

FAITS MARQUANTS 2017



INSTITUT
FRESNEL

*Institut Fresnel – UMR 7249 – Faculté des Sciences St-Jérôme
Avenue Escadrille Normandie-Niemen - 13013 Marseille - FRANCE*

www.fresnel.fr

Lipid order degradation in autoimmune demyelination probed by polarization resolved coherent Raman microscopy

Des chercheurs de l'équipe MOSAIC à l'Institut Fresnel ont démontré la possibilité d'imager, à une échelle de temps sub-seconde, la dynamique de l'orientation de lipides dans des membranes artificielles et cellulaires sans marquage fluorescent. Le gain en rapidité obtenu par rapport aux techniques précédentes est de l'ordre de deux ordres de grandeur, ces expériences nécessitant auparavant quelques minutes pour former une image de quelques centaines de micromètres de taille.

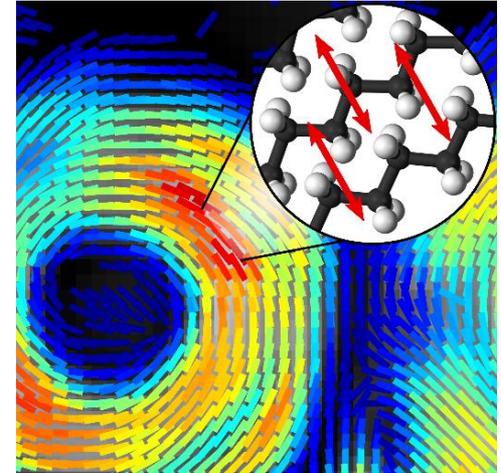
La méthode de microscopie optique utilisée mesure des signaux non-linéaires Cohérent Raman, par processus Cohérent Raman Stimulé (SRS) ou Diffusion Cohérent Raman Anti-Stokes (CARS) provenant des vibrations moléculaires, ici ciblant les signaux des lipides membranaires. Mathias Hofer, Naveen Kumar Balla et Sophie Brasselet ont utilisé le principe de la détection de signaux Stimulés Raman, qui module rapidement l'intensité d'un des faisceaux impliqués dans l'interaction avec les molécules, pour cette fois moduler la polarisation de ces faisceaux. Les signaux polarisés étant sensibles à l'orientation des molécules, la modulation obtenue est alors la signature d'une orientation moléculaire, ce qui permet de remonter, pour chaque pixel de l'image, à l'ordre moléculaire dans les membranes lipidiques et à leur orientation moyenne, caractéristiques de leur organisation à une échelle sub-micrométrique.

Ces signaux sont riches d'information, notamment dans les membranes lipidiques de la myéline, une structure multicouche qui entoure les axones et se trouve être fortement affectée lors de la progression de maladies neurodégénératives telles que Alzheimer ou la sclérose en plaque.

Cette technique permettrait de mesurer, en amont du détachement de la myéline des axones, les signes précoces d'une désorganisation lipidique dans les tissus. Une démonstration de principe dans des tissus fixés extraits de la moelle épinière de souris a également été publiée en collaboration Franck Debarbieux de l'INT Marseille.

Contact chercheur :

Sophie Brasselet, équipe MOSAIC



Références : M. Hofer, N.K. Balla, S. Brasselet ;
« *High speed polarization resolved Coherent Raman Scattering imaging* », *Optica* Vol. 4, Issue 7, pp. 795-801 (2017)

P. Gasecka, A. Jaouen, F.-Z. Bioud, H. Barbosa de Aguiar, J. Duboisset, P. Ferrand, H. Rigneault, N. Balla, F. Debarbieux, S. Brasselet ; « *Degradation of molecular organization of myelin lipids in autoimmune demyelination probed by polarization resolved nonlinear vibrational microscopy* »

[BioRxiv](https://doi.org/10.1101/151111)

Revealing crystalline domains in a mollusc shell single-crystalline prism

Chez les organismes vivants, les processus de biominéralisation régulent la croissance des tissus minéralisés, tels que les dents, les os, les coquilles... Les perspectives fascinantes qu'ouvrent leurs compréhensions en sciences des matériaux, paléoclimatologie et sciences de l'environnement attirent nombre de chercheurs. L'exemple du carbonate de calcium en est l'un des plus frappants : alors qu'il est évident que les théories issues de la cristallisation classique ne peuvent expliquer la formation des structures biominérales calcaires extrêmement complexes, telles que celles observées chez l'oursin ou l'huitre perlière par exemple, la formation de ce constituant majeur de la croûte terrestre est encore largement incomprise.

L'étude, menée par une équipe interdisciplinaire française et publiée dans la revue *Nature Materials*, exploite une nouvelle microscopie en rayons X permettant de révéler les spécificités structurales du biominéral. Elle conduit à l'identification de modèles probables de biominéralisation.

L'approche développée par cette équipe est motivée par une contradiction apparente : tandis que les espèces vivantes capables de cristalliser le carbonate de calcium produisent une remarquable diversité architecturale aux échelles macro et micrométriques, au contraire, à l'échelle sub-micrométrique, la structure biominérale se caractérise par l'observation constante d'une structure granulaire et cristalline. Par conséquent, une description des caractéristiques cristallines à cette échelle « mésométrique », c'est-à-dire, à l'échelle de quelques granules (50-500 nm), est la clé pour construire des scénarios réalistes de biominéralisation. C'est également une difficulté majeure pour la microscopie, puisqu'aucune des approches expérimentales actuellement utilisées (électroniques, X ou visibles) n'est capable d'y accéder.

Grâce à la nouvelle approche de microscopie X en synchrotron, la ptychographie de Bragg, développée en 2011 par l'Institut Fresnel, il a été possible de révéler les détails tridimensionnels de l'organisation mésocristalline des prismes de calcite, les unités minérales constituant la coquille de l'huitre perlière. Bien que ces prismes soient habituellement décrits comme des mono-cristaux « parfaits », il a été possible de mettre en évidence l'existence de grands domaines cristallins d'iso-orientations et d'iso-déformations, légèrement différents les uns des autres. Ces résultats entièrement originaux plaident en faveur de chemins de cristallisation non classiques, comme la fusion partielle d'un ensemble de nanoparticules primaires ou l'existence de précurseurs de type liquides.

Ce résultat a été obtenu dans le cadre d'un programme de recherche à 4 ans financé par l'ANR (ANR-11-BS20-0005). Il constitue le point de départ d'un projet ERC Consolidator (#724881), qui a pour objectif d'établir les conditions physiques, chimiques et biologiques nécessaires pour produire des biominéraux synthétiques à la demande.

Références : F. Mastropietro, P. Godard, M. Burghammer, C. Chevillard, J. Daillant, J. Duboisset, M. Allain, P. Guenoun, J. Nouet, V. Chamard ; « *Revealing crystalline domains in a mollusc shell "single-crystalline" prism* »

Nature Materials (Numéro DOI 10.1038/nmat4937)

[Lien vers l'article en téléchargement](#)

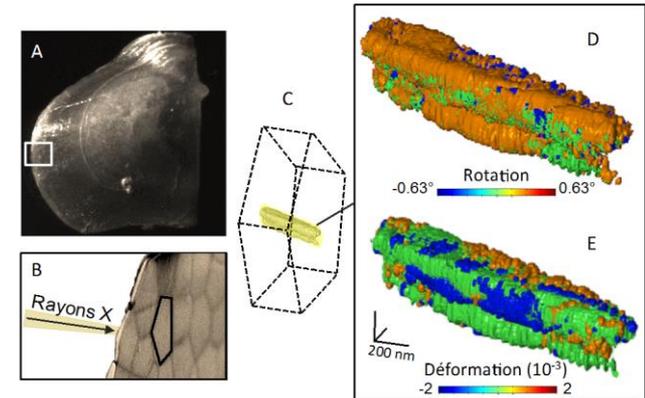


Figure : Image tridimensionnelle des propriétés cristallines d'un prisme cristallin constituant la coquille d'une huitre perlière. (A) L'huitre perlière et (B) sa structure prismatique en bord de coquille. (C) La zone sondée (en jaune) à l'intérieur d'un prisme. Mise en évidence de domaines de rotations (D) et déformations (E) à l'intérieur du biominéral « mono-cristallin », Adaptée de F. Mastropietro et al., *Nature Materials* (2017).

Contact chercheur :

Virginie Chamard, équipe COMIX

Un modèle inédit pour des illusions infrarouges

Afin de modifier et de camoufler la signature infrarouge d'un objet, son rayonnement thermique doit être contrôlé. Or ses propriétés intrinsèques compliquent la manœuvre. Des chercheurs de l'Institut Fresnel, du LMGC, du laboratoire EM2C, de l'IEMN et du LIMMS proposent un modèle où des capes en métamatériaux lèveraient cet obstacle. Ces travaux sont publiés dans la revue Optics Express.

Tout corps qui n'est pas gelé au zéro absolu émet un rayonnement thermique, dont la signature spectrale dépend de la température. Cette propriété naturelle d'émission de rayonnement par la matière est, par exemple, utilisée par les systèmes de vision nocturne qui analysent les signatures infrarouges. Si son observation ne pose pas de difficulté, ce rayonnement thermique est soumis à d'importants processus de fluctuation et de dissipation qui complexifient grandement son contrôle. Des chercheurs de l'Institut Fresnel (CNRS/Aix-Marseille Université/École Centrale Marseille), du Laboratoire de mécanique et génie civil (LMGC, CNRS/Université de Montpellier2), du laboratoire d'Énergétique moléculaire et macroscopique, combustion (EM2C, CNRS/CentraleSupélec/Université Paris-Saclay) de l'Institut d'électronique, de microélectronique et de nanotechnologie (IEMN, CNRS/Université Lille 1/ISEN/UVHC/École Centrale de Lille) et du Laboratory for Integrated Micro Mechatronics Systems (LIMMS, CNRS/Université de Tokyo) ont cependant montré qu'il était théoriquement possible de le modifier à volonté.

Leur modèle utilise une cape en métamatériaux, dont la structuration en volume permet de contrôler le rayonnement thermique. Ces travaux visent en particulier à créer des illusions thermiques, c'est-à-dire à faire en sorte qu'un objet donné reproduise à l'identique la signature infrarouge d'un autre objet, en termes de direction, fréquence et polarisation... Par des analyses théoriques, les chercheurs ont réussi à déterminer les propriétés d'anisotropie et d'hétérogénéité de la cape, soulignant ainsi un problème de fabrication à relever pour les métamatériaux. Ces travaux pourraient trouver à terme des applications dans le camouflage, ainsi que dans tous les domaines où l'on souhaiterait contrôler finement les chemins de propagation pris par le rayonnement thermique.

Références : A. Alwakil, M. Zerrad, M. Bellieud, D. Veynante, F. Enguehard, N. Rolland, S. Volz et C. Amra ; *“Transformational fluctuation electrodynamics : application to thermal radiation illusion”*

Optics Express (juillet 2017)
[DOI:10.1364/OE.25.017343](https://doi.org/10.1364/OE.25.017343)

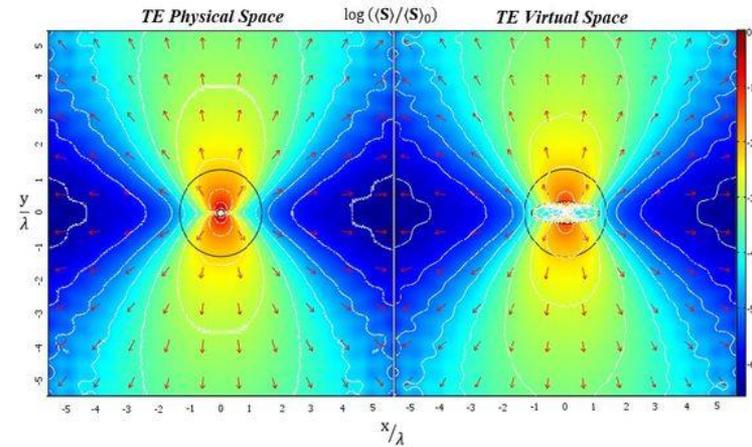


Figure : Diagramme de rayonnement thermique par un disque central recouvert d'une cape (à gauche) permettant de reproduire le diagramme d'une ellipse horizontale (à droite). Les deux diagrammes sont identiques au-delà du cercle noir qui est la frontière de la cape. Le mimétisme obtenu est indépendant de la polarisation et de la longueur d'onde.

Contact chercheur :

Claude Amra, équipe CONCEPT

Une nouvelle machine de dépôt par évaporation assistée par plasma au sein de la Plateforme Espace Photonique

Dans le cadre d'un financement de la ville de Marseille, l'équipe Couches Minces Optiques de l'Institut Fresnel vient d'installer, au sein de la plateforme technologie AMU de l'Espace Photonique, une nouvelle machine de dépôt par évaporation assistée par plasma (Bühler SYRUSpro 710). Cette machine vient compléter le parc de machine de pointes déjà existant (e.g. Bühler HELIOS et Bühler SYRUSpro 710) et permettra de diversifier le champ d'applications des composants à base de couches minces optiques. Cette machine sera dédiée au dépôt de couches minces de matériaux transparents dans l'infrarouge et au développement de couches à base de matériaux non conventionnels tels que des matériaux à changement de phase (e.g. chalcogénures). Elle nous permettra notamment de développer des antireflets large-bande [1.5-15] μm (projet R&T CNES), des composants structurés en volume (thèse DGA) ou des métasurfaces optiques (thèse CIFRE Multiwave).

Succès du programme de maturation entre l'Institut Fresnel et Multiwave Innovation

La SATT Sud-Est vient de concéder une licence à la SAS Multiwave Innovation portant sur le développement et l'utilisation d'antennes à base de métamatériaux pour l'IRM clinique très haut champ (7 Tesla).

La réussite du programme de maturation et l'exploitation de la licence exclusive d'un brevet, copropriété du CNRS, d'Aix-Marseille Université, de l'École Centrale Marseille et du Commissariat à l'Énergie Atomique, à la SAS Multiwave Innovation, filiale française du groupe Suisse Multiwave Technologies AG a été possible avec la collaboration de la SATT Sud-Est.

Multiwave Innovation, dont les bureaux se trouvent sur le Technopole de Chateau-Gombert à Marseille, est la première (et seule) entreprise à concevoir et commercialiser des antennes IRM en France. La licence concédée porte sur l'utilisation d'antennes radiofréquences à base de métamatériaux pour l'IRM clinique très Ultra Haut Champ (7 Tesla).

L'objectif des chercheurs de notre laboratoire, UMR7249 et de l'Institut d'Imagerie Biomédicale (CEA) est de développer de nouvelles antennes pour les IRM à Ultra Haut Champ (donc supérieurs à 3 tesla) afin d'améliorer significativement les résolutions spatiales et temporelles des images.

L'objectif de cette collaboration est de fabriquer un prototype d'antenne émettrice selon les normes IRM Clinique. Cette nouvelle approche ouvre la voie à un diagnostic in vivo plus précis tel que la détection de pathologies, comme la maladie de Parkinson par exemple. Ces nouvelles antennes permettront de pondérer et d'équilibrer les champs radio fréquences, tout en diminuant le taux d'absorption spécifique global, dans le cerveau d'un patient.

[Communiqué de Presse SATT Sud-Est](#)

Contact chercheur :

Julien Lumeau, équipe RCMO

