

Thèse AM/PhD5

Code

AM/PhD5

Titre

Instrumentation intelligente et jumeau numérique dynamique pour la surveillance des pantographes ferroviaires

Date limite de candidature

15-10-2026

Date de début envisagée

01-11-2026

École doctorale

École doctorale SMI (Sciences des Métiers de l'Ingénieur)

Description

La maintenance prédictive des pantographes ferroviaires constitue un enjeu majeur pour améliorer la disponibilité, la fiabilité et la sécurité des systèmes ferroviaires. Elle repose sur la capacité à surveiller leur état de santé, à détecter les signes précoces de dégradation et à exploiter les données issues de leur fonctionnement en conditions réelles.

Dans le cadre du projet PantoAtlas de la chaire « Maintenance prédictive et connectivité », cette thèse s'inscrit dans le développement d'une approche combinant instrumentation multimodale, exploitation des données et jumeau numérique dynamique pour la surveillance des pantographes ferroviaires. L'objectif sera de poursuivre et d'approfondir ces travaux afin de disposer d'une instrumentation adaptée aux contraintes opérationnelles et permettant de caractériser l'évolution de l'état du pantographe.

Un premier verrou scientifique et technique concerne l'observabilité des phénomènes de dégradation à partir de mesures multimodales. Les pantographes sont soumis à des sollicitations mécaniques et électriques dont les manifestations peuvent être difficiles à mesurer directement. La diversité des capteurs, les contraintes d'intégration, les incertitudes de mesure et les conditions variables d'exploitation soulèvent des questions relatives au choix des grandeurs à mesurer, à la complémentarité des modalités et à la fiabilité des informations collectées.

Un deuxième verrou concerne la qualité et l'exploitation des données issues de l'instrumentation. Les données peuvent présenter des hétérogénéités, des désynchronisations, des valeurs manquantes ou des variations liées aux conditions de mesure. Leur qualification et leur mise en cohérence sont indispensables pour construire une représentation fiable de l'état du système. Il s'agira notamment d'étudier comment exploiter conjointement les données de vibration, électriques, acoustiques, visuelles et, lorsque disponibles, les données de supervision.

Enfin, la thèse abordera la construction et l'actualisation d'un jumeau numérique dynamique dédié à la surveillance de l'état de santé du pantographe. Celui-ci devra permettre de représenter l'évolution de son état à partir des données acquises, en tenant compte des incertitudes et des limites d'observation. L'enjeu est de dépasser une représentation statique du système pour proposer une représentation actualisable, cohérente avec son fonctionnement et exploitable pour le suivi de son état.

Les travaux de recherche s'articuleront autour des questions suivantes :

- Comment concevoir et faire évoluer une instrumentation multimodale permettant d'observer les principaux phénomènes de dégradation du pantographe, tout en tenant compte des contraintes d'intégration et d'exploitation ?
- Comment qualifier, synchroniser et exploiter des données hétérogènes, bruitées ou incomplètes afin de garantir leur pertinence pour la surveillance ?
- Comment combiner les différentes modalités de mesure pour construire des indicateurs représentatifs de l'état de santé du pantographe ?
- Comment concevoir un jumeau numérique dynamique capable d'intégrer les données acquises et d'actualiser sa représentation de l'état du système ?
- Comment évaluer la fiabilité de cette représentation lorsque certaines grandeurs physiques ne sont pas directement mesurables ou que les conditions d'exploitation évoluent ?

L'objectif final est de développer et d'évaluer une démarche intégrée associant instrumentation, traitement des données et jumeau numérique dynamique, permettant une surveillance plus fiable de l'état de santé des pantographes ferroviaires. Les résultats contribueront à la chaîne de maintenance prédictive du projet PantoAtlas, en fournissant des données qualifiées et une représentation dynamique de l'état du système, sur lesquelles pourront s'appuyer les travaux ultérieurs de modélisation multiphysique, de diagnostic et de pronostic.

Qualifications académiques et compétences requises

Le (la) candidat(e) devra posséder une solide formation en génie mécatronique, génie électrique, ou génie mécanique.

La maîtrise de Python et de bonnes compétences en traitement et analyse de données sont indispensables. Des connaissances en traitement du signal, apprentissage automatique, instrumentation et systèmes d'acquisition seront particulièrement appréciées.

Le (la) candidat(e) devra également démontrer un intérêt pour la recherche appliquée en collaboration avec des partenaires industriels, ainsi qu'une capacité à conduire des travaux expérimentaux et à valoriser les résultats sous forme de publications scientifiques.

Dossier de candidature

Les candidat(e)s sont invité(e)s à transmettre leur dossier de candidature accompagné des pièces suivantes:

- Un CV détaillé
- Une lettre de motivation
- Les relevés de notes de Master 1 et Master 2 ou équivalent
- Le rapport du projet de fin d'études (PFE)
- Une copie du diplôme de Master (ou équivalent) ou, à défaut, une attestation de réussite.

Contact

Dr. Safae Laqrichi, Ecole Arts et Métiers campus de rabat, porteur du projet

safae.laqrichi@artsetmetiers.ma