

Études fondamentales de décharges microondes capillaires

F. Coquery¹, O. Leroy², T. Minea² et G. D. Stancu¹

¹Laboratoire EM2C, CNRS UPR 288, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, 91190 Gif-sur-Yvette, France

²Laboratoire LPGP, CNRS UMR 8578, Université Paris-Sud, Université Paris-Saclay, 91400 Orsay, France

Des études fondamentales expérimentales sur des plasmas microondes dans des capillaires ont été réalisées. Des bilans de puissances complets, une étude de couplage thermique ainsi que des mesures de densité d'Argon métastable par TDLAS ont permis de caractériser la décharge.

Les plasmas microondes (MO) capillaires (diamètre interne <1.0 mm) sont caractérisés par une haute densité de puissance [1] et une forte densité d'espèces réactives créées, montré à la fois par des études expérimentales et des modèles numériques [2,3]. Les décharges dans l'Argon pur produisent des états métastables, jouant un rôle clé grâce à leur longue durée de vie, agissant comme un « réservoir » d'énergie pour dissocier ou exciter des espèces moléculaires ; leur étude permet de mieux comprendre les processus fondamentaux de la chimie de cette décharge.

Le plasma est ici généré dans des capillaires de quartz (diamètre interne/externe : 1.0/2.0 mm) grâce à un applicateur (surfatron ou strip-line), alimenté par un générateur microonde continu (2.4 ÷ 2.5 GHz ; 0 ÷ 200 W). Un plasma peut ainsi être généré à faible puissance, de quelques millibars à la pression atmosphérique. Le gaz porteur est un mélange contrôlable Argon/Air, d'un débit allant jusqu'à 1 L/min.

La puissance MO délivrée par le générateur est contrôlable : des mesures à l'état stationnaire permettent d'identifier sous quelles formes elle est transmise. La mesure du rayonnement MO, du chauffage du gaz, de la chimie post-décharge ainsi que du rayonnement du plasma montrent qu'ils sont négligeables. En revanche une part importante est réfléchi (25-35% de la puissance MO incidente) ou mesurée en chauffage du guide d'onde (20-25%). Finalement, une mesure du chauffage du capillaire (par camera IR) permet de déterminer la puissance transmise au plasma ; on mesure 10-20%, montrant une surestimation typique de cette valeur [4]. Une partie non négligeable de la puissance incidente (20-30%) n'est pas directement mesurée mais se retrouve dans les incertitudes de mesure.

Un dispositif de contrôle d'écoulement externe sur le capillaire permet de modifier le couplage thermique, divisant d'un facteur 3 la résistance thermique du système. Un certain contrôle sur le couplage de puissance, la pression, la température et la longueur du plasma est possible grâce à cet écoulement.

Des mesures de Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy (TDLAS) sur l'état $3s^23p^5(^2P^0_{3/2})4s$ (transition à 801.698 nm) de l'Argon métastable ont été réalisées à l'état stationnaire, pression atmosphérique, en sortie du tube (50 μm en dessous), par un scan spectral en single mode de 70 pm (10 fois la FWHM de la raie, dominée par élargissement collisionnel) pour obtenir des valeurs de densité d'Ar^{met} [5]. Une résolution spatiale est possible grâce au faible diamètre du faisceau laser (50 μm) traversant le plasma. Par transformée d'Abel, on obtient des densités absolues d'Ar^{met} [6] : $5.1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ au centre de la décharge et $2.7 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ moyenné sur son rayon.

L'étude du bilan de puissance a montré qu'une grande partie de la puissance de ce plasma est dissipée sous forme de chaleur, et ne contribue pas à la chimie de la décharge. Les diagnostics TDLAS résolus spatialement ont permis d'obtenir des densités absolues d'Ar^{met} radialement résolues.

Références

- [1] S. Dap, O. Leroy, J. Andrieu, C. Boisse-Laporte, P. Leprince, G.D. Stancu, T. Minea, *Plasma Sources Sci. Technol.*, **24** (2015) 065007
- [2] P. Coche, V. Guerra, L. L. Alves, *J. Phys. D : Appl. Phys.* **49** (2016) 235207
- [3] G. D. Stancu, O. Leroy, P. Coche, K. Gadonna, V. Guerra, T. Minea, L. L. Alves, *J. Phys. D: Appl. Phys.* **49** (2016) 435202
- [4] F. Coquery, O. Leroy, T. Minea, C. O. Laux, G. D. Stancu, 24th *European Sectional Conference on the Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases (ESCAMPIG) 2018*
- [5] S. Reuter, J. Santos Sousa, G. D. Stancu, J-P. Hubertus van Helden *Plasma Sources Sci. Technol.* (2015) 054001
- [6] M. Simeni Simeni, C. O. Laux, G. D. Stancu, *J. Phys. D: Appl. Phys.* (2017) 112098