

## Offre de Stage de Master 2

### Isolation électrique à des distances sub-micrométriques :

#### Déviations à la loi classique de Paschen

##### Contexte :

Au cours des dernières années, avec le développement rapide de systèmes mécaniques intégrés de très faible taille (MEMS) tels que les relais à actionnement électrostatique, l'étude de l'isolation électrique pour des distances de l'ordre du micromètre a connu un réel engouement, que ce soit pour le dimensionnement des électrodes d'actionnement, ou pour l'étude de la dégradation des contacts. Au-delà d'une certaine tension appliquée, l'air perd son caractère isolant avec l'apparition de décharges électriques (« claquages »), qui peuvent entraîner une dégradation irréversible des électrodes. Certaines expériences ont mis en évidence un écart important à la loi classique dans l'air (loi de Paschen), pour des distances inférieures à quelques micromètres. Cette déviation, difficilement prévisible, pose des problèmes pour le dimensionnement et la fiabilité des microsystèmes. Ceci est par exemple très important pour les micro-relais intégrés, dans lesquels la distance entre les contacts dans l'état ouvert est généralement inférieure à 1  $\mu\text{m}$ . Plusieurs auteurs ont tenté d'expliquer cet écart soit théoriquement, ou via des simulations numériques. Des solutions analytiques ont également été suggérées, mais elles restent d'une utilisation complexe.

##### Objectifs :

Le sujet proposé consistera à caractériser expérimentalement les phénomènes de claquage dans divers gaz à de très faibles distances, jusqu'à environ 100 nm. L'étude expérimentale sera réalisée en utilisant un système de positionnement d'électrodes de très grande précision (inférieure à 10 nm), ainsi que divers systèmes électriques et optiques de détection de décharges. Dans ce travail, nous étudierons en particulier l'influence de la nature du gaz (air, azote, SF<sub>6</sub>...), de sa pression (de quelques millibars jusqu'à 10 bar) et du taux d'humidité, pour plusieurs matériaux d'électrodes. Le pilotage de l'expérience (contrôle de la distance, application de la tension et détection du claquage) sera réalisé par ordinateur, avec un programme permettant de régler de nombreux paramètres.

Ces mesures auront plusieurs objectifs :

- déterminer la déviation à la loi de Paschen dans les différentes conditions ;
- déterminer les mécanismes de claquage et évaluer la pertinence des modèles théoriques proposés.

L'étude sera réalisée au Laboratoire de Génie Electrique de Grenoble (G2Elab), en collaboration avec le laboratoire GREMI (Orléans), et le CEA –LETI (Grenoble).

##### Références:

Fu Y, Zhang P, Verboncoeur JP, Wang X. Electrical breakdown from macro to micro/nano scales: a tutorial and a review of the state of the art. Plasma Res Express. 2020 Feb;2(1):013001.  
Garner AL, Loveless AM, Dahal JN, Venkatraman A. A Tutorial on Theoretical and Computational Techniques for Gas Breakdown in Microscale Gaps. IEEE Transactions on Plasma Science. 2020 Apr;48(4):808–24.

##### Lieu du stage : G2Elab Grenoble

##### Durée : 6 mois

Email de contact : [Olivier.Lesaint@g2elab.grenoble-inp.fr](mailto:Olivier.Lesaint@g2elab.grenoble-inp.fr); [nelly.bonifaci@g2elab.grenoble-inp.fr](mailto:nelly.bonifaci@g2elab.grenoble-inp.fr)

[christophe.poulain@cea.fr](mailto:christophe.poulain@cea.fr); [sylvain.iseni@univ-orleans.fr](mailto:sylvain.iseni@univ-orleans.fr)

### G2Elab - Laboratoire de Génie Electrique de Grenoble

#### Bâtiment GreEn-ER

21 avenue des Martyrs - CS 90624 - 38031 Grenoble Cedex 1, France  
Tél. +33 (0)4 76 82 62 99

[www.G2Elab.grenoble-inp.fr](http://www.G2Elab.grenoble-inp.fr)