

Simulations fluides pour les décharges plasmas froids à pression atmosphérique

Anne Bourdon

LPP, Laboratoire de Physique des Plasmas, Ecole Polytechnique,
route de Saclay, 91128 Palaiseau Cedex, France.
courriel : anne.bourdon@lpp.polytechnique.fr

Les décharges plasmas froids à pression atmosphérique sont étudiées actuellement pour des applications très variées comme la combustion assistée par plasma [1] ou les applications biomédicales [2]. En introduction de cet exposé, nous présenterons quelques unes de ces applications pour mettre en évidence les propriétés caractéristiques des plasmas froids à pression atmosphérique.

Pour simuler ces décharges, une des approches les plus utilisées dans la littérature est l'approche fluide. Tout d'abord, nous présenterons le modèle fluide le plus simple, utilisant les hypothèses de dérive-diffusion et de champ local. Ce modèle nécessite de pré-calculer les paramètres de transport des espèces chargées et les taux des réactions chimiques impliquant des électrons avec un solveur Boltzmann pour les électrons comme Bolsig⁺ [3]. Les processus radiatifs (photoionisation et effet photoélectrique) qui peuvent influencer la dynamique et la structure de la décharge seront discutés. Ensuite, les conditions aux limites seront présentées pour différentes géométries typiques de décharge (avec et sans isolant diélectrique entre les électrodes). Pour résoudre le système d'équations obtenu en 1D, 2D ou 3D, différentes méthodes numériques sont utilisées dans la littérature et seront comparées. En particulier, l'utilisation de différentes bibliothèques libres et parallélisées pour la résolution rapide de l'équation de Poisson en 2D sera discutée. Les étapes cruciales de vérification et de validation du code obtenu seront présentées. En particulier, des comparaisons expérience/modélisation de décharges dans l'air et dans l'hélium à pression atmosphérique seront présentées [4-6].

Dans une deuxième partie, les travaux actuels sur les modèles fluides d'ordre plus élevé et les modèles hybrides seront présentés. Nous discuterons des limitations actuelles de ces modèles et des points clés à développer dans les prochaines années. Un des défis actuels pour les simulations de décharges plasmas froids concerne la simulation multi-physique comme par exemple le couplage fort décharge-écoulement réactif. Dans ce cas, il est nécessaire de prendre en compte un grand nombre d'échelles spatiales (μm à plusieurs cm) et de la nanoseconde à plusieurs millisecondes. Nous présenterons les stratégies utilisées actuellement et les défis numériques et de modélisation à relever dans les prochaines années pour développer les simulations multi-physiques des décharges plasmas froids.

Références

- [1] S.M. Starikovskaia, *Plasma-assisted ignition and combustion: nanosecond discharges and development of kinetic mechanisms*, 2014, J. Phys. D: Appl. Phys., 47, 353001.
- [2] E. Robert, E. Barbosa, S. Dozias, M. Vandamme, C. Cachoncinlle, R. Viladrosa and J. M. Pouvesle, *Experimental Study of a Compact Nanosecond Plasma Gun*, 2009, Plasma Process. Polym., 6, 795-802.
- [3] G.J.M. Hagelaar and L.C. Pitchford, *Solving the Boltzmann equation to obtain electron transport coefficients and rate coefficients for fluid models*, 2005, Plasma Sources Sci. Technol., 14, 722-733.

[4] F. Pechereau, J. Jansky and A. Bourdon, *Simulation of the reignition of a discharge behind a dielectric layer in air at atmospheric pressure*, 2012, Plasma Sources Sci. Technol., 21, 055011.

[5] F. Tholin, A. Bourdon, *Simulation of the hydrodynamic expansion following a nanosecond pulsed spark discharge in air at atmospheric pressure*, 2013, J. Phys. D: Appl. Phys., 46, 365205.

[6] J. Jansky, A. Bourdon, *Simulation of two counter-propagating helium discharges at atmospheric pressure*, 2014, Plasma Sources Sci. Technol., 23, 025001.