

## **Modélisation des dynamiques de population – Développement de nouveaux modèles dynamiques et de nouveaux outils pour l’estimation paramétrique**

**Encadrement :** Régis Ouvrard et Thierry Poinot

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

### **Contexte :**

Les moyens informatiques et les outils mathématiques permettent aujourd’hui d’envisager le développement de modèles de dynamiques de population plus performants que les traditionnels modèles statistiques. Les modèles basés sur des équations aux dérivées partielles (EDP) permettent, par exemple, une meilleure représentation des impacts des changements globaux (climat, agriculture, ...) sur la biodiversité. Ils présentent des dynamiques spatiales et temporelles de la population étudiée et des paramètres variables prennent en compte l’hétérogénéité environnementale. Dans l’objectif de prédiction de l’évolution des populations faunistiques ou floristiques face aux changements globaux, ils permettent d’évaluer différents scénarios climatiques, agricoles ou autres.

Cette thèse repose sur l’expérience accumulée depuis 6 ans dans le cadre d’un programme de recherche transdisciplinaire regroupant écologues (CEBC Chizé, MNHN Paris), bio-économistes (CIRED Nogent-sur-Marne) et chercheurs en modélisation expérimentale (LIAS Poitiers).

**Financement :** Ministère

**Mots clés :** Changements globaux, Dynamiques de populations, Equations aux dérivées partielles, Estimation paramétrique, Impacts sur la biodiversité, Identification de système, Modélisation à paramètres variables

### **Sujet :**

Le doctorant réalisera d’abord une étude bibliographique sur les modèles de dynamiques de population utilisés en écologie (GLM, Maxent, modèle logistique, métapopulation, modèles de niche, ...). L’application numérique de certains modèles existants sera réalisée sur des données naturalistes pour permettre une comparaison avec les modèles et les outils développés pendant la thèse.

Le doctorant devra ensuite se familiariser avec les outils d’estimation paramétrique des modèles EDP à paramètres variables (voir le document téléchargeable sur le lien [www.lias-lab.fr/perso/regisouvrard/CEP\\_2018\\_EDP\\_for\\_bird\\_population.pdf](http://www.lias-lab.fr/perso/regisouvrard/CEP_2018_EDP_for_bird_population.pdf)).

Les travaux devront alterner entre développements théoriques et méthodologiques (aspect du sujet nécessitant pour le doctorant des compétences en automatique ou en mathématiques appliqués, de même qu’en programmation) et applications des outils aux données (partie du sujet où le doctorant bénéficiera de l’expertise des écologues partenaires). Du point de vue méthodologie, sur la base des outils déjà développés [Ouvrard *et al.*, 2019], les pistes à investiguer sont, entre autres :

- La comparaison en termes de performances des modèles EDP avec les modèles statistiques présents dans la bibliographie.
- L’analyse de sensibilité des paramètres des modèles EDP.

- Le développement de critères de choix de structure et de validation pour comparer les modèles entre eux.
- L'étude de la convergence des algorithmes d'identification en fonction des différents paramètres de synthèse, de la richesse des données, des perturbations sur les données, ...
- La caractérisation des intervalles de confiance sur la prédiction d'évolution de la population.
- L'analyse des prétraitements faits sur les données comme le krigeage.

Du point de vue applicatif, avec l'aide des spécialistes en écologie, le doctorant appliquera les outils sur des données naturalistes à différentes échelles géographiques (zone de quelques centaines d'hectares, département, région, pays) et sur différents taxons (oiseaux, amphibiens, ...).

### Référence

- Ouvrard R., Mercère G., Poinot T., Jiguet F. & Mouysset L. *Dynamic models for bird population - A parameter-varying partial differential equation identification approach*. Control Engineering Practice, 2019, 91.

### Profil souhaité :

Le candidat devra être issu d'une formation en mathématiques appliqués ou en automatique avec, de préférence, des connaissances en identification des systèmes et en modélisation mathématique. Une bonne connaissance en programmation est nécessaire (langages utilisés Matlab et R). Un bon niveau en français et en anglais est fondamental.

**Début de la thèse :** Automne 2023

**Durée :** 3 ans

### Documents à fournir :

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

### Contacts :

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

## **Modelling of population dynamics - Development of new dynamic models and new tools for parametric estimation**

**Supervisors:** Régis Ouvrard and Thierry Poinot

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

**Context:**

Today, computer resources and mathematical tools make it possible to consider the development of population dynamic models that are more efficient than traditional statistical models. Models based on partial differential equations (PDEs) allow, for example, a better representation of the impacts of global changes (climate, agriculture, etc.) on biodiversity. Their structures exhibit spatial and temporal dynamics of the studied population and the varying parameters take into account the environmental heterogeneity. In order to predict the evolution of fauna or flora populations in the global changes' context, such models make it possible to evaluate different climatic, agricultural or other scenarios. This thesis is based on the 6 years of experience of a transdisciplinary research program bringing together ecologists (CEBC Chizé, MNHN Paris), bio-economists (CIRED Nogent-sur-Marne) and researchers in systems identification (LIAS Poitiers).

**Funding:** Scholarship from the French Ministry of Education and Research

**Keywords:** Global changes, Impacts on biodiversity, Parametric estimation, Partial differential equations, Population dynamics, System identification, Varying parameter model

**Subject:**

The PhD student will first carry out a study on the existing models of population dynamics used in ecology (GLM, Maxent, logistic model, metapopulation, niche models, etc.). Certain models will be applied to real data to allow a comparison with the models and tools developed during the PhD thesis.

The PhD student will have to appropriate the parametric estimation tools of PDE models with varying parameters (see

[www.lias-lab.fr/perso/regisouvrard/CEP\\_2018\\_EDP\\_for\\_bird\\_population.pdf](http://www.lias-lab.fr/perso/regisouvrard/CEP_2018_EDP_for_bird_population.pdf)).

The work must alternate between theoretical and methodological developments (part of the subject requiring the PhD student to have skills in automatic control or applied mathematics, as well as in programming) and applications of the algorithms to data (part of the subject where the PhD student will benefit from expertise of partner ecologists).

For the methodological part, based on the tools already developed [Ouvrard *et al.*, 2019], some investigations among others:

- Comparison in terms of performance of the PDE models with the statistical models existing in literature.
- Sensitivity analysis of PDE model parameters.
- Development of criteria for the choice of structure and validation to compare the models with each other.
- Study of the convergence of the identification algorithms according to the different design

parameters, the quality of the data, the disturbances on the data, ...

- Computation of the confidence intervals on the prediction of population evolution.
- Analysis of pre-processing done on data such as kriging.

For the application part, in collaboration with ecologists, the PhD student will apply the tools on ecological data at different geographical scales (area of a few hundred hectares, department, region, country) and on different taxa (birds, amphibians, etc.).

**Reference:**

- Ouvrard R., Mercère G., Poinot T., Jiguet F. & Mouysset L. *Dynamic models for bird population - A parameter-varying partial differential equation identification approach*. Control Engineering Practice, 2019, 91.

**Profile of applicant:**

This PhD proposal mainly requires skills in applied mathematics, automatic control and system identification more specifically. A good knowledge of programming (used languages Matlab and R) is necessary. Fluency in French and in English is required.

**Start:** Fall 2023

**Duration:** 3 years

**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:**

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