

Post-doctorat 2017-2019

Dynamiques de populations et épidémies sur grands graphes aléatoires

Description du sujet de recherche

Le post-doctorat portera sur l'élaboration et l'analyse mathématique d'un modèle de dynamique épidémique intégrant une dynamique de population évoluant sur des grands graphes.

Un modèle de dynamique de population (naissances et morts et transferts) sur un graphe aléatoire spatialisé sera construit, en partant de modèles classiques de graphes tels que l'attachement préférentiel ou le modèle de configuration. Nous prendrons en compte une hétérogénéité des nœuds.

L'objectif sera d'étudier la limite en grand nombre de nœuds et grande population de la dynamique ainsi modélisée. Nous chercherons à obtenir des théorèmes limites pour le couple décrivant le graphe et la dynamique de population. Un premier cadre d'étude pourra consister en des localisations poissonniennes des nœuds et une dynamique d'échanges incorporant une diffusion (locale) et des sauts, pour démontrer une convergence vers des EDP (fractionnaires) sur un compact. Dans un second temps, nous pourrons intégrer une dynamique épidémique et obtenir la limite des processus couplés.

Enfin, nous pourrons complexifier et approfondir la structure des graphes aléatoires spatialisés introduite. Ceci se fera dans le but d'y intégrer les paramètres d'échanges inter-nœuds et de dynamique de population intra-nœuds. La structure apparaîtra comme limite en grands nombres de nœuds de modèles discrets d'échanges entre les nœuds.

Ce sujet s'inscrit dans le projet ANR Cadence, portant sur la propagation de processus épidémiques sur des réseaux dynamiques de mouvements commerciaux d'animaux d'élevage. Dans le modèle proposé pour étude ici, les nœuds du graphe représentent des fermes, des abattoirs ou des opérateurs commerciaux et les arêtes représentent des transactions (échanges de bovins). Le but est de comprendre et analyser la dynamique des populations de bovins, en prenant en compte leurs déplacements dans le cadre d'échanges commerciaux, ainsi que la propagation de possibles épidémies sur ce réseau favorisée par ces échanges, qu'elles peuvent impacter en retour. Le post-doctorat permettra de mettre en place un modèle épidémiologique résumant les mécanismes essentiels des quatre maladies d'études du projet Cadence. Le modèle proposé sera confronté aux données.

Références

- Bansaye, V., Lambert, A. New approaches of source-sinks metapopulations decoupling the roles of demography and dispersal, *Theoretical Population Biology*, 88:31-46 (2013).
- Bollobas, B., Riordan, O., Sparse graphs: Metrics and random models, *Random Structures and Algorithms*, 39:1–38 (2011).
- Decreusefond, L., Dhersin, J-S., Moyal, P., Tran, V.C. Large graph limit for a SIR process in random network with heterogeneous connectivity, *Annals of Applied Probability*, 22:541-75 (2012).
- Diekmann, O., Heesterbeek H., Britton, T. Modeling infectious diseases in humans and animals. *Princeton University Press* (2013).
- Hoscheit, P. et al. Dynamical network models for cattle trade: towards economy-based epidemic risk assessment, *Journal of Complex Networks*, (2016).
- Montagnon, P. Stability of Piecewise Deterministic Markovian Load Processes on Networks, arXiv 1704.05644

Mots clés

graphes aléatoires spatialisés ; graphes dynamiques ; théorèmes limites ; processus individus centrés ; processus de naissances et morts ; épidémiologie mathématique.

Profil du candidat

Le candidat idéal devra avoir obtenu (ou être sur le point de soutenir) une thèse en probabilités. Le sujet a une forte composante théorique en probabilités, mais le candidat sera aussi amené à travailler en collaboration sur différents aspects de modélisation et d'utilisation des données. De très bonnes compétences pour le travail en collaboration sont essentielles. De l'expérience en programmation et un goût prononcé pour les applications en sciences de la vie seraient un atout.

Localisation et collaborations

Le post-doctorat sera localisé à l'Université Paris Saclay (en région parisienne), entre l'unité de "Mathématiques et Informatique Appliquées du Génome à l'Environnement" (MaIAGE) de l'INRA à Jouy-en-Josas et le Centre de Mathématiques Appliquées (CMAP) de l'Ecole Polytechnique à Palaiseau.

Le candidat participera au groupe de travail des mathématiciens impliqués avec qui il interagira : Vincent Bansaye (CMAP, Ecole Polytechnique), Jean-Stéphane Dhersin (LAGA, Univ. Paris 13), Patrick Hoscheit (MaIAGE, INRA), Pierre Montagnon (Doctorant CMAP/MaIAGE) et Viet Chi Tran (Lab. Paul Painlevé, Univ. Lille 1). Sur les aspects modélisation et lien avec les données il interagira avec Elisabeta Vergu (MaIAGE, INRA) et avec les autres membres du projet ANR Cadence.

Durée et rémunération

La durée du post-doctorat est d'un an, renouvelable (durée totale maximale de 24 mois). La date de début est flexible, entre septembre et décembre 2017. Les candidatures seront examinées au fur et à mesure de leur réception et jusqu'à ce que le poste soit pourvu.

Le salaire mensuel net sera entre 2000€ et 2500€, en fonction de l'expérience du candidat après la thèse.

Candidature et contacts

Les candidats doivent envoyer (i) un CV avec liste de publications, (ii) une lettre de motivation et (iii) les noms et coordonnées de deux personnes référence à Vincent Bansaye au CMAP (vincent.bansaye@polytechnique.edu) et Elisabeta Vergu à MaIAGE (elisabeta.vergu@inra.fr).

Post-doctoral position 2017-2019

Population dynamics and epidemics on large random graphs

Description of the research topic

The post-doc position will focus on the elaboration and mathematical analysis of a dynamic epidemic model integrating population dynamics evolving on large graphs.

A model of population dynamics (births and deaths and transfers) on a spatialized random graph will be developed, starting from classical models of graphs such as preferential attachment or configuration model. We will take into account a heterogeneity of the nodes.

The objective will be to study the limit in large number of nodes and large population of modeled dynamics. We will seek to obtain limit theorems for the coupled graph and population dynamics. A first study framework may consist in nodes localizations following a Poisson process and exchange dynamics incorporating local diffusion and jumps to prove a convergence towards (fractional) PDEs on a compact. In a second phase, we can integrate epidemic dynamics and obtain the limit of coupled processes.

Finally, we can refine and enhance the structure of the spatialized random graphs introduced. This will be done in order to integrate parameters of inter-node exchanges and intra-node population dynamics to the graph structure. This refined structure will appear as a limit in large numbers of nodes of discrete models of exchanges between the nodes.

This topic is part of the ANR Cadence project, focused on the spread of epidemic processes on time-varying networks of commercial movements of livestock. In the model proposed in this project, the nodes of the graph represent farms, slaughterhouses or commercial operators and the edges represent transactions (exchanges of cattle). The aim is to understand and analyze the dynamics of cattle populations, taking into account their trade movements, as well as the spread of possible epidemics on this network, enabled by these exchanges, which can be impacted in return by the epidemics. The postdoctoral position will allow to set up an epidemiological model summarizing the main mechanisms of the four case-study diseases of the Cadence project. The proposed model will be evaluated based on data.

References

Bansaye, V., Lambert, A. New approaches of source-sinks metapopulations decoupling the roles of demography and dispersal, *Theoretical Population Biology*, 88:31-46 (2013).

Bollobas, B., Riordan, O., Sparse graphs: Metrics and random models, *Random Structures and Algorithms*, 39:1–38 (2011).

Decreusefond, L., Dhersin, J-S., Moyal, P., Tran, V.C. Large graph limit for a SIR process in random network with heterogeneous connectivity, *Annals of Applied Probability*, 22:541-75 (2012).

Diekmann, O., Heesterbeek H., Britton, T. Modeling infectious diseases in humans and animals. *Princeton University Press* (2013).

Hoscheit, P. *et al.* Dynamical network models for cattle trade: towards economy-based epidemic risk assessment, *Journal of Complex Networks*, (2016).

Montagnon, P. Stability of Piecewise Deterministic Markovian Load Processes on Networks, arXiv 1704.05644

Keywords

spatialized random graphs; time-varying graphs; limit theorems; individual-based processes; birth and death processes; mathematical epidemiology.

Applicants profile

The ideal candidate should have obtained a PhD thesis in probability. The subject has a strong theoretical component in probability. The successful candidate will also work in collaboration on different aspects of modeling and use of data. Very good skills for

collaborative work are essential. Programming experience and a strong interest for life science applications would be an asset.

Post-doc location and collaborations

The postdoctoral position is located at the University Paris Saclay (in the Parisian region), at the INRA Jouy-en-Josas, in the unit “Applied mathematics and informatics, from the Genome to the environment” (MaIAGE) and at the Applied Mathematics Center (CMAP) at the Ecole Polytechnique in Palaiseau. The successful candidate will participate to the working group of the mathematicians involved in the project with whom he/she will interact: Jean-Stéphane Dhersin (LAGA, University of Paris 13), Patrick Hoscheit (MaIAGE, INRA), Pierre Montagnon (PhD student at CMAP / MaIAGE) and Viet Chi Tran (Paul Painlevé Laboratory, University of Lille 1). On the modeling and data related aspects, he/she will interact with Elisabeta Vergu (MaIAGE, INRA) and with the other members of the ANR Cadence project.

Duration and salary

The duration of the post-doctoral position is one year, renewable (maximum total duration of 24 months). The start date is flexible, between September and December 2017. Applications will be reviewed as they are received and until the position is filled.

The net monthly salary will be between 2000 € and 2500 € (including social security), depending on the experience of the candidate after the PhD.

Application and contacts

Candidates must send (i) a CV including a list of publications, (ii) a motivation letter and (iii) the names and contact information of two references to Vincent Bansaye, CMAP (vincent.bansaye@polytechnique.edu) and Elisabeta Vergu, MaIAGE (elisabeta.vergu@inra.fr).