

Contexte (English version below):

Les matériaux céramiques à l'architecture inspirée de celle de la nacre présentent des propriétés mécaniques exceptionnelles, notamment en termes de compromis entre résistance et ténacité (nacres d'alumine, voir figure 1, *Bouville 2014*). Cependant, aucune application industrielle n'a encore été proposée pour ces matériaux bio-inspirés. Parmi les explications à cela, il y a actuellement un manque de connaissance des propriétés mécaniques et notamment de leur caractère anisotrope, de la dispersion des résistances, de la sensibilité aux défauts ou des propriétés à haute température.

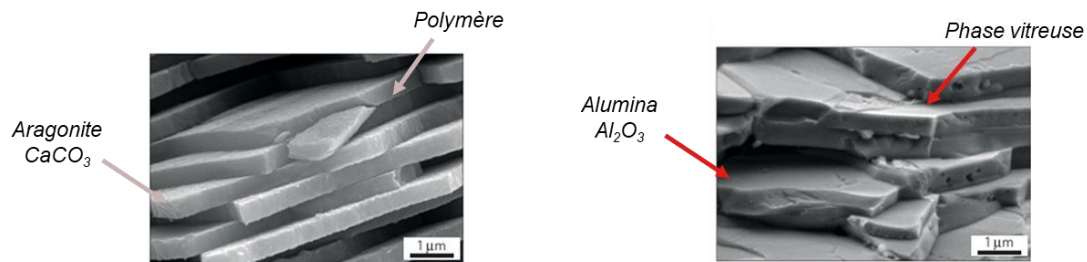


Figure 1 : Microstructure comparée nacre naturelle et nacre d'alumine / Comparison of natural and artificial alumina nacre.

Pour répondre à ces limites, deux approches sont proposées dans ce sujet de thèse :

- La caractérisation et la modélisation du comportement mécanique anisotrope de nacre d'alumine. Plusieurs essais ont été mis en place pour caractériser les propriétés à rupture et en propagation de fissure au cours de travaux précédents. En complément de ces essais, il s'agira de développer des approches d'identification des propriétés au travers d'un dialogue essai-calcul (voir *Duminy et al. 2023*). Un objectif est de définir un design matériau optimal pour les propriétés mécaniques (propriétés des constituants, dimensions des plaquettes, épaisseur de l'interphase...).
- Le développement de nouvelles formulations de nacres d'alumine avec différents renforts à l'interface entre plaquettes (voir *Henry et al. 2022*), permettant d'améliorer les propriétés mécaniques à l'ambiante et en température.

Le travail sera effectué au sein de l'équipe Céramiques et Composites du laboratoire MATEIS. Le projet étant en collaboration avec le département Matériaux de l'Imperial College de Londres (une autre thèse y est prévue en parallèle à celle-ci), des réunions d'échange régulières et des mobilités sont prévues à l'Imperial (avec accueil à Lyon du doctorant londonien).

Context:

Ceramic materials with an architecture inspired by that of mother-of-pearl exhibit exceptional mechanical properties, particularly in terms of strength and toughness trade-off (Nacre-like Aluminas, see Fig. 1, *Bouville 2014*). However, no industrial application has yet been proposed for these bio-inspired materials. There is currently a lack of knowledge about their properties, including their anisotropic character, strength dispersion, sensitivity to defects or high temperature properties.

To address these limitations, two approaches are proposed in this thesis:

- Characterization and modelling of the anisotropic mechanical behavior of nacre-like alumina. Several tests have been set up to characterize the fracture and crack propagation properties in previous works. In addition to these tests, it will be necessary to develop approaches for

identifying properties through experiment-calculation dialogue (see *Duminy et al. 2023*). One objective is to define an optimal material design for the mechanical properties (e.g. properties of the constituents, dimensions of the platelets, thickness of the interphase...).

- Development of new formulations of nacre-like alumina having different reinforcements at the interface between platelets (see *Henry et al. 2022*) allowing to improve the properties at ambient and at elevated temperature.

The work will be carried out within the Ceramics and Composites team of the MATEIS laboratory. As the project is in collaboration with the Materials Department of Imperial College London (another thesis is planned in parallel to this one), regular exchange meetings as well as mobility are planned at Imperial (with hosting in Lyon of the London PhD student).

Profil/ Profile :

Au vu de la dimension expérimentale (fabrication et caractérisation mécanique) et numérique (éléments finis) de la thèse, un profil en Science et Génie des Matériaux ou en Génie Mécanique est adapté.

In view of the experimental (manufacturing and mechanical characterization) and numerical (finite elements) dimensions of the thesis, a profile in Materials Science and Engineering or Mechanical Engineering is suitable.

Contacts :

Les CV et lettres de motivation sont à déposer sur le site suivant :

<https://emploi.cnrs.fr/Gestion/Offre/Default.aspx?Ref=UMR5510-SYLMEI-002>

Contacts : Sylvain Meille (sylvain.meille@insa-lyon.fr) et Aurélien Doitrand (aurelien.doitrand@insa-lyon.fr)

Contacts : Sylvain Meille (sylvain.meille@insa-lyon.fr) and Aurélien Doitrand (aurelien.doitrand@insa-lyon.fr)

Références /References:

F. Bouville, E. Maire, S. Meille, B. Van de Moortèle, AJ Stevenson, S. Deville, Strong and Tough Bioinspired Ceramics from Brittle Constituents, *Nature Materials* 13, pp. 508–514, 2014, 10.1038/nmat3915

R. Henry, H. Saad, S. Dankic-Cottrino, S. Deville, S. Meille, Nacre-like alumina composite reinforced by zirconia particles, *Journal of the European Ceramic Society* Vol. 42, Issue 5, 2022, pp. 2319-2330, 202110.1016/j.jeurceramsoc.2021.12.043

T. Duminy, R. Henry, J. Adrien, A. Doitrand, S. Meille, Anisotropic fracture in nacre-like alumina, *TAFMEC 2023 vol 123, 103710, 10.1016/j.tafmec.2022.103710*