



**Apprentissage Temps-Réel à partir de Données des Systèmes Dynamiques Complexes :
Application aux Machines Tournantes à Très Haute Vitesse utilisant le principe de lévitation magnétique.**

Contexte, Problématique Générale

Ces dernières années, les machines tournantes à très haute vitesse utilisant la technologie des paliers magnétiques actifs ont connu un essor considérable (aussi bien dans la diversité que dans le nombre d'applications). Ces machines répondent en grande partie aux deux plus grands défis du 21^{ème} siècle : la crise énergétique et environnementale.

La grande vitesse de rotation (>20000rpm) combinée au principe de lévitation magnétique confère à ces systèmes les avantages significatifs suivants :

- très compact avec un volume utile deux à trois fois plus petit qu'une machine conventionnelle (basse vitesse),
- très économe en matières nobles (cuivre, acier, ...),
- très haut rendement énergétique,
- très grande fiabilité et durée de vie utile (la lévitation magnétique supprime tous les frottements, donc l'usure).

Tous ces éléments octroient à ces machines des performances énergétiques et dynamiques très importantes ainsi qu'une empreinte environnementale très faible (sur tout le cycle de vie). Pour toutes ces raisons, ces machines sont utilisées dans de nombreuses applications et processus critiques : liquéfaction de l'hydrogène, production des semi-conducteurs, pompe à chaleur à très haut rendement énergétique, transport et stockage du gaz naturel utilisant le principe de « Zero Leak », récupération d'énergie (cogénération) utilisant le cycle de Rankine organique, ...

Actuellement, un modèle de la dynamique du système (machine tournante + paliers magnétiques + processus) est déterminé à partir de données collectées hors ligne et le contrôle actif de ce système instable et fortement résonant est synthétisé d'une manière définitive lors de l'installation.

L'apprentissage en ligne à partir de données, par sa capacité à suivre l'évolution de la dynamique du système, ouvre la possibilité d'optimiser les conditions de fonctionnement et d'adapter les lois de commande en temps réel. De plus, cette identification permettrait également de prédire avec une grande fiabilité une défaillance à venir (Maintenance Prédictive).

Objectifs du projet

Comme indiqué précédemment, l'objectif de ce projet est donc de développer des outils d'apprentissage (appelé aussi « identification des systèmes ») de la dynamique des machines tournantes à paliers magnétiques qui garantissent à la fois un suivi précis de la dynamique du système et le maintien des performances du système bouclé (robustesse en performance et stabilité).

Cet objectif s'inscrit dans une thématique de recherche très actuelle pour de nombreux domaines de l'ingénierie. Ce projet est, de plus, particulièrement ambitieux de part la nature et la complexité du système considéré. Les indicateurs de complexité les plus significatifs du système à étudier sont en effet les suivants :

- système multiphysique, non-linéaire et ayant un nombre d'entrée/sortie et de variables d'état très élevé,
- système instable en boucle ouverte (inhérent au principe de lévitation magnétique active),
- système faiblement amorti à l'origine de nombreuses instabilités structurelles (phénomène de résonance).

Finalement, comme la procédure d'apprentissage doit se faire en ligne (machine en fonctionnement), de très nombreuses contraintes « temps réel » seront à prendre en compte lors de l'implémentation des algorithmes.

Organisation du projet

Le projet sera structuré en deux phases principales :

Recherche bibliographique et état de l'art.

- Appropriation et test (en simulation) des méthodes d'identification/apprentissage en ligne et de synthèse optimale des signaux d'excitation actuellement disponibles dans la littérature scientifique.
- Définition des avantages et inconvénients de chaque méthode (en particulier par rapport au déploiement des algorithmes dans un système embarqué et temps réel).

Développement théorique et validation en simulation

- Développement de nouveaux outils d'identification en ligne avec une attention particulière aux indicateurs de performances de la boucle fermée.
- Appropriation du modèle multiphysique actuellement disponible (mis à disposition par la société SKF).
- Implémentation et test de ces nouvelles méthodes en simulation sur ce modèle multiphysique.

Équipe d'encadrement

Ce projet sera encadré à la fois par des partenaires académiques et industriels., L'équipe de contrôle de SKF (dirigée par J. Mouterde) supervisera le projet du point de vue industriel. Du côté académique, le projet sera encadré par G. Mercère (Maître de Conférences à l'Université de Poitiers) et X. Bombois (Directeur de Recherche CNRS au Laboratoire Ampère).

Candidature

Si ce projet ambitieux vous intéresse, merci de contacter X. Bombois (xavier.bombois@ec-lyon.fr), G. Mercère (guillaume.mercere@univ-poitiers.fr) et J. Mouterde (joel.mouterde@skf.com) par e-mail avec pour objet "Apprentissage Temps-Réel à partir de Données des Systèmes Dynamiques Complexes", en joignant un CV, une lettre de motivation, une copie de vos diplômes et de vos relevés de notes ainsi que tout autre document pouvant enrichir le dossier de candidature.