

## La Pulvérisation Plasma au GREMI : Expériences et Simulations.

Anne-Lise Thomann, Pascal Brault, Amaël Caillard, Thomas Lecas, Hervé Hidalgo, Laurent Schwaederlé, Amer Melhem, Lu Xie, Stéphane Cuynet

*GREMI UMR 7344, CNRS – Université d'Orléans BP6744, BP6744, 45067 Orléans cedex 2*

La pulvérisation plasma sous différentes formes est développée et utilisée depuis près de vingt au GREMI. Plusieurs types de sources ont été conçues, développées et/ou installées : il s'agit de la pulvérisation ICP, magnétron (DC, DC pulsée, et bientôt HiPIMS). Initialement cette technique de dépôt a été développée pour comprendre l'étape initiale de la croissance d'agrégats et de films ultraminces de palladium pour de premières applications en catalyse (hydrogénation du butadiène).

Afin de pouvoir discuter et convaincre le milieu industriel nous nous sommes intéressés à la pulvérisation magnétron. Plusieurs orientations de recherche se sont alors développées.

La première concerne les couches minces pour l'énergie : électrodes de piles à combustible à électrolyte polymère, couches minces céramiques pour les piles à combustible à oxydes solides, et plus récemment les micro-batteries. Les résultats les plus marquants concernent la diminution de la quantité de catalyseurs, le platine et ses alliages pulvérisés, dans les électrodes de piles à combustible. Un contrôle fin du profil de concentration de platine dans l'électrode poreuse est obtenu [1-3]. Pour les piles à oxyde céramique, des couches minces d'électrolyte en zircone yttrée ont été obtenues [4,5] avec des performances de fonctionnement en piles à 850°C proches des valeurs des systèmes commerciaux.

L'autre thématique concerne la croissance de couches à grand nombres d'éléments métalliques comme les amorphes métalliques ou les alliages «haute entropie». Le challenge réussi pour ces couches minces a été d'obtenir les propriétés des matériaux massifs : conserver le caractère homogène (c'est-à-dire sans ségrégation d'éléments) en augmentant la température et d'obtenir des propriétés de non-adhérence [6,7]. Des surfaces métalliques plus hydrophobes que le Téflon ont ainsi pu être synthétisées.

Enfin, ces expériences s'accompagnent de simulations numériques par dynamique moléculaire qui conduisent à une meilleure compréhension des étapes initiales de la croissance des films. En particulier, le début de la croissance d'agrégats de platine dans des milieux poreux modèles [8] et le comportement des couches minces d'alliages métalliques AlCoCrCuFeNi en température ont été simulés.

### Références

- [1] P. Brault, Ch. Josserand, J.-M. Bauchire, A. Caillard, Ch. Charles, R. W. Boswell, Phys. Rev. Lett. 102 (2009) 045901
- [2] M. Cavarroc, A. Ennadjaoui, M. Mougnot, P. Brault, R. Escalier, Y. Tessier, J. Durand, S. Roualdès, T. Sauvage, C. Coutanceau, Electrochemistry Communications 11, 859 – 861 (2009)
- [3] M. Mougnot, A. Caillard, P. Brault, S. Baranton, C. Coutanceau, International Journal of Hydrogen Energy, 36 (2011) 8429-8434
- [4] H. Hidalgo, E. Reguzina, E. Millon, A-L. Thomann, J. Mathias, C. Boulmer-Leborgne, T. Sauvage, P. Brault, Surf. Coat. Technol. 205 (2011) 4495-4499
- [5] E. Reguzina, A.L. Thomann, H. Hidalgo, P. Brault, V. Dolique, Y. Tessier, Surface and Coatings Technology 204 (2010) 2376-2380
- [6] V. Dolique, A.-L. Thomann, P. Brault, Y. Tessier, P. Gillon, Surface and Coatings Technology 204 (2010) 1989-1992
- [7] V. Dolique, A.-L. Thomann, P. Brault, Y. Tessier, P. Gillon, Materials Chemistry and Physics 117 (2009) 142-147
- [8] P. Brault, Surf. Coat. Technol. 205 (2011) S15-S23