



## Sujet de Thèse de Doctorat

# Investigations des pertes dans les plateaux et doigts de serrage dans les machines de fortes puissances

**Contacts :** **Abdelmounaïm Tounzi et Abdelkader Benabou (L2EP),  
Raphael Romary (LSEE)  
Daniel Laloy (Jeumont Electric)**

### Contexte

La conception de convertisseurs électromécaniques avec une grande efficacité énergétique est aujourd'hui un enjeu environnemental et économique majeur. Dans ce contexte, il est primordial d'identifier et de maîtriser les différentes sources de pertes dans les machines électriques. Cela permettra alors de les prendre en considération dès la phase de conception et d'éventuellement les réduire. Parmi les différents postes de pertes, celui associé aux pertes qui prennent naissance dans les extrémités de la machine constituent l'un des plus délicats à appréhender et à quantifier. Ces pertes demeurent encore relativement peu, voire mal maîtrisées pour être prises en compte de façon adéquate au cours du processus de conception alors qu'elles peuvent constituer une part non négligeable des pertes globales.

Par conséquent, l'investigation de ces pertes constitue un point incontournable pour pouvoir discriminer entre les différentes contributions et être capable d'agir pour les réduire. La mesure des différentes parts étant complexe, voire impossible, à effectuer, l'exploitation des outils numériques modernes, associés à la connaissance du comportement des matériaux, devient incontournable pour simuler finement le comportement électromagnétique des dispositifs. Cela permettra, d'une part, d'avoir une meilleure connaissance des phénomènes électromagnétiques tridimensionnels donnant lieu aux pertes dans les extrémités de la machine et, d'autre part, de faire une étude paramétrique sur l'influence des propriétés des matériaux sur les pertes. Cette partie sera menée à l'aide de *code\_Carmel3D* qui est un code de calcul électromagnétique par éléments finis en 3D développé, depuis une quinzaine d'années, conjointement par le L2EP et EDF R&D dans le cadre du laboratoire commun LAMEL (Laboratoire Avancé de Modélisation du Matériel Electric). Afin de valider les modèles, des mesures devront être réalisées sur des dispositifs dédiés.

### Enjeux

Dans le cas des travaux projetés dans cette thèse, l'enjeu principal est celui de la connaissance la plus précise possible des pertes engendrées par les courants induits dans les plateaux et doigts de serrage utilisés dans les machines électriques de fortes puissances. Plus spécifiquement, les investigations devront analyser l'effet des différentes composantes du champ magnétique ainsi que leurs effets en fonction des matériaux utilisés pour les dispositifs de serrage. Pour ce faire, une approche combinée expérimentale / numérique sera mise en œuvre.

### Objectifs

Les objectifs principaux de cette thèse sont :

- ✓ de modéliser finement une maquette dédiée à la problématique et basée sur le circuit magnétique d'une machine électrique,
- ✓ d'identifier, aux travers de l'analyse et de l'interprétation des résultats, les sources de pertes et leurs évolutions en fonction de la fréquence

- ✓ de proposer une méthodologie pour isoler et quantifier expérimentalement les pertes dans les plateaux et doigts de serrage.
- ✓ de mener des campagnes de mesures pour corroborer les résultats de simulation.
- ✓ de tester différents matériaux en termes de pertes à différentes fréquences en simulation et expérimentation.
- ✓ de valider numériquement et expérimentalement les pertes dans le cas d'une machine industrielle,
- ✓ de prospecter les possibilités de réduction de ces pertes.

Différents matériaux, avec éventuellement diverse topologies, seront utilisés pour les plateaux et doigts de serrage afin d'investiguer les pertes en fonction du matériau pour les mêmes points de fonctionnement. Par ailleurs, les résultats des investigations seront testés et validés sur le cas d'une machine industrielle de grande puissance.

**Profil du candidat :**

Le profil recherché est celui d'un étudiant titulaire d'un Master avec des connaissances en machines électriques et éventuellement une expérience dans le domaine de la modélisation numérique en électromagnétisme. Le candidat doit être intéressé par la modélisation de convertisseurs électromécaniques tout en ayant une approche physique et de bonnes aptitudes en expérimentation pour mener à bien les essais de simulation. L'encadrement sera assuré par Abdelmounaïm Tounzi et Abdelkader Benabou pour le L2EP, Raphael Romary pour le LSEE et Daniel Laloy pour Jeumont Electric.

Le poste est à pourvoir à partir du 1<sup>ier</sup> semestre 2020 et le doctorant travaillera au sein du L2EP à Villeneuve d'Ascq (cité scientifique) pour la partie modélisation et au LSEE à Béthune pour la partie expérimentale.