



PROPOSITION DE STAGE 2024

Licence Master 1 Master 2 Fin d'études

Intitulé / Title : Production de nanoparticules multi-Métalliques par plasmas filamenteuses / internship title: 1-10 nm Metal nanoparticles production by plasma filaments

RÉSUMÉ / SUMMARY :

Ce stage s'insère dans un projet d'équipe sur la production de nanoparticules par interaction plasma-surfaces à pression atmosphérique. Disposer de générateur de nanoparticules en suspension dans les gaz (aérosol) est en effet critique tant pour le développement de procédés propres de production de nanomatériaux, que pour les études d'impact sur la santé ou dans l'environnement et l'étalonnage d'appareils de mesure (taille et concentration) de ces nanoparticules. Plusieurs méthodes de production sont déjà disponibles : cristallisation en phase liquide, broyage mécanique de solides et la conversion gaz-particule par nucléation des vapeurs produites à partir de solides par laser, flamme, arc ou four. Cependant, les procédés de production de poudres nanométriques (> 100 t de TiO₂ par jour) conduisent à des concentrations de particules élevées. La coagulation rapide (< ms) rend alors difficile le contrôle en taille des agrégats et des propriétés qui en dépendent. Une étude préliminaire a en effet montré l'intérêt de réduire l'énergie des filaments plasma (~ μJ, durée ~ 10 ns, diamètre ~ 10 μm) - pour limiter le flux de vapeurs formées par interaction plasma-surface dans les Décharges à Barrière Diélectrique, et donc la taille des particules¹. De plus, le contrôle de l'énergie par filament a déjà permis de montrer la croissance des nanoparticules par coagulation en deux étapes, d'abord dans le jet de vapeur de chaque filament puis pendant le transit dans le réacteur.

Objectifs : In fine, ce stage vise à développer des procédés plasmas de production de nanoparticules multi-métalliques aux propriétés contrôlées (taille, nature, structure cristalline, morphologie, concentration). Il s'agit ici de valider l'hypothèse selon laquelle la structure cristalline des nanoparticules peut être contrôlée par la vitesse de refroidissement. Pour cela, les nanoparticules sont utilisées comme des sondes thermiques, en reliant les structures cristallines aux vitesses de trempe.

Méthodes : Caractérisation électro-thermique des décharges filamenteuses et des nanoparticules (concentration et taille en suspension ainsi que composition et cristallinité des particules collectées par microscopies électroniques, EDX et SAED), selon le circuit RC de régulation de la dynamique d'injection d'énergie par filament de décharge d'arcs entravés (spark2).

Résultats attendus : Dans le cadre du master, après (i) la caractérisation électrique des filaments d'arcs entravés et (ii) les clichés MEB des cratères formés par interaction plasma-surface, les mesures de taille et concentration des nanoparticules permettront d'abord de corrélérer la quantité de matière ablatée des surfaces avec celle mesurée en sortie sous forme de nanoparticules. Les écarts apporteront des informations sur les pertes par déposition sur les électrodes des vapeurs et nanoparticules. En outre, (iii) la composition atomique (Energy Dispersive X-Ray) et de la structure cristalline (Small Angle Electron Diffraction) des nanoparticules devrait permettre de caractériser l'effet attendu de la vitesse de trempe sur la cristallinité des nanoparticules métalliques selon la dynamique d'injection d'énergie et de trempe, i.e. selon l'énergie et la fréquence des filaments de décharge.

Ces résultats serviront les objectifs des thèses envisagées avec différents groupes locaux, nationaux et internationaux:

- Soit pour caractériser la dynamique d'évaporation (simultanée si co-évaporation ou successive si distillation fractionnée) des métaux associés dans des alliages de Cuivre avec des Tfusion et/ou des Tévap proches (CuZn) et très différentes (CuAg)
- soit pour la production de nanoparticules multi-métalliques (High Entropy Alloys) de structure contrôlée selon la vitesse de trempe, pour la catalyse par ablation plasma de couches minces multi-métallique (Cr-Mn-Fe-Co-Ni)

1- Borra JP, Jidenko N, Hou J, Weber A 2015 Vaporization of bulk metals into nanoparticles by DBD, J Aerosol Science, 79, 109-125

2- M. E. Messing 2016 The advantages of spark discharge for manufacturing of nanoparticles with tailored properties, J. Green Engin. 5, 83

NOM DU LABORATOIRE / LABORATORY NAME :

Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas

Code d'identification : UMR8578

Organisme/institution : CNRS et UPSaclay

Adresse du lieu de stage / Lab adress :

Univ. Paris-Saclay, Bât 210, Rue Henri Becquerel, 91405 Orsay

Site Internet / Web site :

<https://www.lpgp.universite-paris-saclay.fr/>

RESPONSABLE DE STAGE / INTERNSHIP SUPERVISOR :

Nom / Name : BORRA

Prénom / First name : Jean-Pascal

Courriel / Mail : jean-pascal.borra@u-psud.fr

Tél : 0169153674

Autres contacts / Other contacts :

STAGE / INTERNSHIP :

Durée / Duration : 4 à 6 mois à partir de début mars

Prise en charge du transport /

Payment for transport : OUI / NON

Rémunération / Scholarship : OUI / NON—

Possibilité de thèse : Oui