

## PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DEMR-2025-06**

(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu: Toulouse

Département/Dir./Serv. :DEMR/CME

Tel : 05 62 25 25 90

Responsable(s) du stage : Housseem Chebbi

Email : houssem.chebbi@onera.fr

### DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : CEM

Type de stage :  Fin d'études bac+5  Master 2  Bac+2 à bac+4  Autres

**Intitulé : Développement d'un modèle deep learning pour la modélisation de l'interaction électromagnétique sur les câblages électriques complexes.**

Sujet :

Contexte du Stage :

Les phénomènes d'interaction et de couplage électromagnétique (EM) dans des architectures de câblages électriques complexes constituent un facteur de risque critique pour l'aéronautique.

Les modèles de réseaux de lignes de transmission multiconducteurs (MTLN) sont aujourd'hui des outils incontournables dans la communauté de la Compatibilité Électromagnétique (CEM) pour la modélisation des architectures de faisceaux de câbles électriques complexes. A ce titre, le département Electromagnétisme et Radar (DEMR) de l'ONERA développe depuis de nombreuses années le logiciel CRIPTE, basé sur la Topologie Électromagnétique. Ce logiciel permet de représenter un faisceau de câbles comme un réseau de tubes (s'apparentant à des torons de câbles) interconnectés par des jonctions. Chaque tube est décrit par un modèle de ligne de transmission multiconducteur, caractérisée par ses matrices de paramètres primaires « RLGC » (résistance, inductance, conductance, capacité), déduites de la géométrie et des caractéristiques électriques des conducteurs dans chaque toron.

Actuellement, ces paramètres sont calculés numériquement à l'aide de l'outil LAPLACE, intégré dans la suite logicielle de CRIPTE. LAPLACE résout l'équation de Laplace en deux dimensions sur une coupe géométrique de la ligne de transmission multiconducteur. Il en déduit la matrice capacité C, puis la matrice inductance L. Ce modèle permet de traiter des topologies d'agencement de câbles relativement complexes mais il atteint ses limites en termes de performance (temps de calcul, place mémoire, précision) lorsqu'il s'agit de traiter des torons constitués de très nombreux câbles électriques (par exemple, plusieurs centaines).

Objectif du Stage :

Ce stage vise dans un premier temps à développer un modèle « machine learning », en particulier basé sur des réseaux de neurones, afin d'estimer la matrice capacité C d'une ligne de transmission multiconducteur dont on connaît la coupe géométrique. S'il est concluant, ce modèle d'intelligence artificielle pourrait remplacer à terme les calculs numériques réalisés actuellement par LAPLACE, offrant ainsi une solution plus rapide et potentiellement plus précise pour décrire des torons de câbles de grandes dimensions.

Le projet inclura dans un deuxième temps la modélisation de diverses topologies d'architectures de faisceaux de câbles en vue de la validation des modèles de torons à base d'IA en comparant les courants et tensions sur câbles obtenus pas des modèles de réseaux dont les paramètres électriques de torons calculés classiquement par LAPLACE.

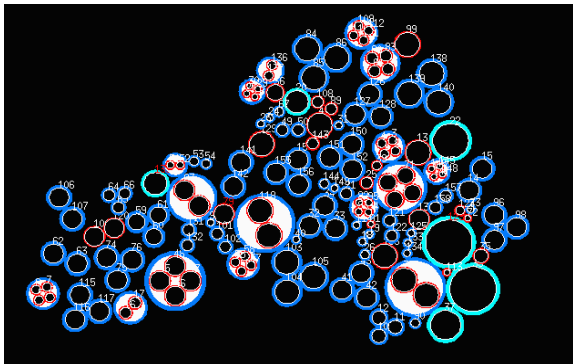
Extension vers une Thèse de Recherche :

Ce projet peut se prolonger par une thèse réalisée au DEMR. La thèse aurait pour objectif d'explorer la détection des défauts dans les câblages en utilisant des approches basées sur le « machine learning », ainsi que l'optimisation des architectures électriques pour réduire les risques EM dans les aéronefs plus

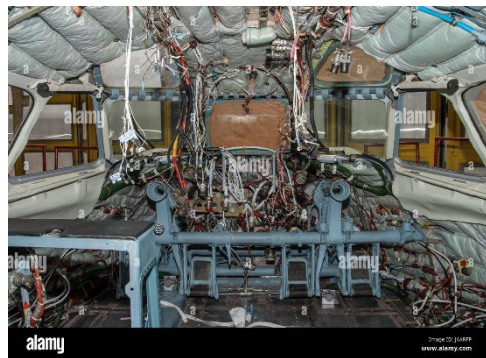
électriques. Ces recherches visent à améliorer la sécurité, la performance et l'efficacité des systèmes électriques embarqués dans les véhicules aériens de prochaine génération.

Tâches et activités identifiées à ce jour :

- Prise en main des codes de calcul CRIPTÉ et LAPLACE pour la modélisation électromagnétique des câbles.
- Étude bibliographique sur les modèles machine learning utilisés en CEM et leur cadre d'application.
- Développement d'une solution logicielle améliorée (Python/Qt) pour l'estimation des matrices RLGC via un modèle machine learning.
- Conception et implémentation d'un modèle machine learning (réseaux de neurones artificiels) pour extraire les paramètres électriques d'une ligne de transmission multiconducteur.
- Application de la modélisation des paramètres de lignes multiconducteur pour déterminer les courants et tensions de couplage entre les câbles dans une configuration d'installation donnée. Validation par rapport à des simulations de référence par méthode classique.



Exemple de toron de câbles électriques (vue de coupe)\*.



Exemple de faisceau de câbles électriques dans un cockpit\*.

\* <https://www.alamyimages.fr/photos-images/c%C3%A2blage-de-cockpit.html?sortBy=relevant>

Profil recherché :

Nous recherchons un(e) candidat(e) en dernière année de formation d'ingénieur ou en master (M2), avec une spécialisation en électromagnétisme, traitement du signal, ou machine learning, possédant des compétences en développement logiciel (Python, Qt) et capable de démontrer un intérêt pour l'électromagnétisme et les systèmes électriques complexes.

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ? Non

**Méthodes à mettre en œuvre :**

- |   |  |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche théorique | <input checked="" type="checkbox"/> Travail de synthèse      |
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche appliquée | <input checked="" type="checkbox"/> Travail de documentation |
| <input type="checkbox"/> Recherche expérimentale        | <input type="checkbox"/> Participation à une réalisation     |

Possibilité de prolongation en thèse : Oui

**Durée du stage :** Minimum : 5 mois Maximum : 5 mois

Période souhaitée : février - aout 2025

**PROFIL DU STAGIAIRE**

Connaissances et niveau requis :  
Data analyste, Génie électrique, notion en informatique scientifique (Intelligence Artificielle / Python / ...), des connaissances en radioélectricité et en aéronautique seraient un plus

Ecoles ou établissements souhaités :  
Ecole d'ingénieurs (ENSEEIH, ISAE Supaéro...) ou Universitaire, BAC+4 accepté