

Sujet de la thèse :

Nanomatériaux microcides à base d'oxydes métalliques : Mécanisme d'action et Procédés de mise en forme

Thèmes scientifiques, domaines disciplinaires :

Génie des Procédés, Sciences des matériaux, Propriétés fonctionnelles (activité *microcicide* et *biocompatibilité*).

Laboratoire d'accueil de la thèse :

Laboratoire des Sciences des Procédés et des Matériaux, CNRS UPR-3407, Axe MINOS
Université Paris 13, Sorbonne Paris Cité, 99 Avenue J.-B. Clément, F-93430 Villetaneuse.

Encadrement de la thèse :

- Mamadou TRAORE (MCF-HDR, Elaboration de nanomatériaux, Propriétés structurales et électroniques), Tél : 01.49.40.40.52, Courriel : mamadou.traore@lspm.cnrs.fr
- Rabah Azouani (PR de l'EBI, propriétés fonctionnelles de matériaux : activité *microcides* et *biocompatibilité*), Tél : 01.34.15.44.21, Courriel : r.azouani@hubebi.com
- Alex LEMARCHAND (MCF, Elaboration de nanomatériaux, Propriétés structurales et électroniques), Tél : 01.49.40.34.30, Courriel : alex.lemarchand@lspm.cnrs.fr
- Rania DADI (I.R.E de l'EBI, propriétés fonctionnelles de matériaux : activité *microcides* et *biocompatibilité*), Tél : 01.34.15.44.21, Courriel : r.dadi@hubebi.com

Résumé et objectifs du projet de thèse :

Des épisodes de pandémies virales telles que le SARS, H1N1, et actuellement le virus de COVID-19 sont de plus en plus fréquents. Une des voies importantes de la propagation du virus est la transmission de personne à personne par des contacts direct ou indirect par l'intermédiaire de microgouttelettes émises dans l'air par des personnes contaminées. Les systèmes d'aération et de conditionnement d'air véhiculent l'air contaminé et participe à la propagation des contaminants (microbes et virus). Les récents progrès sur les matériaux semi-conducteurs mettent en évidence l'efficacité de certains photocatalyseurs dans l'abattement et la destruction de microorganismes, faisant d'eux de potentiels candidats dans la stratégie de prévention des épidémies.

L'objectif premier de ce projet de thèse entre le LSPM CNRS et l'Ecole de Biologie Industrielle (EBI) concerne l'élaboration de matériaux à base de nanoparticules (Nps) d'oxydes métalliques dans le but de mesurer et d'optimiser leurs propriétés microcides pour la détoxification de surfaces et de systèmes d'aération. Ce travail serait un approfondissement de la thèse de Rania DADI, soutenue en Décembre 2019 ; dans lequel l'activité bactéricide de solutions et films à base de Nps de ZnO et CuO a été mise en évidence. Il s'agit désormais d'étudier le mécanisme d'action de ces matériaux sur les différents types de germes (bactéries, virus et champignons). En effet la littérature fait état deux mécanismes d'action : soit une action directe des Nps qui arrivent à traverser la membrane soit une génération préalable d'ions qui interagissent avec la paroi cellulaire. Ce travail devrait permettre de trancher entre ces 2 mécanismes et un modèle basé sur la diffusion des espèces sera développé. L'élaboration des matériaux sera effectuée au LSPM et les tests biologiques seront réalisés à l'EBI et potentiellement à SMBH. Le second volet de ce travail sera l'étude de la formulation et de la mise en forme de ces matériaux pour des applications spécifiques par exemple dans les salles blanches, les revêtements de surfaces des hôpitaux et les peintures. Une attention particulière sera accordée à la cytotoxicité de nos matériaux de manière à ce qu'ils aient une action spécifique sur les germes sans engendrer une toxicité humaine.

Le projet se compose de plusieurs phases :

1- Préparation et synthèse de nanomatériaux sur substrat de verre en couche minces (LSPM)

Synthèse de différents nanomatériaux avec plusieurs alcoxydes métalliques (Ti, Cu, Ag, Zn...); Préparation des nanomatériaux hybrides; Caractérisations structurale et électronique des nanomatériaux (DRX, MEB/MET, ICP, spectroscopies FTIR, Raman et UV-visible, etc.).

2- Réalisation des tests sur les nanomatériaux (EBI, LSPM, potentiellement SMBH)

Réalisation des tests sur chaque échantillon (mesure de l'activité biocide et virucide sur différents germes); Réalisation du dispositif expérimental; Evaluation de l'effet microcicide en fonction de différents paramètres physiques : humidité, intensité lumineuse, taille des nanoparticules (utilisation de l'outil plan d'expérience); Analyse par microscopie électronique à balayage (MEB) des nanomatériaux avant et après ensemencement sous différentes conditions opératoires; Détermination des mécanismes d'action des nanomatériaux sur les microbes; Réalisation des tests de biocompatibilité des nanomatériaux hybrides.

3- Formulation des nanoparticules en milieu liquide et analyse de l'efficacité antimicrobienne (EBI)

Choix d'une formule test à base de nanomatériaux; Optimisation et étude de stabilité de la formulation pour avoir un produit stable; Réalisation de revêtements de surface et tests microcides.

Contexte du travail : L'axe MINOS du LSPM

La recherche de l'axe MINOS vise, entre autres, à travers des études en amont des processus élémentaires intervenant dans la formation de matériaux inorganiques (en particulier, oxydes métalliques), à développer des procédés associant chimie douce, techniques HP-HT-forte déformation, processus plasma et laser, permettant l'élaboration et la transformation des nanomatériaux fonctionnels pour la photonique, la dépollution, etc. Les études prennent en compte les couplages entre phénomènes de transport, chimie moléculaire et dynamique de nucléation-croissance des particules. L'équipe s'intéresse également aux phénomènes d'interaction lumière-matière permettant de caractériser et/ou modifier des matériaux. La recherche des corrélations entre une morphologie de matériaux à l'échelle nanométrique et ces propriétés fonctionnelles (*électroniques*) est particulièrement visée. L'équipe établit de nombreuses collaborations au niveau national et international et participe aux projets industriels liés à ses thématiques de recherche.

L'équipe dispose de différents réacteurs chimiques au micro-mélange rapide, réacteur photo catalytique, dispositif de mesures in situ de tailles des nanoparticules, chromatographie en phase gaz et phase liquide, GC-MS, ICP, une boîte à gants de haute qualité avec contrôle des gaz (O₂, H₂O), équipement de synthèse et analyse chimique, fours pour le traitement thermique de matériaux (700-1500°C), plateforme de spectroscopie laser ns/ps IR-VIS-UV, spectroscopie Raman à haute résolution spectrale (0.1 cm⁻¹) et spatiale (5 μm), spectroscopies FTIR, XRD, BET, ATG/TGA, MEB, MET, etc.

Profil du candidat :

De bonnes connaissances dans le domaine de la physico-chimie du solide et des nano-objets constituent les prérequis pour les candidats qui se proposeront. Ces derniers devront également posséder des qualités d'expérimentateur. Un esprit d'adaptation scientifique et humain ainsi qu'une facilité de communication et d'ouverture seront utiles pour une bonne gestion de l'aspect pluridisciplinaire que représente le sujet.

Financement de thèse et candidats

Le travail de thèse proposé est susceptible d'être *en cofinancement* (50%-50%) entre l'UP13 et l'EBI : Un partenaire industriel travaillant dans la formulation du béton sera potentiellement associé à ce projet.