

## Identification de systèmes gouvernés par des équations aux dérivées partielles - Application en thermique

**Encadrement :** Guillaume Mercère, Régis Ouvrard et Thierry Poinot

**Laboratoire :** Laboratoire d'Automatique et d'Informatique pour les Systèmes (LIAS)

**Mots clés :** Identification, Equations aux dérivées partielles, Machine learning, Thermique

### Sujet :

Les systèmes à paramètres distribués rencontrés, par exemple, dans la diffusion de chaleur ou dans les mouvements de fluides, sont décrits par des équations aux dérivées partielles (EDP) avec au minimum deux variables indépendantes (généralement le temps et l'espace). Ces modèles sont fonction de paramètres inconnus qu'il faut déterminer. Différentes solutions pour estimer ces paramètres peuvent être utilisées telles qu'une estimation directe des paramètres de l'EDP, une approximation de l'EDP par un système d'équations différentielles ordinaires ou une réduction de l'EDP en une équation algébrique.

L'objectif de ce travail de thèse est de se concentrer sur l'identification des paramètres des EDP ainsi que la localisation et la reconstruction de sources. Une étude bibliographique sur les différentes techniques existantes d'identification appliquées aux EDP sera tout d'abord menée. Les avantages et défauts de chacune des approches seront clairement mis en avant. L'étape suivante se focalisera sur les approches développées au laboratoire LIAS, comme les modèles 2D associés aux techniques d'estimation en erreur d'équation et en erreur de sortie. Le travail s'intéressera plus particulièrement aux points suivants :

- implémentation des algorithmes - versions hors-ligne et en ligne,
- choix de la meilleure excitation au sens de l'estimation paramétrique,
- adaptation des algorithmes pour des données non uniformément réparties en temps et/ou en espace,
- influence du nombre de capteurs et de leur répartition sur l'estimation paramétrique,
- amélioration des techniques dans les cas suivants :
  - cas d'un faible nombre de capteurs,
  - cas d'un faible nombre d'échantillons temporels.

Les différents algorithmes mis en œuvre seront tout d'abord validés sur des données de simulation. L'application envisagée porte principalement sur la thermique. Selon les avancées du projet, le doctorant sera impliqué dans les projets industriels et académiques (nationaux ou internationaux) des encadrants et les outils développés seront appliqués à des procédés de type systèmes diphasiques ou dynamiques de populations.

### Références

M. Farah, G. Mercère, R. Ouvrard, and T. Poinot. Combining least-squares and gradient-based algorithms for the identification of a co-current flow heat exchanger. *International Journal of Control*, 2018.

D.C. Pham, G. Mercère, R. Ouvrard, T. Poinot, H. Pálsson. Fouling Detection in a Parallel Flow Heat Exchanger via a Roesser Model Identification Procedure. In *20th IFAC World Congress*, Toulouse, France, 2017.

J. Ramos, G. Mercère. A stochastic subspace system identification algorithm for state space systems in the general 2-D Roesser model form. *International Journal of Control*, 2018.

A. Alenany, G. Mercère, J. Ramos. Subspace identification of 2-D CRSD Roesser models with deterministic-stochastic inputs: a state computation approach. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 25, 1108-1115, 2017.

**Profil souhaité :**

Le candidat devra posséder des connaissances en mathématiques appliqués, en automatique et plus spécifiquement en identification des systèmes. Une bonne connaissance de Matlab est nécessaire. Un bon niveau en français et en anglais est fondamental.

**Documents à fournir :**

- Curriculum Vitae et lettre de motivation,
- Notes de Master,
- Score au TOEIC ou équivalent,
- Tout autre document jugé nécessaire par le candidat pouvant enrichir le dossier de candidature.

**Contacts :**

[guillaume.mercere@univ-poitiers.fr](mailto:guillaume.mercere@univ-poitiers.fr), [regis.ouvrard@univ-poitiers.fr](mailto:regis.ouvrard@univ-poitiers.fr),  
[thierry.poinot@univ-poitiers.fr](mailto:thierry.poinot@univ-poitiers.fr)

## Identification of systems governed by Partial Differential Equation Application to heat transfers

**Supervisors:** Guillaume Mercère, Régis Ouvrard and Thierry Poinot

**Laboratory:** Laboratoire d'Automatique et d'Informatique pour les Systèmes (LIAS)

**Keywords:** Identification, Partial Differential Equations, Machine learning, Heat transfer

### **Subject:**

Distributed parameter systems like processes governed by heat diffusion or flow phenomena can be described by partial differential equations (PDE) depending on two or more independent variables (usually time and space). These models contain some unknown (physical) parameters to be determined. Different ways to estimate parameters of distributed parameter systems can be used: direct estimation of the PDE model parameters, transformation of the PDE into a set of ordinary differential equations (ODEs), reduction of the partial differential equation to algebraic equations.

The main objective of this PhD thesis is to develop new tools for PDE model parameter identification. After focusing on existing identification techniques available in the literature with a specific attention to their advantages and drawbacks, the candidate will have to improve solutions developed by our group members until now, i.e., 2D models associated with output-error and equation-error techniques. More specifically, the candidate will focus on the following points:

- implementation of the identification algorithms,
- design of the best system excitation,
- adaptation of the algorithms for non-uniformly sampled data (in time and/or space domain),
- impact of the number of sensors and their spatial distribution on the parameter estimation
- improvement of the methods in the following cases:
  - small number of sensors,
  - small number of time samples.

The validation of the algorithms will be first performed on simulated data. While the main application field is heat transfer, the Ph.D. candidate will be involved in other academic and industrial projects led by the supervisors. For instance, the newly developed tools should be used on a two-phase system as well for a project dedicated to the population dynamics prediction.

### **References**

M. Farah, G. Mercère, R. Ouvrard, and T. Poinot. Combining least-squares and gradient-based algorithms for the identification of a co-current flow heat exchanger. *International Journal of Control*, 2018.

D.C. Pham, G. Mercère, R. Ouvrard, T. Poinot, H. Pálsson. Fouling Detection in a Parallel Flow Heat Exchanger via a Roesser Model Identification Procedure. In *20th IFAC World Congress*, Toulouse, France, 2017.

J. Ramos, G. Mercère. A stochastic subspace system identification algorithm for state space systems in the general 2-D Roesser model form. *International Journal of Control*, 2018.

A. Alenany, G. Mercère, J. Ramos. Subspace identification of 2-D CRSD Roesser models with deterministic-stochastic inputs: a state computation approach. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 25, 1108-1115, 2017.

**Profile of applicant:**

This PhD proposal mainly requires skills in applied mathematics, automatic control and system identification more specifically. Fluency in French and in English is required.

**Documents to provide:**

- Curriculum Vitae and cover letter,
- Master marks,
- Certificate of proficiency in English,
- Any other document deemed necessary by the candidate which can enrich the application.

**Contacts:**

[guillaume.mercere@univ-poitiers.fr](mailto:guillaume.mercere@univ-poitiers.fr), [regis.ouvrard@univ-poitiers.fr](mailto:regis.ouvrard@univ-poitiers.fr),  
[thierry.poinot@univ-poitiers.fr](mailto:thierry.poinot@univ-poitiers.fr)