

Auto-organisation de nano-objets dans un cristal liquide

Centre d'Elaboration de Matériaux et d'Etudes Structurales, CEMES-CNRS, Toulouse



Responsables : Michel MITOV, chargé de recherche au CNRS,
avec Marc MONTHIOUX, directeur de recherche au CNRS
mitov@cemes.fr, <http://www.cemes.fr/LCP>, tél : 05 62 25 78 61



Stage expérimental

Le stage pourrait se poursuivre par une thèse financée par un projet ANR (Agence Nationale de la Recherche) accepté.

L'assemblage anisotrope de nano-objets (no) selon des formes particulières et contrôlées est un domaine de recherche moderne et interdisciplinaire des sciences de la matière en raison des nouvelles propriétés physiques (magnétiques, optiques, opto-électroniques) qui sont attendues et le besoin de miniaturiser les composants.

Plusieurs solutions ont été proposées pour assembler des nanoparticules (np) en réseaux ordonnés à deux ou trois dimensions. Parmi celles-ci figure la possibilité de mettre à profit l'ordre intermoléculaire d'orientation de ces fluides organisés que l'on appelle *cristaux liquides* (CL)^{1,2}. La plupart de ces études portent sur des objets sphériques (solides ou liquides) de diamètre compris entre 1 et 10 microns et sur les phases nématique et smectique dont les molécules-bâtonnet présentent respectivement un ordre orientationnel et une organisation en couches. Au CEMES, nous avons mis en évidence un arrangement à longue distance de np métalliques en correspondance avec la structure hélicoïdale de la phase cholestérique³⁻⁷ (Fig. 1). Le paramètre de contrôle de l'organisation est directement corrélé au pas hélicoïdal et, donc, à la chiralité moléculaire du CL devenu matrice structurante. Ces résultats originaux offrent un moyen de contrôle simple des motifs de np qui pourraient être formés sur des surfaces très différentes puisque l'organisation des np sous forme d'un réseau de lignes ne dépend pas d'un relief pré-déterminé du substrat comme c'est le cas pour les substrats dits en toit d'usine. Les CL cholestériques, intimement associés à la notion de chiralité, présentent des propriétés fondamentales de réflexion de la lumière qui peuvent être mises à profit dans des applications telles que le filtrage et le stockage optiques, des capteurs de température et de pression ou encore les vitrages intelligents (Fig. 2). Le stage s'inscrit dans la continuité de ces activités. De nombreuses questions restent en suspens : comment une chiralité structurale nanométrique se transfère-t-elle à une assemblée de no achiraux, quelle est la relation entre les propriétés physiques des constituants individuels et celles du matériau hybride organisé, quelle est la nature des interfaces entre no et matrice anisotrope, comment décrire le mécanisme de croissance des assemblages, ... Un second type de nano-objets que nous tenterons d'assembler correspond au cas des nanotubes de carbone dont nous pourrions rechercher la croissance orientée dans un cholestérique.

Les principales étapes du stage, à vocation expérimentale, seront les suivantes :
(i) Elaboration des milieux nanostructurés : détermination des principaux paramètres conduisant à l'élaboration du matériau hybride organisé sur différents substrats. **(ii) Etude structurale** (microscopie électronique en transmission, microscopies à champ proche) : recherche de la correspondance entre l'ordre du CL et l'agencement des no (Fig. 3). **(iii) Propriétés optiques** (microscopie optique, spectrophotométrie) : influence de la présence et de l'organisation des no sur les textures et les caractéristiques de la réflexion de la lumière (bande de réflexion de Bragg, polarisation)⁸⁻¹⁰.

Mots-clé : nanoparticules, cristaux liquides, chiralité, matériaux nanostructurés, nanotubes, auto-assemblage, microscopie électronique, réflexion de Bragg.

[1] Les Cristaux Liquides, M. Mitov, **Que Sais-Je ?** n°1296, PUF (2000).

- [2] Les Cristaux Liquides, M. Mitov, **La Recherche**, 352, 48-51 (2002) et hors-série « La physique en 18 mots-clé » de **La Recherche**, 94-99 (sept. 2005).
- [3] M. Mitov, C. Portet, C. Bourgerette, E. Snoeck and M. Verelst, **Nature Materials**, 1, 229-231 (2002).
- [4] M. Mitov, C. Bourgerette and F. de Guerville, **J. Phys.: Cond. Matt.**, 16, S1981-S1988 (2004).
- [5] M. Mitov, F. de Guerville and C. Bourgerette, **Mol. Cryst. Liq. Cryst**, 435, 673-9 (2005).
- [6] Conférence Invitée : M. Mitov *et al.*, Long-range structuring of metallic nanoparticles in accordance with the cholesteric fingerprint texture, **ESF Exploratory Workshop on Liquid Crystal Dispersions**, Bled (Slovénie), 28-30/08/2003.
- [7] Conférence Invitée : M. Mitov *et al.*, Polymer-based cholesteric liquid crystals as photonic broadband gaps: optical and electro-optical properties, **European Polymer Congress 2005**, Moscou (Russie), 27/06-01/07/2005.
- [8] M. Mitov and N. Dessaud, **Nature Materials**, 5, 361-364 (2006).
- [9] M. Mitov and N. Dessaud, **Liq. Cryst.**, 34, 183-193 (2007).
- [10] Conférence invitée : M. Mitov *et al.*, Going beyond the reflection band limits of cholesteric liquid crystals, **12th Int. Topical Meeting on the Optics of Liquid Crystals**, Puebla (Mexique), 30/09-05/10/2007.

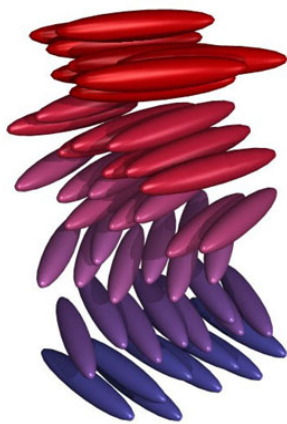


Fig. 1.- La structure hélicoïdale d'un CL cholestérique : des molécules-bâtonnets chirales ayant un désordre de position et une organisation en hélice suivant une direction perpendiculaire à leur grand axe.



Fig. 2.- Prototype de vitrage intelligent réflecteur cholestérique élaboré au cours du programme européen Smart Win II auquel participait le CEMES

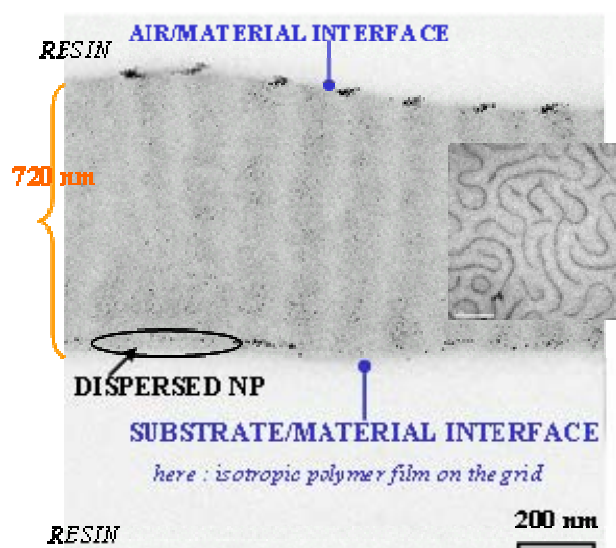


Fig. 3.- Cliché MET d'une section transversale d'un matériau hybride fait de np métalliques organisées dans un CLC : ségrégation aux interfaces et auto-organisation sélective à l'interface air-matériau. Inséré : organisation x-y des np en réseau de rubans parallèles (échelle : 1 μm)