

## Sujet de thèse

### École doctorale EEA de Lyon

*Merci de compléter l'ensemble des rubriques et de lire les notes de bas de page.*

<b>Etablissement d'inscription :</b> Université Claude Bernard Lyon 1 <sup>1</sup>
<b>École doctorale :</b> ED 160 EEA de Lyon dirigée par Mr Delachartre Philippe
<b>Intitulé du doctorat :</b> Automatique <sup>2</sup>
<b>Sujet de la thèse :</b> Contrôle des oscillations d'une poutre vibrante via un capteur mobile
<b>Unité de recherche :</b> LAGEPP <sup>3</sup> , dirigée par Stéphanie Briançon
<b>Directeur/trice de thèse :</b> Mr XU Cheng zhong
<b>Co-directeur/trice de thèse (le cas échéant)<sup>4</sup> :</b> Mr Hammouri Hassan
<b>Co-directeur/trice de thèse en entreprise (le cas échéant) :</b>

<sup>1</sup> A impérativement choisir dans la liste suivante : Ecole Centrale de Lyon, INSA de Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1

<sup>2</sup> A impérativement choisir dans la liste suivante : Automatique // Electronique, Nanotechnologie, Optique et Laser // Génie Electrique // Ingénierie pour le vivant Traitement du signal et de l'Image)

<sup>3</sup> A impérativement choisir dans la liste suivante : Laboratoire Ampère, CITI, CREATIS, INL, LAGEP, LGEF

<sup>4</sup> Un/une co-encadrant-e n'est pas nécessairement co-directeur/trice de thèse puisque pour remplir ce rôle, il est nécessaire d'être habilité à diriger des recherches (pour plus de précision, voir le règlement intérieur de l'ED EEA, section 3.

### **Collaboration(s)/partenariat(s) extérieur(s) éventuels<sup>5</sup> :**

#### **Domaine et contexte scientifiques :**

Ce sujet de thèse s'inscrit dans le cadre des activités de l'équipe SNLEP du LAGEPP et plus précisément du développement de nouvelles méthodes de conception d'algorithmes d'automatique pour le contrôle de procédés robotiques. Etant donné que les systèmes robotiques ont un caractère non-linéaire, leur contrôle nécessite la commande automatique avancée. Le contexte théorique de cette thèse se situe donc dans le cadre de la théorie du contrôle non-linéaire combinant des équations différentielles non-linéaires de dimension finie et des équations aux dérivées partielles (systèmes hybrides). En effet, le problème à traiter consiste à contrôler un objet mobile sur une poutre vibrante, d'où le caractère hybride. Depuis une dizaine d'années nous avons obtenu des expériences dans le domaine du contrôle des systèmes hybrides, et nous souhaitons mettre en application pour ce type de systèmes certaines méthodes de conception que nous avons développées.

**Mots-clefs :** système non-linéaire, système à paramètres distribués, EDP, observateur, stabilisation.

#### **Objectifs de la thèse :**

Nous considérons un système mécanique constitué d'un véhicule mobile roulant sur une poutre vibrante. On suppose que le système est suffisamment instrumenté : la vibration de la poutre représentant le rail est mesurée par des capteurs sur le rail et dans le véhicule. Des actionneurs sont implémentés sur le véhicule et sur la raille. L'objectif est de concevoir des lois de contrôle par feedback d'état et par feedforward de façon à minimiser les vibrations subies par le véhicule et par la poutre.

#### **Verrous scientifiques :**

Le premier verrou est d'établir un modèle mathématique suffisamment fiable permettant de représenter le phénomène de vibration couplé avec la mobilité du véhicule. On doit consulter la littérature existante pour proposer un modèle hybride bien posé.

---

<sup>5</sup> Hors contrats doctoraux fléchés UMI par l'établissement, les sujets de thèse en cotutelle ne sont pas acceptés.

Le deuxième verrou est de construire un observateur permettant de récupérer l'évolution des états en temps réel. Comme la mesure physique en pratique est de dimension finie étalée dans le temps, il s'agit d'un challenge de pouvoir reconstituer les états, en général de dimension infinie pour une structure souple de vibration, en utilisant des mesures de dimension finie à notre disposition.

Le troisième verrou est de concevoir des lois de contrôle permettant de supprimer ou d'atténuer les vibrations subies par le véhicule et par la poutre. Il s'agit là de commander un système hybride ayant la non-linéarité.

Le quatrième verrou est de mettre en œuvre un schéma numérique fiable permettant de simuler le système hybride et de tester des lois de commande que nous concevons.

Le cinquième verrou est de construire la maquette dotée de l'instrumentation essentielle une fois que la réalisation mécanique est fournie par notre atelier.

**Contributions originales attendues :**

- 1) Construire un modèle intégrant la dynamique de la poutre et celle du mobile.
  
- 2) Développer un schéma numérique efficace et un algorithme fiable permettant la résolution numérique du système hybride et écrire un programme permettant de simuler la dynamique du procédé.
  
- 3) Proposer des lois de commande stabilisation en minimisant l'énergie.
  
- 4) Proposer une maquette de réalisation de l'expérimentation.

**Programme de recherche et démarche scientifique proposée :**

- 1) Recherche bibliographique ;



**EEA**  
ÉLECTRONIQUE  
ÉLECTROTECHNIQUE  
ET AUTOMATIQUE  
UNIVERSITÉ DE LYON

2) Synthèse d'observateurs et de lois de commandes ;

3) Simulations numériques ;

4) Réalisation d'une maquette instrumentée.

**Encadrement scientifique :**

- **Description du comité d'encadrement :** [à compléter avec le rôle dans l'encadrement scientifique (en termes de compétences scientifiques, etc.) et le pourcentage d'implication du directeur de thèse <sup>6</sup> et des autres membres du comité<sup>7</sup> ]

Nom Prénom	Labo / Equipe	Compétences scientifiques	Taux d'encadrement %
Mr XU Cheng zhong	LAGEPP SNLEP/Mécanique	Modélisation, observation, commande, systèmes dynamiques, simulation numérique	40
Mr Hammouri Hassan	LAGEPP SNLEP/Mécanique	Systèmes non- linéaires, observateurs	30
Mr Ahmed Fayez	LAGEPP SNLEP/Mécanique	Robotique appliquée	30

- Le comité d'évaluation de l'HCERES ayant demandé à l'école doctorale de limiter la taille du comité d'encadrement à deux membres (directeur de thèse compris), il est impératif de ne proposer des comités d'encadrement de taille plus importante que si cela est absolument nécessaire<sup>8</sup> et **de le justifier soigneusement.**

Notre comité d'encadrement est constitué de 3 membres. Le premier membre directeur de thèse est un spécialiste dans le contrôle des systèmes à paramètres répartis ; le système considéré fait partie des systèmes à paramètres distribués. Le deuxième membre est un spécialiste du contrôle géométrique non-linéaire ; le sujet considéré implique une partie de systèmes non-linéaires comme toute dynamique de la mécanique solide. Le troisième membre est un spécialiste de la robotique appliquée ; le sujet de thèse proposé prévoit une implémentation

<sup>6</sup> Le directeur de thèse doit être un HdR rattaché à l'ED EEA ou en passe de le devenir avant juin de l'année en cours ou bénéficier d'une dérogation du Conseil Scientifique lors du dépôt du sujet de thèse.

<sup>7</sup> Dans le cas d'un comité d'encadrement réparti sur plusieurs établissements, la plus grande partie de l'encadrement est effectuée par des membres de l'établissement. Si l'encadrement de la thèse implique des membres hors de l'ED EEA, la part de l'encadrement des membres ED doit être très supérieure à 50%.

<sup>8</sup> Un certain nombre de commissions type CNU ne reconnaissent un co-encadrement qu'au-delà d'un certain pourcentage. Souvent l'encadrement est considéré comme effectif si > 30%.

expérimentale, à savoir la réalisation d'une maquette Benchmark, donc la maîtrise de la partie mécatronique est essentielle pour mener à bien le projet de la thèse. Nous voulons employer la compétence de Fayez Ahmed dans le domaine de la robotique appliquée pour le développement de la maquette à part autres horizons.

- **Intégration au sein du (ou des) laboratoire(s)** (Département/Equipe(s) impliquée(s)) (**pourcentage du temps travail au sein de ce ou ces laboratoire(s)**) :

Le doctorant intègre le laboratoire LAGEPP. Il travaille dans notre équipe SNLEP en faisant ACE dans le département-composante Mécanique.

**Financement de la thèse :** Contrat doctoral de l'établissement d'inscription

**Profil du candidat recherché (prérequis) :**

Le candidat aura obtenu un Master en Automatique avec des compétences en modélisation dynamique et en automatique non-linéaire ou en mathématiques appliquées.

**Objectifs de valorisation des travaux de recherche :**

Le sujet est original par nature. Les travaux de la recherche permettent de réaliser un Benchmark sur lequel on peut tester diverses méthodes de contrôle en automatique à la fois pour la recherche future et pour l'enseignement.

**Compétences qui seront développées au cours du doctorat :**

Le doctorant apprendra à instrumenter un système mécanique, à simuler un système complexe et à maîtriser des méthodes de commande avancées.

**Perspectives professionnelles après le doctorat :**

Les compétences acquises lui permettront de réaliser une carrière aussi bien dans l'Enseignement Supérieur que dans des organismes de recherche de type CNRS ou des entreprises privées ayant une activité en Automatique ou d'intégrer dans l'industrie mécanique ou robotique.

### Références bibliographiques sur le sujet de thèse :

- [1] C.Z. Xu and G. Sallet, Multivariable boundary PI control and regulation of a fluid flow system. *Mathematical Control and Related Fields*, AIMS, 2014, 4 (4), pp.501 - 520.
- [2] X.D. Li and C.Z. Xu, Infinite-dimensional Luenberger-like observers for a rotating body beam system, *Systems & Control Letters* 60, pp.138-145, 2011.
- [3] B.Z. Guo, C.Z. Xu and H. Hammouri, Output feedback stabilization of a one-dimensional wave equation with an arbitrary time delay in boundary observation, *ESAIM: Control, Optimization and Calculus of Variations* 18, 22-35, 2012.
- [4] L. Thammabanvong, F.S. Ahmed, H. Yahoui, H. Hammouri, Trajectory tracking for mobile robot: with parameter identification and high gain observer for encoder dynamics, 12th International Conference on Software, Knowledge, Information Management & Applications (SKIMA), 2018.
- [5] H. Hammouri, F.S. Ahmed, S. Othman, Observer design based on immersion technics and canonical form, *Systems & Control Letters*, Vol. 114, 2018.
- [6] J.P. Gauthier and I. Kupka, *Deterministic Observation Theory and Applications*, Cambridge university press, 2001.
- [7] J.M. Coron, *Control and Nonlinearity*, American Mathematical Society, 2007.
- [8] I. Karafyllis and M. Krstic, *Input-to-State Stability for PDEs*, Communications and Control Engineering, 2019.
- [9] E. Trélat, *Contrôle Optimal Théorie et Applications*, Vuibert, Collections Mathématiques Concrètes, 2008.