

Assemblage, structure et propriétés de films multimatériaux bio-inspirés

DIRECTEURS DE THESE : VINCENT LE HOUEROU & OLIVIER FELIX

INSTITUT CHARLES SADRON (ICS), 23 RUE DU LOESS, 67034 STRASBOURG

TEL : 03 88 41 40 11 - 03 88 41 40 67

E-MAIL : V.LEHOUEIROU@UNISTRA.FR ; OLIVIER.FELIX@ICS-CNRS.UNISTRA.FR

Au cours de l'évolution, la nature a développé des matériaux composites (os, bois ou nacre) avec une organisation hiérarchique complexe de l'échelle nano-métrique à l'échelle macro-métrique par assemblage moléculaire. Le plus souvent composés d'éléments durs et mous, ces matériaux hybrides naturels offrent des combinaisons fascinantes de propriétés telles que dureté/résistance aux chocs (nacre) ou légèreté/rigidité (os). Les propriétés mécaniques exceptionnelles de ces matériaux ont inspiré la fabrication de composites bio-inspirés.

Parmi les méthodes disponibles pour la préparation de matériaux composites nanostructurés multifonctionnels, l'assemblage couche-par-couche (LbL)[1] est l'une des plus populaires en raison de sa simplicité, de sa polyvalence et de sa précision nanométrique.[2] Des films LbL ultra-résistants imitant la structure de nacre ont été rapportés dans la littérature.[3,4] Récemment, nous avons fabriqué par LbL des matériaux nano-composites transparents inspirés du bois avec des propriétés mécaniques approchant celles d'un acier de qualité moyenne, ce qui est tout à fait exceptionnel pour un matériau purement composé de polymères assemblés avec des interactions non covalentes (Figure 1a-c).[5]

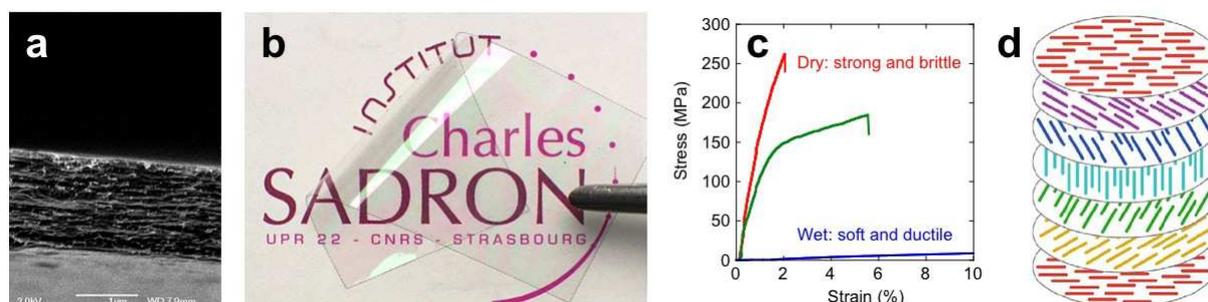


Figure 1 : Image de microscopie électronique (a) et photographie optique (b) d'un film LbL hybride composé de nanofibrilles de cellulose et de poly(vinyl amine). (c) Résistance à la traction d'un film sec (rouge) et d'un film humide (bleu). (d) Schéma d'un modèle hélicoïdal contrôlé à 7 couches orientées.

L'objectif de ce travail sera d'améliorer les propriétés des films multicouches en contrôlant l'orientation des éléments de renfort (nanofibrilles et nanocristaux de cellulose, ...) pour produire de nouveaux matériaux nano-composites bio-inspirés (Figure 1d). L'alignement des agents de renforts sera réalisée par pulvérisation à angle rasant, spin coating ou fusion. Outre les propriétés optiques, les propriétés mécaniques des matériaux seront explorées en fonction de leur composition, de leur structure et des conditions expérimentales, en particulier l'humidité (Fig. 1c), en mettant notamment en oeuvre des techniques avancées en nano-indentation. Ce travail impliquera pareillement les équipes PECMAT et PMTP de l'ICS, ainsi qu'une collaboration avec le CERMAV de Grenoble.

[1] G. Decher, Science, 1997, 277, 1232.

[2] Multilayer Thin Films: Sequential Assembly of Nanocomposite Materials, 2nd Edition (Eds: Decher, G. and Schlenoff, J. B.), Wiley-VCH: Weinheim, 2012.

[3] Z. Y. Tang et al., Nature Materials 2, 413 (2003).

[4] P. Podsiadlo et al., Science 318, 80 (2007).

[5] R. Mérindol, S. Diabang, O. Félix, T. Roland, C. Gauthier, G. Decher, ACS Nano, 9, 1127 (2015).