

## Conception et évaluation de modules de puissance à forte densité de puissance à base de MOSFETs SiC

**Laboratoires :** G2Elab (Grenoble, site principal de la thèse), et Ampère (Lyon)

**Directeur de thèse :** Yvan AVENAS

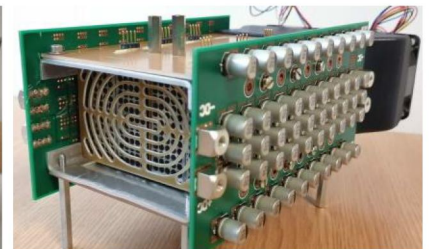
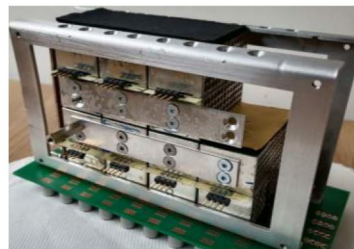
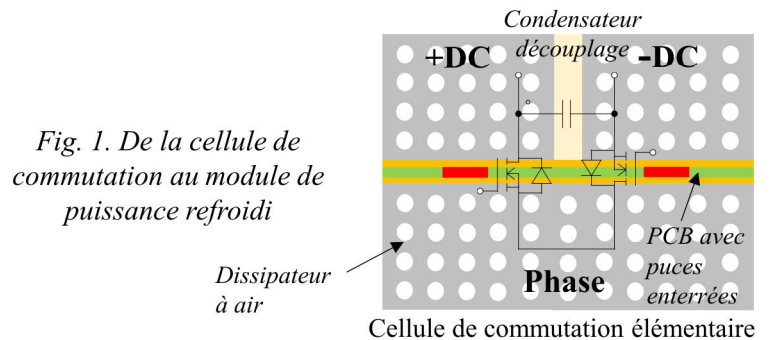
**Co-encadrant :** Eric VAGNON

**Contact :** [Yvan.Avenas@g2elab.grenoble-inp.fr](mailto:Yvan.Avenas@g2elab.grenoble-inp.fr)

### Description du projet :

Les composants semi-conducteurs de puissance à grand gap sont intégrés dans un nombre toujours plus élevé d'applications (automobile, PV, avion plus électrique...). Pour une utilisation dans des conditions optimales, leur mise en œuvre nécessite toutefois leur intégration dans des modules de puissance respectant des critères très contraignants au niveaux électriques et thermiques. En effet, leur faible taille induit des densités de pertes très importantes de l'ordre de quelques centaines de W par cm<sup>2</sup>. Par ailleurs, les hautes vitesses de commutation atteignables avec ces composants nécessitent de bien gérer les éléments parasites au sein des modules : les inductances doivent être faibles pour limiter les surtensions lors des commutations et les capacités adaptées pour éviter la génération de perturbations électro-magnétiques.

Dans ce contexte, une technologie à forte densité de puissance est en cours de développement au sein de notre laboratoire (figure 1). Elle repose sur l'intégration de cellules de commutations 3D refroidies à l'air forcé. Cette mise en œuvre permet un excellent compromis thermique/éléments parasites puisque l'on obtient des résistances thermiques jonction vers ambient inférieures à 1 K/W conjointement à des inductances parasites inférieures à 1 nH. Cela situe cette technologie parmi les meilleures de l'état de l'art. Toutefois, les dispositifs étudiés à ce jour mettent en œuvre des composants MOSFET basse tension (applications 48V) et ne sont pas adaptés à l'utilisation de composants de calibre en tension supérieur, comme des composants en carbure de silicium (SiC) qui dépassent typiquement le kV. Par ailleurs, comme pour tous les dispositifs d'électronique de puissance, les modules de puissance doivent avoir une durée de vie la plus longue possible pour être compétitifs au niveau commercial.



Module en cours d'assemblage

Module de puissance refroidi complet

Cette thèse se concentrera particulièrement sur ces deux derniers aspects : la gestion de la tenue en tension et l'évaluation de la fiabilité des dispositifs sous diverses conditions de vieillissement. Les travaux feront partie du projet TAPIR qui est un projet plus global de transfert technologique vers une start-up issue du G2Elab.

## Travaux envisagés :

### 1. Etude bibliographique

Les travaux de recherche seront accompagnés tout au long de la thèse par une étude bibliographique approfondie d'une part sur les modules de puissance adaptés aux composants rapides et sur les méthodes permettant de les caractériser, et d'autre part sur les contraintes en terme de packaging qui accompagnent la montée en tension des composants de puissance.

### 2. Etude de la tenue en tension

L'objectif de cette tâche est de définir une méthodologie permettant de prendre en compte les aspects de tenue en tension lors de la conception des cellules de commutation et lors de l'assemblage de ces dernières pour former un convertisseur complet. L'étude se basera sur l'utilisation de simulations électrostatiques pour identifier les contraintes locales, puis sur des mesures du type rigidité diélectrique ou décharges partielles sur des échantillons dédiés reproduisant ces contraintes.

### 3. Etude du vieillissement des cellules de commutation

Des cellules de commutation basse tension ont été réalisées lors des projets passés et d'autres auront été réalisées par les fondateurs de la start-up. Dans le cadre de ce projet, le doctorant mettra en place un protocole de tests afin d'évaluer leur dégradation suite à des contraintes de variations en température.

### 4. Conception et caractérisation de cellules de commutation et de modules de puissance

Suite aux tâches précédentes, des dispositifs à base de MOSFET SiC seront conçus par le doctorant afin de réaliser un démonstrateur de convertisseurs statique fonctionnel dont l'application sera décidée en concertation avec les co-fondateurs de la start-up.

Cette conception prendra en compte les aspects de tenue en tension mais également d'autres aspects comme l'inductance parasite, les perturbations électromagnétiques et le refroidissement. Elle sera effectuée en collaboration avec d'autres étudiants affectés sur ce projet.

Ce démonstrateur sera caractérisé et confronté à l'état de l'art.

### 5. Rédaction d'articles scientifiques et du mémoire de thèse

## Profil du candidat

- **Formation** : Ecole d'ingénieur ou M2 dans le domaine du génie électrique
- **Compétences techniques** : Electronique de puissance, mesures électriques, simulations, CAO électronique
- **Personnalité** : Goût prononcé pour la recherche expérimentale et les simulations - Autonome mais avec une forte capacité d'intégration à une équipe projet