

## Proposition de thèse

### Identification non-linéaire de structures piloté par des données

**Date butoir pour candidater :** 11 mai 2025.

**Date début de thèse :** 1<sup>er</sup> octobre 2025.

**Salaire :** 2300 euros brut mensuel.

**Disciplines :** Mécanique, Génie Civil, Dynamique des Structures, Informatique/*Machine learning*.

**Mots clés :** Identification, Dynamique non-linéaire, Séries temporelles de données, *Machine learning*.

**Contacts :**

- [Alireza Ture Savadkoohi](mailto:alireza.turesavadkoohi@entpe.fr), LTDS (UMR 5513), DR, ENTPE, [alireza.turesavadkoohi@entpe.fr](mailto:alireza.turesavadkoohi@entpe.fr)
- [Stéphane Derrode](mailto:stephane.derrode@ec-lyon.fr), LIRIS (UMR 5205), PR, Centrale Lyon, [stephane.derrode@ec-lyon.fr](mailto:stephane.derrode@ec-lyon.fr)

#### Contexte

Les structures mécaniques, telles que les ponts autoroutiers, sont soumises à des charges dynamiques et à des conditions environnementales variées, pouvant entraîner des défauts ou des dégradations au fil du temps. Ces dégradations, souvent invisibles à l'œil nu, peuvent affecter la sécurité, la performance et la durabilité de la structure, rendant leur détection précoce décisive pour prévenir des défaillances catastrophiques. Dans ce contexte, la surveillance de l'état des structures par la caractérisation précoce des défauts est un domaine crucial de la gestion des infrastructures [1, 2]. Cette surveillance repose principalement sur l'interprétation des variations de certains paramètres physiques et/ou mécaniques du système --à l'aide de techniques de dynamique linéaire et non linéaire--, afin de les relier à l'état de santé des structures [3].

L'une des approches prometteuses --basée sur les données et non sur une modélisation précise de la structure en condition normale [4]--, s'appuie sur la mesure des vibrations et des mouvements des éléments de la structure par des capteurs dynamiques comme des accéléromètres. Ces capteurs, fixés directement aux structures, collectent des séries temporelles de données qui reflètent l'état dynamique de la structure sous l'effet des charges externes, des conditions climatiques et des vibrations dues à la circulation. Cependant, ces séries temporelles contiennent souvent une grande quantité d'informations complexes, et leur analyse pour détecter et localiser précisément des défauts [5] (comme des fissures, des déformations ou des affaiblissements des matériaux) est un défi majeur.

#### Votre sujet de recherche

L'objectif de ce sujet de thèse est de développer des méthodes innovantes pour caractériser, localiser et évaluer la gravité des défauts dans des structures de génie civil [6], en analysant les séries temporelles de données acquises par des capteurs [8]. Il s'agira plus particulièrement d'identifier des propriétés non linéaires des systèmes structurels [9] --comme les réponses d'hystérésis des éléments structurels, les relations non linéaires entre les amplitudes de fréquence et les distributions non linéaires des champs de contraintes-- en exploitant des techniques avancées d'analyse de données (débruitage, filtrage, classification) et d'apprentissage automatique (*Machine Learning* [10]). La finalité est de créer un système de surveillance de structures mécaniques en temps réel capable de fournir des alertes précoces et des recommandations pour des interventions de maintenance ciblées, améliorant ainsi la sécurité et la durabilité des équipements.

#### Éléments bibliographiques

- [1] A. Bernard-Gély, F. Ricard, "Développement des capacités de réalisation de la restauration des ouvrages d'art routiers", CG de l'env. et du dév. durable (CGEDD), 2021. 190 p.

- [2] K. Gkoumas et al, "Indirect Structural Health Monitoring (iSHM) Of Transport Infrastructure in the Digital Age: MITICA Workshop Report", European Union, JRC131885, KJ-04-23-036-EN-N, 2023.
- [3] Y. Rossi *et al.*, "A New Paradigm for Structural Characterization, including Rotational Measurements at a Single Site", Bull. Seismol. Soc. Am., 113: 2249–2274, 2023.
- [4] A. Ture Savadkoohi *et al.*, "Finite element model updating of a semi-rigid moment resisting structure", Struct. Control Health Monit., 18, 149-168, 2011.
- [6] J. Liu *et al.* "Diagnosis algorithms for indirect structural health monitoring of a bridge model via dimensionality reduction", Mech. Syst. Signal Proces.s, 136, 106454, 2020.
- [7] L. Sun *et al.*, "Review of Bridge Structural Health Monitoring Aided by Big Data and AI: From Condition Assessment to Damage Detection", J. Struct. Eng., 146(5):04020073, 2020.
- [8] H. Li, S. Derrode, and W. Pieczynski, "Adaptive On-line Lower Limb Locomotion Activity Recognition Using Semi-Markov Model and Single Wearable Inertial Sensor", Sensors, Vol. 19(19), 4242, 2019.
- [9] K. Worden and P. Green, "A machine learning approach to nonlinear modal analysis", Mech. Syst. Signal Process., 84, 34–53, 2017.
- [10] O. Avci *et al.*, "A review of vibration-based damage detection in civil structures: From traditional methods to ML and DL applications," Mech. Syst. Signal Process., 147, p. 107077, 2021.

### Profil du (de la) candidat (e)

Le candidat doit être titulaire d'un Master 2 en Mécanique ou Génie Civil et/ou d'un diplôme d'ingénieur avec l'une ou l'autre de ces spécialités. Le/la candidat.e saura démontrer une appétence pour le traitement du signal et le *Machine Learning*, ainsi que d'une expérience certaine dans la pratique d'au moins un langage de programmation (python, Matlab). Il/elle saura démontrer autonomie, esprit d'analyse, aisance dans la communication orale et écrite (y compris en anglais) et des capacités de travail en équipe.

Pour postuler, merci d'envoyer votre CV, une lettre de motivations et vos relevés de notes de master (Bac+4 et Bac+5), dans un seul document pdf, **aux 2 adresses mail indiquées en en-tête**, avant la date butoir.

**Processus de recrutement** : à la date butoir, une liste restreinte de candidats sera invitée à une audition par visio-conférence et classée selon l'ordre de mérite vis-à-vis du poste.

### Laboratoire d'accueil / Inscription

La thèse se déroulera au sein du LTDS, site de l'ENTPE (3 rue Maurice Audin, 69518 Vaulx en Velin Cedex, France), sous l'encadrement de Alireza Ture Savadkoohi. Elle sera co-encadrée par S. Derrode.

L'inscription en thèse se fera au sein de l'École MEGA (ED 162) - Mécanique, Énergétique, Génie Civil et Acoustique, Bâtiment Joseph Jacquard - 25 bis Avenue Jean Capelle - 69621 Villeurbanne.

Cette inscription nécessite une phase d'accréditation qui peut prendre jusqu'à 2 mois.

La bourse de thèse s'inscrit dans le cadre du « Bouquet de thèses 2025 » du Collège d'Ingénierie Lyon Saint-Étienne et de l'Université Jean Monnet de Saint-Étienne (*cf.* détails ci-dessous).

## Bouquet de thèses 2025

Le sujet de thèse de doctorat décrit ci-dessus s'inscrit au sein d'un bouquet de thèses dont le but est de construire une approche scientifique pluridisciplinaire pour aborder l'enjeu sociétal « Société numérique responsable » et plus précisément, la thématique spécifique « Data et IA dans une démarche durable et responsable », identifiée comme un enjeu prioritaire par les 4 établissements du Collège d'Ingénierie Lyon Saint-Etienne (Centrale Lyon, ENTPE, INSA Lyon, Mines Saint-Étienne) et par l'Université Jean Monnet Saint-Étienne, qui soutiennent financièrement les thèses formant ce bouquet 2025.

Le bouquet de thèses 2025 regroupe 6 thèses qui couvrent différentes facettes de la science des données et de l'intelligence artificielle en abordant les questions suivantes :

- Monitoring des procédés de cristallisation par émission acoustique assistée par IA.
- Conception assistée par IA de biopolymères biodégradables et/ou biosourcés pour la protection durable des cultures agricoles.
- Méthodes d'apprentissage automatique pour la prédiction du microclimat urbain.
- Identification non-linéaire de structures pilotée par des données.
- Inférence et explicabilité en mode confidentiel : vers l'autodiagnostic via l'image.
- Vers une certification de la surveillance vibratoire par IA explicative.

Ces thèses rassemblent au total 16 encadrants rattachés à 11 laboratoires du site Lyon Saint-Etienne (Centre d'Innovation en Télécommunications et Intégration, Centre SPIN – Génie des Procédés, Ingénierie des Matériaux Polymères, Biologie Fonctionnelle, Insectes et Interactions, Institut Camille Jordan, Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique, Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes, Laboratoire d'InfoRmatique en Image et Systèmes d'information, Laboratoire Hubert Curien, Laboratoire Vibrations Acoustique, Matériaux : Ingénierie & Science) dont les 5 établissements financeurs sont tutelles. Les 6 doctorants recrutés au titre de ce bouquet seront inscrits dans 3 Écoles Doctorales du site : MEGA, EDML, SIS.

Les équipes (doctorants et leurs encadrants) impliquées dans ces 6 thèses forment une communauté scientifique pluridisciplinaire : des échanges réguliers entre ces équipes se dérouleront tout au long des 3 années du parcours doctoral, notamment sous la forme de séminaires communs permettant de développer l'approche systémique pluridisciplinaire propre au bouquet et d'enrichir les compétences disciplinaires des équipes dans un esprit de partage et d'apprentissage. Les mémoires de thèses produits à l'issue du parcours doctoral reflèteront également le positionnement original des travaux de thèse au sein d'un bouquet en incluant un chapitre qui développera l'analyse de l'impact des travaux réalisés sur l'enjeu « Data et IA dans une démarche durable et responsable ».