

'Physique et Chimie des Matériaux' – ED 397 – année 2020

PhD project for funding (max 1p), to send to

nadine.witkowski@sorbonne-universite.fr under PDF form « [acronyme labo_nom encadrant.pdf](#) »

Research unit (full name + acronym) : Laboratoire de Chimie de la Matière Condensée de Paris LCMCP

Team if applicable : Equipe Nano

Address :
Tour 44, 4ème étage, 4 Place Jussieu, 75005 Paris

Supervisor name (HDR) :

Position : Lecturer SU

Tel 01 44 27 63 06

email : olivier.durupthy@sorbonne-universite.fr

Number of PhD under supervision : 1

Participation to supervisor training? no Year

Co-supervisor name :

HDR ? select

Research unit :

International co-supervision ? select

Tel :

email :

Keyword 1 : Inorganic synthesis

Keyword 2 : nano-heterostructure

Keyword 3 : Flux chemistry

Keyword 4 : microwave

Select co-funding programme if applicable : select

Project title : Synthèses de nano-hétérostructures en flux : utilisation de plusieurs stimuli

Project Description (~4000 characters, font 11 min):

Les procédés de synthèse de nanomatériaux complexes sont le plus fréquemment réalisés en plusieurs étapes et en réacteurs fermés. Cela rend leur production plus longue et plus coûteuse. Les matériaux nano-hétérostructurés, c'est-à-dire constitués de deux composantes chimiquement différents avec une interface à l'échelle nanométrique, sont particulièrement étudiés pour des applications en catalyse, en dépollution ou pour la production d'énergie propre.

La synthèse des deux composantes nécessite des conditions de synthèses qu'il serait intéressant de rendre compatible pour les fabriquer simultanément. Le problème peut venir de la différence d'énergie thermique à fournir pour réaliser la synthèse de chacun des solides de l'hétérostructure mais aussi d'autres paramètres du milieu de synthèse comme la nature du solvant, le pH ou la nature oxydante/réductrice du milieu. Une solution pour remédier à ces différences de réactivité chimique est d'utiliser des stimuli différents pour activer la fabrication des deux composantes voire même plus particulièrement d'une composante sur l'autre. Ainsi, dans le groupe Nano du LCMCP, nous avons exploité un chauffage focalisé sur le milieu réactionnel en utilisant des micro-ondes. Par ailleurs nous avons montré qu'il était possible d'activer par la lumière des matériaux semi-conducteurs photocatalytiques pour déposer par réduction à leur surface des nanoparticules métalliques. Enfin, il est possible de chauffer localement certaines nanoparticules en les soumettant à une irradiation lumineuse (pour des nanoparticules d'or) ou dans un champ magnétique oscillant (pour des nanoparticules d'oxyde de fer). Cela pourrait permettre d'initier la condensation d'une seconde phase sur les particules à l'origine de ce chauffage local.

La synthèse en flux est une alternative industriellement intéressante à la synthèse en batch et des montages commerciaux sont disponibles pour réaliser des synthèses organiques en flux dans lesquels plusieurs opérations peuvent être réalisées en cascade. Le chauffage rapide dans des canaux micro à millimétriques permet aussi de réduire les temps de réactions. Cette approche de synthèse en flux est assez peu appliquée à l'élaboration de nanoparticules inorganiques car le temps de chauffage reste long. Nous avons montré qu'avec un chauffage micro-onde, les synthèses en flux devenaient possibles pour certains oxydes comme SnO₂ ou TiO₂.

Le projet scientifique de la thèse est de réaliser des synthèses de nano-hétérostructures en flux alliant l'utilisation de plusieurs stimuli. Les efforts seront d'abord portés sur le contrôle du chauffage micro-onde en flux et sous pression pour synthétiser des oxydes d'intérêt (TiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃) dans l'eau entre 130 et 170 °C. Ensuite, le photo-dépôt de nanoparticules d'or sur TiO₂ sera réalisé en flux (il a été optimisé en batch sur une thèse précédente). Les méthodes de chauffage locales par hyperthermie seront mises en place en batch pour recouvrir de silice, de dioxyde de titane ou de dioxyde d'étain, des nanoparticules d'or ou d'oxyde de fer. Enfin ces méthodes de d'activation locales seront implémentées en flux pour former des hétérostructures en une étape.

Ce sujet met en œuvre de nombreuses techniques de synthèse de nanomatériaux ainsi que les techniques de caractérisation correspondantes (microscopie, diffraction ...). La mise en œuvre pratique s'accompagnera d'un peu de développement matériel pour rendre compatible les méthodes de synthèse. Selon la motivation du doctorant, des études mécanistiques de nucléation hétérogène et croissance en solution aqueuse ou des optimisations des réacteurs basées sur des simulations de type COMSOL pourront être envisagées.