



**HAL**  
open science

# Modèle d'Interaction entre un Arc Electrique à Pression Atmosphérique et une Cathode en Cuivre

Arthur Monnoyer, Jean Jacques Gonzalez, Pierre Freton

## ► To cite this version:

Arthur Monnoyer, Jean Jacques Gonzalez, Pierre Freton. Modèle d'Interaction entre un Arc Electrique à Pression Atmosphérique et une Cathode en Cuivre. 16ème Colloque sur les Arcs Electriques (2023), Jun 2023, Sophia Antipolis (06), France. hal-04238470

**HAL Id: hal-04238470**

**<https://hal.science/hal-04238470>**

Submitted on 12 Oct 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Public Domain

# Modèle d'Interaction entre un Arc Electrique à Pression Atmosphérique et une Cathode en Cuivre

A. Monnoyer<sup>1,2</sup>, P. Freton<sup>1</sup>, J.J. Gonzalez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Laboratoire Plasma et Conversion d'Energie, Université de Toulouse, CNRS, INPT, UPS, 118 route de Narbonne, F-31062 Toulouse cedex 9, France*

<sup>2</sup> *Europlasma Industries, 3-5 Allée des lumières, Cité de la Photonique Bât. Sirah, 33600 Pessac, France*

eMail: [monnoyer@laplace.univ-tlse.fr](mailto:monnoyer@laplace.univ-tlse.fr)

L'étude de la zone cathodique des dispositifs à arc électrique est importante pour de nombreuses applications industrielles. On peut citer par exemple les torches à plasma pour la découpe, le soudage, ou encore le traitement des déchets. En effet, l'une des principales limitations de l'utilisation de ces technologies à plasma thermique est l'usure des électrodes, et en particulier de la cathode [1].

Dans le cas des exemples cités, la cathode est souvent constituée d'un matériau à bas point de fusion (< 2000 K) comme le cuivre, et le gaz plasmagène est souvent un mélange d'azote/oxygène, l'exemple le plus courant étant évidemment l'air.

Afin de caractériser l'amorçage des phénomènes d'usure de la cathode, c'est-à-dire le dépassement de la température de fusion du matériau, il est important de comprendre précisément comment se font les transferts d'énergie à l'interface arc-cathode, dans la phase précédant la fusion de cette électrode. Cela permet par exemple de prévoir en combien de temps la température de fusion du matériau est atteinte lorsque celui-ci est exposé directement à l'arc électrique.

Pour déterminer le profil de flux de chaleur reçu par la cathode, il est nécessaire de mettre en place un modèle d'interaction arc-cathode prenant en compte la physique de la gaine cathodique et les processus d'émission électronique. Divers flux de particules traversant la gaine doivent ainsi être pris en compte : ions, électrons émis, électrons rétrodiffusés et électrons secondaires.

Les modèles existant dans la littérature [2-4] sont souvent restreints à des cathodes réfractaires atteignant des températures de surface très élevées (> 2500 K) pour lesquelles le processus d'émission des électrons est la thermoémission, décrite par la loi de Richardson-Schottky [2-3]. Or pour les cathodes à plus bas point de fusion, le mécanisme prépondérant est plutôt l'émission par effet de champ, bien que les effets de thermoémission ne soient pas négligeables.

Une méthode pour prendre en compte ces deux phénomènes est d'utiliser l'équation de Murphy-Good [5]. Toutefois, la réalité des phénomènes d'émission électronique est plus complexe, et l'équation de Murphy-Good sous-estime l'émission électronique réelle. Pour obtenir des résultats plus réalistes, un facteur d'amplification du champ électrique est donc introduit dans le but d'augmenter l'émission électronique. Dans le cadre de ces travaux l'influence du facteur d'amplification sera étudiée et nous montrerons son impact sur la quantification des flux. Ce facteur est ensuite déterminé, non pas de façon théorique comme dans l'étude de Coulombe et Meunier [4] (le cadre de cette étude est d'ailleurs différent), mais par une confrontation avec l'expérience de Landfried et al [6] dans le cas où le gaz plasmagène est l'air, et pour une certaine intensité (70A). Cette étude sera ensuite présentée pour différents gaz et différents niveaux d'intensité, en gardant le même facteur d'amplification.

## Références

- [1] J. F. Brillhac, B. Pateyron, J. F. Coudert, P. Fauchais, and A. Bouvier, *Plasma Chem. Plasma Process.*, vol. 15, pp. 257–277, 1995.
- [2] M. S. Benilov and A. Marotta, *J. Phys. Appl. Phys.*, vol. 28, no. 9, p. 1869, 1995.
- [3] J. J. Gonzalez, F. Cayla, P. Freton, and P. Teulet, *J. Phys. Appl. Phys.*, vol. 42, no. 14, p. 145204, 2009.
- [4] S. Coulombe and J.-L. Meunier, *Plasma Sources Sci. Technol.*, vol. 6, no. 4, p. 508, Nov. 1997
- [5] E. L. Murphy and R. H. Good, *Phys. Rev.*, vol. 102, no. 6, pp. 1464–1473, Jun. 1956
- [6] R. Landfried, T. Leblanc, M. Kirkpatrick, and P. Teste, *IEEE Trans. Plasma Sci.*, vol. 40, no. 4, pp. 1205–1216, 2012.