

Sujet de thèse

Caractérisation théorique d'un arc dans le vide au sein d'une cellule de disjoncteur : hypothèses et améliorations

Contexte et enjeux : Ce sujet s'inscrit dans le cadre de la thématique « Arc de coupure au sein d'un disjoncteur », axe porté par l'équipe AEPPT du laboratoire Laplace depuis plus de 30 ans. Notre équipe étudie, caractérise et optimise le processus de coupure notamment dans les disjoncteurs « haute tension » par la description théorique du milieu plasma en extinction produit par le soufflage auto généré du plasma lors du passage du courant par zéro. Les nouvelles normes environnementales ainsi que les nouveaux besoins conduisent les industriels à se diriger vers les disjoncteurs « à vide » (Cellules). Ainsi, tout naturellement notre équipe a élargi son champ de compétences par l'étude de ces milieux.

Objectifs techniques et scientifiques : Au départ, la cellule est dans le vide puis à l'ouverture des contacts, il y a établissement d'un arc électrique qui s'établit dans les vapeurs issues de l'érosion des électrodes. La pression est alors de l'ordre de quelques 10^3 Pa. Cet arc peut adopter : le régime diffus et le régime concentré (aux fortes intensités du courant). L'application d'un champ magnétique axial (AMF) permet d'élargir la plage de courant dans laquelle l'arc est en mode diffus et ainsi élargir la gamme d'utilisation. La représentation mathématique du comportement d'un tel milieu est proche de celle d'un plasma à deux températures. On peut distinguer un mode dit subsonique à forte densité de courant ($>300\text{kA/m}^2$) et un mode supersonique à plus faible densité de courant. Pour l'instant bien que le courant soit sinusoïdal, les deux régimes sont étudiés séparément. Le modèle développé par notre équipe est basé sur certaines hypothèses classiquement utilisées par la communauté telles qu'un taux d'érosion et un champ magnétique externe fixés directement corrélés à la valeur de l'intensité et de sa distribution sur l'électrode. Nous pouvons aussi citer une charge moyenne considérée à $Z=1.9$ indépendamment de la gamme de la température, ou bien une prise en compte des pertes radiatives « discutable ». Les travaux de thèse proposés vont donc dans la continuité des études actuelles afin d'avancer dans la description des disjoncteurs à vide par l'outil numérique en levant le maximum d'hypothèses et/ou simplifications utilisées.

Déroulé de la thèse : La thèse sera localisée au LAPLACE à Toulouse. Les travaux débiteront par une revue bibliographique sur le sujet et la prise en main du modèle CFD en cours de développement dans l'équipe AEPPT. Actuellement, le modèle ne décrit que le régime subsonique (Densité de courant supérieure à 300 kA/m^2). L'étudiant aura en charge d'améliorer l'existant afin qu'il décrive les deux régimes et la transition vers le supersonique. D'autres améliorations issues de l'étude bibliographique pourront être envisagées telles que la prise en compte des pertes radiatives, l'ablation de la cathode, la description du champ magnétique extérieur, le calcul de la charge Z en fonction de la température et de la pression, la prise en compte du déséquilibre sur les propriétés thermodynamiques. Dans cette phase, le modèle sera appliqué à une géométrie simplifiée afin de tester sa capacité à retranscrire correctement les phénomènes physiques (température des électrons, des ions, vitesse, pression). Une étude de l'influence des paramètres (intensité, dimensions des électrodes, valeur du champ magnétique, etc.) sera réalisée. Dans un second temps, une fois le modèle développé et validé avec les résultats expérimentaux disponibles dans la littérature, une géométrie réelle (plus complexe) pourra être envisagée.

Encadrement de thèse : Mr Pierre Freton

COLLABORATION(s) ACADEMIQUE(s) ou INDUSTRIELLE(s) sur ce sujet :

Ce sujet se trouve à l'interface de la physique des "plasmas hors équilibres" et de "plasmas thermiques". Notre équipe s'est donc naturellement rapprochée de la communauté des plasmas "hors équilibre" par des discussions informelles notamment au niveau local (Laboratoire LAPLACE) et au niveau National.