

Sujet thèse / PhD subject 2024

Titre Thèse	Membrane polymère multifonctionnelle pour la couleur structurelle et la thermorégulation	
(Co)-Directeur	Vincent THOMY	E-mail : vincent.thomy@univ-lille.fr
(Co)-Directeur	Yan PENNEC	E-mail : yan.pennec@univ-lille.fr
(Co)-Encadrant (s)	Michèle CARETTE	E-mail : michele.carette@univ-lille.fr
Laboratoire	IEMN	Web : https://www.iemn.fr/la-recherche/les-groupes/biomems
Groupe(s)	BioMEMS / Ephoni	Web :
Projet phare (principal)	Matériaux	
Demande thèse labellisée IEMN	Non	
Financement demandé	Contrat Doctoral Etablissement	ULille <input checked="" type="checkbox"/> Centrale Lille <input type="checkbox"/> JUNIA <input type="checkbox"/>
	Région – Autre <input checked="" type="checkbox"/> Préciser :	Co financement (Préciser l'origine, demande en cours, acquis ou pas) : NON
Financement acquis <input type="checkbox"/> Financement partiellement acquis <input type="checkbox"/>	Contrats de Recherche <input type="checkbox"/> Préciser :	Autre <input type="checkbox"/> Préciser :

Résumé du sujet :

La thermorégulation représente un enjeu important pour la santé humaine et la gestion des ressources. Celle-ci permet de préserver du sentiment d'inconfort thermique, mais aussi de réduire la consommation en énergie nécessaire au chauffage et au refroidissement pour les personnes à l'intérieur d'un bâtiment. Concernant la température du corps, celle-ci est principalement liée à la plage de longueur d'onde du rayonnement électromagnétique d'un corps. Ainsi à 37°C, cette plage se situe essentiellement dans le moyen infrarouge (MIR) entre 5 et 25 μm . Le développement de membranes polymères présentant des propriétés optiques de transmission, réflexion et absorption dans cette gamme permet de contrôler efficacement les propriétés thermiques du corps émissif [1]. Il s'agit alors soit de favoriser son réchauffement (par réflexion ou par absorption du rayonnement), soit son refroidissement (par transmission).

L'objectif de la thèse est d'étudier une membrane structurée à base d'un polymère thermosensible qui modifie à la fois sa géométrie et ses propriétés optiques. De manière originale, nous étudierons les conséquences de ces modifications dans les domaines du visible et du MIR en vue de développer des thermomètres sensibles aux conditions extérieures. Le but ultime sera d'associer ces propriétés duales pour des applications de changement de couleur et de température.

Les propriétés dans le visible seront obtenues par utilisation de (micro)particules en silices [2] permettant une large plage de réponse en diffusion du rayonnement optique. Celles dans le MIR seront obtenues à la fois par la création de réseau photonique et par la modulation de l'indice optique effectif du matériau contenant les particules en silice [1,3]. Enfin, l'aspect dynamique sera obtenu au travers d'une matrice polymère stimulable (type poly(méth)acrylate) qui permettra de moduler les dimensions de la structuration en fonction d'un ou plusieurs stimuli extérieurs (T° , humidité, pH, ..) [4].

Au-delà des compétences sur la modélisation, fabrication et caractérisation photonique de l'IEMN, cette thèse se basera sur une collaboration avec l'Institut de recherche en Sciences et Ingénierie des Matériaux de l'université de Mons pour la partie chimie et mise en solution de particules (Jérémy Odent et Jean-Marie Raquez).

Abstract:

Thermoregulation is an important issue for human health and resource management. It not only prevents thermal discomfort, but also reduces the energy consumption for heating and cooling of people inside a building. Body temperature is mainly related to the wavelength range of electromagnetic radiation from a body. At 37°C, this range is mainly in the mid-infrared (MIR)

between 5 and 25 μm . The development of polymer membranes with optical properties of transmission, reflection and absorption in this range makes it possible to effectively control the thermal properties of the emissive body [1]. The aim is either to promote its heating (by reflection or absorption of radiation) or its cooling (by transmission).

The objective of this PhD is to study a structured membrane based on a thermosensitive polymer that modifies both its geometry and its optical properties. In an original way, we will study the consequences of these modifications in the visible and MIR domains in order to develop thermometers sensitive to external conditions. The ultimate goal will be to combine these dual properties for colour and temperature change applications.

The visible properties will be obtained by using silica (micro) particles [2] allowing a wide range of scattering response to optical radiation. The MIR properties will be obtained both by the creation of photonic gratings and by modulating the effective optical index of the material containing the silica particles [1,3]. Finally, the dynamic aspect will be obtained through a stimuable polymer matrix (poly(meth)acrylate type) which will allow to modulate the dimensions of the structuring according to one or several external stimuli (T° , humidity, pH, ..) [4].

In addition to the EIMN's expertise in photonic modelling, manufacturing and characterisation, this thesis will be based on collaboration with the Research Institute for Materials Science and Engineering of the University of Mons on chemistry and particle solution (Jérémy Odent and Jean-Marie Raquez)

Références:

[1] Impact of SiO₂ Particles in Polyethylene Textile Membrane for Indoor Personal Heating, BOUTGHATIN M., ASSAF S., PENNEC Y., CARETTE M., THOMY V., AKJOUJ A., DJAFARI-ROUHANI B. *Nanomaterials* (2020),10, 1968 <https://doi.org/10.3390/nano10101968>

[2] Composite Elastomer Exhibiting a Stress-Dependent Color Change and High Toughness Prepared by Self-Assembly of Silica Particles in a Polymer Network, MIWA E., WATANABLE K., ASAI F., SEKI T., URAYAMA K., ODENT J., RAQUEZ J-M., TAKEOKA Y., *ACS Appl. Polym. Mater.* (2020), 2, 9, 4078–4089, <https://doi.org/10.1021/acsapm.0c00703>

[3] Polymer photonic crystal membrane for thermo-regulating textile, ASSAF S., BOUTGHATIN M., PENNEC Y., THOMY V., KOROVIN, A., TREIZEBRE A., CARETTE M., AKJOUJ A., DJAFARI-ROUHANI B., *Scientific Report* (2020), 10:9855 <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66731-1>

[4] Hierarchical chemomechanical encoding of multi-responsive hydrogel actuators via 3D printing, ODENT J., VANDERSTAPPEN S., TONCHEVA A., PICHON E., WALLIN T. J., WANG K., SHEPHERD R. F., DUBOIS P., RAQUEZ J-M., *J. Mater. Chem. A*, 2019,7, 15395-15403, <https://doi.org/10.1039/C9TA03547H>