



Offre n°2025-08779

Doctorant F/H MÉTHODE DU BACKSTEPPING EN DIMENSION SUPÉRIEURE ET IA POUR ÉQUATIONS NON LINÉAIRES

Type de contrat : CDD

Niveau de diplôme exigé : Bac + 5 ou équivalent

Fonction : Doctorant

Mission confiée

Missions :

Dans la théorie du contrôle, la stabilisation fait référence à la capacité de ramener un système à un équilibre stable ou instable. Pour ce faire, une action sur l'état du système est effectuée en fonction de son état actuel. Ce processus est appelé boucle de rétroaction. La stabilisation peut être obtenue pour toute une série de systèmes physiques, de faire tenir un crayon en équilibre sur le bout d'un doigt jusqu'à l'atterrissage de la fusée SpaceX.

Il existe un large éventail de méthodes en théorie du contrôle pour parvenir à la stabilisation, et plus particulièrement pour concevoir une loi de rétroaction de sorte que la boucle de rétroaction soit stable. L'une d'entre elles, qui a fait l'objet d'une attention particulière au cours de la dernière décennie, est la méthode du backstepping pour les équations différentielles partielles (EDP).

Il a été démontré [Cor15] que cette méthode fonctionne pour les équations différentielles ordinaires (ODE) linéaires, et plusieurs travaux ont été réalisés sur la méthode de backstepping pour les EDP linéaires, donnant lieu à plus de 1 000 articles dans la littérature au cours des deux dernières décennies. Malgré les

progrès réalisés pour donner des conditions nécessaires et suffisantes sur l'existence de la méthode de backstepping ([GHXZ22], [GHXZ24]), cette méthode est pour l'instant restreinte aux EDP unidimensionnelles en espace.

Le premier objectif de la thèse est d'étendre cette méthode à des EDP multidimensionnelles pour des opérateurs auto-adjoints. Le but ici est de modifier le système stable cible habituellement utilisé dans la littérature, conçu pour déplacer toutes les valeurs propres d'un même facteur, en introduisant une projection spectrale pour ne déplacer que les modes propres qui ne croissent pas suffisamment vite. Cette idée a l'avantage de lever les limitations actuelles de la méthode du backstepping, dues à la croissance non bornée de la multiplicité des valeurs propres dans une dimension spatiale supérieure à 1.

Le deuxième objectif est d'explorer la philosophie de la méthode de backstepping aux EDO et EDP non linéaires en utilisant l'IA. Seuls des résultats locaux sont connus dans la littérature pour la stabilisation d'EDO et d'EDP non linéaires à l'aide de la méthode de backstepping, local signifiant ici que l'état du système doit déjà être proche de l'équilibre. Cette restriction provient principalement de la non-linéarité et de notre incapacité dans ce cas à démontrer l'existence et l'inversibilité globale de la transformation. Nous voulons contourner cette restriction en concevant des réseaux neuronaux capables d'apprendre du système stable et de concevoir une loi de réaction pour stabiliser le système initial. Cette méthode présenterait de nombreux avantages significatifs. Tout d'abord, l'utilisation de l'IA pour cette procédure d'apprentissage évite complètement la nécessité de formuler l'équation d'équivalence non linéaire sur la transformation pour qu'elle cartographie le système à stabiliser vers le système cible stable, une tâche très compliquée pour les équations non linéaires. En outre, elle peut fournir des preuves numériques significatives de l'existence d'une telle transformation, ce qui permet de déterminer s'il s'agit d'une piste à suivre sur le plan théorique. Enfin, cette approche pourrait être beaucoup plus efficace pour mettre en œuvre une loi de réaction dans la pratique, étant donné que la convergence numérique de la réaction n'est pas assurée par les méthodes d'approximation numérique classiques.

Pour une meilleure connaissance du sujet de recherche proposé :

[AGHZ25] B. Appolaire, L. Gagnon, C.-K. Huang, M. Zolotnik, Neural Network Approximation of a Phase-Field Model for Dendritic Growth, in preparation, 2025.

[Cor15] J.-M. Coron. Stabilization of control systems and nonlinearities. In Proceedings of the 8th International Congress on Industrial and Applied Mathematics, pages 17–40. Higher Ed. Press, Beijing, 2015.

[GHXZ22] L. Gagnon, A. Hayat, S. Xiang, and C. Zhang. Fredholm transformation on Laplacian and rapid stabilization for the heat equation. *J. Funct. Anal.*, 283(12):Paper No. 109664, 67p., 2022.

[GHXZ24] L. Gagnon, A. Hayat, S. Xiang, and C. Zhang. Fredholm backstepping for critical operators and application to rapid stabilization for the linearized water waves. *Annales de l'Institut Fourier*, Online first, 78 p., 2024

Collaboration :

La thèse sera co-dirigée avec François Charpillet (Centre Inria de l'Université de Lorraine), et des collaborations sont anticipées avec Hoai-Minh Nguyen (Sorbonne Université)

Responsabilités :

La personne recrutée a la charge de mener à bien sa recherche pendant les trois ans de thèse, communiquer clairement ses résultats, écrire des articles scientifiques et les présenter dans des conférences nationales ou internationales.

Pilotage/Management :

RAS

Principales activités

Principales activités (5 maximum) :

- Faire de la recherche
- Étudier la bibliographie
- Rédiger des articles scientifiques
- Faire des présentations en conférences nationales et internationales
- Rapporter ses recherches aux encadrants

Activités complémentaires (3 maximum) :

- Enseignement
- Participation à la vie de laboratoire
- Médiation

Avantages

- Restauration subventionnée
- Transports publics remboursés partiellement
- Congés: 7 semaines de congés annuels + 10 jours de RTT (base temps plein) + possibilité d'autorisations d'absence exceptionnelle (ex : enfants malades, déménagement)
- Possibilité de télétravail (après 6 mois d'ancienneté) et aménagement du temps de travail
- Équipements professionnels à disposition (visioconférence, prêts de matériels informatiques, etc.)
- Prestations sociales, culturelles et sportives (Association de gestion des œuvres sociales d'Inria)
- Accès à la formation professionnelle

- Sécurité sociale

Rémunération

2200 € brut/mois

Informations générales

- **Ville :** Villers lès Nancy
- **Centre Inria :** [Centre Inria de l'Université de Lorraine](#)
- **Date de prise de fonction souhaitée :** 2025-10-01
- **Durée de contrat :** 3 ans
- **Date limite pour postuler :** 2025-04-27

Contacts

- **Équipe Inria :** AT-LOR AE
- **Directeur de thèse :**
Gagnon Ludovick / ludovick.gagnon@inria.fr

A propos d'Inria

Inria est l'institut national de recherche dédié aux sciences et technologies du numérique. Il emploie 2600 personnes. Ses 215 équipes-projets agiles, en général communes avec des partenaires académiques, impliquent plus de 3900 scientifiques pour relever les défis du numérique, souvent à l'interface d'autres disciplines. L'institut fait appel à de nombreux talents dans plus d'une quarantaine de métiers différents. 900 personnels d'appui à la recherche et à l'innovation contribuent à faire émerger et grandir des projets scientifiques ou entrepreneuriaux qui impactent le monde. Inria travaille avec de nombreuses entreprises et a accompagné la création de plus de 200 start-up. L'institut s'efforce ainsi de répondre aux enjeux de la transformation numérique de la science, de la société et de l'économie.

Attention: Les candidatures doivent être déposées en ligne sur le site Inria. Le traitement des candidatures adressées par d'autres canaux n'est pas garanti.

Consignes pour postuler

Sécurité défense :

Ce poste est susceptible d'être affecté dans une zone à régime restrictif (ZRR), telle

que définie dans le décret n°2011-1425 relatif à la protection du potentiel scientifique et technique de la nation (PPST). L'autorisation d'accès à une zone est délivrée par le chef d'établissement, après avis ministériel favorable, tel que défini dans l'arrêté du 03 juillet 2012, relatif à la PPST. Un avis ministériel défavorable pour un poste affecté dans une ZRR aurait pour conséquence l'annulation du recrutement.

Politique de recrutement :

Dans le cadre de sa politique diversité, tous les postes Inria sont accessibles aux personnes en situation de handicap.