

# Mesure de la densité et température électronique dans les plasmas à pression atmosphérique par méthodes optiques

N. Sadeghi

Laboratoire des Technologies de la Microélectronique (LTM) et Laboratoire Interdisciplinaire de Physique (LIPhy), Université Grenoble-Alpes et CNRS, Grenoble  
mél: [nader.sadeghi@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:nader.sadeghi@univ-grenoble-alpes.fr)

Dans des plasmas à pression atmosphériques, les techniques usuelles pour caractériser les électrons du plasma, comme sonde de Langmuir (SdL), interférométrie micro-onde ( $1\mu\text{o}$ ) et shift en fréquence de résonance de la cavité résonnant contenant le plasma ou de la sonde "hairpin" plongée dans le plasma, ne peuvent plus être utilisées. Les collisions e-neutre rendent difficiles l'interprétation des caractéristiques V-I de la SdL et élargissent fortement la courbe de résonance dans les cas de  $1\mu\text{o}$  et "hairpin". Dans cet exposé, trois techniques basées sur les informations transportées par les photons seront présentées et leurs points forts et inconvénients seront discutés.

## 1- Elargissement Stark de raies spectrales.

La raie émise, ou absorbée par un atome plongé dans le plasma est élargie par les collisions avec les électrons et les ions de son environnement. La théorie de ce phénomène est bien connue et le coefficient d'élargissement Stark d'un grand nombre de raies de plusieurs atomes a été rapporté dans [1]. Il faut mentionner que la raie  $H_{\beta}$  de l'hydrogène (486.3 nm) présente la plus grande sensibilité ( $\sim 40$  pm (FWHM) pour  $n_e = 1 \cdot 10^{20} \text{ m}^{-3}$ ) [2]. Toutefois, la raie est également élargie par collision avec les neutres, dont la contribution doit être retranchée. Ceci nécessite une bonne connaissance de la pression et la température du gaz et la possession d'un spectromètre de bonne résolution spectrale.

## 2- Spectre d'émission de continuum

Lors d'une collision élastique e-neutre, le ralentissement de l'électron est accompagné de l'émission de rayonnement couvrant le domaine visible (bremsstrahlung) dont l'intensité absolue est proportionnelle à  $n_e$  et la distribution spectrale dépend de la fonction de distribution de l'énergie des électrons (*edf*), donc de  $T_e$ . [3] et ses références informent sur les relations reliant l'intensité du spectre enregistré à  $n_e$  et  $T_e$ . Les points faibles de cette technique sont la faible section efficace de l'émission de continuum et le besoin d'une calibration en absolue de l'intensité spectrale émise [3].

## 3- Diffusion Thomson

La diffusion d'un faisceau laser à la longueur d'onde  $\lambda_0$  par un électron s'accompagne d'un déplacement Doppler du photon, ( $\Delta\lambda/\lambda_0 = v/c$ ),  $v$  et  $c$  étant les vitesses de l'électron selon la ligne d'observation et celle de la lumière. Ainsi, l'intensité de la lumière diffusée informe sur la valeur de  $n_e$  et sa distribution spectrale renseigne sur *edf*, donc de  $T_e$ . La difficulté majeure de cette technique réside en élimination de la lumière parasite et celle de la diffusion Rayleigh, à la longueur d'onde  $\lambda_0$ . Pour longtemps, cette élimination se faisait à l'aide des spectromètres à 3 réseaux de diffraction (TGS) [4]. Mais depuis peu, un filtre "notch" à réseau de diffraction Bragg a été développé, permettant une élimination très efficace de la lumière parasite à  $\lambda_0$  [4, 5].

## Références

- [1] N. Konjevic, A. Lesage, J.R. Fuhr and W.L. Wiese, J. Phys. Chem. Ref. Data **31**, 819 (2002)
- [2] S.G. Belostotskiy, T. Ouk, V.M. Donnelly, D.J. Economou and N. Sadeghi, J. Appl. Phys. **107**, 053305 (2010) \_
- [3] G. Nayak, M.S. Simeni, J. Rosato, N. Sadeghi et P.J. Bruggeman, J. Appl. Phys. **128**, 243302 (2020)
- [4] B. Vincent, S. Tsikata, S. Mazouffre, T. Minea and J. Fils, Plasma Sources Sci. Technol. **27** 055002 (2018)
- [5] Y. Yue, V.S.S Kondeti, N. Sadeghi et P.J. Bruggeman, PSST **30** (2021)

**Statut :**