

# Mathématiques pour la planète Terre

- Viet Chi Tran (Université Gustave Eiffel)

**Title:** Trajectoires ancestrales dans un modèle aléatoire de dynamique de populations en environnement changeant

**Abstract:** Nous considérons un modèle de population individu-centré en environnement changeant. Les individus sont caractérisés par un trait (ou une position), pouvant varier d'un individu à l'autre, et qui affecte leurs capacités reproductives et de survie en fonction de l'environnement. En grande population, l'évolution de la population peut être approchée par une EDP non-linéaire. En utilisant cette approximation, nous pouvons coupler notre modèle stochastique initial avec un processus de naissances et morts linéaire. Ceci nous permet d'obtenir, lorsque la population est grande, l'équation satisfaite par la trajectoire ancestrale d'un individu tiré au hasard au temps  $T$ , trajectoire constituée par les traits des ancêtres de cet individu. Le retourné de ce processus est un Markov homogène en temps dont on donnera l'équation. Cet exposé suit des travaux en collaboration avec S. Méléard, B. Henry, V. Calvez et L. Colombani.

- Guillaume Cantin (Université de Nantes)

**Title:** Abstraction et vérification de propriétés dynamiques pour un modèle hybride de croissance de forêt

**Abstract:** Dans cet exposé, je présenterai des travaux en cours sur la dynamique d'un modèle hybride de croissance de forêt. Le modèle en question est obtenu par couplage d'un processus continu-déterministe décrivant l'évolution d'un écosystème forestier, donné par un système de réaction-diffusion paramétré, avec un processus discret-probabiliste reproduisant l'impact d'événements extrêmes sur cet écosystème. Le couplage provoque notamment l'émergence de dynamiques oscillatoires. Nous montrons d'abord que le modèle hybride admet des trajectoires globales, construites comme séquences de trajectoires interrompues du système de réaction-diffusion, avec des sauts probabilistes entre différents espaces de phases. Puis, nous proposons une abstraction des trajectoires du modèle hybride sous la forme d'un processus de décision markovien, dont certaines propriétés sont vérifiables. Nous recherchons enfin des conditions suffisantes d'inversion de l'abstraction.

## Références

- [1] G. Cantin, B. Delahaye, and B. M. Funatsu. On the degradation of forest ecosystems by extreme events: Statistical model checking of a hybrid model. *Ecological Complexity*, 53:101039, 2023.
- [2] Y. A. Kuznetsov, M. Y. Antonovskiy, V. Biktashev, and E. Aponina. A cross-diffusion model of forest boundary dynamics. *Journal of Mathematical Biology*, 32:219–232, 1994.

[3] C. Le Huy, T. Tsujikawa, and A. Yagi. Stationary solutions to forest kinematic model. *Glasgow Mathematical Journal*, 51(1):1–17, 2009.

- Aurélie Fisher (Sorbonne Université)

**Title:** Apprentissage statistique en sciences du climat : exemple des ondes internes de gravité.

**Abstract:** Dans cet exposé, nous considérerons l'application de méthodes d'apprentissage statistique en sciences du climat : l'objectif est d'améliorer la connaissance et la description de processus physiques de petite échelle. Pour tenir compte des effets de ces processus de petite échelle, qui ne sont pas explicitement décrits dans les modèles de climat, il peut être utile d'intégrer, grâce à l'apprentissage statistique, les informations précises qui peuvent être fournies par des observations de ces processus. Les processus de petite échelle auxquels nous nous intéresserons sont les ondes internes de gravité, ondes dues au phénomène de gravité et à un contraste de densité sur la verticale. Les ondes de gravité jouent en effet un rôle crucial dans la circulation atmosphérique au-dessus de 15-20 km. Les observations dont nous disposons sont des mesures par ballons superpressurisés stratosphériques, obtenues dans le cadre de la campagne Stratéole 2, projet franco-américain du Centre national d'études spatiales. Le comportement quasi-Lagrangien des ballons permet d'accéder à des estimations précises de flux de quantité de mouvement associés aux ondes de gravité dans la basse stratosphère. Les variables explicatives décrivant l'écoulement à grande échelle sont quant à elles fournies par les données de réanalyse ERA5 provenant du Centre Européen pour les Prévisions Météorologiques à Moyen Terme. -> Travail effectué dans le cadre d'un projet de l'institut des Mathématiques pour la Planète Terre : "Guider les paramétrisations des modèles de climat par le triptyque Observations - IA - Simulations".

- Amaury Lancelin (ENS et RTE)

**Title:** Leveraging rare event sampling and Deep Learning to better study climate extremes impacting the power system.

**Abstract:** Both renewable electricity production and electricity demand are highly sensitive to meteorological conditions. Studying these fluctuations, especially the rarest ones, is crucial for designing a reliable and secure energy system with a balance between supply and demand at all time scales. Precisely quantifying these rare fluctuations is a key element for any technical, economic, and policy analysis of future sustainable electric systems. The objective of this project is to better study the statistics of rare events using modern statistical mechanics and applied mathematics tools: rare event simulations and Deep Learning. Through rare event simulation algorithms, the aim is to build a unique catalogue of extreme events and simulate past extreme events in future climates. These rare event algorithms will be coupled with dynamical emulators of atmospheric models obtained through Deep Learning. The goal is to estimate committor functions which are optimal scoring functions for certain rare event algorithms.