

# Étude Théorique de la Coupure Haute Tension par Arc dans le Vide

C. SIMONNET<sup>(1)</sup>, J.J. GONZALEZ<sup>(1)</sup>, P. FRETON<sup>(1)</sup>, F. REICHERT<sup>(2)</sup>, A. PETCHANKA<sup>(2)</sup>

(1) Laplace, UMR 5213 CNRS-UPS-INP, Université Paul Sabatier, bat 3R2, 118 rte de Narbonne, 31062 Toulouse Cedex, France

(2) Siemens Energy, Paulsternstr. 26, 13629, Berlin, Germany

eMail : claire.simonnet@laplace.univ-tlse.fr

## Abstract

C'est dans une optique de transition écologique que cette étude est développée afin de diminuer les émissions de gaz à effet de serre issus des disjoncteurs et de respecter les normes environnementales [1]. Siemens Energy est un acteur central du domaine de la coupure électrique ; la société développe des disjoncteurs haute tension (supérieure à 72.5 kV). C'est en collaboration avec l'équipe AEPPT du Laplace, que cette entreprise a pour objectif d'étudier la coupure moyenne et haute tension par arc dans le vide afin de faire évoluer sa gamme de produits.

Au départ, on considère deux électrodes planes et parallèles, en cuivre et en contact dans le vide. Lors de l'ouverture des contacts, il y a établissement d'un arc électrique qui brûle dans les vapeurs issues de l'érosion des électrodes. La pression est alors de l'ordre de quelques  $10^3$  Pa. Cet arc peut adopter deux états de fonctionnement : le régime diffus et le régime concentré (aux fortes intensités du courant) [2]. Pour éviter une constriction de la colonne plasma et un échauffement des contacts métalliques, il est possible d'appliquer un champ magnétique axial (AMF) [3]. Ce champ permet d'élargir la plage de courant dans laquelle l'arc est en mode diffus, c'est-à-dire stable dans le milieu inter-électrodes et de diminuer l'ablation des matériaux.

L'étude mathématique et physique du comportement d'un tel milieu comporte des analogies avec celle de la représentation d'un plasma à deux températures. L'ensemble des équations de magnétohydrodynamique, qui décrivent l'arc dans cette configuration, sera traité pour deux composantes, d'une part les électrons et d'autre part les particules lourdes (neutres et ions) [4]. La mise en place d'un modèle numérique temporel, tridimensionnel décrivant le milieu plasma comme un fluide à deux températures permettra de prédire les profils des températures, des densités, de pression, et de vitesse des lourds et des électrons [5]. Un premier modèle a déjà été développé au sein de l'équipe AEPPT à partir « d'User Defined Functions » associées au logiciel Ansys Fluent (développées en langage C). Aujourd'hui, le défi est de pouvoir faire la transition entre un régime supersonique et subsonique (aux densités de courant supérieures à  $3000 \text{ kA/m}^2$ ). Pour le moment, le modèle mis en place ne décrit que le régime subsonique et stationnaire.

Des premiers résultats de simulations de l'arc sous vide en régime subsonique dans l'espace inter-électrodes seront présentés, notamment un cas de référence pour un courant de 15 kA, un AMF de 0.075 T et un taux d'ablation fixe de  $50 \mu\text{A/C}$  [2]. Il sera aussi intéressant de s'attarder sur des études paramétriques et d'observer par exemple l'influence de la variation de l'intensité de courant, de la distance inter-électrodes ou la valeur du taux d'ablation sur le plasma de vapeurs métalliques. Nous présenterons également nos interrogations quant aux pertes par rayonnement et leurs impacts sur les résultats de simulations.

## Références

[1] Règlement (CE) No 842/2006 du parlement européen et du conseil du 17 mai 2006 relatif à certains gaz à effet de serre fluorés (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE) (JO L 161 du 14.6.2006, p. 1)

[2] E. Schade and D. L. Shmelev, Numerical Simulation of High-Current Vacuum Arcs With an External Axial Magnetic Field, IEEE Trans. Plasma Sci. 31, 890 (2003)

[3] L. Wang and al, Current constriction of high-current vacuum arc in vacuum interrupters, J. Appl. Phys. 103, 063301 (2008)

[4] S. I. Braginskii, Transport processes in a plasma, Reviews of. Plasma Physics. Edited by Acad. M. A. Leontovich. Volume. 1. 1965

[5] Y. Langlois and al, On the numerical simulation of the diffuse arc in a vacuum interrupter, J. Appl. Phys. 109, 113306 (2001)