

Appel à candidatures thèse GREMI/Safran Tech

Conception et développement de revêtements antimicrobiens multifonctionnels de type Alliages Haute Entropie (AHE) par pulvérisation plasma magnétron

1. Objet de la thèse

L'objectif de cette thèse est d'exploiter les propriétés exceptionnelles des alliages à haute entropie (AHE) pour développer des revêtements auto-décontaminants multifonctionnels. Il s'agira d'étudier les différentes étapes du procédé de pulvérisation plasma afin de contrôler les propriétés finales des films. Cela passe par la connaissance de la relation paramètres d'élaboration/caractéristiques physico-chimiques/propriétés mais également par une meilleure compréhension des mécanismes d'adhésion et/ou de destruction des micro-organismes par ces matériaux.

2. Informations administratives

Une demande de financement de type AID (l'Agence de l'Innovation de Défense) classique est faite pour ce sujet. Il s'agit d'un co-financement entre un industriel, Safran Tech, qui est acquies, et l'AID. Ce dispositif permet de financer des sujets d'intérêt à la fois civil et militaire.

Le demande de financement est associée au(à la) candidat(e) retenu(e). La sélection se fera donc en amont. L'appel à candidature est ouvert jusqu'à mi-mai.

Directrices de thèse : Anne-Lise THOMANN, Directrice de recherche au CNRS, GREMI
Marjorie CAVARROC, Ingénieure R&D, Safran Tech

Co-encadrant : Amaël CAILLARD, Chargé de recherche CNRS, GREMI

La thèse se déroulera principalement au laboratoire GREMI, unité mixte de recherche CNRS/université d'Orléans (<https://www.univ-orleans.fr/fr/gremi/presentation/le-laboratoire>), site d'Orléans. Des campagnes d'expériences auront lieu sur le site de Safran Tech à Paris Saclay.

Pour postuler, envoyer un CV et les notes disponibles du master à

anne-lise.thomann@univ-orleans.fr

marjorie.cavarroc@safrangroup.com

3. Descriptif de la thèse (1 page environ)

Depuis la pandémie COVID-19, le besoin de réduire les contaminations microbiennes massives est devenu urgent, en particulier, dans le cas de contact avec des surfaces contaminées et en atmosphère confinée (transports publics, bureaux, open-spaces, hôpitaux, salles de cours, masques de protection, etc.), pour des applications civiles ou militaires. Il a été montré qu'au-delà des virus s'attaquant au système respiratoire, des virus intestinaux, transmis par le sang ou l'Herpès pouvaient survivre de quelques jours à deux mois sur les surfaces. Ce constat appelle une réponse en termes de conception de revêtements, simple à mettre en œuvre avec des techniques peu coûteuses et opérationnelles. De plus, de tels revêtements doivent avoir une efficacité antimicrobienne large, c'est-à-dire à la fois contre les virus et contre les bactéries.

Nous souhaitons explorer des solutions à cet enjeu dual de sécurité sanitaire en utilisant les propriétés exceptionnelles des alliages à haute entropie (AHE) pour concevoir des revêtements associant propriétés antimicrobiennes à une bonne résistance à la corrosion et à

l'abrasion. Ces deux dernières propriétés sont dictées par la prise en compte des conditions opérationnelles d'utilisation des pièces revêtues et pour leur assurer la meilleure tenue dans le temps. La solution AHE est particulièrement intéressante car les nombreux éléments présents et la phase formée (solution solide incluant tous les éléments) garantissent l'obtention d'un cocktail de propriétés. Elle permet alors, en couplant l'optimisation de la composition chimique et de l'architecture de surface, de viser de multiples effets antimicrobiens et de détruire ou empêcher la prolifération indifféremment de virus et de bactéries.

Le sujet de thèse proposé concerne l'étude de la relation paramètres d'élaboration/composition-structure/propriétés antimicrobiennes qui passe par l'optimisation du procédé de dépôt par pulvérisation plasma magnétron (méthode PVD : Physical Vapor Deposition) c'est-à-dire la compréhension des mécanismes élémentaires impliqués dans 1) la pulvérisation de cibles multi-élémentaires, 2)-le transport des espèces dans la phase gazeuse, 3)-leur condensation sur le support, 4)-la croissance et la structuration du film métallique AHE.

Pour ce faire, l'étudiant(e) aura accès aux équipements de pointe et à l'expertise disponibles au laboratoire GREMI et de Safran Tech dans le domaine des procédés plasmas et du diagnostic de la phase gazeuse. Les conditions énergétiques lors du dépôt seront particulièrement étudiées [3] afin de permettre la comparaison avec les prédictions de modèles numériques de formation des phases. Cela mènera à une meilleure compréhension des mécanismes de croissance du film AHE ainsi qu'à un contrôle accru du procédé. De nombreux régimes de pulvérisation plasma magnétron sont étudiés au GREMI (à faible incidence, en He, avec condensation en phase gazeuse, HiPIMS etc.), l'étudiant(e) pourra donc les tester sur les revêtements AHE et ainsi faire varier leur morphologie/structure pour une composition fixée. Par ailleurs, la possibilité de travailler en mode « combinatoire », c'est-à-dire à partir de plusieurs cibles, sans rotation du porte-échantillon, permettra de faire varier la composition des familles d'alliages visées dans une large gamme. De premières études du dépôt de films minces d'AHE de composition classique ont déjà été menées au GREMI [1,2]

La caractérisation chimique, morphologique et structurale des films sera menée à l'aide de différentes techniques d'analyse de routine au GREMI (MEB, DRX, AFM) par l'étudiant(e). L'accès à des techniques plus spécifiques se fera en collaboration étroites avec des partenaires du GREMI (RBS, XPS etc.) ou sur des plateformes locales (MET). Un premier screening de l'activité biocide sur des familles de bactéries utilisées dans les tests standardisés sera possible dans la salle de biologie du GREMI.

[1] V. Dolique, **A.L. Thomann**, et al, Complex structure/composition relationship in thin films of AlCoCrCuFeNi high entropy alloy, *Materials Chemistry and Physics* 117 (2009) 142, [2] L. Xie, P. Brault, **A.-L. Thomann**, J.-M. Bauchire, AlCoCrCuFeNi high entropy alloy cluster growth and annealing on silicon: A classical molecular dynamics simulation study, *Appl. Surf. Sci.* 285P (2013) 810-816, [3] **A. Caillard**, ..., **A.-L. Thomann**, Energy flux measurements during magnetron sputter deposition processes, *Surface & Coatings Technology* 377 (2019) 124887

4. Compétences requises

Le domaine scientifique dans lequel s'inscrit cette thèse est celui de l'étude et du développement de procédés d'élaboration de matériaux par plasma. Les connaissances concernées relèvent de la physico-chimie des matériaux, et de l'interaction plasma/surface.

Idéalement, les candidats(tes) devront donc avoir une formation dans le domaine des matériaux et des procédés plasmas. Une connaissance théorique et/ou expérimentale sur l'interaction plasma basse pression/surface ou le dépôt de films minces par une méthode PVD, sera appréciée. Il sera demandé à la personne recrutée de faire preuve de rigueur, d'autonomie et de proactivité.