

Pour contact, veuillez écrire à

Prof. Xu Cheng-Zhong à l'aide de email : cheng-zhong.xu@univ-lyon1.fr

ou Prof. Hammouri Hassan à l'aide de email : hassan.hammouri@univ-lyon1.fr

ou Dr. Ahmed Fayez à l'aide de email : fayez-shakil.ahmed@univ-lyon1.fr

Sujet de thèse

École doctorale EEA de Lyon

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

Etablissement d'inscription : Université Claude Bernard Lyon1
École doctorale : ED 160 EEA de Lyon dirigée par Scorletti Gérard
Intitulé du doctorat : Automatique
Sujet de la thèse : Contrôle des oscillations d'une poutre vibrante via un capteur mobile
Unité de recherche : LAGEPP, dirigée par Briançon Stéphanie
Directeur/trice de thèse : M. Xu Cheng-Zhong
Co-directeur/trice de thèse (le cas échéant)¹ : M. Hammouri Hassan
Co-directeur/trice de thèse en entreprise (le cas échéant) : M. Ahmed Fayez-Shakil

Collaboration(s)/partenariat(s) extérieur(s) éventuels² : [à compléter le cas échéant]

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 des procédés mécaniques en robotiques. Etant donné que les systèmes robotiques ont un caractère non-linéaire, leur contrôle nécessite du contrôle 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 la vibration d'une poutre basée sur les mesures fournies par un capteur mobile, d'où le caractère hybride. Depuis une dizaine d'années nous avons travaillé dans le domaine du contrôle des systèmes hybrides (cf. satellite à appendices flexibles), et nous souhaitons mettre en œuvre certaines méthodes de conception des lois de commande en vue de leur application pour des systèmes robotiques.

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

¹ 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.

² Hors contrats doctoraux fléchés UMI par l'établissement, les sujets de thèse en cotutelle ne sont pas acceptés.

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 à travers des capteurs mobiles sur le rail. Des actionneurs sont implémentés sur le véhicule mobile et sur la raille. L'objectif est de concevoir des lois de commande par feedback d'état et feedforward de façon à minimiser les vibrations subies par la poutre.

Verrous scientifiques :

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

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 et vibrante, en utilisant des mesures de dimension finie à notre disposition.

Le troisième verrou est de concevoir des lois de contrôle permettant d'atténuer les vibrations subies par la poutre. Il s'agit là de commander un système à paramètres distribués.

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 mettre en place une maquette dotée de l'instrumentation essentielle en travaillant avec notre atelier sur la réalisation mécanique.

Contributions originales attendues : [à compléter]

- i) Mettre en place des algorithmes d'estimation en ligne de l'état.
- ii) Comparer différents algorithmes de la stabilisation de la conception à la simulation numérique.

Programme de recherche et démarche scientifique proposée :

- 1) Recherche bibliographique ;
- 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 thèse³ et des autres membres du comité⁴]

Nom Prénom	Labo / Equipe	Compétences scientifiques	Taux d'encadrement %
C.Z. Xu	LAGEP/SNLEP	Contrôle d'EDP	40%
F. Ahmed	LAGEP/SNLEP	Robotique appliquée	30%
H. Hammouri	LAGEP/SNLEP	Contrôle non-linéaire	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 nécessaire⁵ et **de le justifier soigneusement**. [à compléter si plus de deux membres]

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 (ou distribués) ; 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 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.

- 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)**) : [à compléter]

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

Profil du candidat recherché (pré requis) : 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 recherche permettent de réaliser un Benchmark (simulateur et maquette) sur lequel on peut tester diverses méthodes de contrôle en automatique.

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 et la Recherche, que dans des organismes de recherche de type CNRS, INRIA ou encore des entreprises à caractère privé ayant une activité en recherche et développement en Automatique/Robotique/Mécanique.

Références bibliographiques sur le sujet de thèse : [à compléter]

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] H. Hammouri, F.S. Ahmed, S. Othman "Observer design based on immersion technics and canonical form" *Systems & Control Letters*, Vol. 114, 2018.
- [5] J.P. Gauthier and I. Kupka, *Deterministic Observation Theory and Applications*, Cambridge university press, 2001.
- [6] H.K. Khalil, *Nonlinear Systems*, Pearson, 2014.
- [7] J.M. Coron, *Control and Nonlinearity*, American Mathematical Society, 2007.

³ Le directeur de thèse doit être un HdR rattaché à l'ED EEA ou en passe de le devenir avant juin 2019 ou bénéficier d'une dérogation du Conseil Scientifique lors du dépôt du sujet de thèse.

⁴ 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%.

⁵ 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

