



Offre de Thèse de Doctorat

Prédiction de l'usure et endommagement des engrenages de grandes dimensions à partir de l'analyse des données par IA renforcée par la simulation numérique des phénomènes physiques

Partenaires :

- Entreprise : Groupe ADF <https://www.groupeadf.com>
- Laboratoire :
 - Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Physiques et Numériques / LISPEN (201722624X) ; institut Carnot ARTS / ARTS et METIERS



Encadrement doctoral :

- Académique :
 - Directeur de thèse : Pr. Philippe VERON, Arts et Métiers : philippe.veron@ensam.eu
 - Co-directeur de thèse : Dr. François MALBURET, Arts et Métiers
- Entreprise :
 - Olivier SIRE, Directeur, ADF

Mots-clés :

Mécanismes d'usure, engrenages, fouille de données, simulation numérique, maintenance prédictive, machine learning.

Contexte :

ADF souhaite développer une approche innovante de diagnostic et prédiction de l'usure et de l'endommagement des engrenages de grandes dimensions présents sur ses machines. Actuellement, les diagnostics sont réalisés principalement lors d'opérations de maintenance curative ou corrective et dans certains cas lors d'opérations de maintenance préventive.

Ces diagnostics sont effectués par des mesures de déformation des dentures des pignons et des couronnes à l'aide de gabarits et de jeux de cales nécessitant un arrêt machine et des opérations de démontage pour permettre l'accessibilité. Outre la perte de productivité, ces opérations posent également des problèmes de répétabilité.

L'objectif de cette thèse est donc de développer une **approche prédictive fiable et robuste (compte tenu de l'environnement sévère de fonctionnement) de l'état d'usure et d'endommagement des engrenages de grandes dimensions**.

Cette approche devra permettre de **mettre en place des plans de maintenance préventive au juste besoin**.

Cette thèse sera réalisée au sein du laboratoire LISPEN membre de l'institut Carnot ARTS :

- Le **Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Physiques et Numériques** (LISPEN)
Ce laboratoire réunit les compétences de plus de 90 chercheurs opérants sur les campus Arts et Métiers d'Aix-en-Provence, de Cluny (Institut Image à Chalon-sur-Saône) et de Lille.
Le LISPEN développe des recherches dans le domaine des systèmes dynamiques multi-physiques et virtuels, ayant comme champ d'application privilégié l'Industrie du Futur.
Les travaux de recherche du LISPEN s'articulent autour des quatre thématiques suivantes :
 - Ingénierie systèmes, maquette numérique et PLM (Product Lifecycle Management)
 - Simulation et contrôle des systèmes
 - Interaction Homme-Système
 - Transformation industrielle et aide à la décision

Sujet de recherche

L'objectif de ce travail de thèse est de développer une solution de détection, de caractérisation et de prédiction des endommagements des dentures d'engrenages de grandes dimensions.

Un premier axe de travail portera sur la compréhension et la caractérisation physique de l'endommagement des dentures d'engrenages grâce à la modélisation et à la simulation numérique associée au recalage des résultats de simulation avec le réel.

Un plan d'expérience numérique sera mis en œuvre à partir de conditions de fonctionnement limites représentatives de la réalité et de la diversité de fonctionnement des installations en services.

Les résultats obtenus devront permettre de mieux comprendre les mécanismes d'endommagement et l'influence des conditions opérationnelles qui conduisent à ces endommagements.

Les résultats issus du plan d'expérience numérique pourront ensuite être utilisés pour participer à l'entraînement des algorithmes de prédiction par IA.

Un second axe de travail portera sur l'analyse et l'exploitation des données (rapports d'interventions de maintenance) constituant la source de l'expérience acquises tout au long des années passées sur l'endommagement et la maintenance de ces systèmes d'engrenages sur les installations en service.

Des algorithmes de traitements de ces rapports (documents) devront être développés pour extraire les informations pertinentes et les rendre exploitables par des algorithmes d'apprentissage machine (Machine Learning).

A partir des données pertinentes extraites sur l'ensemble de l'expérience acquise à travers les actions de maintenance passées, des algorithmes de prédictions par IA seront développés afin de prédire l'endommagement des engrenages sur les installations en service et de fournir des dates prédictives d'interventions de maintenance.

Les travaux issus des axes 1 et 2 seront consolidés pour proposer une solution globale hybride de prédiction des endommagements des dentures d'engrenages permettant de construire des plans de maintenance préventive optimisés. Cette solution de prédiction sera donc basée à la fois sur l'exploitation des données (connaissances) de l'expérience passée réelle ET sur l'exploitation des données de simulations numériques basées sur des modèles physiques virtuel du comportement des engrenages.

L'objectif étant d'aboutir à la mise en place d'un jumeau numérique hybride de ces systèmes d'engrenage et de leurs mécanismes d'endommagement.

Un troisième axe pourra être consacré (si nécessaire et pertinent en fonction des besoins) à la détection / mesure de l'état d'endommagement des dentures d'engrenages.

- Etude des techniques de mesure possibles : scans lasers, photos, vidéos, ...
- Etude de leur performance et de leur mise en œuvre opérationnelle
- Expérimentations
- Couplage des résultats de mesure avec une base de données IA pour la classification des défauts d'endommagement.

Profil candidat(e)

Le (la) candidat(e) a un Master 2 ou diplôme d'ingénieur avec des connaissances INDISPENSABLES en génie mécanique, mécanique des solides, matériaux, simulation numérique par éléments finis ET des connaissances IA, machine learning, NLP et outils associés.

Des connaissances dans le domaine de la maintenance, maintenance prédictive seront également appréciées.

La maîtrise de l'anglais à l'oral comme à l'écrit sera nécessaire.

Pour postuler

Envoyez votre candidature (CV et lettre de motivation) à philippe.veron@ensam.eu