



**Offer #2025-08779**

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

*The offer description below is in French*

**Contract type :** Fixed-term contract

**Level of qualifications required :** Graduate degree or equivalent

**Fonction :** PhD Position

### **Assignment**

#### **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 décroissent 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. Zaliznik, 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

**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

## **Main activities**

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

## **Benefits package**

- 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

## Remuneration

2200 € brut/mois

## General Information

- **Town/city** : Villers lès Nancy
- **Inria Center** : Centre Inria de l'Université de Lorraine
- **Starting date** : 2025-10-01
- **Duration of contract** : 3 years
- **Deadline to apply** : 2025-04-27

## Contacts

- **Inria Team** : AT-LOR AE
- **PhD Supervisor** :  
Gagnon Ludovick / [ludovick.gagnon@inria.fr](mailto:ludovick.gagnon@inria.fr)

## About Inria

Inria is the French national research institute dedicated to digital science and technology. It employs 2,600 people. Its 200 agile project teams, generally run jointly with academic partners, include more than 3,500 scientists and engineers working to meet the challenges of digital technology, often at the interface with other disciplines. The Institute also employs numerous talents in over forty different professions. 900 research support staff contribute to the preparation and development of scientific and entrepreneurial projects that have a worldwide impact.

**Warning** : you must enter your e-mail address in order to save your application to Inria. Applications must be submitted online on the Inria website. Processing of applications sent from other channels is not guaranteed.

## Instruction to apply

**Defence Security :**

This position is likely to be situated in a restricted area (ZRR), as defined in Decree No. 2011-1425 relating to the protection of national scientific and technical potential (PPST). Authorisation to enter an area is granted by the director of the unit, following a favourable Ministerial decision, as defined in the decree of 3 July 2012 relating to the PPST. An unfavourable Ministerial decision in respect of a position situated in a ZRR would result in the cancellation of the appointment.

**Recruitment Policy :**

As part of its diversity policy, all Inria positions are accessible to people with disabilities.