Réduction de modèles numériques en électromagnétisme basse fréquence combinant les approches « Cauer Ladder Network » et de Loewner

Objet : Stage de niveau BAC+5 **durée :** 6 mois (mars à aout)

Mots clefs : méthode des éléments finis, réduction de modèle, problèmes d'électromagnétisme.

Cadre

Ce sujet de stage s'inscrit dans le cadre d'un projet du GDR (groupement de recherche) SEEDS (systèmes d'énergie électrique dans leurs dimensions sociétales) entre les laboratoires L2EP[1] de Lille et LAPLACE[2] de Toulouse.

Contexte

Dans le domaine de la simulation numérique de dispositifs électrotechniques, le modèle mathématique est basé sur les équations de Maxwell en basse fréquence. Pour résoudre ce type de problème, la plupart des logiciels développés se basent sur la méthode des éléments finis (EF). Ce type d'outil numérique permet de disposer de véritables modèles virtuels en vue d'en estimer les performances. Dans un contexte industriel, ces modèles numériques doivent retranscrire au mieux la réalité tout en nécessitant un temps de calcul le plus faible possible. Or, la simulation numérique d'un dispositif électrotechnique tel qu'une machine électrique peut s'avérer couteuse en temps de calcul. Pour résoudre ce type de problèmes, les méthodes de réduction de modèles numériques semblent bien adaptées afin de diminuer les temps de calcul. Ces méthodes consistent à construire une base réduite de la solution EF afin d'en déduire un modèle réduit à faible nombre d'inconnues qui peut être résolu dans des temps de calcul très courts.

Objectif

Le L2EP développe depuis de nombreuses années des méthodes de réduction de modèles numériques, notamment, basées sur l'approche « Cauer Ladder Network » (CLN). Basé sur un modèle EF issu d'un problème d'électromagnétisme, la méthode CLN permet d'en déduire un modèle réduit pouvant être représenté sous la forme d'un circuit équivalent formé d'éléments physiques simples tels que des matrices de résistances, d'inductances et/ou de capacités. Ce circuit peut alors être combiné facilement avec d'autres équations afin de prendre en compte l'environnement d'un dispositif électromagnétique. Néanmoins, la prise en compte des variabilités des lois de comportement telles que la conductivité électrique ou la perméabilité magnétique en fonction de la fréquence peut difficile être prise en compte par la méthode CLN. De son côté, le Laplace a développé une approche de réduction de modèles EF basée sur la méthode de Loewner. Cette technique permet de prendre en compte la variabilité des lois de comportement en fonction de la fréquence mais le modèle réduit ne peut se définir sous la forme d'un circuit équivalent.
Ainsi, l'objectif du stage est de développer une approche de réduction de modèle combinant les méthodes CLN et de Loewer afin de définir un modèle réduit pouvant être représenté sous la forme d'un circuit équivalent avec prise en compte des variabilités des lois de comportement.

Profil recherché

Le candidat devra avoir des compétences en mathématiques appliquées et en calcul scientifique. Il devra être capable de développer des approches de réduction de modèles dans les langages Matlab, Python et/ou Fortran. Une connaissance des problèmes d'électromagnétisme en basse fréquence n'est pas demandée. Le stage se déroulera au L2EP de Lille.

---

[1] Laboratoire d'Electrotechnique et d'Electronique de Puissance de Lille (https://l2ep.univ-lille.fr)

[2] Laboratoire Plasma et Conversion d'Energie (https://www.laplace.univ-tlse.fr)

Contact
pauline.kergus@laplace.univ-tlse.fr
Chargée de recherche CNRS / LAPLACE

stephane.clenet@ensam.eu
Professeur des universités
Arts et Métiers ParisTech – Lille / L2EP

thomas.henneron@univ-lille.fr
Maître de conférences
Université de Lille - Faculté des Sciences et Technologies / L2EP