

Modélisation non-linéaire et simulation numérique de moteurs électriques

(Master 2025)

Spécialités	Simulation numérique, MEF, multi-physique
Début - Durée	Janvier/Février 2025 - 6 mois
Lieu	Laboratoire de Mécanique des Contacts et des Structures (LaMCoS), Campus INSA Lyon, 69100 Villeurbanne
Niveau demandé	5 ^{ème} année Ecole d'Ingénieur ou M2
Encadrement	Roberto Alcorta (MCF GM) roberto.alcorta@insa-lyon.fr Didier Remond (PR GM) didier.remond@insa-lyon.fr

Contexte

Les moteurs électriques jouent un rôle essentiel dans la conversion de l'énergie électrique en travail mécanique. Déjà utilisés dans une vaste gamme de secteurs industriels, ils jouent un rôle important aujourd'hui dans un contexte de transition écologique, e.g., par leur implémentation dans les voitures hybrides. L'usage croissant des moteurs à vitesse variable, qui permettent d'optimiser les performances de ces systèmes, présente toutefois de nouveaux défis techniques pour assurer leur bon fonctionnement sur toute la plage de vitesses. En outre, la recherche de solutions plus compactes entraîne une augmentation des vitesses de rotation et un allègement des structures mécaniques, ce qui affecte leur comportement dynamique. Enfin, de nouvelles architectures émergent, comme l'intégration du moteur directement dans la machine qu'il entraîne, comme le montre la Figure 1. Dans ce contexte, le développement de modèles numériques permettant la prédiction fiable et efficace du comportement de ces systèmes complexes à fort couplage magnéto-électro-mécanique devient fondamental, particulièrement dans le but d'éviter tout risque d'instabilité lors d'une opération à vitesse de rotation variable.



Figure 1. Compresseur à vis avec rotor en porte-à-faux (@ Nidec Leroy Somer).

Au LaMCoS, des travaux concernant la modélisation de moteurs électriques ont déjà été réalisés : on peut citer notamment la thèse de X. Li, ayant conduit à une modélisation dite « 2.5 D », où le champ magnétique est représenté par un réseau de perméances dans le contexte d'une modélisation par éléments finis [1]. Des améliorations peuvent être envisagées pour ce modèle, notamment au niveau de la prise en compte d'effets non-linéaires tels que le contact rotor-stator ou la saturation magnétique. Or, ceci a pour conséquence d'augmenter considérablement le temps de calcul lorsque des méthodes de résolution traditionnelles sont utilisées, ce qui rend difficiles les analyses paramétriques et l'exploration des réponses en régime non-stationnaire. Une solution possible est d'employer une stratégie de réduction de modèle [2], ou bien de se tourner vers des méthodes du type « balance harmonique » qui permettent d'obtenir rapidement certains types de régimes ainsi que d'évaluer leur

stabilité, et qui ont récemment été adaptées au cas d'application des machines tournantes à vitesse variable [3].

Objectifs

Le but de ce stage est de :

- Mettre en place un modèle éléments finis d'une architecture simplifiée d'un moteur électrique, avec prise en compte de non-linéarités mécaniques et magnétiques ;
- Evaluer des stratégies d'accélération des simulations numériques, en particulier par l'utilisation de méthodes de réduction de modèles (sous-structuration, projection modale...) et de résolution par balance harmonique.

Le candidat devra avoir une bonne compréhension de la méthode des éléments finis ainsi qu'un goût pour la programmation.

Pour candidater, merci d'envoyer CV, lettre de motivation et relevés de notes aux encadrants.

Références

[1] X. Li, A. Bourdon, D. Rémond, S. Kœchlin, D. Prieto. *Angular-based modelling of unbalanced magnetic pull for analyzing the dynamical behavior of a 3-phase induction motor*. Journal of Sound and Vibration (2021) **494**:115884, DOI: [10.1016/j.jsv.2020.115884](https://doi.org/10.1016/j.jsv.2020.115884)

[2] C. Yi, H. Hofmann, B. I. Epureanu. *Reduced-order models for electro-magnetic-structural coupling phenomena*. Mechanical Systems and Signal Processing (2021) 159:107752. 10.1016/j.ymssp.2021.107752

[2] R. Alcorta, A. Bourdon, D. Remond. *An angular approach for the bifurcation analysis of rotating machinery in non-stationary regimes*. Proceedings of the 8th International Conference of Condition Monitoring of Machinery in Nonstationary Operations, Wenzhou, China, May 10–13, 2024.