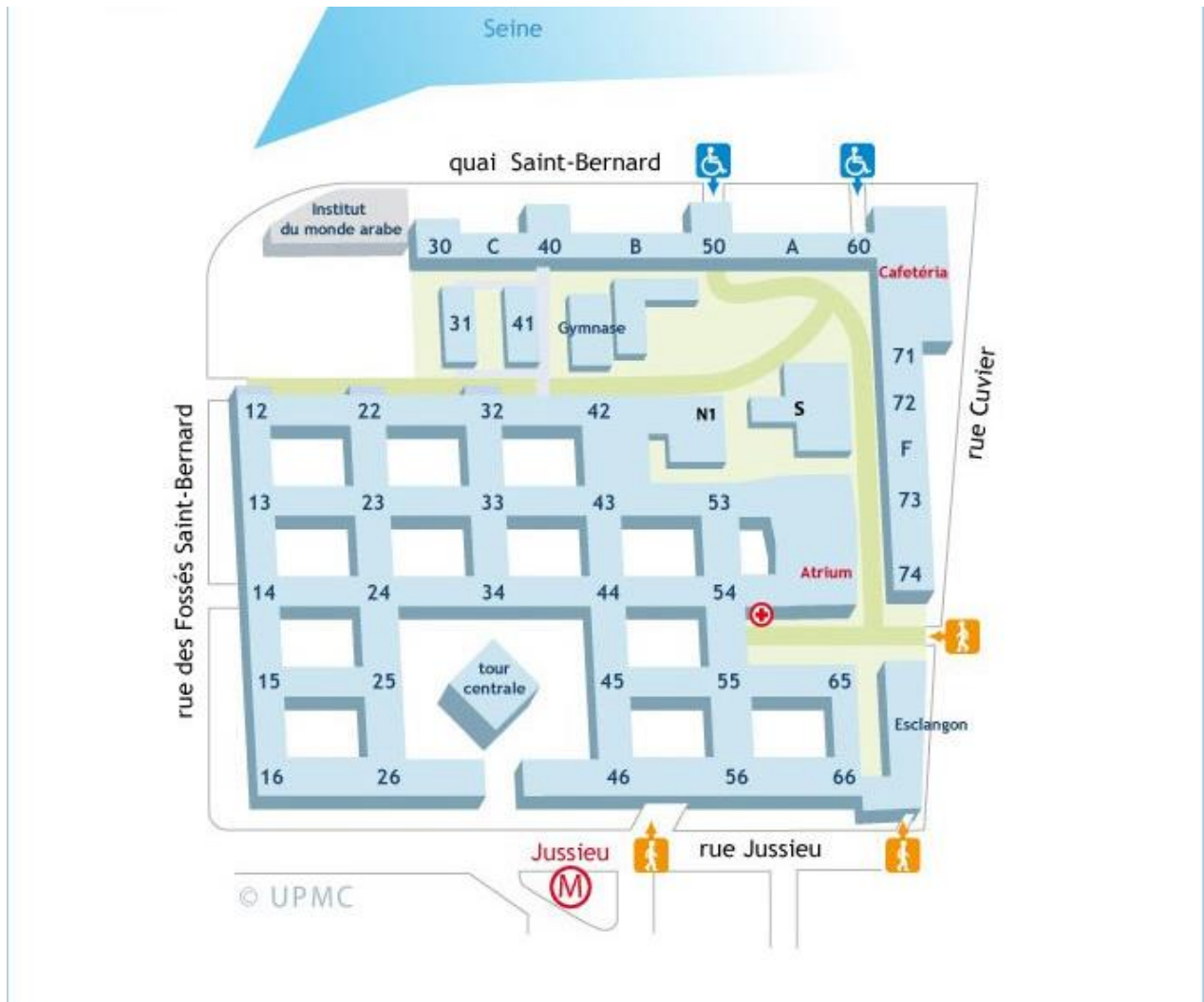
Laboratoire des Matériaux et du Génie
Physique (LMGP)
Grenoble
marianne.weidenhaupt@grenoble-inp.fr

Amelia Whiteley

CEA Leti
Grenoble
amelia.whiteley@cea.fr

Anna Wozniak

Laboratoire CSPBAT – LBPS
Villetaneuse
anna.wozniak@univ-paris13.fr



SALLE DE REUNION : Amphithéâtre DURAND, bâtiment Esclangon

REPAS/DEJEUNER/POSTERS : Patio 56