

**Demande d'un ½ financement (complément demi-bourse obtenu via XLIM : cf courrier du Directeur)**

**LABO - Axe ou Equipe : Institut Pascal - Photon/CEM & XLIM - Systèmes RF/CEM et Diffraction**

**Directeurs de thèse : Prenom Nom (fonction), Alain Reineix (DR CNRS) [alain.reineix@xlim.fr](mailto:alain.reineix@xlim.fr)  
Pierre Bonnet (PU) [pierre.bonnet@uca.fr](mailto:pierre.bonnet@uca.fr)**

**Co-encadrant : Christophe Guiffaut (CR CNRS) [christophe.guiffaut@xlim.fr](mailto:christophe.guiffaut@xlim.fr)**

**Titre du sujet de thèse :** *Approches de type "Machine learning" pour la quantification des incertitudes intrinsèques aux simulations numériques des problèmes de compatibilité électromagnétiques.*

**Résumé du sujet de thèse :**

*Le contexte est celui de l'estimation des incertitudes sur les courants et les champs électromagnétiques obtenus par des codes de calcul déterministes. Les sources d'erreurs sur les observables sont liées soit aux incertitudes des paramètres physiques ou électriques d'entrée (dimensions, caractéristiques des matériaux, ...), soit à des caractéristiques propres aux codes numériques employés (discrétisation, limitations des modèles, ...). Dans ce second cas il existe très peu de travaux pour estimer la propagation de ce type d'incertitude. L'objectif est d'obtenir de manière efficace et précise des intervalles de confiance des observables d'intérêt en fonction des caractéristiques des schémas numériques utilisés*

**Objectifs**

*La prédiction des niveaux d'interférences induits sur les systèmes ou équipements électroniques est de plus en plus réalisée par simulation. En effet, d'une part, l'expérimentation est coûteuse et les logiciels de simulation ont atteint la maturité pour représenter des systèmes complexes. Cependant, les phases de certification des systèmes nécessitent la certitude que ces niveaux de couplage sont inférieurs à un modèle défini par les normes. Par conséquent, une simulation déterministe n'est pas suffisante pour répondre à cette contrainte. En effet, les résultats de simulation présentent des erreurs liées à deux grands types de facteurs : Les caractéristiques géométriques ou physiques des objets représentés ne sont pas connues avec une précision infinie, et par ailleurs le fait de discrétiser et de représenter les objets par des modèles simplifiés souvent la réalité, qui est une source d'erreurs intrinsèques dans le calcul. Ainsi, l'objectif sera dans un premier temps de se familiariser avec les méthodes de calcul des incertitudes, de propagation des incertitudes et les méthodes d'analyse de sensibilité. Ces techniques seront ensuite appliquées dans le domaine de la Compatibilité Electromagnétique. In fine, l'introduction de barres d'erreurs dans les simulations doit permettre de répondre à la problématique.*

**Principales étapes**

*-Familiarisation avec les techniques mathématiques de gestion des incertitudes. Cette partie sera l'occasion pour le candidat de dresser un état de l'art des techniques potentielles, d'évaluer leurs avantages, inconvénients et domaine d'application.  
- Construction de cas de simulation et identification des paramètres incertains pouvant être à l'origine d'erreurs sur les observables.  
- Application de l'approche de propagation des incertitudes sur un cas qui sera défini et analyse des incertitudes sur les courants ou les champs électromagnétiques en fonction des incertitudes exogènes et endogènes.*

**Compétences attendues :**

- *Propagation des ondes, mathématiques appliquées et analyse numérique*
- *Connaissances en probabilité et statistique.*
- *Maîtrise de langages de programmation (R langage, python ou Matlab)*