

# Simulation de processus de diffusion singuliers et intelligence artificielle

## Stage associé au projet PRIAM \*

A. Lejay, L. Lenotre, S. Mazzonetto

Equipe-projet PASTA en collaboration avec IECL & IRIMAS

Inria Nancy Grand-Est, Université de Lorraine et Université de Haute-Alsace

La simulation des processus stochastiques, en particulier de diffusions présentant des singularités, permet de résoudre numériquement certaines équations aux dérivées partielles. Ces équations se rencontrent en hydrogéologie, en conduction de la chaleur dans les matériaux hétérogènes, en gestion de portefeuilles, dans des problèmes de reconstruction en imagerie ou encore en biologie (voir [6, 10, 17, 23, 24]).

Ce stage a pour objectif d'explorer de nouvelles techniques de simulation des processus de diffusion en milieu hétérogène. Ces techniques de nouvelle génération s'appuieront sur des approximations des densités de ces processus calculées à l'aide de méthodes d'apprentissage : réseaux de neurones, Q-learning, etc. Pour ce faire, nous partirons de l'algorithme GEARED [18] qui permet de simuler n'importe quel processus stochastique impliqué dans les applications susmentionnées dès lors qu'une expression analytique de sa fonction de Green est connue. Pour obtenir cette fonction de Green, nous disposons d'une méthode de *knotting* développée par notre équipe. Cette méthode possède cependant un défaut majeur : elle repose sur le calcul de solutions de problèmes de Sturm-Liouville. Le cœur de ce stage va ainsi consister lever la barrière que représente la recherche d'expressions analytiques des solutions de problème de Sturm-Liouville grâce aux réseaux de neurones et/ou l'apprentissage renforcé. Par ailleurs, la résolution par réseau de neurones d'EDO ou d'EDP permettrait d'identifier des *pattern* de formules mathématiques qui pourront servir d'initialisation pour la résolution de problèmes dont la formulation est proche. Une première idée est d'explorer l'automatisation de la méthode de Frobenius par des réseaux de neurones. Bien entendu, la convergence théorique et la quantification des erreurs d'approximation dans les méthodes explorées ou développées seront étudiées. L'objectif est de marquer une nette différence avec les méthodes d'Intelligence Artificielle dont les performances sont mesurées par de simples tests empiriques.

Les candidates et candidats devront avoir une solide formation en probabilités et/ou statistique, en particulier en théorie des processus stochastiques. Un master traitant de ces disciplines donnera un avantage certain. Il est aussi attendu de solides bases en programmation orientée objet et en Python. Une connaissance étendue des réseaux de neurones et de leur implémentation n'est pas nécessaire. Un atout sera plutôt des connaissances dans un ou plusieurs des domaines suivants : théorie des semi-groupes, processus stochastiques continus et temps locaux, équations aux dérivées partielles paraboliques ou encore théorie des équations différentielles de type Sturm-Liouville

Le stage se déroulera à l'INRIA Nancy Grand-Est et à l'Institut Elie Cartan Lorraine au sein de l'équipe-projet PASTA. Il sera dirigé par A. Lejay, L. Lenotre et S. Mazzonetto. Il donnera lieu à une gratification mensuelle réglementaire. Une poursuite en doctorat pour être envisagé.

Toute candidature devra contenir un curriculum vitae et une lettre de motivation. La fourniture d'un relevé de notes préliminaire et/ou d'une lettre de recommandation sera un plus.

Les candidatures sont à adresser à l'adresse de messagerie : lionel.lenotre@inria.fr.

---

\* **P**rocessus stochastiques simulés via l'**I**ntelligence Artificielle et les **M**éthodes de Monte-Carlo