

## **Proposition de thèse – Ecole doctorale EEATS de Grenoble**

**(Electronique, Electrotechnique, Automatique, Traitement du signal)**

### **Isolation de composants d'électronique de puissance haute tension et haute température par des liquides diélectriques : caractérisation et performances**

Un des enjeux majeurs de l'électronique de puissance du futur est la disponibilité de composants semi-conducteurs de puissance capables de fonctionner à haute fréquence, haute tension, avec des températures de jonction supérieures à celles autorisés par les composants en silicium. La limite de ces derniers, inférieure à 200°C, constitue en effet un point bloquant pour l'augmentation de la densité de puissance volumique du système global. Elle constitue aussi un problème pour des applications spécifiques nécessitant une température ambiante de fonctionnement supérieure à 200 °C (exploration spatiale, recherche pétrolière, géologique, nucléaire, avionique, systèmes ferroviaires...). De nouveaux matériaux semi-conducteurs à grand gap tels que le carbure de silicium, le nitrure de galium ou le diamant devraient progressivement remplacer le silicium pour ces applications mettant en jeu des hautes fréquences, tensions, et températures.

Les recherches actuelles montrent que le bénéfice théorique des semi-conducteurs à grand gap est loin d'être obtenu, en raison de diverses limitations électriques, thermiques, et de fiabilité, imposées par les divers matériaux composants les modules de puissance (matériaux d'isolation, d'assemblage, et de connexion). A titre d'exemple, les gels silicones diélectriques, classiquement utilisés pour encapsuler les modules avec des semiconducteurs en silicium, se dégradent progressivement lors de leur utilisation au-delà de 200 °C sous air, jusqu'à leur défaillance complète (fissuration du matériau). L'utilisation de gels est également limitée par l'apparition de décharges partielles (micro-claquages localisés qui dégradent le matériau), suite à l'augmentation du champ électrique local. Pour remédier à ces problèmes thermo/électriques, il apparaît aujourd'hui indispensable de rechercher de nouveaux matériaux diélectriques, stables à haute température (plus de 300°C), et pouvant supporter des contraintes électriques élevées (très forts champs électriques, souvent de nature impulsionnelle à front raide). Parmi les solutions envisageables, certains liquides isolants stables à haute température sont susceptibles de répondre à ces contraintes. En plus de leur fonction d'isolation électrique, ces liquides peuvent également contribuer à améliorer l'évacuation du flux thermique dissipé par les semi-conducteurs.

L'encapsulation liquide est une technique courante dans de nombreux dispositifs haute tension (transformateurs, disjoncteurs, condensateurs...), mais pas encore utilisée pour l'isolation de composants d'électronique de puissance à haute température. Une première étude prospective (thèse soutenue en janvier 2020) a permis de réaliser des travaux de caractérisation diélectrique jusqu'à des températures de 350°C sur plusieurs liquides candidats (mesures de conductivité, mécanismes de pré-claquage et claquage). Des tests sous diverses conditions pertinentes pour l'application (substrats céramique encapsulés, ondes à front raide) ont également été réalisés. Cette étude préliminaire a notamment permis d'identifier un type de liquide adapté pour une utilisation à haute température.

La mise en œuvre pratique de liquides diélectriques dans des modules de puissance haute température nécessite toutefois d'importantes études complémentaires, pour mieux caractériser, comprendre, et modéliser leur comportement sous haute température et à long terme, afin de mieux évaluer leur potentialité réelle pour l'application. Le travail visé dans ce projet de thèse consistera à :

- 1) Caractériser et étudier l'influence de l'injection de charges dans le liquide, dont la présence détermine la distribution réelle du champ électrique sous champ élevé, ainsi que l'apparition d'une agitation électro-hydrodynamique (EHD) potentiellement bénéfique pour le refroidissement ;
- 2) Modéliser le champ électrique en tenant compte de l'influence de la charge d'espace et du mouvement EHD, sous contrainte électrique transitoire ou permanente ;
- 3) Etudier les performances de substrats céramiques encapsulés par des liquides sous différents types de contraintes ;
- 4) Evaluer par des mesures thermiques l'efficacité réelle du refroidissement induit par l'agitation EHD dans des géométries modèles ;
- 5) Etudier l'influence du vieillissement thermo-oxydatif sur la stabilité des propriétés physiques du liquide à long terme, en vue d'une évaluation de sa durée de vie dans différentes conditions représentatives de l'application.

**Mots-clés:** Electronique de puissance, semi-conducteurs à grand gap, isolation électrique, matériaux diélectriques, haute température

**Profil recherché :** master en physique ou formation en génie électrique

**Email de contact:** [olivier.lesaint@g2elab.grenoble-inp.fr](mailto:olivier.lesaint@g2elab.grenoble-inp.fr) [rachelle.hanna@grenoble-inp.fr](mailto:rachelle.hanna@grenoble-inp.fr)

**Date de début de la thèse :** Octobre 2020 (durée de 36 mois)

**Financement :** contrat doctoral, école doctorale EEATS de l'Université de Grenoble

**Laboratoire d'accueil :** Laboratoire de Génie Electrique de Grenoble (G2Elab), dans le cadre de 2 équipes: Matériaux Diélectriques et Electrostatique (MDE) et Electronique de Puissance (EP)