



**DEPARTEMENT PHYSIQUE INSTRUMENTATION
ENVIRONNEMENT ESPACE (DPHY)**

**MODELE DE TRANSPORT D'ELECTRON BASSE ENERGIE POUR LES
DIELECTRIQUES EN APPLICATION SPATIALE**

(Model of low-energy electron for dielectric materials
in space application)

Soutenance de thèse de Quentin GIBARU

Mardi 22 novembre 2022 – 10h00

Auditorium ONERA Toulouse

Devant le jury :

-  **M. Laurent Garrigue** Président du jury
CNRS, Toulouse université
-  **Mme Isabel Montero** Rapporteuse
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid
-  **M. Mauro Taborelli** Rapporteur
CERN
-  **M. Giovanni Santin** Examineur
ESA
-  **M. Denis Payan** Invité
CNES
-  **Mme Mélanie Raine** Encadrante de thèse
Laboratoire Circuits et Technologies Durcis (CTD)
-  **M. Christophe Inguibert** Directeur de thèse
Onera Toulouse

RESUME

Dans l'espace, les satellites sont soumis à des flux continus de particules de basses et hautes énergies (protons, électrons, ions principalement) qui peuvent pénétrer l'ensemble des systèmes et les endommager. Lorsque ces particules incidentes interagissent avec un matériau, elles peuvent ioniser ses atomes et créer ainsi des électrons secondaires de plus basse énergie. Ces derniers peuvent perturber le fonctionnement des composants en restant à l'intérieur, ou s'échapper du matériau s'ils sont suffisamment proches de la surface. Ce dernier cas est appelé l'émission électronique secondaire, composante de l'émission électronique totale d'un matériau, qui permet d'évaluer le nombre d'électrons sortants par rapport au nombre d'électrons incidents. L'émission électronique peut provoquer par exemple une avalanche d'électrons entre les parois des composants radiofréquences par un effet de résonance avec les ondes transmises et induire ainsi des décharges électriques. On parle de l'effet multipactor, qui se produit notamment dans les guides d'ondes. Ces avalanches d'électrons parasitent et sont source de bruits de mesures dans les accélérateurs de particules. Ainsi, l'émission électronique est responsable de différents effets qui peuvent être bénéfiques ou nuisibles en fonction des applications, c'est pourquoi les communautés scientifiques du spatial et des accélérateurs de particules développent pas mal d'efforts pour comprendre et modéliser ce mécanisme physique. L'objet de la thèse est donc la modélisation de l'émission électronique secondaire, avec une spécificité supplémentaire qui consiste à traiter le cas des matériaux diélectriques.

En effet, les matériaux isolants peuvent se charger lors de leur irradiation avec des électrons, ce qui modifie la dynamique du processus d'émission secondaire. C'est un domaine qui est assez peu étudié, contrairement au cas des métaux qui est maîtrisé depuis des années. Le travail a donc consisté à développer un code de Monte Carlo (GEANT4) de transport d'électrons de basse énergie, et de le coupler avec un solveur de Poisson, afin de simuler correctement la dynamique de l'ensemble des électrons d'émission secondaire, qui est fortement impactée par les charges piégées dans les isolants. Ainsi, il a été démontré que la diminution observée des rendements d'émissions dans les diélectriques au cours de l'irradiation est liée à des effets de recombinaison avec les trous piégés dans les isolants. Ce travail a permis également d'interpréter des artefacts observés depuis des années, lors des mesures d'émission secondaire dans les isolants.