

Sujet de thèse

Modèles multi-structures de processus ponctuels spatio-temporels

Laboratoire de Mathématiques d'Avignon

La théorie des processus ponctuels spatio-temporels est un domaine de la statistique spatiale qui s'intéresse à l'analyse et la modélisation des positions dans l'espace et dans le temps d'entités ponctuelles (personnes, objets, événements...). Elle permet notamment de mettre en évidence les tendances et interactions dans la structure de répartition spatio-temporelle des points et de déterminer leurs échelles d'observation.

De nombreux modèles existent sous des hypothèses simplificatrices (stationnarité, séparabilité en espace-temps...) mais ils sont peu adaptés aux phénomènes complexes observés en pratique. C'est par exemple le cas pour la modélisation des occurrences de feux de forêt. En effet, la répartition spatio-temporelle des feux de forêt est de nature très complexe avec des structures multiples (répulsion et agrégation) à des échelles d'observations spatiale et/ou temporelles différentes. L'hétérogénéité spatio-temporelle des occurrences de feux va dépendre de la nature du terrain (types de végétation, proximité de zones urbaines, réseau routier...), de la météo, mais aussi de l'historique, car les modifications de la végétation suite à des incendies vont influencer sur la probabilité d'occurrence d'un feu pendant la période de régénération.

Ainsi, plusieurs structures d'hétérogénéité et d'interaction peuvent coexister à différentes échelles et ce type de non-stationnarité reste jusque-là peu considéré. Certains modèles spatiaux (processus hybrides [BA13], processus de surface-interaction [PI09]) permettent de modéliser des structures multi-échelles. Cependant, l'inférence de ces modèles est difficile car la vraisemblance et les moments n'ont pas d'expression explicite, nécessitant le recours à des simulations MCMC (Markov Chain Monte-Carlo) très lourdes en temps de calcul. D'autres techniques d'estimation puissantes existent pour limiter les inconvénients computationnels comme par exemple la méthode INLA (Integrated Nested Laplace Approximation, RU09). Nous avons proposé dans [GA17] un modèle de processus de Cox log-Gaussien couplé à l'utilisation de la méthode INLA pour éviter les difficultés computationnelles. Ce type de modèle permet également la prise en compte de certaines variabilités spatio-temporelles au travers de covariables souvent récoltées en pratique à des niveaux de granularité différents. Le travail de thèse s'appuiera sur ce travail pour développer de nouveaux modèles multi-structures.

Pendant longtemps les données spatio-temporelles ont été traitées séparément ou agrégées (par année, par zone spatiale) afin de décomposer la problématique en deux modélisations, l'une en espace et l'autre en temps, ou de considérer des matrices de covariances séparables (e.g. dans un processus de Cox gaussien). Des méthodes statistiques existent cependant pour étudier la structure spatio-temporelle des données [BO07, GA09]. Dans le but de comprendre et modéliser les mécanismes stochastiques d'interaction spatio-temporelle, il est nécessaire de se placer dans un cadre non-séparable. C'est dans ce contexte de non-séparabilité que les modèles spatio-temporels seront développés au cours de la thèse.

L'application de ce travail se fera au travers de la modélisation des feux de forêts dans la région PACA en s'appuyant sur la base de données Prométhée recensant tous les dépôts de feux depuis 1973.

Financement : contrat doctoral ministériel sur 3 ans à partir de septembre 2018.

Profil du candidat : Le candidat devra avoir un M2 en mathématiques appliquées ou fondamentales et suivi des enseignements de Probabilités/Statistique, avec des connaissances en statistique des processus, voire en statistique spatiale et processus ponctuels spatiaux.

Modalités de candidature :

- Joindre CV, lettre de motivation et toute autre pièce permettant de juger de la qualité du candidat (relevés de notes de M1 et M2, lettres de recommandation...).
- Date limite : 15 mai 2018.

Encadrants (Contacts) : Edith Gabriel (edith.gabriel@univ-avignon.fr)

Florent Bonneu (florent.bonneu@univ-avignon.fr).

Références bibliographiques :

- [BA13] Baddeley A., Turner R., Mateu J. et Bevan R. (2013). Hybrids of Gibbs point process models and their implementation. *Journal of Statistical Software*, 55 (11), 1-43.
- [BO07] Bonneu F. (2007). Exploring and modeling fire department emergencies with a spatio-temporal marked point process. *Case Studies in Business, Industry and Government Statistics* , 1, 139-152.
- [GA09] Gabriel E. et Diggle P.J. (2009) Second-order analysis of inhomogeneous spatio-temporal point process data. *Statistica Neerlandica* , 63, 43-51.
- [GA17] Gabriel E. , Opitz T., Bonneu F . (2017) Detecting and modeling multi-scale space-time structures: the case of wildfire occurrences. *Journal de la Société Française de Statistique* , 158(3), 86-105.
- [PI09] Picard N., Bar-Hen A., Mortier F. et Chadoeuf J. (2009). The multi-scale marked area-interaction point process : a model for the spatial pattern of trees. *Scandinavian journal of statistics*, 36 (1), 23-41.
- [RU09] Rue H., Martino S., Chopin N. (2009) Approximate Bayesian inference for latent Gaussian models by using integrated nested Laplace approximations. *Journal of The Royal Statistical Society Series B*, vol. 71.