



Stage de Master 2 ou de dernière année d'école d'ingénieur

« ETUDE D'UN ECLATEUR A GAZ »

- ❖ **Localisation** : Laboratoire LAPLACE, EQUIPE AEPPT
- ❖ **Encadrement** : Mr P. Freton, Mr Gonzalez J.J., Mr C. D. Pham
- ❖ **Contact** : freton@laplace.univ-tlse.fr, gonzalez@laplace.univ-tlse.fr

❖ **Présentation du Laboratoire LAPLACE**

Le Laboratoire Plasma et Conversion d'Énergie (**LAPLACE**), dirigé par Oliver Eichwald et Xavier Roboam est une Unité Mixte de Recherche du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), de l'Institut National Polytechnique de Toulouse (INPT) et de l'Université Toulouse 3-Paul Sabatier (UPS). Localisé entre autres sur le campus de l'Université Paul Sabatier, le LAPLACE héberge la plus forte concentration de recherche en Génie Électrique et en Plasma de France et couvre de manière intégrée le continuum « plasma/matériaux/systèmes ».

Site web: <http://www.laplace.univ-tlse.fr>

❖ **Présentation de l'Équipe AEPPT**

L'équipe Arc Électrique et Procédés Plasmas Thermiques caractérise les plasmas en présence d'arc électrique depuis de nombreuses années. Ces caractérisations sont réalisées par le biais de développement de modèles et d'expérimentations associées. Ces deux approches viennent se compléter et aider à l'interprétation des résultats observés, à la compréhension du comportement du milieu et à l'optimisation des designs des dispositifs où le plasma est présent. Les expérimentations sont réalisées au sein de notre équipe ou chez nos partenaires. En complément, afin de mettre en place les modélisations ou de remonter aux grandeurs expérimentales telles que la température ou la pression, certaines données de base sont nécessaires. Nous avons donc développé une compétence en calcul de compositions pour des gaz et mélanges de gaz en incluant la physique nécessaire pour la prise en compte de pressions élevées (Corrections de Debye et de Viriel). À partir de ces compositions nous calculons les propriétés thermodynamiques ainsi que les coefficients de transport.

❖ **Présentation de la société CITEL**

CITEL est un groupe français à caractère international de 450 personnes dont 100 en France, numéro trois mondial dans le domaine des protections contre les surtensions.

Depuis 1937, CITEL participe à travers le monde à protéger les installations des surtensions transitoires notamment dues à la foudre. Chaque année, CITEL conçoit, fabrique et vend plusieurs millions de parafoudres, grâce à une parfaite maîtrise des processus de normalisation et de réglementation, ainsi qu'un investissement permanent dans la R&D. Elle fabrique également ses propres composants. Nos équipes, déployées dans le monde entier, sont fières de contribuer au développement de leur filière au moyen d'une gamme complète de produits et d'une qualité de service unique.

Site web: <https://citel.fr/>



❖ Introduction

La plupart des travaux sur les arcs électriques et plus généralement sur les plasmas thermiques, est relative à des procédés établis en régime permanent. C'est le cas des dispositifs utilisés en métallurgie traditionnelle, tels que les arcs de soudage, de découpe et les fours à arc.

Il existe également une catégorie d'arcs transitoires bien étudiée dans la littérature scientifique et technologique : ce sont des arcs de disjoncteur dont la durée est de l'ordre de grandeur de la période d'un courant alternatif, c'est-à-dire de l'ordre de la dizaine ou de quelques dizaines de ms.

De nos jours, grâce aux progrès scientifiques, l'on sait que la foudre est un phénomène de décharge impulsionnelle avec une amplitude de courant d'une centaine de kA et des constantes de temps brèves (μ s). Les principaux aspects physiques deviennent assez bien connus notamment les phénomènes précurseurs ainsi que la décharge à proprement parler. Malheureusement, malgré toutes ces avancées scientifiques effectuées au niveau de la connaissance de l'arc de foudre, l'orage reste un phénomène que l'homme ne peut maîtriser. Il essaye donc d'en contrôler et limiter les effets. Pour résoudre ce problème, les éclateurs à gaz sont utilisés.

L'éclateur à gaz est constitué d'une enceinte hermétique, généralement en céramique, remplie d'un gaz inerte ou d'un mélange de gaz de niveau de pureté bien défini, et munie de deux ou trois électrodes. Certains des gaz utilisés sont l'argon, l'hélium, le dihydrogène, et l'azote. L'espacement des électrodes est maintenu au moyen de céramique, de verre ou autres matériaux isolants susceptibles de faire partie de l'enveloppe scellée.

En service, l'éclateur à gaz a pour effet d'écouler le courant de foudre dès que la surtension apparaissant sur la ligne est suffisante pour amorcer le gaz entre les électrodes. Après le passage de la surtension, l'éclateur reprend son état de repos, si cette ligne est alimentée par une source d'énergie de forte impédance, permettant ainsi de réduire le courant de suite de quelques centaines d'Ampère.

La difficulté d'avoir un éclateur à gaz capable de couper naturellement le courant de suite de l'ordre de 50kA sur un réseau d'énergie, et cela dans des conditions de surtension de foudre importante, limitait auparavant leur utilisation. Une forte intensité de courant passe par une section réduite de métal qui s'échauffe très rapidement, se vaporise et commence à ioniser créant ainsi le germe de l'arc. Vu l'importance de l'énergie mise en jeu, l'interaction de l'arc avec les électrodes d'éclateur cause la dégradation graduelle de ces derniers. L'étude et la compréhension de déplacement du plasma sont alors nécessaires afin de pouvoir permettre d'améliorer la capacité d'extinction du courant de suite de ces éclateurs.

❖ Sujet Proposé

La première partie du stage consistera en une étude bibliographique : (1) portant sur les nouvelles technologies d'éclateurs à gaz et à air ayant une grande capacité d'extinction du courant de suite, (2) portant sur les propriétés thermodynamiques et coefficients de transport et données radiatives disponibles pour l'air, l'argon, l'hélium, le dihydrogène, et l'azote.

La deuxième partie du stage consistera à s'initier à la caractérisation théorique des plasmas d'arc. Ainsi sur une configuration 1D stationnaire, le profil de la température pour différentes pressions (3 valeurs) sera étudié dans le cas de deux gaz (suivant les data trouvées) pour une intensité donnée. Une

modélisation 2D simplifiée sera ensuite étudiée à partir d'une maquette définie en concertation avec CITEL (Exemple Figure 1). Les différentes étapes suivantes seront réalisées :

- Participation à la construction de la géométrie à partir des outils Gambit et/ou Icem-CFD.
- Connaissance et mise en place du système des équations.
- Familiarisation avec la suite Ansys Fluent.
- Pour une intensité donnée en stationnaire, l'étudiant(e) mènera un calcul pour un gaz donné pour caractériser le milieu.
- Si le temps le permet, une approche transitoire, à partir d'un arc initié sera étudiée et les résultats analysés.

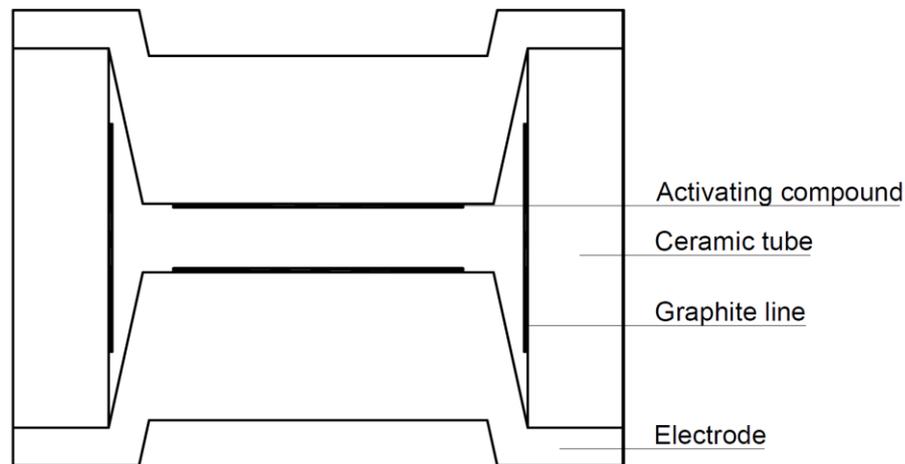


Figure 1. Construction de base d'un éclateur à gaz

Références:

- [1] J. Lu *et al.*, "Experimental Studies of Arc Motion Between Two Parallel Runners with Splitter Plates," *PPT*, vol. 7, no. 1, pp. 16–20, Jun. 2020, doi: 10.14311/ppt.2020.1.16.
- [2] J. Quéméneur, J. Lu, J. J. Gonzalez, and P. Freton, "Arc Motion in Low Voltage Circuit Breaker (LVCB) Experimental and Theoretical Approaches," p. 13, doi : 10.5923/j.scit.20180802.02.
- [3] Y. Gannac, G. Leduc, C. D. Pham, and V. Crevenat, "8/20 and 10/350 surges behaviour of a Gas Discharge Tube according to gas pressure," *Electric Power Systems Research*, vol. 197, p. 107302, Aug. 2021, doi: 10.1016/j.epsr.2021.107302.
- [4] C. D. Pham, V. Crévenat, and Y. Gannac, "Empirical Model of the Impulse Voltage-Time Characteristic of Gas Discharge Tube," in *2021 35th International Conference on Lightning Protection (ICLP) and XVI International Symposium on Lightning Protection (SIPDA)*, 2021, vol. 1, pp. 01–06. doi: 10.1109/ICLPandSIPDA54065.2021.9627368.
- [5] G. Finis, M. Wetter, and T. Meyer, "New spark-gap technology with efficient line-follow current suppression for the protection of powerful LV distribution systems," in *2016 33rd International Conference on Lightning Protection (ICLP)*, Estoril, Portugal, Sep. 2016, pp. 1–7. doi: 10.1109/ICLP.2016.7791513.

❖ Profil recherché



Étudiant(e) en Master 2 ou en dernière année d'Ecole d'Ingénieur dans les domaines de la Physique, des Plasmas, de la Mécanique des fluides, de la simulation multi-physique

Connaissances requises

- Connaissance en langage C - Mécanique des fluides - Physique fondamentale – Connaissance de la physique des plasmas appréciée.

❖ **Possibilité de poursuivre en thèse**

Ces travaux devraient se poursuivre sur une thèse en collaboration avec la société CITEL.