



Thèse de doctorat
en
Modélisation basée sur les données, optimisation du contrôle et
maintenance prédictive pour les turbomachines à grande vitesse avec
paliers magnétiques actifs

Nous avons un poste vacant pour un doctorant (3 ans) dans le cadre d'un projet de recherche conjoint entre SKF Magnetic Mechatronics "S2M" (Saint-Marcel), le laboratoire LIAS (Université de Poitiers) et le laboratoire Ampère UMR CNRS 5005 (Ecole Centrale de Lyon).

Mots-clés : identification de systèmes, mécatronique, conception optimale d'expériences, contrôle robuste, maintenance prédictive, paliers magétiques, dynamique des rotors

Project descriptionDescription du projet

Les paliers magnétiques SKF S2M bénéficient de plus de 40 ans d'expertise en technologie de paliers magnétiques actifs (AMB). Avec plus de 130 000 paliers magnétiques SKF et moteurs électriques haute vitesse en service dans de nombreux secteurs, SKF est le leader mondial du développement, de la fabrication et de la vente de ces technologies. S2M est situé à Saint-Marcel, près de Vernon en Normandie.

Un palier magnétique actif (AMB) est un générateur de force sans contact permettant de léviter des rotors et des arbres, autorisant ainsi la rotation sans frottement ni usure. Ce type d'actionneur est fréquemment utilisé dans des applications où des vitesses de rotation élevées doivent être atteintes (ex. : turbomachines, compresseurs centrifuges, micro-usinage). Le dispositif en rotation est maintenu en position fixe dans l'entrefer grâce à un système de contrôle avancé basé sur la technologie de contrôle actif des vibrations. Une turbomachine fonctionnant avec un système de contrôle de position AMB est reconnue pour sa haute fiabilité. Cependant, comme tout système technique, des défaillances peuvent survenir et la performance peut diminuer avec le temps.

Dans ce projet, nous visons à développer des solutions d'apprentissage basées sur les données qui, en suivant l'évolution des paramètres clés du système, permettront non seulement de repenser le système de contrôle de position (augmentant ainsi la fiabilité de ces dispositifs coûteux), mais aussi d'optimiser la planification de la maintenance corrective afin de prévenir les pannes imprévues. Cette technologie réduira non seulement les pertes liées aux arrêts de machines, mais aussi les coûts de service en réalisant la maintenance

SKF Magnetic Mechatronics SAS

2, rue des champs 27 950 Saint-Marcel
Tel +33 232 64 33 00 Fax +33 232 21 25 99. www.skf.com/s2m

SAS au capital de 3.863.616 € - SIRET 306 954 736 000 22 - NAF 2711 Z - TVA FR 55 306 954 736

uniquement lorsque cela est nécessaire (maintenance prédictive plutôt que préventive). Anticiper les défaillances et la dégradation des matériaux représente un enjeu industriel et économique majeur pour S2M et les utilisateurs finaux des machines à grande vitesse sur paliers magnétiques.

Le développement de cette technologie basée sur les données sera rendu possible grâce aux nombreux capteurs intégrés dans les systèmes avancés de contrôle de position AMB et à la possibilité d'obtenir des données informatives en excitant le système via des profils spécifiques. Toutefois, ce développement implique plusieurs défis scientifiques :

- **Apprentissage de modèles dynamiques pour le re-conception du contrôle et la maintenance prédictive.** La dynamique des turbomachines évolue avec le temps, et la performance ne peut être garantie que tant que la dynamique du système reste proche du modèle utilisé lors de la mise en service. Les techniques de modélisation basées sur les données doivent permettre un suivi précis de ces dynamiques pour déterminer quand une re-conception du contrôle est nécessaire et/ou prédire le moment de la prochaine maintenance.
- **Collecte des données.** Pour être utilisé, le modèle identifié doit être suffisamment précis. Il est donc essentiel que les données collectées soient informatives. La génération de telles données via un signal d'excitation est particulièrement difficile, car le dispositif en rotation ne doit pas trop s'éloigner de sa position centrale. Des solutions de conception optimale d'expériences, visant à générer des données informatives par excitation non intrusive, seront explorées.
- **Validation.** Tout au long du projet, des tests seront réalisés sur des turbomachines réelles chez SKF Magnetic Mechatronics à Saint-Marcel, France, afin de valider les nouvelles solutions avec des données réelles.

Encadrement

Ce projet de thèse est encadré par des partenaires académiques et industriels. L'équipe de contrôle chez SKF (dirigée par A. Farhat) assurera le suivi industriel. Côté académique, le projet sera supervisé par G. Mercère (Professeur à l'Université de Poitiers) et X. Bombois (Directeur de recherche CNRS au laboratoire Ampère). Leur expertise couvre différents aspects du projet : modélisation basée sur les données, contrôle robuste, conception optimale d'expériences, identification de modèles en boîte noire et grise, modélisation LTV, LPV et LFR, analyse statistique. Le doctorant sera inscrit à l'école doctorale de l'Université de Poitiers ou à l'école doctorale EEA de l'Université de Lyon.

SKF Magnetic Mechatronics SAS

2, rue des champs 27 950 Saint-Marcel
Tel +33 232 64 33 00 Fax +33 232 21 25 99. www.skf.com/s2m



Recrutement

Ce poste stimulant est basé sur un contrat à durée déterminée de trois ans, période pendant laquelle le doctorant pourra acquérir une expérience académique et industrielle.

Profil du candidat

Les candidats doivent être titulaires d'un Master en ingénierie issu d'une école d'ingénieurs de bon niveau. Ils doivent posséder une solide formation en mathématiques et, idéalement, en identification de systèmes et en commande avancée. Ils doivent démontrer d'excellentes capacités analytiques et de résolution de problèmes ainsi que, de préférence, de bonnes compétences en programmation. Une bonne maîtrise de Matlab est requise. Le candidat doit également avoir d'excellentes compétences en communication orale et écrite en anglais.

Procédure de candidature

Si ce projet stimulant vous intéresse, veuillez contacter X. Bombois (xavier.bombois@ec-lyon.fr) et G. Mercère (guillaume.mercere@univ-poitiers.fr) par e-mail avec l'objet "Thèse de doctorat SKF/LIAS/Ampère", en joignant un CV académique, une lettre de motivation, un PDF de vos diplômes et relevés de notes, une lettre de recommandation de votre encadrant de mémoire de Master, un certificat de compétence en anglais ainsi que tout autre document pouvant enrichir votre candidature.

References

- [1] Bleuler, H.; Cole, M.; Keogh, P.; Larssonneur, R.; Malsen, R.; Nordmann, R.; Okada, Y.; Schweitzer, G. & Traxler, *Magnetic bearings: theory, design, and application to rotating machinery*. Springer, 2009
- [2] Blom, R. *Model-based process monitoring and control of micro-milling using active magnetic bearings*, PhD thesis, TU Delft, 2011. <https://repository.tudelft.nl/record/uuid:da6ca476-2692-4497-84de-7967eeb3b62c>
- [3] Bombois, X.; Scorletti, G.; Gevers, M.; Van den Hof, P. & Hildebrand, R. *Least costly identification experiment for control*. Automatica, 2006, 42, 1651-1662. <https://hal.science/hal-00413370v1/document>
- [4] Bombois, X.; Scorletti, G.; Mercère G. *Verifying robust output amplitude constraints for multisine excitation in system identification*. Submitted to International Journal of Control, 2023. <https://hal.science/hal-04675923v2/document>

SKF Magnetic Mechatronics SAS

2, rue des champs 27 950 Saint-Marcel
Tel +33 232 64 33 00 Fax +33 232 21 25 99. www.skf.com/s2m