

Thesis proposal : Analysis and control of 2D implicit linear models

Multidimensional systems (or nD systems) are models where information propagates not only along one dimension, traditionally time, but across several dimensions, which can be represented by a combination of spatial or temporal variables. In this respect, they belong to the class of infinite-dimensional systems and present new theoretical challenges. To understand these new difficulties, the case of 2D systems (with two dimensions) alone is a reservoir of theoretical problems.

The two most studied linear 2D models in the literature are the Roesser model and the Fornasini-Marchesini model, for which the team has, in recent years, analyzed three notions of stability in the case where both dimensions are discrete: asymptotic stability, exponential stability, and structural stability, as well as the existing relationships between these three notions. Ongoing work is currently being done to establish a continuous counterpart to the results obtained in the discrete case.

However, "more concrete" cases, such as those inspired from simple partial differential equations, highlight the need to introduce generalised models, particularly an implicit version of the Roesser model. This model leads, among other things, to intermediate definitions of stability, which do not exactly correspond to the notions defined in the classical (explicit) case. Indeed, if one dimension is spatial and the other temporal, stability can be understood as convergence along the temporal dimension only, even though the model remains intrinsically 2D. Thus, the notion of structural stability becomes too strong because it treats both dimensions equally, and it should be relaxed to give meaning to the study. Furthermore, the concept of causality in space does not exist, which clearly shows that the two dimensions should not always be approached in the same way. A special case of interest would be the case where the "temporal" dimension is continuous while the "space" dimension is discrete.

Work has already been carried out on this subject, but the A&S team of LIAS would like to continue in this direction by further exploring the implicit model and deepening the various definitions of stability.

The doctoral work will consist of:

- Reviewing the existing literature and state of the art;
- Possibly revisiting the defined notions and the associated formalism to bring more coherence to the study;
- Extending the class of models under study;
- Proposing relevant and numerically applicable stability analysis tools;
- Proposing synthesis methods for reasonably complex control laws;
- Optionally, proposing concrete applications for the proposed tools.

Supervisors:

- Olivier Bachelier (PhD supervisor) : olivier.bachelier@univ-poitiers.fr
- Nima Yeganefar (co-supervisor) : nima.yeganefar@univ-poitiers.fr

Laboratory of Computer Science and Systems Automation
LIAS - Bât. B25 - 2, Rue Pierre Brousse - BP 633
86022 Poitiers Cedex – France
Tel. +33 (0)549 45 35 09 – Fax +33 (0)549 45 40 34
Website: <http://lias-lab.fr> – Email: lias@univ-poitiers.fr

Desired profile:

- Master's degree in automation or applied mathematics, engineer in automatic control
- Strong mathematical background in algebra and analysis
- Strong desire to "dig into" somewhat mathematical problems
- Proficiency in programming, particularly in Matlab
- Good communication skills in English
- Ability to conduct research independently

To apply, please send the requested documents to Nima Yeganefar (nima.yeganefar@univ-poitiers.fr):

1. Your CV and list of publications (if any);
2. A cover letter (a first contact is recommended before writing this letter);
3. At least two reference letters.

Proposition de thèse :

Analyse et commande des modèles linéaires implicites 2D

Les systèmes multidimensionnels (ou systèmes nD) sont des modèles dans lesquels l'information se propage non seulement selon une seule dimension, traditionnellement le temps, mais à travers plusieurs dimensions, qui peuvent être représentées par une combinaison de variables spatiales ou temporelles. À ce titre, ils appartiennent à la classe des systèmes de dimension infinie et posent de nouveaux défis théoriques. Pour comprendre ces nouvelles difficultés, le cas des systèmes 2D (à deux dimensions) constitue à lui seul un réservoir de problèmes théoriques.

Les deux modèles linéaires 2D les plus étudiés dans la littérature sont le modèle de Roesser et le modèle de Fornasini-Marchesini, pour lesquels l'équipe a analysé, ces dernières années, trois notions de stabilité dans le cas où les deux dimensions sont discrètes : la stabilité asymptotique, la stabilité exponentielle et la stabilité structurelle, ainsi que les relations entre ces trois notions. Des travaux en cours visent actuellement à établir un équivalent continu des résultats obtenus dans le cas discret.

Cependant, des cas « plus concrets », comme ceux inspirés d'équations aux dérivées partielles simples, mettent en évidence la nécessité d'introduire des modèles généralisés, en particulier une version implicite du modèle de Roesser. Ce modèle conduit, entre autres, à des définitions intermédiaires de la stabilité, qui ne correspondent pas exactement aux notions définies dans le cas classique (explicite). En effet, si une dimension est spatiale et l'autre temporelle, la stabilité peut être comprise comme une convergence selon la dimension temporelle uniquement, bien que le modèle reste intrinsèquement 2D. Ainsi, la notion de stabilité structurelle devient trop forte car elle traite les deux dimensions de manière égale, et il conviendrait de la relâcher pour donner du sens à l'étude. Par ailleurs, le concept de causalité dans l'espace n'existe pas, ce qui montre clairement que les deux dimensions ne doivent pas toujours être abordées de la même manière. Un cas particulier d'intérêt serait celui où la dimension « temporelle » est continue tandis que la dimension « spatiale » est discrète.

Des travaux ont déjà été réalisés sur ce sujet, mais l'équipe A&S du LIAS souhaite poursuivre dans cette direction en explorant davantage le modèle implicite et en approfondissant les différentes définitions de stabilité.

Les travaux de thèse consisteront à :

- **Faire un état de l'art et une revue de la littérature existante ;**
- **Revisiter éventuellement les notions définies et le formalisme associé** pour apporter plus de cohérence à l'étude ;
- **Élargir la classe des modèles étudiés ;**
- **Proposer des outils d'analyse de stabilité pertinents et numériquement applicables ;**
- **Proposer des méthodes de synthèse pour des lois de commande raisonnablement complexes ;**
- **Optionnellement, proposer des applications concrètes pour les outils développés.**

Encadrants :

- Olivier Bachelier (directeur de thèse) : olivier.bachelier@univ-poitiers.fr
- Nima Yeganefar (co-encadrant) : nima.yeganefar@univ-poitiers.fr

Laboratoire d'Informatique et d'Automatique des Systèmes (LIAS) LIAS – Bât. B25 – 2,
Rue Pierre Brousse – BP 633 86022 Poitiers Cedex – France Tél. +33 (0)549 45 35 09 – Fax
+33 (0)549 45 40 34 Site web : <http://lias-lab.fr> – Email : lias@univ-poitiers.fr

Profil recherché :

- Master en automatique ou mathématiques appliquées, ou diplôme d'ingénieur en automatique ;
- Solides bases mathématiques en algèbre et analyse ;
- Goût prononcé pour l'approfondissement de problèmes plutôt mathématiques ;
- Maîtrise de la programmation, notamment sous Matlab ;
- Bonne maîtrise de l'anglais ;
- Capacité à mener des recherches de manière autonome.

Pour postuler, merci d'envoyer les documents demandés à Nima Yeganefar (nima.yeganefar@univ-poitiers.fr) :

1. Votre CV et la liste de vos publications (le cas échéant) ;
2. Une lettre de motivation (un premier contact est recommandé avant la rédaction de cette lettre) ;
3. Au moins deux lettres de recommandation.