

Modèle CR détaillé pour un gaz d'argon hors équilibre thermique

X. Baumann¹, P. Teulet¹, Y. Cressault¹

¹Université de Toulouse, LAPLACE (LABoratoire PLasma et Conversion d'Énergie) : 118 route de Narbonne, F-31062
Toulouse Cedex 9, France

Résumé

Pour créer de nouveaux designs de disjoncteurs haute-tension, on recourt souvent à des modèles magnétohydrodynamiques pour mieux comprendre les propriétés de l'arc électrique. Cependant, ces modèles dépendent de plusieurs propriétés telles que les propriétés thermodynamiques, les coefficients de transport ou les propriétés radiatives. Les modèles de calcul de ces propriétés sont maintenant relativement bien connus dans la communauté scientifique lorsque l'on fait l'hypothèse de l'équilibre thermique et chimique. Toutefois, l'Équilibre Thermodynamique Local (ETL) n'est pas toujours réalisé dans le plasma d'arc près des électrodes, des parois ou dans les zones périphériques de l'arc, ainsi que durant la phase d'extinction de l'arc. Dans ce dernier cas, les collisions élastiques sont insuffisantes pour assurer l'équilibre thermique entre les populations d'électrons et de lourds. On décrit alors les électrons par une température T_e et les lourds par une température $T_h < T_e$.

Pour décrire ce type de décharge, il faut développer une banque de données de propriétés multi-températures. La première étape est le calcul de la composition chimique du plasma. On trouve dans la littérature de nombreuses méthodes de calcul de la composition chimique, néanmoins plusieurs d'entre elles ont montré leurs limites dans l'étude des plasmas 2T [1]. Le modèle collisionnel-radiatif instationnaire est toutefois particulièrement adapté à l'étude de ce type de système car il permet de réduire les hypothèses physiques sous-jacentes par rapport aux autres méthodes. Nous avons donc développé un modèle collisionnel-radiatif à deux températures, électronique spécifique, tenant compte d'un maximum de processus inélastiques comme l'excitation, l'ionisation et les processus radiatifs [2].

Nous discuterons les formalismes possibles permettant d'obtenir les sections efficaces de chaque processus, ainsi que les taux de réaction directs. En utilisant le principe de balance détaillée, nous montrerons comment l'on peut obtenir les taux de réaction inverses ainsi que les limites de cette approche dans un contexte de déséquilibre thermique.

Il est connu que les modèles de composition chimique à 2T montrent une transition abrupte des densités qui est caractéristique du passage d'une domination électronique dans les processus chimique à une domination des lourds. Nous examinerons en détails cette transition et nous montrerons qu'elle disparaît lorsque l'on tient compte des processus radiatifs.

Références

- [1] V. Rat, A. Murphy, J. Aubreton, M.-F. Elchinger, et P. Fauchais, « Treatment of non-equilibrium phenomena in thermal plasma flows », *J. Phys. Appl. Phys.*, vol. 41, n° 18, p. 183001, 2008.
- [2] J. Annaloro, P. Teulet, A. Bultel, Y. Cressault, et A. Gleizes, « Non-uniqueness of the multi-temperature law of mass action. Application to 2T plasma composition calculation by means of a collisional-radiative model », *Eur. Phys. J. D*, vol. 71, n° 12, p. 342, 2017.