

DEPARTEMENT ENVIRONNEMENT SPATIAL (DESP)**ETUDE DES PROPRIETES PHYSIQUES ET ELECTRIQUES DE
MATERIAUX CERAMIQUES POUR APPLICATION SPATIALE****Soutenance de thèse de Kévin GUERCH****18 novembre 2015 – 14 h 00****Bât. "Boulon" de l'ONERA Centre de Toulouse****Devant le jury :**

- Mme ROUGIER Aline (ICMCB, Pessac) – Rapporteur
- M. JBARA Omar (Université de Reims) – Rapporteur
- M. PAULMIER Thierry (ONERA, Toulouse) – Co-directeur de thèse
- Mme GALLISSIAN Alice (Thales Electron Device, Vélizy) – Encadrante Industrielle
- M. TEYSSERE Gilbert (LAPLACE, Toulouse) – Examineur
- Mme HEBERT Sylvie (CRISMAT, Caen) – Examineur

Membres invités :

- Mme GUILLEMET-FRITSCH Sophie (CIRIMAT, Toulouse) – Directrice de thèse
- M. PUECH Jérôme (CNES, Toulouse)
- M. LENORMAND Pascal (CIRIMAT, Toulouse) – Co-directeur de thèse
- M. BOBO J. François (CNRS-CEMES, Toulouse)

Les matériaux diélectriques utilisés au sein des applications internes aux satellites sont soumis à des contraintes radiatives et thermiques extrêmes qui peuvent conduire à des perturbations sur l'instrumentation embarquée. Le rendement des applications électroniques diminue ainsi en raison des effets de charge et de dégradation des céramiques utilisées. Dans le but de comprendre et de prédire ces phénomènes, l'étude des mécanismes de transport de charges et de vieillissement électrique sur ces matériaux est primordiale. La démarche de cette étude a alors consisté à définir un protocole et une méthode expérimentale qui permettent d'étudier hors application, les comportements électriques et physico-chimiques sous irradiation électronique, du nitrure de bore brut et revêtu d'une couche mince d'alumine. Pour cela, une étude paramétrique a été réalisée dans l'enceinte d'irradiation CEDRE (ONERA Toulouse), afin d'évaluer l'influence de l'énergie incidente, du flux d'électrons primaires, de la température et de la dose, sur les cinétiques de charge, de relaxation et de vieillissement électrique des céramiques industrielles. Il a été démontré qu'il était possible de limiter fortement la charge de ces céramiques par l'application d'un dépôt d'alumine et par un traitement thermique adéquat. En effet, le rendement d'émission secondaire élevé de l'alumine et l'augmentation de la conductivité de surface, engendrée par le recuit, contribuent à la limitation du potentiel de surface du matériau. Des dépôts d'alumine ont ensuite été élaborés par PVD-RF puis caractérisés en chambre d'irradiation afin de cibler les paramètres d'élaboration qui permettent d'optimiser les propriétés électriques du système. Il a été montré que l'optimisation de la rugosité et de l'épaisseur des dépôts limite le potentiel de surface des

matériaux. Une étude amont a été menée dans le cadre d'une collaboration internationale avec le Groupe de Physique des Matériaux de l'Université d'Etat de l'Utah (Logan, USA), afin d'étudier l'influence de la nature et de la population des pièges électroniques sur les propriétés électriques des différentes céramiques. La technique de cathodoluminescence a été utilisée et a ainsi permis d'expliquer la différence de conductivité apparente entre les matériaux bruts, revêtus et recuits. Une nouvelle méthode de mesure de potentiel de charge sous irradiation continue (méthode REPA) a été mise au point puis validée. Des mécanismes de décharge partielle ont été identifiés en surface des échantillons recuits grâce au dispositif optimisé qui a été développé. Une étude de dégradation accélérée des matériaux a ensuite été réalisée en laboratoire dans le but de reproduire la détérioration observée en orbite sur le long terme. Il a été déterminé que la charge des matériaux revêtus et recuits s'amorce après avoir reçu une dose ionisante critique. Des caractérisations physico-chimiques ont donc été effectuées au CIRIMAT afin d'étudier l'évolution des propriétés structurales et chimiques des céramiques. Cette évolution a été corrélée à celle des propriétés électriques après détérioration sous irradiation électronique critique. Les mécanismes de contamination et de détérioration des dépôts de céramiques, responsables de leur vieillissement électrique, ont été mis en évidence. Enfin, ces caractérisations expérimentales approfondies ont servi de base au développement d'un modèle physique qui rend compte des différents mécanismes mis en jeu sur les céramiques et dépôts irradiés.

Mots-clefs : application spatiale, céramiques, conduction électrique de surface, conduction induite sous irradiation, contamination couche mince, dépôt, émission électronique secondaire, irradiation électronique, traitement thermique, vieillissement