

Proposition de thèse ASTRAGALE¹

Titre : Simulation, estimation et contrôle de modèles épidémiologiques structurés et spatialisés

Thèse financée par le CNRS (via la Plateforme MODCOV19), débutant au 1^{er} octobre 2021

La thèse se déroulera à Grenoble. Le doctorant sera inscrit à l'Ecole Doctorale MSTII et rattaché à l'équipe AIRSEA du Laboratoire Jean Kuntzmann (UMR 5224).

Co-direction de thèse :

Clémentine PRIEUR, Université Grenoble Alpes, Laboratoire Jean Kuntzmann

clementine.prieur@univ-grenoble-alpes.fr

<https://ljk.imag.fr/membres/Clementine.Prieur/>

Didier GEORGES, Grenoble-INP, GIPSA-lab

didier.georges@gipsa-lab.grenoble-inp.fr

<http://www.gipsa-lab.grenoble-inp.fr/didier.georges/>

Mots-clés : systèmes dynamiques complexes, modèles compartimentaux en épidémiologie, réduction de modèle, quantification d'incertitudes, résolution dynamique de problèmes inverses, commande optimale sous contraintes.

Compétences requises : niveau master ou équivalent en mathématiques appliquées, compétences en résolution numérique pour les EDPs, en optimisation et en analyse de systèmes dynamiques, compétences et goût pour la programmation (par exemple en Python, R, Matlab, Julia ou C/C++ ...).

Résumé du projet de thèse : Le projet de thèse ASTRAGALE a pour objectif de comprendre la dynamique et les paramètres les plus déterminants dans la propagation de la Covid-19, de proposer des stratégies de contrôle épidémique en termes de politiques de confinement, campagnes de tests ou encore de vaccination, avec pour cadre d'étude le territoire Auvergne-Rhône-Alpes. Pour cela, nous proposons une approche originale de la modélisation de la dynamique épidémique fondée sur le développement d'un modèle à paramètres distribués de type advection-diffusion-réaction en 3D (2 dimensions spatiales et une dimension liée à l'âge) et l'utilisation de techniques de réduction de modèles, permettant potentiellement d'éviter l'écueil liée à la sur-paramétrisation des modèles SIR traditionnels. Il est important de souligner que l'approche scientifique que nous proposons est générique et pourrait être transposée à l'étude de la pandémie sur différentes entités géographiques ou à d'autres dynamiques de transmission épidémique, ou même à d'autres domaines d'application faisant intervenir des dynamiques complexes potentiellement non linéaires sur un milieu hétérogène. Les défis scientifiques de ce projet sont multiples : modélisation de phénomènes distribués non linéaires sur un milieu hétérogène complexe en 3D, assimilation de données incertaines et hétérogènes conduisant à problèmes inverses mal posés, problèmes de contrôle optimal de grande dimension. Le/la doctorant(e) sera encadré(e) par Clémentine Prieur (LJK, UMR 5224) et Didier Georges (GIPSA-lab, UMR 5216) et rattaché(e) au LJK. L'étape de modélisation impliquera des échanges éclairés avec E. Vergu (INRAE), experte en épidémiologie et modélisation et R. Sameni (Univ. Emory, Atlanta), expert en modélisation et d'analyse des systèmes à compartiments. Un planning prévisionnel pour la thèse est :

- Année 1 : étude bibliographique sur la modélisation en épidémiologie, l'analyse de sensibilité, la réduction de modèle et la résolution numérique de systèmes non-linéaires régis par des équations aux dérivées partielles, les problèmes inverses et la commande optimale ; modélisation et simulation du modèle épidémiologique ; construction et analyse d'un modèle réduit ; première valorisation des résultats ;
- Année 2 : analyse de sensibilité, formulation et résolution du problème inverse par une approche à horizon glissant ; valorisation des résultats ;
- Année 3 : formulation et résolution d'un problème de contrôle épidémique sur la base du modèle développé ; finalisation de publications, rédaction et soutenance de la thèse.

Le projet bénéficiera du support technique de P. Bellemain (IE CNRS) pour la collecte et le traitement des données, ainsi que pour le développement d'un simulateur et la mise en œuvre des algorithmes développés dans le cadre du projet. Nous avons d'ores et déjà un accès privilégié aux données de la plateforme COVID-19 du Ministère de la Santé. Nous aurons aussi accès à des infrastructures de calcul intensif et de traitement des données performantes via GRICAD (UAR 3758).

1. L'astragale, plus précisément la variété *Astragalus membranaceus*, est une plante très appréciée et fréquemment prescrite en médecine traditionnelle chinoise. Parmi ses espèces on compte l'*Astragalus alpinus* (Astragale des Alpes).