

Surfaces optiques multifonctionnelles biosinspirées à haute résistance mécanique

Le biomimétisme comme illustré par l'effet Lotus pour la mouillabilité, est une approche particulièrement intéressante pour le développement technologique et matériaux avancés [1,2]. Cette approche souffre cependant de limitations. Les structures ou surfaces biosinspirées sont très rarement multifonctionnelles ou simplement bifonctionnelles (exemple des traitements antiréfléchissants qui deviennent également hydrophes après fonctionnalisation chimique). C'est ce qu'une étude récente menée à l'UTT dans le cadre du projet DGA BISONS a permis de vérifier [3]. La figure ci-dessous présente la géométrie optique qui permet la meilleure adaptation d'indice développée dans le cadre de ce projet. Cette surface parfaite ne représente aucune zone plate pouvant réfléchir la lumière et ainsi limiter la quantité de lumière transmise (transmission supérieure à 99%). Pour autant cette surface est particulièrement fragile mécaniquement (rupture).

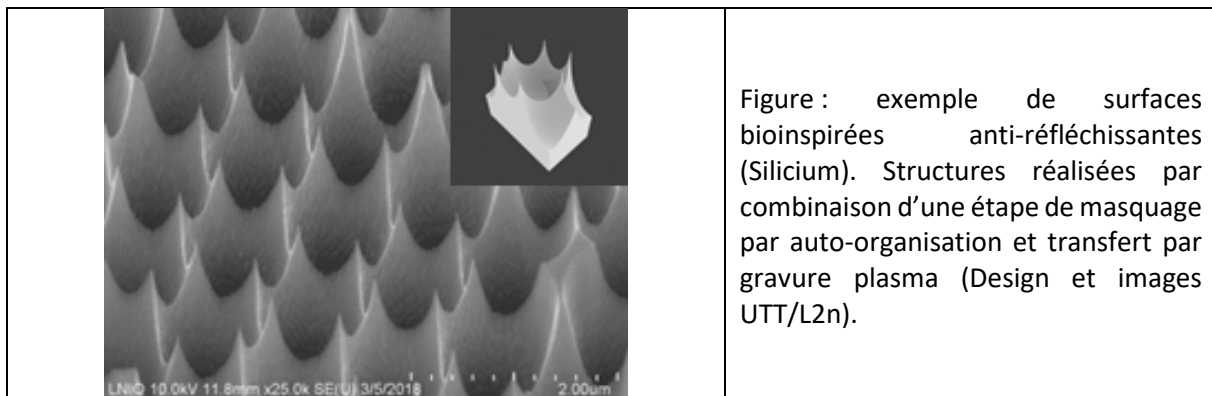


Figure : exemple de surfaces biosinspirées anti-réfléchissantes (Silicium). Structures réalisées par combinaison d'une étape de masquage par auto-organisation et transfert par gravure plasma (Design et images UTT/L2n).

Le travail de thèse proposé vise à adresser cette problématique à visée clairement applicative mais qui revêt un aspect plus fondamental axé sur la topologie des surfaces.

Le travail pourra se décomposer en trois phases :

- Amélioration de la topographie/géométrie des surfaces optiques afin de les rendre plus résistante mécaniquement (surfaces arrondies)
- Double structuration avec ajout d'un matériau dur transparent au domaine spectral considéré.
- Modification chimique ou thermique du matériau structuré ou vice-versa développement de procédé de structuration sur matériau à propriétés mécaniques renforcées (ex : verre trempé).

On travaillera principalement sur 2 matériaux modèles le silicium pour l'Infra-rouge (IR) et le verre pour le visible auquel pourrait se rajouter le PMMA ou PE comme plastiques durs respectivement pour le visible et l'IR. De manière générale, on privilégiera les approches génériques applicables potentiellement à d'autres matériaux.

Les études déjà menées ont portées à la fois sur des surfaces à très forte transmissivité ou parfaitement absorbantes (surfaces « noires »). La même meso/nanostructuration peut permettre d'obtenir l'un ou l'autre des effets en fonction de la nature même du matériau suivant qu'il est transparent ou absorbant.

Ce travail, réalisé en co-tutelle entre l'UTT et l'UL, inclura une partie modélisation (utilisation d'outils numériques existants) et une partie expérimentale pouvant inclure à la fois la structuration et la caractérisation structurale, optique et mécanique des dépôts et des structures.

Les modélisations (réponse optique) et la partie structuration et caractérisation optique se feront au L2n. Les dépôts et traitements thermiques ainsi que les caractérisations mécaniques (tenue à l'abrasion) seront réalisés au LASMIS à l'antenne de Nogent. L'UL sera impliquée dans le développement et la déposition des couches minces de matériaux. En particulier, l'utilisation de la méthode ALD (Atomic Layer Deposition) pour le dépôt de couches minces transparentes dans un domaine spectral choisi en fonction de l'application envisagée. Cette méthode de dépôt, déjà maîtrisée dans le laboratoire EC2M-UL, permet l'obtention de couches nanométriques de qualité supérieure et surtout des dépôts conformes parfaitement adaptés aux micro nanostructures. L'EC2M mettra aussi à disposition les moyens de caractérisations de l'UL (Raman, DRX, MEB, absorption...) et des outils de modélisations multiphysiques complémentaires de ceux de l'UTT.

Directeur de thèse UTT : Gilles Lérondel, ICD/L2n

Co-encadrant UTT : Akram Alhussein, ICD/LASMIS

Directeur de thèse UL : Roland Habchi, EC2M

Références:

[1] D. Quéré, "Effet lotus : quand la nature a horreur de l'eau." [Online]. Available <http://www2.cnrs.fr/presse/thema/376.htm>

[2] C. Sanchez, H. Arribart, and M. M. Giraud Guille, "Biomimetism and bioinspiration as tools for the design of innovative materials and systems," *Nat. Mater.*, vol. 4, no. 4, pp. 277–288, Apr. 2005.

[3] K.C. Park, H. J. Cho, C.H. Chang, R.E. Cohe, G.H. McKinle and G. Barbastathis, Nanotextured Silica Surfaces with Robust Superhydrophobicity and Omnidirectional Broadband Supertransmissivity, *ACS Nano* 2012, 6, 5, 3789-3799.

[4] Projet DGA BISOONS « Bio Inspired Surfaces with Optical Nano-Structures » 2017-2019, partenaires : SILSEF (porteur), UTT (L2n) et SAFRAN Electronics & Defence.