

Micro et Nano Thermique

Les nouvelles technologies permettent aujourd'hui d'élaborer des nano-objets et des matériaux nano-structurés utilisés ou très convoités pour la fabrication de nouveaux isolants, de systèmes électromécaniques, de composants électroniques... La fiabilité de ces systèmes dépend entre autres de leurs propriétés et comportements thermiques et électromagnétiques, qui, au regard des dimensions considérées, font l'objet d'études spécifiques.

New technologies allow to make nanostructures and nanostructured materials used in the conception of insulating materials, Micro Electro Mechanical Systems, electronic components... Reliability of these devices depends in particular on their thermal and electromagnetic properties and behaviours.

Objectifs

- Comprendre les phénomènes physiques de transport et de transfert d'énergie aux micro et nano échelles
- Décrire ces phénomènes par des modèles appropriés
- Prédire les propriétés thermophysiques des nano-structures et des matériaux nano-structurés
- Etudier les ondes électromagnétiques en interaction avec et entre / thermiquement émises par / des micro- et nano-objets, en incluant les éventuels effets de champ proche, jusqu'aux analyses du transfert radiatif aux nano-échelles
- Développer et améliorer la microscopie thermique à sonde locale
- Mesurer des champs de température et de conductivité thermique à l'échelle submicronique

Objectives

- *To better understand the physical energy transfer and transport phenomena at micro and nano scales*
- *To describe and to model these physical phenomena*
- *To study electromagnetic waves in interaction with and between / thermally emitted by / micro and nano structures, including possible near-field effects, up to the consideration of radiative heat transfer analyses at nano-scales*
- *To predict the thermophysical properties of nanostructures and of nanostructured materials*
- *To develop and to improve the scanning thermal microscopy*
- *To measure temperature and thermal conductivity fields at the submicrometric scale*

Coordinateur/Coordinator
Rodolphe VAILLON
rodolphe.vaillon@insa-lyon.fr
Tél. : 04 72 43 88 17

Personnel Permanent/ Permanent Researchers

S. GOMES (CR CNRS)
P-O. CHAPUIS (CR CNRS)
S. LEFÈVRE (MCF INSA)
J-F. SACADURA (PR Emérite INSA)
R. VAILLON (DR CNRS)

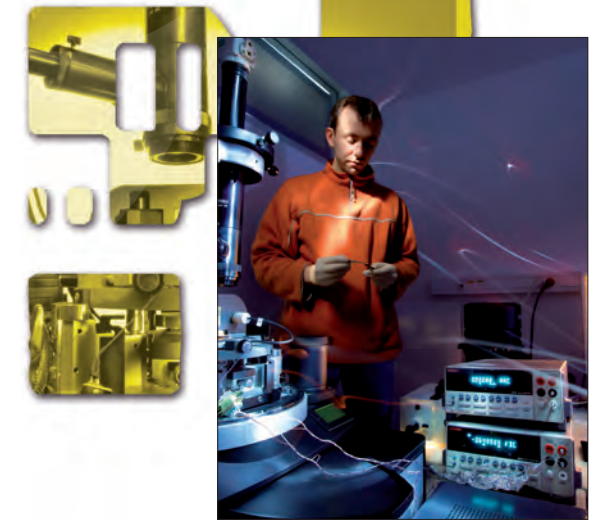
Compétences scientifiques

- Utilisation de la dynamique moléculaire de non équilibre pour simuler le transfert de chaleur à l'échelle atomique.
- Prédiction de la conductivité thermique et/ou de la chaleur spécifique de nano-structures et de matériaux nano-structurés en fonction de leurs dimensions et de la température à partir :
 - de simulations de Dynamique Moléculaire (DM)
 - de la résolution de l'équation de Boltzmann (analogie phonon/photon) par les méthodes des ordonnées discrètes ou de Monte Carlo
 - d'un modèle analytique basé sur la description de la propagation des phonons
- Développement d'outils de simulation pour décrire le transfert de chaleur dans les systèmes métalliques avec la dynamique moléculaire : approche du couplage électron/phonon
- Mise en oeuvre de modèles électromagnétiques (interactions avec et entre micro nano particules, transferts radiatifs aux nano échelles) et des principes de l'analogie micro-onde (avec l'Institut Fresnel, Marseille) pour la réalisation d'études expérimentales contrôlées
- Mise en oeuvre de la microscopie thermique à sonde locale (SThM) pour la mesure de température et de conductivité thermique dans différentes conditions (sous air ou sous vide primaire, en régime (quasi-) permanent ou modulé) :
 - analyse des échanges de chaleur aux fines échelles
 - application aux matériaux massifs, aux couches minces et aux matériaux micro et nanostructurés
 - développement de nouveaux modes de microscopie à champ proche pour les études thermiques

Scientific expertise

- *Use of Molecular Dynamics (MD) to simulate heat transfer at the atomic scale*
- *Prediction of the thermal conductivity and specific heat of nanostructures and nanostructured material the by use of:*
 - *molecular dynamics simulations*
 - *resolution of the Boltzmann equation for phonons using discrete ordinates or Monte Carlo methods*
 - *a model based on phonon propagation description*
- *Development of simulation tools to describe heat transfer in metallic systems with MD: analysis of the electron/phonon coupling*

- *Use and development of electromagnetic models (interactions with and between micro nano-objects, radiative transfer at nano-scales). Application of microwave analogy principles (with Institut Fresnel, Marseille) for the realization of controlled experimental analyses*
- *Use and development of the scanning thermal microscopy (SThM) to measure the thermal conductivity and temperature in different conditions (in vacuum at atmospheric pressure, in (quasi) static or modulated regime):*



- *application to bulk materials, thin films on substrates and micro and nano-structured materials,*
- *development of new multimode SPM-based techniques for SThM.*
- *Analysis of the heat transfer at micro and nano scales.*

Quelques actions en cours

- Groupe de Recherche Pluridisciplinaire en Plasturgie (GRPP), Plateforme Lyonnaise Nanofils et Nanotubes ; Centre Lyonnais de Microscopie (CLYM)
- ANR-PNANO : «Fabrication de super-réseaux bas-coûts pour la gestion thermique des systèmes électroniques» (COFISIS), 2008-2013
- ANR non thématique : «Surfaces nanostructurées pour l'amélioration des transferts thermiques en ébullition» (NANOSURF), 2009 - 2012
- Projet ANR «Mécanismes des transferts de chaleur à l'échelle nanométrique et optimisation» (NanoHEAT), 2011-2014

Current projects

- *Regional Research Group in Plastics (GRPP), «Nanowires and nanotubes» platform of Lyon ; Microscopy Center of Lyon (CLYM)*
- *ANR-PNANO project: «Collective Fabrication of inexpensive superlattices in silicon for SiP and Soc thermal management» (COFISIS), 2008-2013*
- *Non thematic ANR program: «Nanostructured surfaces for the enhancement of boiling heat transfer» (NANOSURF), 2009-2012*
- *ANR project «Heat transfer mechanisms at the nanoscale and optimisation» (NanoHEAT), 2011-2014*

Collaborations internationales International collaborations

Université de Lancaster (Angleterre), Rensselaer Polytechnic Institute (Troy, NY, USA), Université de Tohoku (Sendai, Japon), Universitat Politècnica de Catalunya (Barcelone, Espagne), Universität Karlsruhe (Allemagne), Université de Guelma (Algérie), Sherbrooke University (Canada), Özyegin University (Turquie), University of Utah (USA).

Partenariats industriels Industrial partnerships

MBDA France, SOITEC...