



Master 2^e année

ISIFAR : INGÉNIERIE STATISTIQUE ET INFORMATIQUE DE LA FINANCE, DE L'ASSURANCE ET DU RISQUE

Nature :	Diplôme national.
Niveau :	Bac+5.
Mention :	Mathématiques et Applications.
Durée des études :	2 semestres
Page web :	http://master.math.univ-paris-diderot.fr/annee/m2-isifar/
Responsables pédagogiques :	Zorana Grbac : zorana.grbac@lpsm.paris Céline Lévy-Leduc : celine.levy-leduc@lpsm.paris
Référente stage :	Marie-Claire Quenez : quenez@lpsm.paris
Secrétariat pédagogique :	Nathalie Naveau : nathalie.naveau@u-paris.fr
Alternance :	https://www.formasup-paris.com

Description :

Le Master M2ISIFAR dispense une formation appliquée de haut niveau dans les domaines du risque, d'une part, sous ses deux facettes de la finance et de l'assurance, et de la science des données (data science), d'autre part se déclinant en statistique et informatique. Les étudiants ont ainsi accès à des métiers de cadres riches et variés tels que IT quant ou risk officer en banque, analyste en assurance, développeur de logiciels spécialisés en SSII, consultant data ou finance, ou encore data scientist dans tous les types d'industries. Tout en bénéficiant de l'environnement académique cours/TDs/TPs (incluant programmation en R et Python, dont les bibliothèques de machine learning, et C++) d'excellence du département de mathématiques (laboratoire LPSM probabilités/statistique) de l'Université Paris Cité, le Master assume une orientation résolument professionnelle, avec des partenaires privilégiés incluant la Société Générale, Crédit Agricole CIB, ou encore JP Morgan. En atteste en particulier son ouverture à la formation en alternance, avec un emploi du temps aménagé 3 jours par semaine à l'université et 2 jours par semaine en entreprise. Cette organisation permet aux étudiants qui le souhaitent une immersion dans le milieu professionnel dès le début de l'année scolaire, et à plein temps pour tous les étudiants sous la forme de l'alternance ou du stage en entreprise à partir de début avril. Un tiers des cours est par ailleurs assuré par des professionnels, qui sont également représentés à proportion dans le conseil de perfectionnement du Master. Les étudiants du M2ISIFAR ont accès aux conférences professionnelles du jeudi soir, donnant accès de septembre à décembre aux plus grandes banques et autres institutions financières, ou encore de data science, de la planète. Des partenariats entreprises privilégiés (notamment CACIB dans le cadre de la chaire Capital Markets Tomorrow) permettent à des groupes d'étudiants motivés de réaliser leur projet data science / finance sur un sujet et de vraies données

communiquées par une équipe de professionnels qui en assure un suivi régulier, en concertation avec l'équipe académique du master.

L'année M2 se déroule en 2 temps :

- la partie théorique se déroule sur deux périodes de 10 semaines et permet de valider 42 ECTS.
- la partie pratique comporte un stage obligatoire de 6 mois maximum et permet de valider 18 ECTS.

Candidature :

Le Master 2 ISIFAR est ouvert aux étudiants ayant effectué leur première année en Master 1 ISIFAR ou dans un autre Master d'une thématique similaire, d'une école d'ingénieurs, d'une université française ou étrangère ou d'une formation jugée équivalente.

L'acceptation en M2 s'effectue après examen des dossiers par une commission d'admission.

Modalités de contrôle des connaissances :

L'année du Master 2 ISIFAR est acquise dès lors que l'étudiant obtient au moins 10/20 à chacun des cours obligatoires et des cours optionnels ainsi qu'à la note de soutenance du rapport de stage.

Organisation des enseignements :

Sont à valider 30 ECTS de cours fondamentaux (obligatoires), 12 ECTS de cours optionnels (4 cours à valider parmi les cours proposés) et 18 ECTS pour le stage.

Matières en 1^{ère} période :

Intitulé	Enseignant	Heures	Crédits	Nature
Mathématiques financières	Jean François Chassagneux Alexandre Pannier	90	9 ECTS	Obligatoire
Programmation en Python	Sylvain Delattre	40	6 ECTS	Obligatoire
Mathématiques de l'assurance	Zorana Grbac	30	3 ECTS	Obligatoire
Apprentissage statistique	Aurélie Fischer	50	6 ECTS	Obligatoire
Actuariat, produits financiers*	Marie-Claire Quenez	24	3 ECTS	Option Obligatoire pour les étudiants ne l'ayant pas déjà validée en M1 ISIFAR
Séminaire d'ouverture professionnelle	Intervenants entreprises	16		Option

* les étudiants qui ont validé le cours d'actuariat en Master 1ère année doivent choisir une autre option au second semestre.

Matières en 2^e période :

Intitulé	Enseignant	Heures	Crédits	Nature
Produits dérivés : modélisation et implémentation	Bouazza Saadeddine	30	6 ECTS	Obligatoire
Python ML produits dérivés	Bouazza Saadeddine	12		
Deep learning	Ilaria Giuliani	24	3 ECTS	Option
Gestions d'actifs & datamining	Alexis Clerc	24	3 ECTS	Option
Modèles de taux	Zorana Grbac	30	3 ECTS	Option
Marchés de l'énergie	Pierre Gruet	16	3 ECTS	Option
Risques contemporains pour Assurance	Maud Thomas Olivier Lopez	30	3 ECTS	Option
Initiation à la programmation en C++	Sylvain Delattre	20	3 ECTS	Option
Projet data science	Céline Lévy-Leduc	20	3 ECTS	Option
Gestion des risques	Thomas Kovarcik	18	3 ECTS	Option
Modélisation pour l'assurance	Aymeric Kalife	18	3 ECTS	Option

Stage :

De début avril à fin septembre, les étudiants du M2 ISIFAR effectuent obligatoirement (avec l'accord de l'enseignante référente) un stage en entreprise de 6 mois maximum. Ce stage de fin d'étude donne lieu à un rapport de stage décrivant précisément les missions menées par le stagiaire et une évaluation du maître de stage, suivi par une soutenance de stage à l'université. Il est validé par 18 ECTS.

Premier Semestre

Mathématiques financières (9 ECTS)

Jean-François Chassagneux et Alexandre Pannier
1^{er} semestre

Présentation

L'objectif du cours est de maîtriser les modèles et méthodes stochastiques utilisés dans les salles de marché et d'acquérir les premières notions de la gestion des risques financiers. Les aspects mathématiques et financiers seront présentés en parallèle ; les nouveaux concepts mathématiques seront immédiatement illustrés par leurs applications à la finance. Pour le côté mathématique nous aborderons notamment le mouvement brownien et l'intégration stochastique ; la formule d'Itô, le changement de probabilité et les équations différentielles stochastiques.

Pour le côté financier, nous étudierons le modèle de Black et Scholes et ses extensions ; la technique de changement de numéraire ; la diffusion implicite de Dupire ; la valorisation d'options exotiques par Monte Carlo. L'accent sera également mis sur la compréhension des limites de la modélisation, pour bien identifier les risques associés.

Programme

- Vecteurs gaussiens et mouvement brownien. Modèle du mouvement brownien géométrique pour les cours des actifs.
- Intégration stochastique par rapport au mouvement brownien. Représentation dynamique d'un portefeuille autofinçant.
- Formule d'Itô pour le mouvement brownien et pour les processus d'Itô. Formule de Black et Scholes pour les prix d'options européennes.
- Changement de probabilité et théorème de Girsanov. Valorisation risque-neutre. Calcul des prix par Monte Carlo et approche EDP..
- Équations différentielles stochastiques. Lien entre EDS et EDP ; formule de Feynman-Kac. Modélisation de la volatilité. Formule de Dupire. Limite en pratique des modèles étudiés.

Compétences

Ce cours permettra d'acquérir les compétences suivantes :

1. Techniques de base de valorisation par absence d'opportunité d'arbitrage dans des modèles à temps continus
2. Utilisation du calcul stochastique et maîtrise de la formule d'Itô
3. Techniques avancées de valorisation (représentation probabiliste, représentation par EDP) du prix et de la couverture d'options européennes dans les modèles à volatilité locale
4. Maîtrise des bases théoriques de la calibration de ces modèles (Formule de Dupire, construction de la nappe de volatilité)

Bibliographie

- [1] Introduction au calcul stochastique appliqué à la finance, Lamberton - Lapeyre, Ellipses
- [2] Finance de Marché, Portait - Poncet, Dalloz
- [3] Fundamentals and advanced techniques in Derivatives hedging, Bouchard - Chassagneux, Springer
- [4] Continuous martingales and Brownian motion, Revuz-Yor, Springer

Programmation en Python (6 ECTS)

Sylvain Delattre
1^{er} semestre

Présentation

Il s'agit d'un cours de programmation en langage Python, dans la perspective de l'utiliser pour le calcul scientifique et l'analyse des données, avec également une introduction aux bibliothèques de machine learning pytorch et tensorflow.

Programme

Bases du langage

Bibliothèques d'usage courant (Matplotlib - NumPy – SciPy - pandas)

Machine learning (scikit-learn, Keras, pytorch, tensorflow)

Compétences

Autonomie scientifique dans l'exploration numérique d'un problème en utilisant l'outil informatique

Bibliographie

- [1] Python for Data Analysis. Wes McKinney. O'Reilly.
- [2] Fluent Python, Luciano Ramalho, O'Reilly.
- [3] Deep Learning with Python. Francois Chollet. Manning Publications.

Mathématiques de l'assurance (3 ECTS)

Zorana Grbac
1^{er} semestre

Présentation

Ce cours entend fournir aux étudiants les principes de base des mathématiques de l'assurance. Dans ce cours, on aborde la théorie économique à la base des choix d'assurance, les méthodes de calcul des primes, les mesures de risque et la détermination de la marge de solvabilité ainsi que du capital économique.

Programme

- Principes de microéconomie de l'assurance : fonctions d'utilité, aversion au risque, équivalent certain, demande optimale d'assurance.
- Contrats d'assurance : assurance proportionnelle, assurance avec franchise, réparation indemnitaire et forfaitaire, transformée stop-loss.
- Dominance stochastique de premier ordre et de second ordre.
- Principes de détermination de la prime.
- Théorie de la ruine : prime pure et probabilité de ruine, chargement de sécurité, résultat technique, modèle discret de De Finetti, processus de Poisson, évolution du résultat de l'assureur, inégalité de Cramér-Lundberg, probabilité de ruine et martingales.

Compétences

L'objectif de ce cours est d'introduire les étudiants aux outils mathématiques nécessaires pour appréhender les problèmes rencontrés dans le domaine de l'assurance. A l'issue de ce cours il est attendu que les étudiants puissent:

- Maîtriser les concepts de modélisation individuelle et collective
- Savoir implémenter l'algorithme de Panjer pour le calcul récursif de la densité d'une somme de variables aléatoires
- Comprendre les principes de mesure et de comparaison des risques
- Maîtriser le calcul des principes de prime pour des risques standards
- Quantifier la probabilité de faillite d'un assureur dans un cadre asymptotique au travers du taux de chargement et du coefficient de sécurité
- Quantifier la probabilité de faillite d'un assureur dans le cadre dynamique du modèle de Cramer et Lunderg.

Bibliographie

Deelstra, G. et Plantin, G. (2014), Risk Theory and Reinsurance, EAA Series, Springer.

Denuit, M. et Charpentier, A. (2004), Mathématiques de l'Assurance Non-Vie, Economica, Paris.

Kaas, R., Goovaerts, M., Dhaene, J. et Denuit, M. (2008), Modern Actuarial Risk Theory, 2nd edition, Springer, Berlin -Heidelberg

Apprentissage statistique (6 ECTS)

Aurélie Fischer

1^{er} semestre

Présentation

Ce cours a pour objectif de présenter différentes techniques d'apprentissage supervisé (en classification et en régression) et non supervisé.

L'apprentissage statistique désigne un ensemble de méthodes et d'algorithmes permettant d'extraire des informations pertinentes d'un ensemble de données et d'apprendre des comportements à partir d'exemples.

Programme

Nous nous intéresserons à des approches telles que la classification par les centres mobiles, les modèles de mélange gaussien, l'analyse discriminante linéaire et quadratique, la régression logistique, les classifieurs des plus proches voisins et à noyau, les arbres de décision ainsi que les méthodes bagging, boosting et forêts aléatoires, les machines à vecteurs de support, la régression Ridge ou Lasso ou encore les réseaux de neurones. Nous définirons les courbes ROC, évoquerons les problèmes de sélection de modèle et les méthodes de validation croisée. Des exercices pratiques basés sur l'utilisation du logiciel R compléteront le cours.

Connaissances requises

Notions de base en probabilités, statistique, analyse des données, ou cours de la semaine de pré-rentrée du M2 ISIFAR.

Compétences

L'objectif est d'être capable d'extraire des informations pertinentes d'un jeu de données et de construire des modèles prédictifs efficaces. Il s'agit de comprendre le fonctionnement des méthodes, et de savoir les mettre en œuvre en pratique.

Validation

Examen écrit et/ou projet selon les années.

Actuariat, produits financiers (3 ECTS)

Marie-Claire Quenez

1^{er} semestre

Présentation

Ce cours introduit les instruments de base des mathématiques financières et actuarielles. Il présente également les principaux produits dérivés (d'actions ou de taux) ainsi que leur utilisation dans la gestion des risques financiers. C'est un pré-requis pour les cours de M2 portant sur les mathématiques de la finance ou de l'assurance.

Programme

- Notions de base sur les taux d'intérêt : taux simples, taux composés, capitalisation, actualisation, VAN.
- Emprunts indivis : cas à remboursement in fine, à amortissements constants, à annuités constantes.
- Rentes, contrats d'assurance-vie : probabilités viagères, VAP, calcul des primes.
- Emprunts obligataires, obligations
 - Calcul actuariel obligataire. Risque de taux : sensibilité, duration.
 - Taux d'intérêt effectifs donnés par le marché (taux zéro-coupons au comptant). Courbe des taux.
 - Notions de stratégie d'arbitrage, prix d'arbitrage.
- Produits dérivés d'actions (ou de devises) :
 - Contrats à terme (forward), option d'achat (call), option de vente (put), straddle, collar...
 - Protection contre une hausse ou baisse du prix du sous-jacent (protective put...)
- Marché des taux :
 - Courbe des taux, taux au comptant, taux à terme (forward rates).
 - Emprunts (et obligations) à taux variable, à taux capé ou à taux flooré.
 - Produits dérivés de taux : FRA, swap, cap, floor, collar ...
 - Gestion du risque de taux en utilisant des produits dérivés de taux.
- Quelques notions sur la titrisation, les CDS et CDO et le risque de défaut.

Bibliographie

- [1] Mathématiques financières, P. Devolver, M. Fox et F. Vaguener, 3ème édition collection Pearson (2018)
- [2] Finance de marché, P. Poncet et R. Portait, 4ème édition, collection Dalloz (2014)

Séminaire d'ouverture professionnelle

Professionnels des entreprises
1^{er} semestre

Présentation

Un séminaire professionnel de présentation des entreprises partenaires des M2 en finance et sciences des données de l'Université de Paris (M2 MO et M2 ISIFAR) a lieu tous les lundis à 17h à partir de mi-octobre. Ce rendez-vous est une opportunité pour les intervenants de présenter leur société et activités de recherche, puis d'exposer leurs offres de stage. L'agenda est disponible depuis la page web du M2MO.

Deuxième Semestre

Produits dérivés : modélisation et implémentation (6 ECTS)

30h de cours par Bouazza Saadeddine,
12h de TPs sous forme de jupyter python notebooks par Bouazza Saadeddine, Quant CACIB

Présentation

L'objectif du cours est de rendre les étudiants de M2 ISIFAR opérationnels, dans la perspective des stages notamment, pour tout ce qui concerne les méthodes de pricing et couverture en finance, aussi bien d'un point de vue modèles que produits et implémentation. On aborde également les aspects calibration de modèles. Des scripts en python sont mis à la disposition des étudiants pour qu'ils les exécutent, interprètent, complètent, en lien avec le cours. Une mini-librairie de pricing en C++ est distribuée en open source (calcul avec les nombres complexes pour pricing par Fourier, outils d'algèbre linéaire, de simulation pseudo et quasi aléatoire...) et à coder par les étudiants. A nouveau, certaines fonctions ne sont que typées et le corps des fonctions est à coder par les étudiants.

Programme

5. Modèles : Black-Scholes, vol locale, volatilité stochastique (Heston), sauts (Merton)
6. Méthodes numériques : différences finies, Monte Carlo, arbres, simulation/régression/machine learning.
7. Produits : vanille vs. exotiques de première (path-dependence continue), seconde (path-dependence discrète) et troisième génération (XVAs)

Compétences

Le cours porte sur l'implémentation des modèles de valorisation et couverture des produits en finance. Les compétences visées à l'issue du cours sont :

- 1) La maîtrise des modèles de référence: Black-Scholes, volatilité locale et stochastique, sauts dirigés par un processus de Poisson.
- 2) Savoir dériver une équation de pricing basée sur la formulation probabiliste d'un modèle, éventuellement avec volatilité stochastique et/ou sauts,
- 3) Savoir écrire un theta schéma aux différences finies ou un schéma d'arbres pour résoudre numériquement les équations précédentes,
- 4) Maîtriser les techniques de Monte Carlo pour ces équations: principes de base (estimateur et intervalle de confiance) et techniques de réduction de la variance, d'abord dans un cadre statique de variables ou vecteurs aléatoires, puis dans un cadre dynamique de processus stochastiques.
- 5) Maîtriser les rudiments des techniques de simulation/régression Monte Carlo pour problèmes nonlinéaires en grande dimension.
- 6) Savoir choisir le meilleur schéma numérique pour un problème donné,
- 7) Savoir implémenter informatiquement 3) à 5) en excel/VBA, python (incluant l'usage de tensorflow ou pytorch pour les méthodes de régression avancées), et/ou C++.

Validation

Examen écrit et/ou projet selon les années.

Bibliographie

- [1] Crépey, S.. Derivatives Modeling–Implementation & Applications. M2ISIFAR Lecture Notes, 2023.
- [2] Lamberton, D. and B. Lapeyre. Introduction au calcul stochastique appliqué à la finance, 3^{ème} édition. Ellipses, 2013.
- [3] Bengio, Y., I. Goodfellow and A. Courville. Deep Learning. MIT Press, 2016 (or online version <http://www.deeplearningbook.org>).

Deep learning (3 ECTS)

Ilaria Giulini
2^e semestre

Présentation

L'objectif du cours est de présenter les concepts fondamentaux du deep learning jusqu'aux architectures plus avancées telles que les Transformers et les GANs.

Le cours prévoit 4 séances de TP.

Programme

Introduction to Deep Learning
Feed-Forward Neural Networks
Convolutional Neural Networks for image classification
Network architectures for object detection and image segmentation
Recurrent Neural Networks, LSTM units, GRUs
Natural Language Processing
Neural Machine Translation, Attention models, the Transformer Network
Deep Generative Modeling (VAE, GAN)

Bibliographie

- [1] Goodfellow, I. and Bengio, Y., and Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
- [2] Chollet, F. and Allaire, J. J. (2018). *Deep Learning with R*. Manning Pub.
- [3] Chollet, F. and Allaire, J. J. (2018). *Deep Learning with Python*. Manning Pub.

Gestion d'actifs et traitement des données (3 ECTS)

Alexis Clerc
2^e semestre

Présentation

Ce cours est divisé en deux parties. Le cours de Gestion d'actifs (environ 2/3 du temps) a vocation à fournir aux étudiants les éléments théoriques et pratiques de la gestion d'actifs. Certains cours utiliseront abondamment les outils mathématiques déjà rencontrés en M1 et M2 et présenteront des simulations numériques sous Jupyter Notebook.

Le cours de traitement de données (1/3 du temps) a pour objectif de montrer aux étudiants comment manipuler des tableaux de données en Python (bibliothèque Pandas) afin d'obtenir le format nécessaire à une étude.

Requis : notions de probabilités et statistiques, d'algèbre linéaire et de calcul matriciel ; concept de produits dérivés, de taux d'intérêt ; optimisation sous contraintes ; éléments de Python.

Programme

- Utilité et fonctionnement d'une société de gestion d'actifs, panorama actuel de l'industrie
- Notions de base : produits, classes d'actifs marchés financiers, réglementation, ESG (critères environnementaux, sociaux et de gouvernance), risque et diversification
- Algèbre et théorie du portefeuille pour l'allocation d'actifs, optimisation sous contraintes
- En traitement des données, classes Pandas DataFrame et Series, opérations de filtrage (.loc), de jointure (.merge), de groupement (.groupby), et d'application de fonctions plus ou moins complexes (.apply)

Compétences

Les compétences attendues à l'issue du cours sont :

- 1) de connaître l'activité d'une société de gestion d'actifs, le vocabulaire, les principales lignes métiers, les contraintes
- 2) de comprendre l'apport des mathématiques et de la modélisation pour le gérant ou le contrôleur des risques
- 3) de comprendre l'intérêt des différentes classes d'actifs en pratique
- 4) de pouvoir assembler des tableaux de données et les réarranger sous n'importe quelle forme

Validation

Examen écrit final, et projet optionnel en binôme ou en solo.

Bibliographie

[1] PORTAIT, R. and PONCET, P. (2014). Finance de Marché [4ème édition]. 4 ed. Dalloz. *Cet ouvrage propose une présentation exhaustive et cohérente de l'ensemble de la finance de marché. Il couvre en particulier tous les actifs primitifs (actions, taux d'intérêt et de change, indices, crédits bancaires), la plupart des produits dérivés vanille et exotiques (swaps, futures, options, hybrides et dérivés de crédit), la théorie et la gestion des portefeuilles, et l'appréciation et la couverture des risques, tant des positions individuelles que des portefeuilles et des bilans.*

Modèles de taux (3 ECTS)

Zorana Grbac
2^e semestre

Présentation

L'objectif de ce cours est l'étude des modèles stochastiques de taux d'intérêt et des méthodes du pricing pour les dérivés de taux, ainsi que leur calibration aux données du marché. Dans un premier temps les notions de base et les produits dérivés présents sur les marchés de taux seront introduits. La modélisation stochastique de taux d'intérêt sera étudiée dans les cadres de modélisation classiques suivants : modèles de taux court, modèle Heath-Jarrow-Morton et modèle de marché Libor (modèle LMM). Dans chacun de ces modèles les conditions de l'absence d'arbitrage seront trouvées et des méthodes du pricing risque-neutre des options seront présentées, suivi par une discussion sur la calibration du modèle et des améliorations possibles du modèle en utilisant une volatilité locale/stochastique ou des sauts. Après avoir étudié ces modèles classiques de taux, nous allons aborder les problématiques plus récentes parce que la modélisation des taux d'intérêt a été très fortement impactée par les crises financières depuis 2008. Les modèles de taux d'intérêt modifiés pour prendre en compte les phénomènes comme les taux multi-courbe et les taux bas et négatifs seront présentés. A la fin du cours la réforme du taux Libor et ses conséquences sur les dérivés de taux et la modélisation seront discutées.

Programme

- Introduction (notions de base) : taux simples, taux composés, taux continus, taux spot, taux forward, courbe de taux.
- Produits dérivés de taux : FRAs, swaps, caps/foors, swaptions.
- Principe du pricing : approche risque-neutre et probabilités équivalentes, approche EDP de taux.
- Modèles de taux court : Vasicek, Cox-Ingersoll-Ross, Hull-White.
- Prix d'obligation zéro-coupon et structure à terme affine. Pricing des options sur les taux. Calibration de la courbe initiale de taux dans les modèles à taux court. Calibration aux options.
- Modèle de Heath-Jarrow-Morton. Conditions d'absence d'arbitrage. Pricing des options. Changement de numéraire.
- Modèle de marché Libor (LMM) : probabilités forward, taux forward Libor. Pricing des options. Probabilité swap et modèles de taux swap. Calibration du modèle LMM.
- Modèles de taux à volatilité locale/stochastique. Modèle SABR.
- Modèles de taux multi-courbe et des taux bas/négatifs (modélisation de taux d'intérêt après la crise de 2008-2009)
- Réforme du taux Libor. Les taux backward-looking et le taux RFR.

Compétences

Les compétences visées à l'issue du cours:

- La maîtrise des dérivés de taux les plus liquides et des modèles de taux classiques
- Savoir dériver le prix d'un dérivé de taux dans un modèle donné en utilisant les équations du pricing, les techniques du changement de numéraire, la formule Black-Scholes, les propriétés des processus affines etc.
- Savoir traiter et modifier un modèle de taux donné pour y inclure la courbe initiale de taux et l'adapter au pricing des dérivés de taux plus complexes
- Savoir développer un nouveau modèle de taux sur la base d'un modèle de taux classique pour prendre en compte e.g. les taux multi-courbe ou les taux négatifs (shift)
- Comprendre les enjeux principaux de la réforme du taux Libor et l'état actuel de la modélisation de taux suite à la réforme
- Implementation numérique d'un modèle de taux donné

Validation

Examen écrit et projet (facultatif).

Bibliographie

1. D. Brigo et F. Mercurio (2006). Interest Rate Models: Theory and Practice (2nd edition), Springer.
2. T. Björk (2009). Arbitrage Theory in Continuous Time (3rd edition), Oxford University Press.
3. J. Hull (2011). Options, futures and other derivatives (8th edition), Prentice Hall.
4. D. Lamberton et B. Lapeyre (2012). Introduction au calcul stochastique appliqué à la finance (3rd edition), Ellipses Marketing.
5. M. Musiela et M. Rutkowski (2005). Martingale Methods in Financial Modelling (2nd edition), Springer.
6. R. Portait et P. Poncet (2011). Finance de marché (3rd edition), Dalloz.
7. R. Rebonato (1998). Interest-Rate Option Models (2nd edition), Wiley.
8. Z. Grbac et W. J. Runggaldier (2015). Interest Rate Modeling : Post-Crisis Challenges and Approaches. Springer.

Liens utiles.

[1] <http://www.emmi-benchmarks.eu/>

[2] <http://www.emmi-benchmarks.eu/euribor-eonia-org/about-eonia.html>

[3] <http://www.emmi-benchmarks.eu/euribor-org/about-euribor.html>

[4] <https://www.theice.com/iba/libor>

[5] <http://www.eurexchange.com/exchange-en/products/int/>

Marchés d'énergie

Raynaud Louise
2^e semestre

Présentation

Le cours vise à donner aux étudiants une connaissance du fonctionnement des marchés d'énergie, particulièrement de l'électricité, et des enjeux mathématiques les accompagnant.

Précisément, après quelques séances d'introduction sur le secteur de l'énergie et les règles de fonctionnement des marchés, les questions de modélisation, d'estimation des modèles et de valorisation de dérivés énergétiques sont abordées.

Programme

- Fonctionnement des marchés européens de l'électricité et du gaz
- Tour d'horizon des différentes catégories de modèles de prix applicables à l'électricité
- Estimation des modèles de prix sur données historiques
- Valorisation de dérivés énergétiques : options swing et stockages gaz
- Ouverture sur le stockage de l'électricité et ses enjeux théoriques

Compétences

- Culture de base du système énergétique
- Aptitude à la modélisation, approche de la modélisation à travers l'examen des caractéristiques à reproduire
- Expérience avec l'appréhension de données inhomogènes pour l'estimation statistique
- Valorisation de dérivés énergétiques par méthodes numériques (aperçu)

Bibliographie

- [1] Aïd, R. (2015). *Electricity derivatives*. Cham: Springer International Publishing.
- [2] Benth, F. E., & Koekebakker, S. (2008). Stochastic modeling of financial electricity contracts. *Energy Economics*, 30(3), 1116-1157.
- [3] Deschatre, T., Féron, O., & Gruet, P. (2021). A survey of electricity spot and futures price models for risk management applications. *Energy Economics*, 102, 105504.
- [4] Warin, X. (2012). Gas storage hedging. In *Numerical methods in finance: Bordeaux, June 2010* (pp. 421-445). Springer Berlin Heidelberg.

Risques contemporains pour l'assurance (3 ECTS)

Olivier Lopez et Maud Thomas
2^e semestre

Présentation

Le modèle économique de l'assurance repose sur la mutualisation. De façon grossière, celle-ci consiste à considérer que les bons résultats de la majorité des assurés compense les pertes liées aux sinistres d'une minorité. Mathématiquement, elle repose sur la loi des grands nombres et le théorème central limite. Mais de nouveaux risques, de grande ampleur, comme les risques cyber, climatiques, ou épidémiologiques (sous sa forme récente) peuvent mettre à mal ce modèle. D'une part par l'ampleur des catastrophes associées, qui nous éloignent des hypothèses du théorème central limite, mais aussi par la méconnaissance statistique des phénomènes considérés, qui rend leur anticipation et leur couverture compliquées. La question de l'assurabilité (mathématique) de ces risques est clairement posée. L'objectif de ce cours est comprendre et de maîtriser les outils mathématiques et statistiques nécessaires à l'analyse de risques contemporains et extrêmes. Nous présenterons les principaux enjeux économiques et mathématiques liés à l'étude de ces risques émergents, et montrerons comment la modélisation mathématique et l'exploitation pertinente des données (souvent rares) disponibles permet de construire des solutions de gestion de ce type de risques.

Programme

I - Introduction

- 1) Exemples de risques émergents (cyber, climatique, épidémiologique, supply chain...)
- 2) Enjeux en terme de modélisation

II - Rappels de théorie du risque

- 1) Tarification, provisionnement
- 2) Diversification
- 3) Spécificités des risques rares et systémiques

III - Éléments de théorie des valeurs extrêmes

- 1) Théorèmes fondamentaux
- 2) Méthodes usuelles d'estimation
- 3) Extrêmes et classification

IV - Transfert de risque

- 1) Réassurance
- 2) Assurance paramétrique (introduction)

V - Démutualisation

- 1) Risques systémiques
- 2) Effet réseau, dépendance (graphes, modèles épidémiologiques)
- 3) Application

VI - Intégrer le jugement d'expert

- 1) Rappels sur le cadre bayésien
- 2) Théorie de la crédibilité

Compétences

- connaître et comprendre les principaux enjeux posés par la modélisation des risques émergents en assurance
- développer une démarche de modélisation adaptée à l'étude des risques émergents
- calculer une prime bayésienne à partir d'une distribution a priori et d'observations fréquentistes
- maîtriser les concepts et techniques de théorie des valeurs extrêmes appliquée à l'assurance et au transfert de risque
- maîtriser les techniques de transfert de risque (réassurance, assurance paramétrique)

Bibliographie

Beirlant, Jan, et al. Statistics of extremes: theory and applications. Vol. 558. John Wiley & Sons, 2004.

Coles, Stuart, et al. An introduction to statistical modeling of extreme values. Vol. 208. London: Springer, 2001.

Farkas, S., Lopez, O., & Thomas, M. (2021). Cyber claim analysis using Generalized Pareto regression trees with applications to insurance. Insurance: Mathematics and Economics, 98, 92-105.

Hillairet, C., & Lopez, O. (2021). Propagation of cyber incidents in an insurance portfolio: counting processes combined with compartmental epidemiological models. Scandinavian Actuarial Journal, 2021(8), 671-694.

Initiation à la programmation en C++ (3 ECTS)

Sylvain Delattre
2^e semestre

Présentation

Il s'agit d'une introduction au langage C++ et par là même aux concepts de programmation orientée objet. On montre sur des exemples (et des exercices) comment ces notions facilitent la création de programmes pour répondre à des problèmes algorithmiques et mathématiques.

Le cours comprend 10 séances de 1h30 (1/4 de cours et 3/4 de travaux pratiques). L'évaluation est basée sur un examen écrit.

Programme

- Types et instructions de base
 - Pointeurs - Tableaux
 - Les classes
 - Structures - Surcharge des opérateurs - Conversion
 - Classes abstraites - Génériques
-

Compétences

Autonomie scientifique dans l'exploration numérique d'un problème en utilisant l'outil informatique

Pré-requis

Maîtriser les notions de base de programmation structurée et procédurale (contrôle de flux, variables et appels de fonction). La connaissance d'un langage à la syntaxe proche du C est idéale.

Bibliographie

[1] C++ Primer de Stanley B. Lippman, Josée Lajoie, Barbara E. Moo, Addison Wesley

[2] C++ for Mathematicians de E. Scheinerman, Chapman & Hall

Projet Data Science (3 ECTS)

Céline Lévy-Leduc

2^e semestre

Présentation

Cet enseignement permet aux étudiants de mettre en œuvre ou de renforcer les connaissances qu'ils ont acquises en apprentissage statistique et plus généralement en sciences des données en leur donnant à analyser un jeu de données correspondant à une situation très concrète.

Plusieurs jeux de données leur seront proposés dans différents domaines d'application. L'un d'entre eux sera fourni par un industriel qui lancera le projet, fera un suivi à mi-parcours et sera présent au moment de la présentation finale des résultats obtenus. Les autres projets seront encadrés par l'enseignant responsable du cours.

Pour mener à bien leur projet, les étudiants utiliseront R ou Python.

Organisation

Les étudiants seront répartis en équipes. Chaque équipe sera responsable de l'analyse d'un jeu de données. Le cours commencera par une présentation des différents jeux de données proposés.

Chaque semaine, des points méthodologiques adaptés aux besoins des différentes équipes seront faits et les équipes devront faire un bilan de leurs avancées et difficultés avec le responsable.

L'examen consistera en une soutenance orale par groupe au cours de laquelle chaque équipe devra présenter les résultats qui auront été obtenus à l'enseignant responsable et/ou à l'industriel en fonction du jeu de données choisi.

Compétences

Acquérir des compétences en modélisation et analyse de données (méthodes de data science)

Coder en R ou Python

Gestion des risques (3 ECTS)

Thomas Kovarcik

2^e semestre

Présentation

L'objectif de ce cours est de présenter les risques principaux auxquels sont confrontés les acteurs financiers, au premier rang desquels les banques mais aussi les assurances, les catégoriser, les quantifier et enfin les gérer. Le cours s'attachera à faire le lien avec les techniques de modélisation des risques et leur application dans le cadre de la réglementation bancaire. Un point d'attention sera notamment dédié aux risques climatiques.

Programme

- Le recensement des risques pour les acteurs financiers. Premières mesures de risques (Value at Risk, Probabilité de Défaut et Perte en Cas de Défaut, Capital Réglementaire, etc.)
- Focus sur le risque de crédit : modélisation, quantification, gestion
- Combiner gestion des risques et choix du risque. Mesures de pilotage
- Qu'est-ce que le risque climatique ? Comment le modéliser ?

Compétences

Le cours porte sur les principaux risques auxquels sont exposés les acteurs financiers et les différents outils pour les mesurer et les gérer. Les compétences visées à l'issue du cours sont :

- 1) Une connaissance des acteurs financiers, de l'environnement bancaire et assurantiel et des risques associés.
- 2) Comprendre le risque de crédit, les principaux outils et modèles de crédit (ratings, spreads, probabilité de défaut et perte en cas de défaut, matrices de transition, modèles de Merton, Vasicek et leurs extensions).
- 3) Connaître et savoir valoriser les principales techniques de transfert de risque (pricing de CDS et tranches de CDO, indices ITRAXX, variations du Mark-to-Market)
- 4) Comprendre les principales mesures de risque (Value-at-Risk, Expected Shortfall, Capital réglementaire).
- 5) Comprendre le risque de contrepartie et les principaux outils de mesure (Wrong way Risk, Expected Effective Positive Exposure (EEPE), Credit Valuation Adjustment (CVA)).
- 6) Comprendre les principaux éléments du risque climatique et modéliser l'impact de la taxe carbone sur la qualité du crédit des entreprises (modèle de Bouchet et Le Guénédal) ou du risque physique dans le modèle de Merton.
- 7) Comprendre les risques et la gestion des risques en assurance (activités, réglementation, provisionnement, Cat Bonds).

Bibliographie

[1] [Brunel and Roger, 2015] Le Risque de Crédit : des modèles au pilotage de la banque, Economica.

Modélisation pour l'assurance (3 ECTS)

Aymeric Kalife
2^e semestre

Présentation

Ce cours a pour objectif de présenter des sujets liés à la modélisation stochastique du business de l'assurance qui aujourd'hui sont la base des cadres d'analyse de la valorisation et du risque des compagnies d'assurances. Plus précisément le programme du cours est le suivant :

Programme

- Principe de valorisation market consistent
- Projection d'un bilan d'une compagnie d'assurances
- Asset allocation (ALM) d'une compagnie d'assurances
- Valorisation des produits d'assurances : produits classiques, VA, etc
- Calcul du SCR et cadre Solvabilité 2
- Travail pratique (C++, python ou autres) autour des sujets évoqués ci-dessus

Bibliographie

- [1] Théorie et pratique de l'assurance vie, P. Petauton, Dunod 4^{ème} édition.
- [2] Market-consistent actuarial valuation , M.Wuthrich, Springer 3^{ème} édition.