

## Commande par interconnexion et dissipation pour les systèmes à paramètres distribués avec interface mobile

**Porteur** : Vincent Andrieu (DR CNRS LAGEPP) et B. Maschke (PU UCBL-LAGEPP)

**Laboratoire** : LAGEPP UMR 5007 (Laboratoire d'Automatique de Génie des Procédés et Génie Pharmaceutique)

**Composante** : (si applicable)

**Nature du financement demandé** : ~~Stage de L3, M1, M2, mobilité sortante~~, **Professeur Invité**, Autres (préciser)

**Période** : (dates du stage ou de la venue du Professeur Invité)

01/10/2025 au 31/10/2025

**Résumé** : (200 mots)

Ce séjour de recherche sera consacré à la commande de systèmes à paramètres distribués avec une interface mobile. Ces systèmes se trouvent typiquement dans les systèmes multiphasiques qui sont courants en Génie des Procédés tel un procédé de purification de l'eau utilisant un procédé cyclique de solidification et fonte d'eau polluée (projet ANR WATERSAFE au LAGEPP).

Monsieur Fabian WIRTH a déjà collaboré sur la définition et la vérification de leur caractère bien-posé au sens de l'Automatique, de tels systèmes dans le cadre des systèmes hamiltoniens à port. Cette collaboration a donné lieu à deux publications communes avec B. Maschke [R.64] [R.66].

L'objectif est de développer la collaboration scientifique avec Monsieur Fabian WIRTH, professeur à l'Université de Passau (Allemagne) autour de ce thème et de préparer des sujets de recherche communs menant à des projets de collaboration de type ANR-DFG et des thèses en co-tutelle.

Le domaine de recherche de Monsieur Fabian WIRTH étant la commande des systèmes de dimension infinie, la stabilité entrée-état des systèmes non-linéaires, il pourrait utilement intervenir dans les UE GEP2374M « Distributed parameters systems » du Master ASI ainsi que dans l'UE PL9015MM « Modèles mathématiques pour les systèmes multiphysiques » de l'EPUL (5<sup>e</sup> année).

### Sujet développé :

Cette visite intervient à un moment charnière pour notre collaboration ; elle est essentielle pour capitaliser sur la dynamique de nos récentes publications communes et pour poser les fondations théoriques d'une nouvelle approche de commande. La commande des systèmes à paramètres distribués est un axe de recherche majeur du LAGEPP, avec une reconnaissance internationale. Une classe de systèmes particulièrement complexe et encore peu explorée en Automatique est celle des systèmes présentant une interface mobile. Au LAGEPP, nous avons développé un cadre théorique basé sur les systèmes hamiltoniens à port (pHs) [1] pour modéliser ces phénomènes physiques.

Notre collaboration avec le Prof. Fabian Wirth, initiée lors du master d'Alexander Killian, s'est concentrée sur une approche augmentant l'état avec la fonction caractéristique des domaines spatiaux [R.42]. Ces travaux communs ont permis d'étudier la stabilité de ces systèmes [R.64] et, dans le cas d'une interface "gelée", de garantir leur stabilité exponentielle [R.66].

Pendant la visite du Prof. Wirth, nous nous concentrerons sur l'extension de ce cadre. L'étape clé consistera à définir une structure hamiltonienne à port pour le système complet (domaines et interface) en introduisant deux variables de port supplémentaires sur l'interface : un effort (pression

interfaciale) et un flux (vitesse de l'interface). Cette formulation permettra de dériver rigoureusement une inégalité de dissipation pour le système couplé, reliant la variation du Hamiltonien total à la puissance fournie par les actionneurs de frontière et d'interface.

Sur cette base, nous développerons des lois de commande par retour d'état passivant, en utilisant des techniques de type IDA-PBC (Interconnection and Damping Assignment Passivity-Based Control) adaptées à la nature infinie-dimensionnelle du système. L'un des défis majeurs sera de concevoir un contrôleur qui assure non seulement la stabilité de la dynamique du système, mais aussi le contrôle précis de la position de l'interface, tout en garantissant la nature bien-posée de l'ensemble du système en boucle fermée. L'expertise du Prof. Wirth sur la stabilité des systèmes de dimension infinie sera ici déterminante.

### Intégration et retombées

Ce projet renforcera les liens entre recherche de pointe et formation au sein de la GI EIF. L'implication du Prof. Wirth dans les cursus et un séminaire dédié exposera les étudiants à une thématique interdisciplinaire porteuse. Les retombées attendues sont une publication scientifique de premier plan, le montage d'un projet ANR-DFG et la définition de sujets de thèse en co-tutelle pour les étudiants de la Graduate Initiative.

### Bibliographie :

- [R.66] A. Kilian, B. Maschke, A. Mironchenko and F. Wirth, *Infinite-dimensional port-Hamiltonian systems with a stationary interface*, **European Journal of Control**, vol.82, pages 101190, January 2025
- [R.64] A. Kilian, B. Maschke, A. Mironchenko, and F. Wirth, *A case study of port-Hamiltonian systems with a moving interface*, **IEEE Control Systems Letters**, Vol.7, pp. 1572-1577, 2023
- [R.42] M. Diagne and B.Maschke, *Boundary Port Hamiltonian formulation of a system of two conservation laws coupled by a moving interface*, **European Journal of Control**, Special issue "Lagrangian and Hamiltonian methods for non-linear control", A. Macchelli and C. Secchi eds., Volume 19, n° 6, pp.495-504, 2013
- [A.143] M. Yaghi, F. Couenne, A. Galfré, L. Lefèvre, B. Maschke, *Port Hamiltonian formulation of the solidification process for a pure substance: A phase field approach*, 4<sup>th</sup> IFAC Workshop on Thermodynamic Foundations of Mathematical Systems' Theory, (TFMST 2022), Montreal, Canada, July 24-27, 2022
- [A.142] A. Bendimerad-Hohl, G. Haine, D. Matignon, B. Maschke, *Structure-preserving discretization of a coupled Allen-Cahn and heat equation system*, 4<sup>th</sup> IFAC Workshop on Thermodynamic Foundations of Mathematical Systems' Theory, (TFMST 2022), Montreal, Canada, July 24-27, 2022
- [1] **Modeling and Control of Complex Physical Systems - The Port-Hamiltonian Approach**, Duindam, V., Macchelli, A., Stramigioli, S., Bruyninckx, H. (eds.), ISBN 978-3-642-03195-3., Springer, Sept. 2009