

Invitation à la soutenance de thèse

ÉCHANTILLONNAGE PRÉFÉRENTIEL ADAPTATIF EN GRANDE DIMENSION
POUR L'ESTIMATION DE PROBABILITÉ D'ÉVÈNEMENTS RARES :
ANALYSE THÉORIQUE ET DÉVELOPPEMENTS NUMÉRIQUES

*ADAPTIVE IMPORTANCE SAMPLING IN HIGH DIMENSION FOR RARE
EVENT PROBABILITY ESTIMATION: THEORETICAL ANALYSIS AND
NUMERICAL DEVELOPMENTS*

Jason BEH

3 décembre 2025 - 09h00

Salle des thèses, ISAE-SUPAERO, Toulouse

Devant le jury composé de :

Ajay JASRA	SDS, the Chinese University of Hong Kong	Rapporteur
Mathias ROUSSET	Centre Inria de l'Université de Rennes	Rapporteur
Mireille CAPITAINE	CNRS, Institut de Mathématiques de Toulouse	Examinatrice
Arnaud GUYADER	Sorbonne Université	Examineur
Iason PAPAIOANNOU	Technical University of Munich	Examineur
Florian SIMATOS	Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace	Directeur de thèse
Jérôme MORIO	DTIS, ONERA	Directeur de thèse

Résumé

Cette thèse porte sur l'échantillonnage préférentiel en grande dimension appliqué à l'estimation de probabilité d'événements rares dans un cadre statique. La problématique générale consiste à développer et analyser théoriquement des méthodes numériques capables de surmonter les difficultés liées à la grande dimension et à l'inefficacité des approches de Monte Carlo classiques dans ce contexte. Nous étudions notamment la consistance en grande dimension d'un algorithme connu d'échantillonnage préférentiel adaptatif basée sur l'entropie croisée. Nous montrons ainsi qu'une taille d'échantillon qui croît de manière polynomiale avec la dimension suffit à garantir la consistance et à éviter le phénomène de dégénérescence des poids.

De plus, l'algorithme de l'entropie croisée construit à chaque itération des estimateurs de matrices de covariance par échantillonnage préférentiel. En utilisant des inégalités récentes de concentration matricielle issues de la théorie des matrices aléatoires, il est possible de contrôler les spectres de ces estimateurs de covariance. Les analyses proposées permettent ainsi de comparer les performances de différentes variantes de l'algorithme de l'entropie croisée, en observant l'évolution du spectre au fil des itérations.

Enfin, pour l'estimation de la probabilité d'un événement rare de nature multimodale, nous développons un nouvel algorithme basé sur la dynamique de Langevin en interaction et invariante par transformation affine dans le cadre d'un échantillonnage préférentiel par chaînes de Markov.

Mots clés

Échantillonnage préférentiel, Évènements rares, Grande dimension

Abstract

This thesis concerns importance sampling schemes in high dimension applied on the estimation of rare event probabilities in the static context. The main interest consists in developing and theoretically analysing numerical methods capable of alleviating difficulties due to high dimensions and the inefficiency of usual Monte Carlo approaches in this context. We study for instance the consistence in high dimension of the prominent adaptive importance sampling scheme based on cross-entropy. We show that a number of samples that grow polynomially in the dimension is sufficient to guarantee its consistency and avoid the weight degeneracy phenomenon.

In addition, the cross-entropy scheme constructs in each iteration covariance matrix estimators by importance sampling. By using recent matrix concentration inequalities from random matrix theory, it is possible to control the spectrum of these covariance matrix estimators. The proposed analysis allows to compare the performances between different variants of the cross-entropy scheme, by observing the evolution of the spectrum along the iterations.

Finally, to estimate the probability of a multimodal rare event set, we develop a new numerical method based on the affine-invariant interacting Langevin dynamic implemented under the Markov chain importance sampling framework.

Key words

Importance sampling, Rare events, High dimension

La soutenance aura également lieu en visioconférence via zoom.
Pour recevoir le lien de connexion, veuillez contacter jerome.morio@onera.fr