

# THESE DE DOCTORAT DE

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 596

*Matière, Molécules, Matériaux et Géosciences*

Spécialité : Chimie Moléculaire et Macromoléculaire

Par

**Julien SIMONNEAU**

## **Catalyse moléculaire assistée par résonance plasmonique de surface localisée : rôle et potentiel des porphyrines**

Thèse présentée et soutenue à Nantes, le 14 novembre 2025

Unité de recherche : Laboratoire CEISAM – UMR CNRS 6230

### **Rapporteurs avant soutenance :**

Alexandra FATEEVA

Maître de conférences des universités, LMI (HDR) – Université Claude Bernard

Hynd REMITA

Directrice de recherche, ICP – Université Paris-Saclay

### **Composition du Jury :**

Examineur :

Nordin FELIDJ

Professeur, ITODYS – Université Paris Cité

Dir. de thèse :

Clémence QUEFFELEC

Maître de conférences des universités, CEISAM – Nantes Université

Co-dir. de thèse :

Yann PELLEGRIN

Directeur de recherche, CEISAM – Nantes Université

Co-encadrant de thèse :

Marc LAMY DE LA CHAPELLE Professeur, IMMM – Le Mans Université

**Titre :** Catalyse moléculaire assistée par résonance plasmonique de surface localisée : rôle et potentiel des porphyrines

**Mots clés :** Métalloporphyrines, résonance plasmonique, nanoparticules d'or, catalyse, fonctionnalisation de surface

**Résumé :** Les matériaux plasmoniques, tels que les nanoparticules (NPs) d'or plasmoniques, constituent des matériaux très pertinents en catalyse car ils présentent des propriétés plasmoniques intéressantes sous irradiation lumineuse. La résonance plasmonique de surface localisée (LSPR) correspond à une oscillation collective des électrons libres confinés dans les NPs métalliques, induite par l'interaction avec la lumière. Ce phénomène peut avoir plusieurs effets sur l'environnement local, tels qu'une augmentation locale du champ électromagnétique, une élévation de la température ou encore la génération d'électrons chauds. La plasmonique moléculaire est un domaine interdisciplinaire émergent qui explore l'interaction entre les nanostructures plasmoniques et les systèmes moléculaires à l'échelle nanométrique. Ce champ de recherche présente un potentiel considérable pour des applications en catalyse, où les effets

plasmoniques peuvent induire et amplifier des réactions chimiques ouvrant ainsi la voie à de nouvelles stratégies catalytiques. Parmi les nombreuses réactions catalytiques existantes, les réactions d'oxydation constituent des procédés d'un grand intérêt, et les porphyrines de cobalt utilisées comme catalyseurs ont démontré une haute efficacité dans les transformations oxydatives, en particulier pour la fonctionnalisation de substrats inertes tels que les alcanes et les alcènes. L'objectif de ce travail est de préparer un catalyseur à base de porphyrine métallée portant un groupe d'ancrage thiolé en vue de son greffage sur des nanobâtonnets d'or plasmoniques. L'idée est de combiner un catalyseur traditionnel à un nanomatériau plasmonique afin d'accroître la vitesse de réaction sans apport thermique et de développer un catalyseur moléculaire plasmonique pour le processus d'oxydation considéré.

**Title :** Molecular catalysis assisted by localized surface plasmon resonance: role and potential of porphyrins

**Keywords :** Metalloporphyrins, plasmonic resonance, gold nanoparticles, catalysis, surface functionalisation

**Abstract :** Plasmonic material such as gold plasmonic nanoparticles (NPs) are highly relevant materials for catalysis since they present interesting plasmonic properties under light exposure. The localized surface plasmon resonance (LSPR) is a collective oscillation of the free electrons confined inside metallic NPs induced by the interaction with light which generates highly excited electrons. It can have several effects on the local environment such as inducing a local increase of the electromagnetic field and the temperature or generating hot electrons. Molecular plasmonic is an emerging interdisciplinary field that explores the interaction between plasmonic nanostructures and molecular systems at the nanoscale. This field holds significant promise for applications in catalysis, where plasmonic effects

can drive and enhance chemical reactions, enabling novel catalytic pathways. Among the numerous catalytic reactions existing, oxidation reactions are interesting processes and cobalt porphyrins as catalyst have demonstrated to highly perform in oxidative transformations, particularly the functionalization of inert substrates like alkanes and alkenes. The aim of this work is to prepare a metal porphyrin catalyst bearing a thiolated anchoring group to be grafted onto plasmonic gold nanorods. The idea is to combine a traditional catalyst with plasmonic nanomaterial to enhance the rate of the reaction without any heat and provide the plasmon mediated molecular catalyst for the considered oxidation process.