

Titre de la thèse : « Suivi operando par microscopie et nanoplasmonique environnementales de la réactivité catalytique des nanoalliages »

Laboratoire d'accueil :

Institut Lumière Matière (ILM)

UMR5306 CNRS/Université Claude Bernard – Lyon 1
Bât. A.Kastler, 43 Bd du 11 Novembre 1918
69622 Villeurbanne Cedex

Equipe : « Agrégats et Nanostructures » (responsable : Michel PELLARIN)

Directeur de thèse : **Emmanuel COTTANCIN** (MCF-HDR)

Co-direction :

Cyril Langlois (MCF) – équipe « Structures Nano et microstructure »
Laboratoire « Matériaux : Ingénierie et Science » (MATEIS), INSA de Lyon
Bât. Blaise Pascal (502)
7, Avenue Jean Capelle
69621 Villeurbanne cedex FRANCE

Laurent Piccolo (CR) – équipes « Raffinage et valorisations innovantes des hydrocarbures » et « Surfaces et interfaces »
Institut de Recherche sur la Catalyse et l'Environnement de Lyon (IRCELYON)
2 Avenue A. Einstein
69626 Villeurbanne Cedex, FRANCE

Co-encadrants : Marie-Ange LEBEAULT (MCF-ILM), Michel PELLARIN (DR-ILM)

Contacts :

emmanuel.cottancin@univ-lyon1.fr; cyril.langlois@insa-lyon.fr; laurent.piccolo@ircelyon.univ-lyon1.fr

Source de financement : allocation doctorale de recherche de la région Rhône-Alpes, ARC 4 Énergie montant équivalent à une allocation MENRT

Profil recherché : Master 2 recherche en science des matériaux, physique du solide, chimie physique, nanosciences, ou équivalent.

Compétences souhaitées : intérêt pour la science expérimentale, dynamisme, autonomie, esprit d'équipe, capacité de rédaction et connaissance de l'anglais.

Documents demandés : CV complet, notes de Master 1 et 2 avec moyenne étudiant / moyenne promo

Sujet de thèse

Sous la forme de nanoparticules supportées, alliées ou ségréguées et comportant au moins deux espèces métalliques, les catalyseurs modèles qui seront étudiés possèdent une structure (géométrique, chimique) susceptible d'évoluer en fonction des conditions de la réaction catalytique (atmosphère, pression, température) et peuvent donc voir leurs propriétés catalytiques s'altérer radicalement au cours d'une réaction. Nous projetons d'étudier ces mécanismes d'évolution structurale (changement de morphologie et de configuration chimique) et de réactivité par une approche à la fois physique et chimique, en croisant les expertises des trois groupes impliqués dans ce projet.

Les premières études concerneront des nano-objets bimétalliques modèles de composition Ni-Ag et Fe-Ag, synthétisés par vaporisation laser à la source d'agrégats PLYRA. Dans un deuxième temps, nous nous rapprocherons des conditions opératoires de la catalyse appliquée en étudiant les mêmes catalyseurs synthétisés par voie chimique à l'IRCELYON. La réaction catalytique ciblée, à la fois comme réaction-test et réaction stratégique pour la production d'hydrogène, sera le vaporeformage du méthane ($\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$) en « gaz de synthèse » ($\text{H}_2 + \text{CO}$).

Au-delà de la caractérisation classique des catalyseurs avant et après réaction, l'idée principale de la thèse est de mettre en œuvre, sous atmosphère de réaction et en température, des techniques de caractérisation de pointe comme la microscopie électronique en transmission environnementale corrigée (résolution 0,8 Å) et la nanoplasmonique pour comprendre les modifications de la structure du catalyseur et de la nature et quantité des espèces adsorbées au cours de la réaction. En ce qui concerne l'optique, on sait que la cinétique d'évolution de la résonance de plasmon de surface peut être extrêmement sensible à la forme, la composition chimique et surtout l'environnement diélectrique proche des nanoparticules (molécules adsorbées à leur surface). Cette étude sera réalisée dans une cellule sous environnement contrôlé spécialement conçue pour combiner mesures optiques et catalytiques.

A l'issue de cette thèse, nous pensons que les mécanismes d'évolution à l'échelle atomique de ces catalyseurs bimétalliques seront clairement mis en évidence, notamment dans les conditions de réaction pour lesquelles ces catalyseurs sont susceptibles d'être utilisés dans l'industrie. Nous espérons aussi une avancée significative dans l'utilisation de la nanoplasmonique appliquée à la catalyse comme sonde indirecte de la structure du catalyseur, mais aussi du mécanisme réactionnel, ce qui est l'un des aspects les plus innovants de ce projet.

Notre objectif est enfin d'amener au plus haut niveau le (la) doctorant(e) recruté(e) sur ce projet. Des développements expérimentaux sont déjà engagés dans les trois équipes partenaires de ce projet. La nécessité d'une interaction avec trois laboratoires différents, et donc trois co-directeurs, sera facilitée par l'unité de lieu propre à ce projet et devra apporter au candidat une expérience pluridisciplinaire originale et enrichissante.