

Contribution à l'étude de la conductivité thermique d'un plasma d'air

P. André¹, A. K. Kagone², Z. Koalaga², N. Kohio², F. Zougmore²

(1) LPC, Université Clermont Auvergne, CNRS, UMR 6533, F-63000 Clermont-Ferrand, France

(2) LAME, Université Ouaga 1 Professeur Joseph Ki-Zerbo, 03 BP 7021, Ouagadougou 03, Burkina Faso

Afin d'améliorer et/ou de choisir, le gaz ou les matériaux des joues gazogènes dans les appareillages de coupure électrique, de nombreux auteurs préconisent d'étudier, a minima, la conductivité thermique [1]. En effet, le refroidissement du milieu et donc l'extinction de l'arc électrique est intimement liée à sa conductivité thermique.

Le vecteur flux de chaleur est directement proportionnel au gradient négatif de la température : $\vec{q} = -\lambda \vec{\nabla} T$. La constante de proportionnalité λ est la conductivité thermique du milieu. Dans les mélanges de gaz et de plasma en équilibre chimique, la conductivité thermique est habituellement déterminée par la somme de quatre conductivités thermiques : les deux conductivités thermiques dues aux mouvements de translation des électrons et des particules lourdes (ions, atomes et molécules), la conductivité interne due aux degrés de liberté (excitation électronique, rotation et vibration) et la conductivité thermique de réaction chimique [2]. On peut alors écrire la conductivité thermique sous la forme de la somme de deux conductivités thermiques :

$$\lambda = \lambda_{\text{réaction}} + \lambda_{\text{figé}}$$

Avec $\lambda_{\text{réaction}}$ la conductivité thermique dite réactionnelle et la conductivité thermique dite non-réactionnelle. La conductivité thermique réactionnelle contribue fortement à la conductivité thermique totale.

La conductivité thermique de réaction dans les plasmas dit thermiques est habituellement évaluée par la théorie de Butler et Brokaw [3]. L'une des hypothèses fortes est que l'équilibre chimique du mélange soit atteint. En effet, seules les variations de concentration dues aux variations de température sont prises en compte.

Cependant, les temps caractéristiques dans les appareillages de coupure sont de l'ordre de la dizaine de milliseconde (écoulement du gaz, déplacement de l'arc sur les joues gazogènes). Ainsi, l'équilibre chimique peut ne pas être atteint. Nous nous proposons donc d'étudier les temps de réaction chimique dans un plasma thermique d'air à la pression atmosphérique, pour plusieurs pressions : 1 bar, 5, bar et 10 bar et pour plusieurs températures. La conductivité thermique dite réactionnelle et la conductivité thermique dite non-réactionnelle seront étudiées en fonction de la température et pour les pressions considérées. Nous discuterons de la validité des hypothèses de la théorie de Butler et Brokaw [3].

Références

[1] D. Koch, Cahier technique Schneider Electric no 188 (2003)

[2] M. I. Boulos, P. Fauchais, E. Pfender, « Thermal Plasmas », Plenum Press, (1994)

[3] J. N. Butler and R. S. Brokaw, J. Chem. Phys. 26, 1636 (1957)