
Sujet de thèse - French description
Etudes *in vivo* de la biominéralisation
par microscopie optique non-linéaire Raman cohérente

Laboratoire : Institut Fresnel, CNRS, Marseille

Directeur de thèse : Duboisset Julien (HDR)

Co-directrice : Chamard Virginie (HDR)

Email : julien.duboisset@fresnel.fr virginie.chamard@fresnel.fr

Adresse : Institut Fresnel, Domaine Universitaire de Saint Jérôme, 13397 Marseille

Tel : 0413945482

Description

La biominéralisation intègre des processus biologiques, chimiques et physiques complexes permettant de contrôler la formation de tissus minéralisés dans les organismes vivants. Le décryptage de ces mécanismes, qui échappent aux modèles classiques de cristallisation, est fondamental pour comprendre comment la cristallisation sous médiation organique permet aux animaux de produire des matériaux en principe inattendus. Les retombées de la thèse pourraient permettre d'enrichir les modèles du cycle global du carbone ou de proposer des nouvelles stratégies de fabrication de matériaux innovants. Le défi posé par la compréhension de la biominéralisation est lié à l'existence d'états intermédiaires, qu'il n'est possible de capturer qu'avec le développement de stratégies *in vivo*. C'est ce que nous proposons ici, grâce à une méthode d'optique particulièrement puissante, capable de sonder à la fois des propriétés structurales et spectrales, et qui sera appliquée pour la première fois à une série d'organismes calcifiants tels que les coraux ou les bivalves (par ex. l'huître perlière de Tahiti). Pour cela, la microscopie Raman cohérente (CR) sera mise en œuvre pour imager le carbonate amorphe (précurseur) et le carbonate cristallin (état final) pendant la minéralisation de la coquille. Le contraste CR est un processus de mélange à 4 ondes, résonant au niveau moléculaire, qui permet une imagerie chimique spécifique. Le suivi de la transformation du carbonate amorphe en carbonate cristallin nécessitera la mise en place d'une stratégie nouvelle d'imagerie CR, basée sur la modulation spectrale des lasers impliqués.

La thèse se déroulera à l'Institut Fresnel, sur le campus de Saint Jérôme. L'étudiant.e intégrera l'équipe Mosaic, en collaboration avec l'équipe Comix, l'IFREMER de Montpellier et le Centre Scientifique de Monaco. Au cours de la thèse, l'étudiant.e devra développer le dispositif expérimental de microscopie Raman cohérent adapté aux contraintes de l'observation *in vivo*. Des animaux vivants seront reçus au laboratoire et élevés en aquarium à l'Institut. L'objectif de la thèse est de développer le protocole permettant l'imagerie *in vivo* des tissus minéralisés des animaux vivants, mener les premières expériences de biominéralisation *in vivo* et confronter les observations à la littérature afin de proposer une interprétation des résultats.

Pour cette thèse, de solides compétences en optique et en expérimentation sont attendues. L'étudiant.e retenu.e s'intégrera dans un groupe de travail pluridisciplinaire, reconnu au niveau international comme leader de son domaine. Il/elle devra donc présenter des aptitudes à travailler en équipe et faire preuve d'esprit de curiosité afin de bénéficier pleinement de l'environnement de travail.

PhD thesis project - English description
In vivo studies of biomineralization
by non-linear coherent Raman optical microscopy

Laboratory : Institut Fresnel, CNRS, Marseille

Thesis supervisor: Duboisset Julien (HDR)

Co-supervisor: Chamard Virginie (HDR)

Email : julien.duboisset@fresnel.fr virginie.chamard@fresnel.fr

Adress: Institut Fresnel, Domaine Universitaire de Saint Jérôme, 13397 Marseille, France

Tel : +33 413945482

Description

Biomineralization integrates complex biological, chemical, and physical processes to control the formation of mineralized tissues in living organisms. Deciphering these mechanisms, which escape models of classical crystallization, is fundamental to understanding how organically mediated crystallisation allows animals to produce materials that are in principle unexpected. The results of the thesis could make it possible to enrich the global carbon cycle models or to propose new strategies for the manufacture of innovative materials. The challenge posed by the understanding of biomineralization is related to the existence of intermediate states, which can only be captured with the development of *in vivo* strategies. This is what we propose here, using a particularly powerful optical approach, able to simultaneously probe spectral and structural properties, and which will be applied for the first time to a series of calcifying organisms such as corals or bivalves (e.g. the Tahitian pearl oyster). Coherent Raman microscopy (CR) will be used to image amorphous (precursor phase) and crystalline (final phase) carbonate during shell mineralization. CR contrast is a 4-wave mixing process resonant at the molecular level, which allows specific chemical imaging. Monitoring the transformation of amorphous carbonate to crystalline carbonate will require a novel CR imaging strategy based on the spectral modulation of the lasers involved.

The thesis will take place at the Fresnel Institute, on the Saint Jérôme campus. The student will join the Mosaic team, in collaboration with the Comix team, the IFREMER group in Montpellier and the Monaco Scientific Center. During the thesis, the student will have to develop the experimental coherent Raman microscopy experimental device adapted to the constraints of *in vivo* observation. Live animals will be received in the laboratory and raised in the aquarium at the Institute. The objective of the thesis is to develop the protocol allowing the *in vivo* imaging of the calcifying tissue of the living animals, to conduct the first *in vivo* biomineralization experiments and to compare the observations with the literature in order to propose an interpretation of the results.

For this thesis, strong optical and experimental skills are expected. The successful student will be integrated into a multidisciplinary working group, recognized at the international level as leader of its field. He/she will therefore need to be able to work in a team and to show a good spirit of curiosity in order to benefit fully from the working environment.