

## Sujet de thèse pour la rentrée 2013

**Laboratoire :** Institut des Molécules et Matériaux du Mans, UMR 6283 CNRS-Université du Maine

**Titre du sujet de thèse :** Etude de la propagation de phonons acoustiques haute fréquence dans des architectures nanostructurées par spectroscopie optique femtoseconde.

**Contact / courriel / téléphone :** [pascal.ruello@univ-lemans.fr](mailto:pascal.ruello@univ-lemans.fr) [herve.piombini@cea.fr](mailto:herve.piombini@cea.fr)

**Financement envisagé :** co-financement CEA-Région

### **Résumé (1/2 page maxi) :**

Comprendre l'élasticité à l'échelle nanométrique, décrire la cohésion d'assemblages nanostructurés demeure des objectifs cruciaux en nanophysique comme en science des matériaux. Les industries de l'électronique et de l'optique sont de plus attentives au développement de toute nouvelle méthode nondestructive d'évaluation des propriétés mécaniques de nano-composants. En particulier, le CEA dans le cadre du développement de ses lasers de puissance cherche à améliorer sans cesse les propriétés (ici mécanique) des matériaux employés pour la réalisation des différentes couches minces qui se recouvrent l'ensemble des composants optiques employés pour l'optimisation de ses lasers. Pour appréhender cette élasticité aux échelles réduites, il est nécessaire en fait d'évaluer les chaînes de forces constituant la nanoarchitecture. Etudier la propagation des phonons acoustiques dans ces structures constitue un moyen de choix pour répondre à ces questions. Pour sonder ces petites échelles spatiales, il faut cependant des phonons de haute fréquence dans la gamme typique GHz-THz, c'est-à-dire des phonons acoustiques de longueur d'onde de quelques nanomètres à une dizaine de nanomètres. Grâce à l'emploi de lasers impulsions femtosecondes, il est désormais possible de disposer de telles sources de phonons acoustiques cohérents. L'opto-acoustique ultrarapide, dont il s'agit, est une technique qui emploie des lasers délivrant des impulsions femtosecondes pour générer et détecter des impulsions acoustiques d'une durée de quelques picosecondes selon la configuration dite pompe-sonde. Un premier faisceau laser (pompe) excite le système et génère des phonons acoustiques. Un second laser (sonde) permet de détecter ces phonons à des instants bien contrôlés avec une résolution temporelle sub-picoseconde. Ainsi, il est possible de réaliser des « échographies » hypersonores de matériaux nanostructurés comme nous avons pu le montrer lors d'études antérieures au laboratoire [1-3]. Dans le travail de thèse qui est proposé, nous serons amenés à étudier différents systèmes constitués d'empilement de nanoparticules mais aussi de réseaux nanoporeux minéraux et hybrides. Les questions fondamentales auxquelles nous devons répondre sont par exemple de décrire les lois de propagation de ces phonons le long des chaînes de nanoparticules, de décrire les processus de diffusion absorption des phonons acoustiques de longueur d'onde commensurable avec la taille des nano-objets (nanoparticules, nano-pores). Une attention particulière sera notamment portée sur le rôle des interfaces et des nano-contacts dont la composition chimique sera contrôlée (contrôle de la nature des molécules aux interfaces entre particules). Les mesures d'optoacoustique ultrarapide seront menées à l'IMMM (Laser femtoseconde Ti :Sa, OPO ), les caractérisations optiques et physiques (ellipsométrie, spectroscopie IR, m-lines...) seront conduites au CEA (Tours). Les couches nécessaires à cette thèse seront élaborées par le doctorant qui sera formé afin qu'il appréhende bien la problématique des dépôts [4] dans les plusieurs installations du CEA. Pour ce travail de thèse, il est demandé de posséder de bonnes connaissances générales en physique et science des matériaux avec un goût pour les expériences d'optique et le dépôt de couches minces. Un travail numérique et théorique accompagnera également ce travail de recherche.

[1] Depth-profiling of elastic inhomogeneities in transparent nanoporous low-k materials by picosecond ultrasonic interferometry, C. Mechri, P. Ruello, J. M. Breteau, M. R. Baklanov, P. Verdonck, V. Gusev, , Appl. Phys. Lett. 95, 091907 (2009).

[2] Nano-Scale Non-Contact Depth-Profiling of Mechanical and Optical Properties of Nanoporous Low-k Materials Thin Films M. Lomonosov, A. Ayouch, P. Ruello, G. Vaudel, M. R. Baklanov, P. Verdonck, L. Zhao, V. E. Gusev, ACSNano, 2012, 6 (2), pp 1410-1415

[3] Confined coherent acoustic modes in tubular nanoporous alumina film probed by picosecond acoustics methods, C. Mechri, P. Ruello, V. Gusev, New. J. Phys. 14 (2012) 023048

[4] Towards new levels for stacking of sol-gel functional coatings, Dieudonné X.; Valle K.; Belleville P. Opt. Express, 19 (17) pp 16356-16364 (2012).