



Boîtiers composites innovants répondant aux besoins de blindage électromagnétique et de protection foudre

Convention CIFRE : SAFRAN Electronics & Defense
21, avenue du Gros Chêne
95610 Eragny-sur-Oise

Laboratoire d'accueil : Institut d'Electronique et des Technologies du numéRique
IETR, UMR-CNRS 6164
Départements "Antennes & Dispositifs Hyperfréquences" et "Ondes & Signaux"
Equipes eWAVES et FunMAT

Localisation de la thèse : IETR (Saint-Brieuc et Rennes) et SAFRAN E&D (Eragny-sur-Oise)

Profil recherché : Ingénieur Grandes Ecoles, Master 2 Recherche

Sujet de thèse :

Les systèmes électroniques embarqués, particulièrement pour les applications aéronautiques tant civiles que militaires, sont soumis à des contraintes électromagnétiques sévères. Ces équipements assurent le plus souvent des fonctions critiques dont le dysfonctionnement peut entraîner la perte du porteur. Concrètement, ils doivent notamment être robustes vis-à-vis des effets indirects de la foudre et des champs radiofréquences de haute intensité (émetteurs radiofréquences de forte puissance, radars, ...). Les solutions technologiques retenues reposent actuellement sur l'utilisation de châssis/boîtiers en métal intégrant les cartes électroniques potentiellement sensibles. L'armature métallique offre à la fois une performance de blindage intrinsèque et la possibilité d'écouler les courants foudre résiduels en conservant l'équipotentialité du boîtier. Bien que cette technique soit éprouvée, les boîtiers métalliques présentent deux inconvénients majeurs. Ils sont d'une part très massifs compte tenu de la masse volumique du métal, au détriment des performances et des contraintes de consommation d'énergie dans un contexte aéronautique. D'autre part, ils n'offrent pas ou peu de possibilité de réalisation de géométries complexes, ce qui serait souhaitable compte tenu des contraintes d'encombrement imposées. Egalement, dans le domaine des longueurs d'onde pour lesquelles les modes de résonance de la cavité électromagnétique formée par le boîtier apparaissent, il n'est actuellement pas démontré que ceux-ci offrent une meilleure protection que des boîtiers de plus faible coefficient de qualité formés à partir d'un matériau moins bon conducteur.

L'ambition de cette thèse concerne donc le développement d'une nouvelle filière technologique de boîtiers composites à matrice organique innovants. Dans le cadre de ces travaux de recherche, le (la) doctorant(e) réalisera un état de l'art complet des différentes familles de matériaux organiques accessibles [1-7]. Cette analyse de l'existant portera également sur les techniques de simulation [8-10] et de mise en œuvre. Il s'agira ensuite de proposer des concepts originaux de boîtiers en matériaux composites dont la faisabilité sera examinée sur les plans théoriques et conceptuels en regard des performances minimales exigées par le cahier des charges. Certaines méthodes de caractérisations de ces performances feront l'objet d'une réflexion et donneront lieu à des propositions innovantes. La dernière partie de la thèse sera consacrée à la preuve de concept de la technique ou des techniques identifiées comme pertinentes. En particulier, les concepts proposés feront l'objet de réalisation de maquettes qui seront ensuite soumises à des tests de validation [11-16].

Références :

1. Lin, M. S. et Chen, C. H., "Plane-wave shielding characteristics of anisotropic laminated composites," in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 35, no. 1, pp. 21-27. 1993.
2. Chu, H. C. et Chen, C. H., "Shielding and reflection properties of periodic fiber-matrix composite structures," in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 38, no. 1, pp. 1-6. 1996.
3. Gaier, J. R., "Intercalated graphite fiber composites as EMI shields in aerospace structures," in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 34, no. 3, pp. 351-356. 1992.

4. Lundgren, U., Ekman, J. et Delsing, J. "Shielding Effectiveness Data on Commercial Thermoplastic Materials," in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 48, no. 4, pp. 766-773. 2006.
5. Bui, P., et al. "EM Performance of Conductive Composite Laminate Made of Nanostructured Materials for Aerospace Application," in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 57, no. 5, pp. 1139-1148. 2015.
6. Dawson, J. F., et al. "Shielding Effectiveness and Sheet Conductance of Nonwoven Carbon-Fiber Sheets," in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 59, no. 1, pp. 84-92. 2017.
7. Rathi, V., et al. "Flexible, Thin Composite Film to Enhance the Electromagnetic Compatibility of Biomedical Electronic Devices," in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 61, no. 4, pp. 1033-1041. 2019.
8. Apra, M., et al. "Lightning Indirect Effects Certification of a Transport Aircraft by Numerical Simulation," in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 50, no. 3, pp. 513-523. 2008.
9. Préault, V., et al. "Effective Permittivity of Shielding Composite Materials for Microwave Frequencies," in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 55, no. 6, pp. 1178-1186. 2013.
10. Achkar, G. Al, et al. "Effective Electromagnetic Properties of Woven Fiber Composites for Shielding Applications," in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 62, no. 4, pp. 1082-1089. 2020.
11. Lampasi, D. A. et Sarto, M. S. "Shielding Effectiveness of a Thick Multilayered Panel in a Reverberating Environment," in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 53, no. 3, pp. 579-588. 2011.
12. Holloway, C. L., et al. "Shielding effectiveness measurements of materials using nested reverberation chambers," IEEE Trans. Electromag. Compat., vol. 45, no. 2, pp. 350-356. 2003.
13. Manara, A. "Measurement of material shielding effectiveness using a dual TEM cell and vector network analyzer," in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 38, no. 3, pp. 327-333. 1996.
14. Bogorad, A. L., et al. "Shielding Effectiveness and Closeout Methods for Composite Spacecraft Structural Panels," in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 50, no. 3, pp. 547-555.
15. Corredores, Y., et al. "Adjustment of Shielding Effectiveness, Optical Transmission, and Sheet Resistance of Conducting Films Deposited on Glass Substrates," in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 59, no. 4, pp. 1070-1078. 2017.
16. Croizer, M., et al. "Control of Shielding Effectiveness of Optically Transparent Films by Modification of the Edge Termination Geometry," in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 62, no. 6, pp. 2431-2440. 2020.

Mots clés :

Compatibilité et blindage électromagnétique ; Champs électromagnétiques de haute intensité ; Protection foudre ; Matériaux composites à matrice organique ; Caractérisation (di-)électrique et électromagnétique des matériaux ; Mise en œuvre des matériaux composites à matrice organique ; Thermoplastiques ; Thermodurcissables.

Contexte de la thèse :

Cette thèse sera financée dans le cadre du dispositif CIFRE (Convention Industrielle de Formation par la Recherche) piloté par l'ANRT (Agence Nationale de Recherche Technologique). Le (la) doctorant(e) bénéficiera d'un financement d'une durée de 3 ans et sera recruté(e) par SAFRAN Electronics & Defense.

Compétences recherchées :

- Requises : Electromagnétisme ; Interaction onde-matière ; Caractérisation (di-)électrique et électromagnétique des matériaux ; Simulation électromagnétique
- Souhaitées : Physique des matériaux ; Matériaux composites à matrice organique et leur mise en œuvre.

Modalité de candidature :

Adresser une lettre de motivation, un CV détaillé, les relevés de notes des 3 dernières années et 2 lettres de recommandation. Compte-tenu des contraintes spécifiques liées à l'environnement de cette thèse, la nationalité française est exigée.

Début de la thèse : septembre / octobre 2022

Encadrement de la thèse :

La direction académique de la thèse sera assurée par M. Philippe BESNIER, Directeur de Recherche CNRS, équipe eWAVES, IETR, site INSA Rennes ; M. Xavier CASTEL, Professeur des Universités et M. Quentin SIMON, Maître de Conférences, équipe FunMAT, IETR, site IUT de Saint-Brieuc / Université de Rennes 1.

La direction industrielle de la thèse sera assurée par M. Frédéric LAGO, Responsable de l'Unité CEM de la Direction de l'Ingénierie Electronique, et M. Julien MINNITI, Ingénieur de Recherche Matériaux et Procédés de la Direction d'Ingénierie Mécanique et Optique, du site de SAFRAN E&D à Eragny-sur-Oise.

Contacts pour la candidature :

Philippe BESNIER
 Directeur de Recherche CNRS,
 Equipe eWAVES (*E.M. waves in complex media*)
 IETR, site INSA Rennes
 ☎ : philippe.besnier@insa-rennes.fr
 ☎ : 02.23.23.86.92

Frédéric LAGO
 Responsable de l'Unité CEM
 DT/DIE
 SAFRAN E&D, site d'Eragny
 ☎ : frederic.lago@safrangroup.com
 ☎ : 01.58.11.01.18