

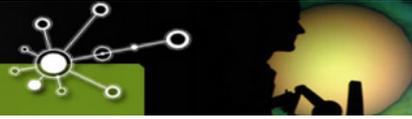
Titre Thèse (subject)	Outil de modélisation numérique par quantification d'incertitudes pour l'investigation de défauts dans les alternateurs hydrauliques	
Directeur (supervisor)	Abdelmounaïm Tounzi	E-mail : abdelmounaim.tounzi@univ-lille.fr
Co-Directeur (co-supervisor)	Stéphane Clénet	E-mail : Stephane.CLENET@ENSAM.eu
Laboratoire (research unit)	L2EP	Web : http://l2ep.univ-lille.fr/
Equipe (research team)	Outils et Méthodes Numériques (OMN)	Web : http://l2ep.univ-lille.fr/groupes-de-recherche/equipe-omn/
Financement prévu <input checked="" type="checkbox"/>	Contrat Doctoral Etablissement <input type="checkbox"/> Région <input type="checkbox"/> – Autre <input type="checkbox"/> Contrat de recherche <input type="checkbox"/> Préciser :	ULille <input checked="" type="checkbox"/> UPHF <input type="checkbox"/> Centrale Lille <input type="checkbox"/> UGE <input type="checkbox"/> IMT <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/>
Financement acquis ? <input checked="" type="checkbox"/>	Contrat Doctoral Etablissement <input type="checkbox"/> Région <input type="checkbox"/> – Autre <input checked="" type="checkbox"/> Co-financement par l'ETS Montréal pour une thèse en co-tutelle Contrat de recherche <input type="checkbox"/> Préciser :	ULille <input type="checkbox"/> UPHF <input type="checkbox"/> Centrale Lille <input type="checkbox"/> UGE <input type="checkbox"/> IMT <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/>

Résumé du sujet (abstract):

Contexte

Les alternateurs utilisés dans les centrales hydrauliques sont principalement constitués de machines synchrones à pôles saillants à grand nombre de paires de pôles. Comme toute machine de puissance, le suivi de leur état de fonctionnement et la détection précoce d'éventuels défauts permet d'assurer leur longévité mais également de maintenir une continuité de fonctionnement qui peut s'avérer primordiale. Dans le cas du diagnostic, plusieurs approches sont proposées par des industriels pour pouvoir détecter divers défauts tels les excentricités statiques, dynamiques ou encore des courts-circuits rotoriques. Ces approches sont généralement basées sur la mesure et l'analyse de grandeurs physiques (vibrations, champ rayonné, induction d'entrefer ...) mais nécessitent évidemment une connaissance préalable des signatures des défauts à détecter. Par ailleurs, chacune d'entre elles présente des avantages et des inconvénients avec une fiabilité de détection qui peut être altérée par plusieurs paramètres inhérents à la machine, suite aux imperfections dues à la construction et/ou aux contraintes de fonctionnement, et/ou à l'éventuelle occurrence d'autres défauts que celui à diagnostiquer. La robustesse de la détection nécessite donc de disposer de signatures des défauts avec des indicateurs sur leurs sévérités et des seuils d'alerte mais également de pouvoir discriminer entre des défauts simultanés et quantifier l'impact de variations géométriques et/ou physiques (conductivité des barres amortisseurs par exemple).

Pour pouvoir constituer une base de signatures de défauts, la modélisation numérique par éléments finis constitue aujourd'hui l'approche la plus adaptée. En effet, cette approche tient compte des caractéristiques géométriques et de matériaux de manière précise et permet de modéliser une machine donnée dans différents cas de fonctionnement, sains et en défauts, et d'aboutir ainsi à l'évolution de diverses grandeurs. Toutefois, cette modélisation s'effectue sur la base des valeurs 'nominales' des différents plans de construction de la machine. Dans l'optique du déploiement d'une méthodologie de diagnostic sur la globalité du parc hydraulique, ce dernier point peut constituer une difficulté de taille. En effet, la mise en place des alternateurs de ce parc s'est étalée sur des décennies. Par conséquent, les



machines sont issues de plusieurs fabricants avec des technologies différentes et, dans certains cas, les données nécessaires à leur simulation ne sont disponibles que de manière fragmentaire. Dans ce contexte une approche prenant en compte les incertitudes sur les données géométriques et/ou physique s'impose. Des méthodes de quantification basées sur des approches probabilistes permettent de prendre en compte l'effet ces incertitudes et cela couplées à des modèles éléments finis. Elles permettent en particulier d'effectuer une analyse de sensibilité globale qui peut être très utile pour déterminer les sources d'incertitudes les plus impactantes sur les signatures de défauts et de choisir ainsi celles qui sont les plus robustes.

Objectif

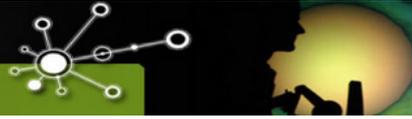
L'objet des travaux projetés est de se doter d'un outil de modélisation numérique générique, intégrant une approche par quantification d'incertitudes, applicable à une grande majorité des machines existantes qui permet de simuler le fonctionnement de ces dernières en présence de différents défauts et de pouvoir, d'une part, quantifier l'effet d'un défaut donné sur diverses grandeurs d'intérêt et, d'autre part, investiguer l'impact de diverses imperfections sur ces grandeurs. Outre un gain de temps pour effectuer de nouvelles simulations, un tel outil permettrait :

- d'étudier la sensibilité de quelques variables mesurables à l'occurrence d'un défaut et de déterminer l'éventuelle corrélation entre l'évolution de ces variables et la sévérité du défaut.
- de quantifier l'influence de divers paramètres géométriques de la machine sur ces variables en régime sains et en défauts.
- de statuer sur les possibilités de discrimination entre divers défauts dans le cas d'une machine idéale puis en présence d'imperfections (machine réelle)
- de déterminer la grandeur, ou l'ensemble de grandeurs, la plus propice à la détection d'un défaut donné.

Déroulement

Ces travaux nécessiteraient les étapes suivantes:

- Au travers de l'analyse des alternateurs des parcs d'EDF et d'Hydro-Québec, recenser les principales technologies des machines utilisées
- Développer un outil numérique paramétré dédié permettant de générer automatiquement les géométries des principales technologies retenues en 2D
- Développer un outil numérique pour générer les bobinages en fonction de séquences d'enroulement tout en prévoyant la possibilité d'y inclure des contournements de bobines (pontages) à modéliser
- Modéliser les machines en fonctionnement sains et investiguer l'effet d'imperfections et/ou des détails géométriques (Taille et géométrie des encoches, entrefer parasite introduit par la liaison à la jante, rayon de courbure des pôles, hauteur et largeur des barres d'amortisseurs ou diamètre et position des barreaux amortisseurs, saillance de pôles, ovalisation du stator...) en utilisant une approche de quantification d'incertitudes
- Développer un outil pour générer des défauts 'courants' (excentricités statiques, dynamiques, combinées, courts-circuits rotoriques)
- Etudier l'impact des défauts sur les grandeurs suivantes: Induction d'entrefer, champ rayonné, tensions, courants de phase et de circulation, courant du Neutre
- Quantifier l'impact des imperfections et/ou des détails géométriques sur les grandeurs d'intérêt par une approche de quantification d'incertitudes
- Etudier l'influence du point de fonctionnement (à vide et pour différentes charges)



Bibliographie

- [1] H. C. Dirani, S. Cupillard, A. Merkhouf, S. Bélanger, A. Tounzi, A.-M. Giroux, K. Al-Haddad, 'Free Vibration Analysis of a Large Hydroelectric Generator and Computation of Radial Electromagnetic Exciting Forces', IEMDC2015, May 2015, Coeur d'Alène, Idaho, USA
- [2] O. Kokoko, A. Merkhouf, B. Kedjar, A. Tounzi, K. Al Haddad, E.Guillot, 'Finite element based quantitative and qualitative impact assessment of field winding turns short circuits in large hydro generators', CIGRE 2017, Vienne
- [3] K. Darques, A. Tounzi, Y. Le Menach, J. Korecki, K. Beddek, 'Effect of end windings on the shaft voltage of a high power alternator using FE analysis', International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics (IJAEM), 2019
- [4] Liu, S., Mac, H.D., Clenet, S., Coorevits, T., Mipo, J.-C., "Study of the Influence of the Fabrication Process Imperfections on the Performance of a Claw Pole Synchronous Machine Using a Stochastic Approach", IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 52, N. 3 (2016)
- [5] H. Mac, S. Clénet, K. Beddek, L. Chevallier, J. Korecki, O. Moreau, P. Thomas, "Influence of uncertainties on the B(H) curves on the flux linkage of a turboalternator", International Journal of Numerical Modelling: Electronic Networks, Devices and Fields, Vol. 27, N. 3, pp 385-399 (2014)