

Ecole doctorale 305 « Energie Environnement »

AVIS DE PRESENTATION DE TRAVAUX EN VUE DE L'OBTENTION DU DOCTORAT

Monsieur Alexandre PERDRAU soutiendra sa thèse le **13 mars 2025 à 14h00** à **Laboratoire PROMES Bâtiment INSOL Tecnosud, Rambla de la Thermodynamique 66100 PERPIGNAN**, salle **Salle de Conférences**, un doctorat de l'Université de Perpignan Via Domitia, spécialité **Sciences de l'Ingénieur**.

TITRE DE LA THESE : Aérosols et plasmas froids à la pression atmosphérique pour un procédé innovant de synthèse de couches minces nanocomposites or/polymère

RESUME : L'objectif de cette thèse est d'étudier une nouvelle approche de synthèse de couches minces nanocomposites (NCs) constituées de nanoparticules (NPs) d'or dans une matrice carbonée réalisées à l'aide d'un procédé plasma à pression atmosphérique. Grâce au phénomène de résonance plasmonique, ces nanomatériaux développent des propriétés optiques originales, notamment dans la gamme du visible. Leur domaine d'application est très large et leur capacité à absorber le rayonnement et à le redistribuer de manière locale en font de bons candidats pour la conception de nouveaux absorbeurs dans les cellules photovoltaïques. Ils sont également envisagés comme biocapteurs ou encore comme catalyseurs pour des applications de dépollution par photocatalyse et plus récemment pour la conception de concentrateurs solaires luminescents de nouvelle génération. Cette thèse vise à répondre au besoin de procédés « safe by design » pour réaliser des couches minces NCs or/polymère à propriétés contrôlées sur de grandes surfaces, en une seule étape et à bas coût. La solution explorée a été d'utiliser un procédé de dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma à la pression atmosphérique (AP-PECVD) qui consiste à injecter un aérosol de sel d'or (précurseur des NPs d'or) solubilisé dans de l'isopropanol (précurseur de la matrice polymère) au sein d'un plasma froid à la pression atmosphérique généré par une décharge contrôlée par barrière diélectrique (DBD) double fréquence en argon. Une première fréquence de 60 kHz permet de générer les espèces énergétiques du plasma afin de réduire le sel d'or et polymériser la matrice polymère alors qu'une deuxième, beaucoup plus faible (800 Hz), permet le transport des NPs nouvellement formées vers le substrat. Dans ce contexte, nous avons d'abord cherché à caractériser l'aérosol entrant dans la décharge, notamment à travers des mesures de taille de gouttelettes par granulométrie. Une fois produites, les gouttelettes de solution sont transportées dans le flux de gaz jusqu'à la décharge en subissant de l'évaporation ainsi que des pertes sur leur trajet. Ainsi, l'aérosol arrivant en entrée de décharge est composé de résidus d'évaporation de sel accompagnés de vapeurs d'isopropanol. Dans un deuxième temps, l'effet de la tension appliquée à la haute fréquence (HF), et donc de la puissance de la décharge, sur les propriétés des couches a été étudié. Il a été observé qu'à basse tension HF (2,2 kV), la puissance électrique de la décharge étant trop faible pour former une matrice épaisse, le dépôt est composé de NPs d'or enrobées d'une coquille polymère, alors qu'à plus haute tension HF (3,4 kV), une matrice carbonée d'une centaine de nanomètres, incluant des NPs d'or bien séparées les unes des autres, se forme. En fonction des conditions, les couches sont rouges ou violettes et présentent un pic d'absorption bien défini caractéristique de la présence de NPs d'or. Enfin, il a été montré que l'ajout d'une faible quantité d'ammoniac au flux d'argon modifie drastiquement les propriétés optiques, morphologiques et chimiques de couches. En présence d'ammoniac, quelles que soient les conditions opératoires, les couches obtenues sont de couleur noire, et ne présentent pas de pic d'absorption plasmonique. Elles se composent de gros agrégats allant jusqu'au micromètre contenant de l'or et du chlore, indiquant une mauvaise réduction du sel, mais aussi d'azote. Ceci pourrait être expliqué par une réaction entre le sel d'or et l'ammoniac en amont du plasma conduisant à un nouveau sel incorporant de l'azote, qui serait plus difficile à réduire que le sel d'or initial. L'analyse de couches synthétisées en utilisant un sel d'or azoté semble confirmer cette hypothèse. Ce nouveau procédé peut être adapté à une grande variété de sels métalliques et à d'autres solvants polymérisables, permettant d'envisager des dépôts variés comportant des propriétés optiques ou magnétiques contrôlées.

Directeur de thèse :

Françoise MASSINES, PROCédés, Matériaux et Energie Solaire - Université de Perpignan Via Domitia

Laboratoire où la thèse a été préparée : PROCédés, Matériaux et Energie Solaire

Le jury sera composé de :

- Mme Agnès Granier, Directrice de recherche, Institut des Matériaux de Nantes Jean Rouxel (IMN) - UMR 6502 (**Rapporteur**)
M. Ahmad Hamdan, Professeur agrégé, Université de Montréal (UdM) (**Rapporteur**)
Mme Françoise MASSINES, Directeur de recherche, Laboratoire PROMES CNRS - UPR 8521 (**Directeur de thèse**)
Mme Noémi Barros, Maîtresse de conférences, Université de Perpignan Via Domitia (UPVD) (**Co-encadrant de these**)
Mme Béatrice Plujat, Maîtresse de conférences, Université de Perpignan Via Domitia (UPVD) (**Co-encadrant de these**)
M. François Vernay, Professeur des universités, Université de Perpignan Via Domitia (UPVD) (**Examineur**)
Mme Caroline Bonafos, Directrice de recherche, Centre d'Élaboration de Matériaux et d'Études Structurales (CEMES) - UPR 8011 (**Examineur**)
M. Jean-Pascal Borra, Directeur de recherche, Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas (LPGP) - UMR 8578 (**Examineur**)