

# **Thèse sur «la modélisation d'un arc électrique éclatant dans un liquide »**

## **Informations générales**

Lieu de travail : Toulouse

Date de publication :

Type de contrat : CDD Doctorat

Durée du contrat : 36 mois

Date d'embauche prévue : Octobre/Novembre 2024

Quotité de travail : 100% (Sans télétravail)

Rémunération : 2135 bruts mensuels

Niveau d'études souhaité : Bac +5

## **Missions**

Ce contrat de thèse d'une durée de 36 mois à compter d'octobre/novembre 2024 porte sur la caractérisation par simulation numérique directe d'un arc électrique éclatant dans un liquide. Le doctorant travaillera dans l'équipe Interface de l'IMFT et l'équipe Arcs Electriques et Procédés Plasmas Thermiques du LAPLACE et sera encadré par Sébastien Tanguy (MCF-HDR IMFT) et Pierre Freton (PR LAPLACE).

Cette thèse se situe dans le cadre du projet CIBLE financé par la région Occitanie et l'Europe (fonds FEDER). Le projet porte sur la caractérisation d'un plasma d'arc dans les liquides utilisé dans les procédés émergents à décharge électrohydraulique. Il s'agit dans ce type de procédé de générer dans le plasma une onde de choc primaire et des ondes secondaires. En plaçant une pièce métallique dans l'eau, il est alors possible de la déformer. Ce type de formage se fait en enceinte fermée conduisant à des montées en pression jusqu'à 5000 bars, et permet d'atteindre des vitesses de déformation comprises entre 1000 et 10000 m/s. On obtient ainsi un gain substantiel sur la formabilité (allongement à la rupture) et sur le retour élastique, qui a un intérêt pour la conception de pièces pour l'aéronautique. De plus, si on le compare au procédé de formage par emboutissage, le procédé est plus économe et moins polluant. D'autres applications existent, mais leur mise au point reste empirique, et nécessite des études scientifiques afin d'aboutir à une meilleure compréhension des phénomènes physiques mis en jeu.

## **Activités**

Le travail proposé dans cette thèse sera consacré à la simulation numérique de la formation et de la croissance de la bulle de plasma dans le bain liquide. Les simulations réalisées permettront de coupler des modules de résolution adaptés à la description des plasmas thermiques avec des modules de résolution de la vaporisation d'un liquide dans un solveur permettant de réaliser des simulations numériques directes d'écoulements diphasiques. Du fait des conditions de température extrême et de pression induite par la décharge, le solveur diphasique utilisé sera capable de prendre en compte de manière précise les variations de densité de la phase vapeur [1, 2], ainsi que les ondes de pression créées par la décharge de l'arc électrique couplées à la croissance de la bulle. La géométrie des électrodes pourra être prise en compte par une méthode de frontières immergées [3]. Cette méthode est largement utilisée dans le contexte des écoulements incompressibles depuis le début des années 2000, mais son extension à des écoulements compressibles est moins usuelle en dépit de son intérêt évident dans ce type de configurations.

Durant la thèse de Mr Sergiu Coseru (Soutenance prévue sept 2024), des avancées importantes ont déjà été réalisées. Cependant du fait de la très grande complexité des phénomènes étudiés, des travaux supplémentaires sont nécessaires pour améliorer la précision et la stabilité des simulations afin de développer un outil prédictif et validé par comparaison directe avec les expériences.

Les points suivants feront notamment l'objet de développement spécifiques supplémentaires durant la thèse proposée :

- La résolution des équations de conservation fondamentales décrivant le fluide devra être effectuée en adoptant une formulation conservative afin d'améliorer la stabilité des simulations et de capturer avec précision la propagation des ondes de pression ou de choc formées par la décharge.
- Le champ magnétique induit par la décharge électrique devra être prise en compte afin d'effectuer un couplage complet entre les effets électromagnétiques et dynamiques.
- Le couplage du solveur plasma avec une méthode de frontières immergées pour la prise en compte de la géométrie des électrodes et avec un solveur compressible diphasique adapté à la prise en compte des changements de phase au niveau de l'interface liquide-vapeur

La combinaison de tous ces modules de calcul permettra d'aboutir à la conception d'un outil de simulation totalement original et capable de calculer avec précision le phénomène de formation d'une bulle de plasma dans un bain liquide.

[1] Coseru et al, Plasmas Physics and Technology, (10) (2023)

[2] Urbano A. et al, Journal of Computational Physics, 456 :111034 (2022)

[3] Lepilliez M. et al, Journal of Computational Physics, 321 :111034 (2016)

## **Compétences**

Cette thèse nécessite une expertise multidisciplinaire. Le candidat devra avoir :

- Des connaissances en physique, en mécanique des fluides et méthodes numériques
- Des connaissances en plasmas thermiques seront appréciées
- Un master dans le domaine de la mécanique des fluides ou plus généralement de la physique appliquée

Le (ou la) candidat(e) devra faire preuve d'une grande motivation pour la recherche, d'autonomie dans le travail de recherche, d'une bonne organisation et d'un fort enthousiasme à travailler dans le cadre d'une équipe de recherche dynamique.

## **Contexte de travail**

Ce contrat sera réalisé dans les équipes INTERFACES de l'IMFT et Arcs Electriques et Procédés Plasmas Thermiques (AEPPT) du LAPACE (UMR5213). INTERFACES est spécialisée dans l'étude des interfaces liquide/vapeur et en particulier leur modélisation qu'elle applique dans de nombreuses configurations industrielles. L'équipe AEPPT est spécialisée dans

l'étude des arcs électriques et articule ses activités autour de la détermination de données de base (Coefficients de transport, propriétés thermodynamiques et radiatives), de modélisations physiques des plasmas et expérimentations pour valider les modèles. La plupart des recherches menées ont un lien avec des dispositifs industriels où des arcs électriques sont présents (torches, disjoncteurs basse tension et haute tension, parafoudres, réacteurs plasmas fonctionnant dans un liquide, configurations d'arc transféré).

### **. Contraintes et risques**

Risques professionnels inhérents au travail sur ordinateur.