



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 : Apprentissage par simulation numérique en vue du diagnostic pour les machines électriques

Financement prévu : Région, Hauts de France et EDF

Cofinancement éventuel :

(Co)-Directeur de thèse : Yvonnick Le Menach

E-mail : yvonnick.le-menach@univ-lille1.fr

Co-directeur de thèse : Stephane Clenet

E-mail : Stephane.CLENET@ENSAM.eu

Laboratoire : L2EP –

Equipe : Outils et Méthodes Numériques

Descriptif :

La production d'énergie électrique nécessite une grande fiabilité des alternateurs afin d'assurer une continuité de la fourniture. Cela s'applique à tous types de générateurs qu'ils soient de grandes tailles (nucléaire) et de petites tailles (éolien, micro turbine, ...). Actuellement le suivi du fonctionnement des machines s'effectue à partir de quelques données. Il s'agit principalement des mesures des contenus harmoniques des courants statoriques, des inductions magnétiques issues d'une ou deux sondes placées dans l'entrefer et de vibrations fournies par des accéléromètres. Toutefois bien que les capteurs ont été placés avec soins, il est difficile d'établir un diagnostic pertinent du fonctionnement de la machine car les mesures ne permettent pas de capter l'ensemble des signatures des défauts et encore moins leur gravité. Par ailleurs, une fois la machine en production, il est très compliqué voire inenvisageable d'ajouter un nouveau capteur dans la machine.

Le but de cette thèse est d'établir une démarche rigoureuse pour placer des capteurs qui nous fourniront des mesures pour un diagnostic fiable des machines électriques. Elles pourront être instrumentées dès leur construction à partir d'un cahier des charges spécifique. Par contre, pour une machine existante, la démarche consistera à préciser l'emplacement des capteurs non intrusif. On envisage ici de mesurer les champs magnétiques à l'extérieur de la machine (fuite magnétique).

Pour établir cette démarche nous nous baserons sur des modèles numériques de type éléments finis car nous disposons d'un outil de calcul code_Carmel capable de simuler les défauts des machines électriques. Ce code est développé depuis plus 10 ans par le L2EP et EDF qui se sont associés dans le cadre d'un laboratoire commun LAMEL. Ce projet de thèse sera dans la continuité d'autres thèses sur le diagnostic des machines. Mais dans ces travaux nous nous cantonnons à établir un diagnostic à partir des mesures existantes.

L'intérêt d'utiliser un modèle numérique réside dans le fait qu'il est possible de modéliser un grand nombre de défauts et de simuler la présence de multitude de capteurs. L'idée étant de considérer chaque élément ou nœud du maillage comme la mesure potentielle fournie par un capteur. Dans ces conditions nous allons être confrontés à un très grand nombre de données. A titre d'exemple pour un modèle 3D, le million d'éléments est très vite atteint. Ce nombre d'éléments sera multiplié par le nombre de pas de la discrétisation temporelle, par le nombre de défauts à considérer et par si possible la dimension aléatoire du problème. Il est clair que la construction d'une telle base de données devient un problème en soi.

Pour ce faire, nous proposons de construire un modèle permettant de fournir rapidement une approximation de la solution du modèle numérique initial. La construction de ce modèle de substitution sera basée sur des solutions du problème initial pour des valeurs de paramètres déterminées par un algorithme « Glouton ». Ce type d'approche itérative construit une base d'approximation de la solution en déterminant les cas les plus significatifs à évaluer. L'idée est de disposer d'un modèle rapide d'un dispositif afin de prendre en compte son environnement électrique et/ou mécanique. Afin de déterminer le modèle de substitution, les méthodes numériques mises en œuvre seront basées sur des précédents travaux réalisés au L2EP concernant la réduction de modèles numériques. Ainsi, il est envisagé de combiner des approches de projection du problème



initial sur une base réduite afin de réduire le nombre d'inconnues du problème avec des méthodes d'interpolation en vue d'approximer la solution pour des valeurs de paramètres non sélectionnées par l'algorithme glouton. En vue de déterminer la location optimale de capteurs, une méthode basée sur la GEIM (Generalized Empirical Interpolation Method) pourra être envisagée. Sur la base des grandeurs d'intérêt à reconstruire, telles que des courants ou des flux locaux dans la structure par exemple, ce type d'approche permet de déterminer le placement de capteurs afin que les grandeurs mesurées permettent d'interpoler avec précision les grandeurs d'intérêt.

Dans ce projet de thèse, le très grand nombre de données à traiter s'inscrit dans une nouvelle thématique pour le génie électrique. En effet, dans ce domaine, peu de travaux orientés vers l'optimisation, font appel au data mining. Toutefois, il est certain que ces techniques vont être de plus en plus utilisées dans un avenir proche.

La finalité de cette thèse est double. En effet, il sera possible à l'issue des travaux de d'indiquer à un constructeur de machine où placer les capteurs afin de mesurer les bonnes quantités physiques. La même spécification pourra être donnée afin d'effectuer une campagne de mesures non intrusives sur un site en exploitation.