

IFT-6561

SIMULATION: ASPECTS STOCHASTIQUES

<http://www.iro.umontreal.ca/~lecuyer/ift6561.html>

Prof. Pierre L'Ecuyer, bureau AA-3361, lecuyer@iro.umontreal.ca

Objectifs généraux

L'objectif de ce cours est de découvrir et comprendre les principales techniques permettant de simuler efficacement des systèmes stochastiques par ordinateur, et de savoir les appliquer en pratique. Les exemples seront tirés de différents domaines, incluant la gestion, la finance, les communications, et l'informatique. On abordera aussi l'utilisation de méthodes Monte Carlo en modélisation et apprentissage automatique. L'accent sera mis sur l'étude des principes fondamentaux bien établis dans le domaine. Ces principes seront illustrés par des exemples simples dont le but est d'aider à mieux comprendre les idées les plus importantes.

Prérequis

Des connaissances de base en probabilités et statistique sont essentielles. Pour la partie expérimentale, il faut savoir programmer. Les travaux se feront de préférence en langage Java en utilisant la librairie SSJ. On peut se débrouiller même si on ne connaît pas Java (on peut en apprendre l'essentiel par soi-même durant la session moyennant quelques efforts additionnels) mais il faut au moins savoir programmer. Il est aussi possible de travailler dans un autre langage, comme par exemple Python, mais dans ce cas je ne peux pas vous assurer que vous trouverez les fonctionnalités requises pour les devoirs.

Références de base

- P. L'Ecuyer, *Stochastic Discrete-Event Simulation*, notes de cours (livre en rédaction), accessible via la page web du cours. username: [ift6561](#), password: [efficace](#)
- P. L'Ecuyer, *SSJ: A Java Library for Stochastic Simulation*, DIRO, Université de Montréal, voir <http://www.iro.umontreal.ca/~simul/ssj> ou <https://github.com/umontreal-simul/ssj>.

Autres références:

- P. Glasserman, *Monte Carlo Methods in Financial Engineering*, Springer-Verlag, 2004.
- S. Asmussen and P. W. Glynn, *Stochastic Simulation*, Springer-Verlag, 2007.
- A. M. Law, *Simulation Modeling and Analysis*, cinquième édition, McGraw-Hill, 2014.

CONTENU

1. Introduction et principes de base. Modèles stochastiques et simulation. Simulation discrète et continue. Valeurs pseudoaléatoires et inversion. Intégration Monte Carlo. Notions de variance, biais, et efficacité. Changement des lois de probabilité. Méthodes quasi-Monte Carlo. Organisation d'un simulateur à événements discrets. Exemples de modèles et de programmes. Valeurs aléatoires communes et exemples simples de réduction de variance. Estimation de dérivées. Optimisation par simulation.

2. Modélisation. Modèles stochastiques. Niveaux de détail. Réalisme et validation. Choix des lois de probabilité. Approches paramétriques et approches utilisant des lois empiriques. Processus de Poisson. Mouvement Brownien ordinaire et géométrique. Processus de Lévy. Équations différentielles stochastiques. Horloge à vitesse variable et aléatoire. Autres types de processus souvent utilisés. Indépendance et problèmes de corrélation. Horizons finis et infinis, accumulation des coûts (ou mesures de performance), actualisation, état stationnaire. Processus régénératifs.

3. Génération de valeurs aléatoires uniformes. Notion de générateur pseudo-aléatoire. Suites et sous suites multiples. Principales classes de générateurs utilisés en pratique: congruence linéaire simple et multiple modulo m et modulo 2. Analyse théorique vs tests statistiques empiriques. Implantations portables et efficaces.

4. Génération de valeurs aléatoires non uniformes. Inversion, rejet, composition. Transformation par changement de variable. Algorithmes pour quelques lois usuelles. Lois semi-empiriques. Processus de Poisson stationnaires et non-stationnaires. Simulation de mouvements Browniens, processus de Lévy, équations différentielles stochastiques. Monte Carlo par chaîne de Markov.

5. Analyse statistique des résultats. Estimation et intervalles de confiance pour différentes classes de mesures de performance. Méthodes de rééchantillonnage (bootstrap). Observations multivariées. Intervalles de confiance pour le coût moyen à l'état stationnaire. Performance relative: comparaison de plusieurs systèmes par simulation. Estimation de quantiles et de densités.

6. Amélioration de l'efficacité. Variance vs effort de calcul. Réduction de la variance. Valeurs aléatoires communes. Variables de contrôle. Estimation indirecte. Technique de l'espérance conditionnelle ("conditional Monte Carlo"). Valeurs antithétiques. Stratification. Méthodes quasi-Monte Carlo randomisées. Événements rares et échantillonnage stratégique par changement de mesure ("importance sampling"). "Splitting" et méthodes particulières. Notions de robustesse des estimateurs dans les contextes d'événements rares.

Évaluation

Devoirs:	50%
Examen partiel:	20%
Examen-projet final:	30%

Horaire

Mardi, 15:30–17:20, Pav. Jean Coutu, S1-139

Jeudi, 13:00–14:50, Pav. Roger Gaudry, N425-3

Début le mardi 6 septembre 2022.