

# Modélisation multiphysique du soudage à l'arc TIG

Michel BROCHARD<sup>1\*</sup>, Stéphane GOUNAND<sup>2</sup>, Marc MEDALE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>CEA Saclay, CEA/DEN/DANS/DM2S/SEMT/LTA,  
Bâtiment 611 – 91191 Saclay Cedex

Thèse cofinancée CEA-Areva

\* (auteur correspondant : [michel.brochard@cea.fr](mailto:michel.brochard@cea.fr))

<sup>2</sup>CEA Saclay, CEA/DEN/DANS/DM2S/SFME/LTMF,  
Bâtiment 454 – 91191 Saclay Cedex

<sup>3</sup>École Polytechnique Universitaire de Marseille, UMR 6595, Université de Provence  
Technopôle de Château Gombert, 5, rue Enrico Fermi – 13453 Marseille Cedex

**Contexte et objectifs** – En vue d'améliorer la qualité des joints soudés, la modélisation multiphysique du soudage est une aide précieuse. En ce sens, nous avons réalisé un modèle bain de soudage MHD 2D axisymétrique afin, d'étudier l'impact des contributions électromagnétiques sur le comportement et les dimensions du bain, et, d'évaluer l'efficacité d'une formulation LSFEM pour ce type de problème.

## 1. Modèle

Nous avons développé un modèle MHD (magnétohydrodynamique) du bain en 2D axisymétrique traitant à la fois les contributions électromagnétiques (forces de Lorentz, effet Joule,...) mais aussi les contributions thermiques (convection, diffusion, rayonnement) interagissant dans le bain de soudage à l'arc TIG (Tungsten Inert Gas).

On utilise les équations de Navier Stokes d'un fluide visqueux incompressible avec l'approximation de Boussinesq. Celles-ci sont couplées à l'équation de la chaleur et à un modèle électromagnétique (électrocinétique + magnétostatique) pour calculer les forces de Laplace et l'effet Joule. La partie innovante de ce travail est d'utiliser une formulation LSFEM (Least Square Finite Element Method) pour traiter la partie magnétostatique. Celle-ci a pour principaux avantages de calculer directement l'induction magnétique  $\mathbf{B}$ , d'inclure naturellement sa divergence, d'être adaptable à diverses géométries, et, donne un système linéaire symétrique définit positif pouvant être résolu facilement par la méthode du gradient conjugué. De plus, contrairement à ce qui est fait dans la littérature, il est inutile de négliger la composante radiale de la densité de courant. D'ailleurs, notre approche montre que cette hypothèse n'est pas forcément vérifiée (38 % d'écart relatif sur la distribution des forces de Lorentz pour l'application considérée ci-après)

L'ensemble des développements a été réalisé dans le code Cast3M du CEA (Direction de l'Énergie Nucléaire).

## 2. Résultats et interprétations

Au travers d'une application (disque en acier 304L, courant de 175A, tension de 11,4V,...), nous avons pu étudier l'impact des effets électromagnétiques sur le bain.

De part la faible puissance produite par effet Joule par rapport à celle introduite par le procédé, sa contribution est ici négligeable (0,3%). En revanche, les forces de Lorentz peuvent avoir une incidence aussi bien sur l'écoulement que sur les dimensions du bain, et donc sur le champ de température. En effet, celles-ci génèrent un vortex près de l'axe de soudage ayant tendance à augmenter la profondeur du bain et à en diminuer son rayon.