

# Modélisation des plasmas d'arc

*Jean-Marc Bauchire*

*GREMI, UMR 7344 CNRS/Université d'Orléans  
14 Rue d'Issoudun – BP 6744, 45067 Orléans Cedex 2, France.  
courriel : [jean-marc.bauchire@univ-orleans.fr](mailto:jean-marc.bauchire@univ-orleans.fr)*

Les plasmas d'arc sont généralement des décharges électriques autour de la pression atmosphérique caractérisées par des courants importants (supérieurs à quelques dizaines d'ampères) et des tensions faibles (dizaines de volts pour des arcs courts). On trouve ces décharges au sein de nombreux dispositifs ou procédés industriels dans les domaines, par exemple, de la coupure de courant, du soudage et du découpage, du revêtement de surface, ou du traitement des déchets.

Ces plasmas se caractérisent par des températures élevées (quelques milliers de kelvin) et un fort rayonnement. Un arc électrique est donc rapidement destructif pour son proche voisinage et difficile à diagnostiquer. Dans ce contexte, la simulation numérique devient un outil très intéressant pour l'étude des plasmas d'arc.

La simulation numérique est un processus à plusieurs étapes dont les principales sont l'établissement des hypothèses générales, la définition du domaine de calcul, la détermination des données de base nécessaires au calcul, la constitution du modèle mathématique, la résolution de ce modèle à l'aide éventuellement d'un logiciel commercial, et enfin l'analyse des résultats. Chacune de ces étapes est spécifique au type de plasma étudié. Dans le cas des plasmas d'arc, on suppose généralement le plasma à l'équilibre thermodynamique local. Les propriétés thermodynamiques et les coefficients de transport dépendent en premier lieu de la température. Le modèle mathématique est de type fluide. Il comprend l'équation de Navier-Stokes pour l'écoulement, l'équation de conservation de l'énergie, et celle du courant. Le champ magnétique ne peut généralement pas être négligé, son interaction avec le courant qui le crée étant à l'origine d'une accélération importante du fluide. Ces équations sont fortement non-linéaires et couplées ce qui nécessite un solveur robuste, itératif, souvent basé sur la méthode des volumes finis. Au final, la simulation numérique d'un arc permet d'obtenir les champs de vitesse, de température, électrique et magnétique, les grandeurs associées, et indirectement la composition du plasma.

Au-delà de ces généralités, un modèle d'arc peut être affiné pour prendre en compte un phénomène physique particulier. Certaines applications nécessitent par exemple une approche plus fine des interactions entre l'arc et les matériaux (des électrodes ou de gainage) ou la considération des écarts à l'équilibre par exemple. Ces modèles sont au centre des préoccupations actuelles en simulations des plasmas d'arc.

Dans cet exposé, nous verrons les différents éléments de la modélisation des plasmas d'arc. Après une introduction sur l'arc électrique et sa physique, nous passerons en revue l'ensemble des étapes de la simulation numériques citées plus haut, en s'attachant aux aspects les plus pratiques pour donner les éléments nécessaires à ceux qui voudraient se lancer dans une telle entreprise. Nous verrons ensuite des exemples concrets de modélisation de différentes applications, en analysant les points forts mais aussi les lacunes de ce type d'approche. Enfin, nous verrons le type de validation expérimentale envisageable pour ce type de plasmas ainsi que les perspectives en modélisation des plasmas d'arc.