IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Sujet de thèse doctorale

Réseaux Neuronaux Récurrents pour une Commande à base d'Apprentissage avec des Garanties de Robustesse (NN4ROC)

Directeur de thèse : M. Philippe Chevrel
Laboratoire : LS2N – Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes (UMR CNRS 6004)
École Doctorale : SPIN – Sciences pour l'Ingénieur et le Numérique
Début de la thèse : 1er septembre 2025 – **Fin :** 31 août 2028
Contact : philippe.chevrel@imt-atlantique.fr

Résumé du sujet

Les systèmes dynamiques complexes – véhicules autonomes, robots industriels, réseaux d'énergie, dispositifs biomédicaux – nécessitent des stratégies de commande capables d'anticiper et de s'adapter aux variations de l'environnement tout en garantissant robustesse et performance. Or, la modélisation de ces systèmes à partir de données réelles est difficile, surtout quand les lois physiques sont partielles ou imprécises.

Cette thèse vise à développer une approche hybride combinant **apprentissage automatique (réseaux neuronaux)** et **modélisation physique** pour la commande de systèmes dynamiques. L'originalité du projet repose sur l'intégration **de contraintes structurelles** dans l'apprentissage de modèles neuronaux (notamment RNN, LPV, PWL), afin qu'ils soient **exploités efficacement dans des algorithmes de commande prédictive ou de commande à modèle interne (IMC)**, tout en garantissant **stabilité, robustesse et faible coût de calcul**.

Objectifs de recherche

- Apprendre des **modèles dynamiques neuronaux contraints**, compatibles avec les exigences des systèmes de commande avancés (MPC, IMC).
- Intégrer les propriétés de **stabilité, dissipativité et incertitude** dès la phase d'apprentissage via des techniques structurées (Bayésien, régularisation, structure PWL/LPV).
- Développer des schémas de **commande prédictive robuste et IMC** exploitant ces modèles neuronaux, validés sur des systèmes simulés ou physiques.
- Réduire significativement le **coût en calcul en ligne**, rendant les approches applicables à des systèmes embarqués.

Méthodologie

La méthodologie repose sur :

- **Apprentissage contraint** de modèles (RNN, PINNs, LPV, PWL) en assurant une structure mathématique exploitable (convexité, linéarité par morceaux, etc.).
- **Validation théorique** (stabilité en boucle fermée, robustesse à l'incertitude) et expérimentale.
- **Synthèse de contrôleurs** via MPC ou IMC, avec composants appris (modèle inverse, modèle de référence…).
- **Évaluation sur cas d'usage simulé ou réel** (robot, système énergétique, etc.).

Profil recherché

Le candidat ou la candidate devra posséder des compétences solides en :

- **Commande des systèmes (automatique)**, optimisation, stabilité,
- **Apprentissage automatique (réseaux neuronaux, apprentissage supervisé/non supervisé)**,
- Programmation scientifique (Python, MATLAB),
- Maîtrise de l'anglais scientifique (rédaction, publication, communication).

Enjeux et retombées

La thèse s'inscrit dans les grands défis industriels et sociétaux liés à la **transformation numérique, la transition énergétique et la souveraineté technologique**. Elle offre un cadre de recherche à fort potentiel académique et applicatif : publications internationales, collaborations industrielles, valorisation logicielle.

En combinant **IA et génie des systèmes**, ce travail vise à rapprocher deux mondes souvent considérés comme antagonistes, pour donner naissance à une nouvelle génération de contrôleurs intelligents, sûrs et efficaces.