

DESCRIPTION D'UN PROJET DE THÈSE FINANCÉ - ÉCOLE DOCTORALE « Matière, Molécules, Matériaux & Géosciences »

✚ INFORMATIONS GÉNÉRALES

<p>Titre de la thèse : <i>Couches minces nanocomposites incluant des Nanoparticules d'oxydes métalliques dans une matrice de TiO₂ élaborées par un procédé hybride de dépôt couplant plasma et injection de solutions : applications pour photocatalyse</i></p>
<p>Champ disciplinaire 1 : Physico-chimie des plasmas</p> <p>Champ disciplinaire 2 : Sciences des Matériaux</p>
<p>Trois mots-clés : nanomatériaux, plasma, photocatalyse</p>
<p>Unité d'accueil (préciser si temps partagé entre plusieurs sites) : Institut des Matériaux Jean Rouxel, IMN, Nantes Université et Département de Physique - Université de Montréal</p>
<p>Nom, prénom du directeur de thèse (HDR indispensable) : Richard-Plouet Mireille</p> <p>Adresse mail : mireille.richard@cnsr-immn.fr</p> <p>Nom, prénom du co-directeur (le cas échéant) (HDR indispensable) :</p> <p>Goulet Antoine</p> <p>Adresse mail : Antoine.Goulet@univ-nantes.fr</p> <p>Nom, prénom du co-encadrant de thèse 1 (le cas échéant) : Agnès Granier</p> <p>Adresse mail : agnes.granier@cnsr-immn.fr</p> <p>Nom, prénom du co-encadrant de thèse 2 (le cas échéant) :</p> <p>Adresse mail :</p>
<p>Contact(s) (adresse postale) : 2 Rue de la Houssinière BP 32229 44 322 Nantes Cedex</p>

Une fois complété, merci d'enregistrer ce document au format pdf avec le nom suivant : Nom du Directeur thèse_Unité.pdf

ED 3MG - Direction : Le Mans Université - Avenue Olivier Messiaen - 72085 Le Mans Cedex 09

Tél : 02.43.83.37.41 / 06.05.19.08.00

Mail : ed-3mg@doctorat-paysdelaloire.fr

Site Web : <https://ed-3mg.doctorat-paysdelaloire.fr/>

DESCRIPTION SCIENTIFIQUE DU PROJET DE THÈSE

Description du sujet : contexte, objectifs, méthodologie (1 page maximum)

Contexte

Le sujet de thèse proposé s'inscrit dans le cadre du **Graduate Program, Matériaux innovants et systèmes énergétiques (GP E-Mat)** qui forme les étudiants à la manipulation et à l'exploitation des technologies de pointe et des concepts innovants appliqués à la conception et au développement de matériaux fonctionnels avancés et de la **collaboration établie entre l'Institut des Matériaux de Nantes Jean Rouxel et l'Université de Montréal** au travers de l'International Research Network franco-qubécois « Nanomatériaux Multifonctionnels Contrôlés ».

Les couches minces nanocomposites (i.e. formées de nanoparticules incluses dans une matrice) sont attractives du fait de leurs propriétés multifonctionnelles. Une approche pour obtenir des Nanocomposites Multifonctionnels Contrôlés consiste à injecter une solution colloïdale dans un plasma de manière à obtenir, en une seule étape et sans manipulation directe des nanoparticules, une couche mince nanocomposite. Le procédé retenu dans le cadre de cette thèse est donc un procédé hybride couplant un **plasma froid hors équilibre** pour le dépôt de la matrice et **la chimie douce à l'équilibre** pour l'incorporation des nanoparticules. Les équipes de l'UdeM et de l'IMN possèdent toutes deux une forte expertise dans le domaine des procédés de dépôt de couches minces nanocomposites par procédés hybrides plasmas/solutions colloïdales, avec, pour le sujet proposé, des compétences spécifiques en physique et diagnostics des plasmas à pression atmosphérique à l'UdeM et en science des matériaux, dépôt de couches minces photocatalytiques de TiO₂ par plasma basse pression, à l'IMN.

Objectifs

L'application visée concerne la photo-oxydation de molécules-tests pour la dépollution de l'air et de l'eau. Plus précisément, en lien avec l'un des défis fondamentaux et technologiques du programme E-MAT, qu'est la production, la conversion, le transfert et le stockage de l'énergie, l'objectif de la thèse est de préparer des nanocomposites incluant des nanoparticules d'oxydes à petits gaps en nano-hétéro-jonctions avec un rendement photocatalytique accru par rapport au TiO₂ anatase.

Méthodologie

Le travail de thèse sera articulé de la façon suivante :

(i) à l'IMN, étude des interactions du plasma (O₂/Ar puis O₂/Ti(OCH(CH₃)₂)₄) avec des solutions colloïdales et des solutions de cations métalliques. Ces aspects seront examinés via des analyses de la cinétique d'injection et d'atomisation de la solution dans le plasma (suivi temporel de la pression dans le réacteur) mais aussi des populations des espèces caractéristiques de l'évaporation du solvant (spectroscopie optique d'émission et spectrométrie de masse). En parallèle, les films nanocomposites obtenus dans les conditions testées seront caractérisés *in situ* par ellipsométrie spectroscopique et *ex situ* par diverses techniques telles que DRX, XPS, Raman, FTIR, MEB, MET et AFM. Ces caractérisations fourniront des informations complémentaires aux analyses du plasma pour mieux comprendre les mécanismes d'interaction plasma-solution injectée, plasma-nanoparticules et plasma-surface en cours de dépôt.

(ii) à l'UdeM, étude des phénomènes de transport des gouttelettes incluant des nanoparticules (NP) ou les sels de cations métalliques précurseurs des NPs, et de la dynamique de croissance à l'interface plasma-substrat dans un plasma à pression atmosphérique. En particulier, il s'agira de mettre en œuvre des diagnostics approfondis du plasma, tels que des mesures d'impédance du plasma et de diffusion de la lumière pour détecter la signature et l'évolution en taille des nanoparticules, des analyses de spectroscopie optique d'émission et d'absorption, ainsi que des mesures de spectrométrie de masse pour analyser la cinétique de fragmentation du précurseur destiné au dépôt de la matrice. À nouveau, les films obtenus seront caractérisés par diverses techniques afin d'établir des liens entre les propriétés physico-chimiques de la phase gazeuse et l'évolution des propriétés micro et macroscopiques des couches minces nanocomposites.

Les propriétés photocatalytiques des couches nanocomposites seront testées à l'IMN afin d'établir un premier tri parmi les compositions prometteuses, des tests plus poussés seront effectués en collaboration avec des laboratoires partenaires au niveau français.

Compétences scientifiques et techniques requises pour le candidat :

- Connaissance en science et technologie des matériaux
- Connaissance en physique et physicochimie des plasmas et des interactions plasmas-surfaces
- Expérience dans le domaine du dépôt et/ou de la caractérisation de couches minces
- Goût pour un sujet pluridisciplinaire et la collaboration internationale, curiosité scientifique
- Capacité de travail en équipe

ENCADREMENT DE LA THÈSE¹

Nom de l'unité d'accueil : Institut des Matériaux Jean Rouxel	Nom de l'équipe d'accueil : Plasmas et Couches Minces
Nom du directeur de l'unité : Florent Boucher	Nom du responsable de l'équipe : Mireille Richard-Plouet
Coordonnées du directeur de l'unité : tél : 02 40 37 39 24 mail: Florent.Boucher@cnrns-imn.fr	Coordonnées du responsable de l'équipe : tél : 02 40 37 39 56 mail: Mireille.Richard@cnrns-imn.fr
Directeur de thèse Nom, prénom : Richard-Plouet Mireille Fonction : Directrice de recherche CNRS Date d'obtention de l'HDR : 28 mars 2011 Employeur : CNRS Taux d'encadrement doctoral dans le présent sujet : 40 Taux d'encadrement doctoral en cours (directions et co-directions) : 100 Nombre de directions/co-directions de thèse en cours : 2	
Co-directeur (le cas échéant) Nom, Prénom : Gouillet Antoine Fonction : Professeur	

¹ Dans l'ED 3MG, si 1 scientifique dans la direction de la thèse = 100% d'encadrement doctoral ; si 2/3 personnes impliquées dans l'encadrement de la thèse, un taux de 40% minimum est exigé pour l'HDR directeur et 30% pour les autres encadrants.

Date de l'obtention de l'HDR :

Employeur : Nantes Université

École doctorale de rattachement : 3MG

Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet : 30

Taux d'encadrement doctoral en cours (directions/co-directions/co-encadrements):
40%

Nombre de directions/co-directions/co-encadrements de thèse en cours : 1

Co-encadrant de thèse 1 (le cas échéant)

Nom, prénom : Granier Agnès

Fonction : Directrice de recherche

Titulaire de l'HDR : Xoui non Si oui, date d'obtention de l'HDR :

Employeur : CNRS

École doctorale de rattachement : ED3MG

Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet : 30

Taux d'encadrement doctoral en cours (directions/co-directions/co-encadrements):

Nombre de directions/co-directions/co-encadrements de thèse en cours : 1

**Co-encadrant de thèse 2 (le cas
échéant) Nom, prénom :**

Fonction :

Titulaire de l'HDR : oui non Si oui, date d'obtention de l'HDR :

Employeur :

École doctorale de rattachement :

Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet :

Taux d'encadrement doctoral en cours (directions/co-directions/co-encadrements) :

Nombre de directions/co-directions/co-encadrements de thèse en cours :

Partenaire privé (si financement CIFRE, privé...)

Nom, prénom :

Fonction :

Entreprise :

Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet :

Taux d'encadrement doctoral en cours (directions/co-directions/co-encadrements) :

Nombre de directions/co-directions/co-encadrements de thèse en cours :

Partenaire international (si thèse en co-tutelle)

Nom, prénom : Stafford Luc

Fonction : Professeur

Employeur : Université de Montréal et du Monde

Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet : 50

Taux d'encadrement doctoral en cours (directions/co-directions/co-encadrements) :

Nombre de directions/co-directions/co-encadrements de thèse en cours : 9

FINANCEMENT DE LA THÈSE

Origine(s) du financement de la thèse : ½ Contrat Doctoral Etablissement de Nantes Université appuyé sur le GP E-Mat + co-financement québécois de l'Université de Montréal (fonds de recherche du professeur Luc Stafford, notamment ceux de la Chaire de Recherche du Canada en Physique des Plasmas Hautement Réactifs (PPHARE))
Montant brut mensuel : environ 2000 € brut par mois pour le ½ Contrat Doctoral Etablissement
État du financement de la thèse : acquis
Date du début/durée du financement de la thèse : automne 2023/ 18 mois NU & complément UdeM