

# Étude de la post-décharge HiPIMS de matériaux nobles pour l'élaboration d'électrode de pile à combustible PEMFC

**S. Cuyenet<sup>1</sup>, A. Caillard<sup>1</sup>, T. Lecas<sup>1</sup>, S. Dozias<sup>1</sup>, J. Simmoneau<sup>1</sup>, M. Palmucci<sup>2</sup>, S. Konstantinidis<sup>2</sup>, J. Bigarré<sup>3</sup>, P. Buvat<sup>3</sup> et P. Brault<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Groupe de Recherches sur l'Energétique des Milieux Ionisés (GREMI) CNRS UMR7344, Université d'Orléans, BP6744, 14 rue d'Issoudun, 45067 Orléans*

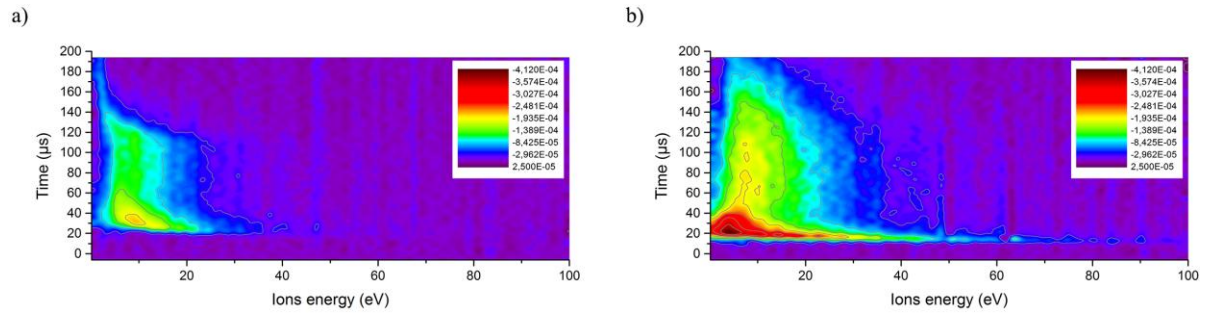
<sup>2</sup> *Laboratoire de chimie des interactions plasma- surface (ChIPS), Université de Mons, place du parc 23, B-7000 Mons, Belgium*

<sup>3</sup> *CEA Centre le Ripault, BP 16, 37 260 Monts*

Depuis plus d'une décennie, le procédé HiPIMS (High Power Impulse Magnetron Sputtering) attire de plus en plus l'attention de la communauté scientifique, notamment en raison de remarquables améliorations apportées et face à un procédé classique de pulvérisation magnétron (Direct Current Magnetron Sputtering - DCMS). L'HiPIMS peut être considéré comme un régime de pulvérisation tout à fait spécifique, avec des pulses de densité de puissance pouvant atteindre plusieurs kilowatts par centimètre carré pour des fréquences inférieures au Kilohertz. Sur cible métalliques, ces conditions particulières permettent la production d'une vapeur métallique pouvant être partiellement ionisée, ce qui n'est pas le cas avec le régime DCMS. Selon la nature des cibles de pulvérisation et en fonction des paramètres de décharge, certains auteurs rapportent un taux d'ionisation de cette vapeur métallique pouvant dépasser 70 % en régime HiPIMS [1,2].

La capacité du régime HiPIMS à ioniser une partie de la vapeur métallique est tout à fait intéressante pour les procédés de dépôt. Par exemple, la partie ionisée de cette vapeur peut alors être soumise à un champ électrique. Il est alors possible de contrôler l'énergie d'une partie du dépôt et donc d'influer sur les caractéristiques des dépôts. Des améliorations notables ont ainsi été réalisées dans le cadre de dépôts de catalyseurs pour les applications de pile à combustible PEMFC [3].

Cette présentation se focalise donc sur l'étude de la post-décharge en régime HiPIMS, avec l'utilisation de trois cibles de matériaux nobles (Pd, Pt, Au) et avec différents gaz plasmagènes (Ne, Ar, Kr, Xe). Le diagnostic de la post-décharge est réalisé par l'utilisation combinée d'un spectromètre de masse (Mass spectrometer - MS), d'un analyseur d'énergie à champ retardateur (Retarding Field Energy Analyzer - RFEA) et d'une balance à quartz polarisable (Biasable Quartz Balance – BQB). Les taux ions/neutres dans la post-décharge sont alors partiellement identifiés. L'étude se consacre notamment sur l'enregistrement des fonctions de distribution en énergie des ions résolues en temps (Time Resolved Ion Energy Distribution Function – TR-IEDF). L'apport des divers résultats permet de réaliser des dépôts de catalyseur à haute valeur ajoutée : une amélioration significative sur les performances des piles PEMFC est observée expérimentalement.



**Figure :** Cartographies des fonctions de distribution en énergie des ions résolues en temps avec une cible de Pt et en gaz Ar pour une tension HiPIMS absolue de 1000 V (a) et 2000 V (b). Durée du pulse HiPIMS de 100  $\mu$ s pour une fréquence de 50 Hz. Distance de 50 mm entre le RFEA et la cible de Pt.

[1] M. Samuelsson, D. Lundin, J. Jensen, M. A. Raadu, J. T. Gudmundsson, U. Helmersson, Surface and Coatings Technology 205, 591–596 (2010).

[2] J. Alami, P.O.A. Persson, D. Music, J.T. Gudmundsson, J. Bohlmark, and U. Helmersson, Journal of Vacuum Science & Technology A : Vacuum, Surfaces, and Films 23, 278 (2005).

[3] S. Cuynet, A. Caillard, T. Lecas, J. Bigarre, P. Buvat, P. Brault, High Power Impulse Magnetron Sputtering deposition of Pt inside fuel cell electrodes, Journal of Physics D : Applied Physics, 47 (27), pp.272001 (2014).