

Apprentissage statistique et Monte-Carlo accéléré pour le calcul du SCR en assurance vie

**ECTS** : 2

**Volume horaire** : 15

**Description du contenu de l'enseignement :**

L'objectif de ce cours est de présenter les derniers développements en gestion des risques en assurance. Dans la première partie du cours nous introduisons le concept de market-consistency et de générateur de scénario économiques constituant le socle de base de la modélisation des actifs d'une compagnie d'assurance. Nous terminerons la première partie par un exemple de gestion d'un fonds euro par une compagnie d'assurance (modèle ALM). La seconde partie du cours est dédiée aux différentes approches de calcul du capital de solvabilité requis (SCR), nous présenterons notamment la méthodologie de calibrage des chocs et le calcul du SCR en formule standard par agrégation modulaire. Un ajustement de la méthodologie pour les risques non-gaussiens sera présenté (Cornish-Fisher). Pour finir, le cadre mathématique de l'approche « modèle interne » basée sur un calcul de quantile sur les pertes du portefeuille de la compagnie d'assurance à horizon 1 an sera présentée. La troisième partie sera dédiée aux méthodes d'apprentissages statistiques pour l'amélioration de l'efficacité énergétique des calculs de risque en modèle interne (LSMC, Replicating portfolio, Réseaux de neurones ...). Nous terminerons cette partie par un panorama des méthodes de Machine Learning\* interprétables (Valeur de Shapley ...) avec des applications en gestion actif/passif. La dernière partie de ce cours sera dédiée aux approches de type Monte-Carlo Multilevel pour la réduction du temps des calculs réglementaires.

**Plan du cours**

1. Introduction au cadre réglementaire Solvabilité II
  1. Valorisation Market-Consistent
  2. Générateurs de Scénarios Economiques
  3. Modèle de gestion actif/passif ALM
2. Formule Standard, Approche Modulaire et agrégation des risques
  1. Calibrage des chocs en formule standard
  2. Agrégation des modules de risque et Intervalle de Confiance
  3. Modèle Interne et Formulation quantile
  4. Expansion de Cornish-Fisher
3. Machine Learning pour le calcul du SCR en modèle interne
  1. Le problème des « simulations dans les simulations »
  2. Least-Square Monte Carlo (LSMC)
  3. Replicating Portfolio
  4. Réseaux de Neurones
  5. Machine Learning Interprétable (XAI)
4. Monte-Carlo Accéléré
  1. Complexité de l'estimateur Nested Monte-Carlo
  2. Méthode de Monte-Carlo Multi-level
  3. Monte-Carlo Multilevel Adaptatif

**Compétence à acquérir :**

L'objectif du cours est de fournir les outils nécessaires à la gestion des risques en assurance en modèle interne (Générateurs de scénarios Economiques, mesures de risques, ALM, SCR...). Ce cours intègre les nouvelles approches pour l'amélioration de l'efficacité énergétique des calculs par Machine Learning (LSMC, réseaux de neurones...) et Monte-Carlo accéléré (MLMC).

**Mode de contrôle des connaissances :**

Examen

**Bibliographie, lectures recommandées :**

Alfonsi, A., Cherchali, A., & Infante Acevedo, J. A. (2020). A synthetic model for asset-liability management in life insurance, and analysis of the SCR with the standard formula. *European Actuarial Journal*, 10, 457-498. Alfonsi, A., Cherchali, A., & Acevedo, J. A. I. (2021). Multilevel Monte-Carlo for computing the SCR with the standard formula and other stress tests. *Insurance: Mathematics and Economics*, 100, 234-260. Cambou, M., & Filipovic, D. (2018). Replicating portfolio approach to capital calculation. *Finance and Stochastics*, 22, 181-203. Florczak, A., Le Courtois, O., & Majri, M. (2016). Inside the

Solvency 2 black box: net asset values and solvency capital requirements with a least-squares Monte-Carlo approach. Insurance: Mathematics and Economics, 71, 15-26. Giles, M. B. (2008). Multilevel monte carlo path simulation. Operations research, 56(3), 607-617. Giles, M. B., & Haji-Ali, A. L. (2019). Multilevel nested simulation for efficient risk estimation. SIAM/ASA Journal on Uncertainty Quantification, 7(2), 497-525. Krah, A. S., Nikolic, Z., & Korn, R. (2018). A least-squares Monte Carlo framework in proxy modeling of life insurance companies. Risks, 6(2), 62. Krah, A. S., Nikolic, Z., & Korn, R. (2020). Machine learning in least-squares Monte Carlo proxy modeling of life insurance companies. Risks, 8(1), 21. Lundberg, S. M., & Lee, S. I. (2017). A unified approach to interpreting model predictions. Advances in neural information processing systems, 30. Pelsser, A., & Schweizer, J. (2016). The difference between LSMC and replicating portfolio in insurance liability modeling. European actuarial journal, 6, 441-494. Sandström, A. (2007). Solvency II: Calibration for skewness. Scandinavian Actuarial Journal, 2007(2), 126-134. Vedani, J., El Karoui, N., Loisel, S., & Prigent, J. L. (2017). Market inconsistencies of market-consistent European life insurance economic valuations: pitfalls and practical solutions. European Actuarial Journal, 7, 1-28.

**Document susceptible de mise à jour - 01/04/2026**

**Université Paris Dauphine - PSL - Place du Maréchal de Lattre de Tassigny - 75775 PARIS Cedex 16**