

Grands graphes aléatoires : simulation et analyse de données pour l'étude d'épidémies

Encadrement : Patrick Hoscheit, Michele Salvi, Elisabeta Vergu (INRA, UR1404 MaIAGE)

Contexte scientifique

Les réseaux (ou graphes), définis par un ensemble de nœuds (ou sommets), et par leurs connections - les liens (ou arêtes)-, sont des représentations naturelles de systèmes d'entités et de leurs interactions, très abondants dans le monde (réseaux sociaux, réseaux de contacts entre populations, réseaux de neurones, réseaux métaboliques, internet etc).

Dans ce contexte, les modèles de graphes aléatoires jouent un rôle important dans la modélisation, l'analyse et la compréhension de phénomènes complexes sur des réseaux réels. En particulier, ils sont utilisés dans l'étude de la propagation d'épidémies en fonction de la structure de contacts entre individus ou populations, un des facteurs majeurs influençant les dynamiques épidémiques. Cependant, la plupart de ces modèles ne considèrent pas une propriété clé de nombreux réseaux du monde réel, à savoir la structure spatiale, qui se traduit par la propension d'un nœud à établir des liens avec d'autres nœuds en fonction de la distance physique.

Dans un travail en cours (Dalmau & Salvi), nous avons proposé un graphe aléatoire spatialisé, dont nous étudions les propriétés mathématiques, dans lequel les nœuds sont placés aléatoirement dans l'espace selon un processus de Poisson et sont reliés entre eux par des arêtes avec une probabilité dépendant de leur distance et de leurs poids (qui sont des quantités aléatoires rendant compte de l'importance des nœuds dans le réseau). Dans un deuxième temps, ce modèle de graphe sera appliqué à la modélisation des interactions entre les élevages de bovins en France via le commerce et à l'étude de la propagation d'épidémies sur une telle structure de contacts.

Ce stage s'inscrit dans le cadre du projet ANR Cadence, dont l'objectif est de développer de tels outils.

Objectifs

L'objectif de ce projet de stage est de :

- (i) implémenter efficacement le modèle de graphe aléatoire spatialisé que nous avons développé ;
- (ii) le confronter aux données d'échanges marchands de bovins, préalablement analysées, afin d'évaluer qualitativement son adéquation ou d'en estimer les paramètres par une approche de maximum de vraisemblance ou ABC (approximate bayesian computation) ;
- (iii) implémenter et simuler un modèle épidémique simple de propagation sur ce réseau afin d'évaluer sa vulnérabilité ;
- (iv) évaluer par simulation (expériences de percolation) l'efficacité de mesures de maîtrise consistant à déconnecter du réseau certains nœuds ou certaines arêtes ciblés préférentiellement.

L'application repose sur les données extraites de la base BDNI, répertoriant les informations concernant les mouvements de tous les bovins français (notamment les identifiants des exploitations source/vente et destination/achat), ainsi que les caractéristiques et les localisations des exploitations. Ces données exhaustives permettent une représentation détaillée et précise des liens entre les exploitations sous forme de graphe.

Compétences recherchées

Master 2 en physique ou systèmes complexes ou informatique ou fin d'études d'ingénieur ou mathématiques appliquées. Les candidatures de M1 correspondant aux compétences recherchées seront également examinées.

Compétences : maîtrise de la programmation bas niveau (C/C++, Python), bonne connaissance du langage R ; manipulation de gros jeux de données ; connaissances en théorie des graphes ; connaissances en inférences statistique ; appétence pour la modélisation appliquée à la biologie ; maîtrise de l'anglais scientifique (lecture d'articles).

Déroulement du stage

Le stage se déroulera dans l'unité MaIAGE (Mathématiques et Informatique Appliquées du Génome à l'Environnement) du centre INRA de Jouy-en-Josas (78350). La durée prévue est de 4 à 6 mois. Début possible en début d'année 2019. Gratification : 550€/mois environ (taux légal).

Candidature

Envoyer CV (inclure la liste des cours suivis en M1/M2 et notes disponibles) à patrick.hoscheit@inra.fr, michele.salvi@inra.fr, elisabeta.vergu@inra.fr