



Université Lille Nord de France
Pôle de Recherche
et d'Enseignement Supérieur

Ecole doctorale régionale Sciences Pour l'Ingénieur Lille Nord-de-France - 072



Titre : MODELISATION DES PROPRIETES LOCALES DE MATERIAUX IMPACTES PAR LES PROCEDES DE FABRICATION ET IMPLANTATION DANS UN CODE ELEMENTS FINIS

Financement prévu : Université Lille1 – Université Aalto (Finlande)

(Co)-Directeur de thèse : Abdelkader Benabou

E-mail : abdelkader.benabou@univ-lille1.fr

Co-directeur de thèse : Anouar Belahcen

E-mail : anouar.belahcen@aalto.fi

Laboratoire : Laboratoire d'Électrotechnique et d'Électronique de Puissance (L2EP) de Lille - EA 2697

Equipe : Outils et Méthodes Numériques

Descriptif :

Les systèmes électromagnétiques sont impactés par les procédés de fabrication qui modifient les performances attendues. En effet, les propriétés magnétiques et électriques de certains matériaux (en particulier ferromagnétiques) ainsi que les dimensions ne correspondent plus aux données nominales. De plus, ce phénomène n'étant pas nécessairement homogène et répétable au cours du procédé de fabrication, il apparaît une variabilité sur les performances des systèmes qui n'est pas toujours acceptable.

Actuellement, les codes de calcul de champs en électromagnétisme (éléments finis par exemple), très utilisés lors de la phase de conception, considèrent souvent la machine comme idéale et ne prennent pas en compte l'impact des procédés. En conséquence, l'intégration de ces aspects dans la chaîne de conception permettra, d'une part, d'optimiser la structure et, d'autre part, d'accroître la robustesse vis-à-vis du procédé.

Cette problématique nécessite la mise en œuvre de compétences larges dans les domaines de la caractérisation expérimentale, de la modélisation des matériaux et de l'analyse numérique pour la modélisation fine du comportement des systèmes électromagnétiques. Des méthodes numériques ont déjà été proposées au sein de l'équipe pour traiter la variabilité stochastique. Toutefois, actuellement on note peu de travaux sur la prise en compte de la variabilité spatiale. Or, cette variabilité peut être très brutale comme dans le cas du procédé de découpe où la zone touchée est de l'ordre de quelques dizaines de micron d'épaisseur par rapport aux dimensions des systèmes qui sont de l'ordre de la dizaine de centimètres. Pour tenir compte de la zone impactée, un maillage très fin conduirait à des temps de calcul importants. Pour résoudre ce problème, il est nécessaire de développer des méthodes numériques adaptées (approche multi-échelle, éléments coques...).

L'équipe travaille actuellement sur les développements expérimentaux et la modélisation du comportement du matériau. Le travail attendu concerne l'adaptation de ces modèles pour une implantation dans un code calcul de champs et les techniques numériques permettant de prendre en compte les modèles de matériaux sans pour autant accroître les temps de calcul et les ressources mémoire.

Objectifs :

Les objectifs du travail s'articulent autour de deux axes.

Le premier axe vise à aboutir à une représentation physique du comportement des matériaux suite à l'impact du procédé mis en œuvre (découpe, usinage, ...) adapté à une modélisation par éléments finis. Cette représentation doit être à l'échelle de la zone impactée par le procédé, comme les bords de coupe des tôles qui sont impactés sur des distances inférieures au millimètre ou encore la profondeur sur laquelle est dégradée une pièce magnétique massive suite à un usinage de rectification par exemple. Ces travaux se baseront sur les résultats des thèses menés actuellement en collaboration avec Valeo.

Le second axe du travail vise à développer des techniques numériques permettant de prendre en compte/inclure ces lois locales au sein d'une modélisation par éléments finis. En effet, le choix est offert entre une discrétisation très fine, au détriment du temps de calcul, et des techniques de représentation numérique des couches minces, comme les éléments coques, qui permettraient d'inclure ces lois locales en limitant les temps de calcul et en garantissant la qualité de la solution. Il faut par ailleurs signaler que ces lois étant non linéaires, il sera nécessaire de travailler sur la méthode numérique de prise en compte des non linéarités.

Ces travaux restent très amont au sens où il existe actuellement peu de résultats en modélisation numérique dans le domaine de l'impact des procédés sur les propriétés électrique et magnétique des matériaux.

Contacts: Abdelkader Benabou (abdelkader.benabou@univ-lille1.fr) / +33 (0)320-434-696
Anouar Belahcen (anouar.belahcen@aalto.fi) / +358 50 460 2366