



**HAL**  
open science

# Modèle physique et prédictif du procédé de soudage à l'arc TIG

Michel Brochard, Stephane Gounand, Marc Medale

► **To cite this version:**

Michel Brochard, Stephane Gounand, Marc Medale. Modèle physique et prédictif du procédé de soudage à l'arc TIG. Journée des thèses DANS, Jun 2008, Saclay (CEA), France. hal-04113471

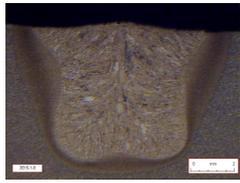
**HAL Id: hal-04113471**

**<https://hal.science/hal-04113471>**

Submitted on 1 Jun 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.



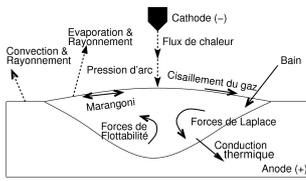
Soudage TIG Exemple de cordon de soudage

## Contexte

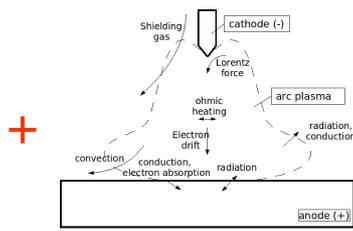
Définir un modèle prédictif de chargement thermique pour le soudage à l'arc TIG pour :

- Améliorer la pertinence et la précision des calculs de structure
- Apporter une aide à la prédiction de la soudabilité en fonction des paramètres opératoires

## Objectif : Modélisation de l'interaction multiphysique entre l'arc et le bain de soudage



Phénomènes physiques dans le bain



Phénomènes physiques dans l'arc

**Modèle Couplé**

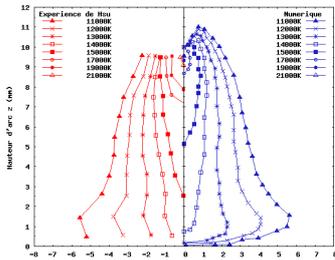
### Principales hypothèses:

- Équilibre Thermodynamique Local
- Régime laminaire et 2D axisymétrique
- Surface de la pièce non déformable
- Régime stationnaire

Équations utilisées : Équations de Maxwell + modèle fluide avec les approximations Bas Mach pour l'arc et Boussinesq pour le bain de soudage

## Principaux résultats

### Champ de température

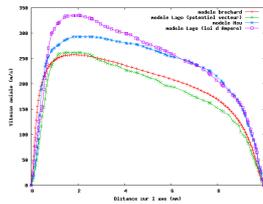


Comparaison avec l'étude expérimentale de Hsu [1]

Champ de température obtenu en relativement bon accord avec l'expérimental.

### Comparaisons expérimentales et numériques

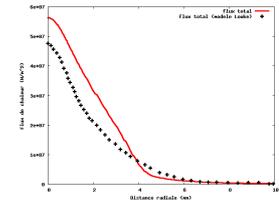
#### Vitesses sur l'axe de soudage



Comparaison de l'évolution de la vitesse (m/s) du plasma le long de l'axe entre le modèle réalisé et ceux de Hsu [1] et de Lago [2] pour deux formulations: - loi d'Ampère simplifiée utilisée par Hsu [1] et Lago [2] - loi d'Ampère complète: modèle Brochard (formulation LSFEM) et modèle Lago (potentiel vecteur) [2]

Bonne adéquation du modèle avec le modèle de Lago [2] utilisant un modèle électromagnétique similaire.

#### Flux de chaleur à l'anode



Comparaison du flux de chaleur transmis (kW/m²) à la pièce avec celui obtenu par Lowke [3]

Flux de chaleur transmis à la pièce en bon accord avec les résultats de Lowke [3] → Légère surestimation sûrement due au calcul de la conductivité électrique qui est à améliorer proche de la surface des électrodes.

### Exploitation du modèle réalisé avec Cast3M

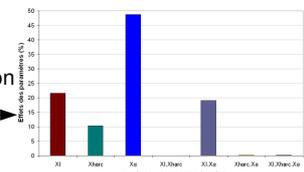
#### Influence des paramètres opératoires sur le rendement ( $P_{pièce}/P_{totale}$ )

(pièce en cuivre)

Essais issus du plan d'expériences

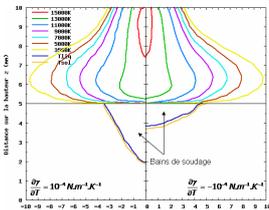
Essais	1	2	3	4	5	6	7	8
I (A)	100	150	100	150	100	150	100	150
$h_{arc}$ (mm)	3	3	5	5	3	3	5	5
$2\alpha$ (°)	30	30	30	30	60	60	60	60

Régression linéaire grâce au logiciel Lumière

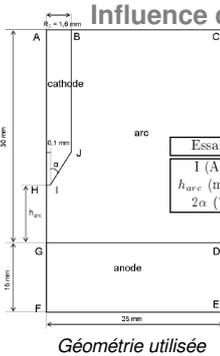


Contribution des différents paramètres sur le rendement

#### Influence de l'effet Marangoni



Champ de température (K) pour deux gradients de tension de surface → 2 géométries de bain distinctes : forte influence du gradient de tension de surface sur la forme du bain mais pas sur le champ de température dans l'arc.



Géométrie utilisée

Les paramètres les plus influents sur le rendement sont l'angle d'affûtage de l'électrode et l'intensité.

## Conclusions

- Bon accord entre les résultats du modèle et les résultats expérimentaux et numériques de la littérature.
- Effet Marangoni peut modifier fortement la géométrie du bain de soudage.
- Pour la configuration présentée, les paramètres les plus influents sur le rendement sont l'angle d'affûtage de l'électrode et l'intensité avec respectivement une contribution de 48% et 22%

## Bibliographie

- [1] K.C. Hsu et al., Study of the free-burning high-intensity argon arc, J. of Applied Phys., 54 : 1293–1301, 1982.
- [2] F. Lago. Modélisation de l'interaction entre un arc électrique et une surface : application au foudroiement d'un aéronef. thèse, Université Paul Sabatier, Toulouse III, 2004.
- [3] J.J. Lowke et M. Tanaka, LTE diffusion approximation for arc calculations, J. of Phys. D : Applied Physics, 39 : 3634–3643, 2006.

## Remerciements

Les résultats présentés ici proviennent des travaux de la thèse de Michel Brochard cofinancée par le CEA et Areva NP