

# Etude de l'assemblage d'un module de puissance SiC sur radiateur céramique avec refroidissement double face

**Nicolas BOTTER**

Sous la direction de Y. Avenas (G2elab) et J.-M. Missiaen  
Co-encadrant: D. Bouvard

**Mercredi 2 février 2022 à 10h30**

Amphithéâtre rdc GreEn'Er

## **Jury :**

|  |                            |                   |            |
|--|----------------------------|-------------------|------------|
| Jean-François SILVAIN, DIRECTEUR DE RECHERCHE, CNRS DELEGATION AQUITAINE |                            |                   | Rapporteur |
| Xavier JORDA   | DOCTEUR EN SCIENCES        | IMB-CNM Barcelona | Rapporteur |
| Alberto CASTELLAZZI  | PROFESSEUR                 | Kyoto University  | Examineur  |
| Fiqiri HODAJ   | PROFESSEUR DES UNIVERSITES | Grenoble INP      | Examineur  |

**Résumé :** Dans un contexte de réchauffement climatique, l'opinion publique pousse les constructeurs aéronautiques à réduire les émissions de gaz à effet de serre produits par les vols commerciaux. Un levier d'action envisagé consiste à augmenter la part de l'électricité comme source d'énergie des actionneurs présents à l'intérieur des avions dans le but de réduire leur masse. Néanmoins, les composants utilisés dans les convertisseurs d'électronique de puissance ne sont pas conçus pour fonctionner dans des environnements sévères tels que celui de l'aviation. Les boîtiers des composants semi-conducteurs doivent donc être repensés afin de présenter des niveaux de fiabilités satisfaisants. Ce travail de thèse avait pour objectifs l'étude et la réalisation d'un module de puissance innovant à base de composants SiC, d'argent fritté et de substrats céramiques. L'étude de faisabilité a été réalisée en trois étapes. Tout d'abord, une attention toute particulière a été apportée à l'optimisation du procédé de frittage d'argent étant donné que l'accroche des composants mais aussi les pistes de puissance de ce module sont réalisées par frittage. Cette optimisation a été réalisée grâce à une étude dilatométrique inédite faite sur des échantillons de pâte d'argent d'une épaisseur de l'ordre de 100  $\mu\text{m}$ . Cette étude a été particulièrement intéressante car elle a permis d'accéder à la cinétique de frittage, alors qu'en général seul l'état final de l'argent fritté est inspecté par analyse de coupe métallographique. Par la suite, les caractéristiques physiques ainsi que l'impact du vieillissement sous stockage et cyclage thermiques ont été étudiés sur des assemblages simples afin de sélectionner la meilleure association de matériaux et de procédés d'élaboration pour la réalisation du module final. Des résistances au cisaillement de l'ordre de 10 MPa ont été mesurées sur des échantillons ayant subi 1000 cycles thermiques sévères de  $-50^{\circ}\text{C}$  à  $180^{\circ}\text{C}$ . Enfin, dans une dernière partie, les différentes étapes de réalisation du module de puissance ont été mises en place et ont permis la fabrication de dispositifs fonctionnels. Ce dispositif a finalement été caractérisé afin de quantifier l'impact de tout le

processus de réalisation sur les composants de puissance. Des axes d'amélioration ont finalement été présentés dans le but d'améliorer l'assemblage des futurs modules double face.