

Formation continue - EXECUTIVE PROGRAM en INGÉNIERIE FINANCIÈRE – Modélisation, simulation et analyse de données

La formation se déroule en cours et groupes et comprend 2 unités de compétences en Ingénierie financière

1. Méthodes et outils fondamentaux.
2. Applications avancées.

UNITE DE COMPETENCES 1 : OUTILS ET METHODES FONDAMENTAUX

Module 1 : Modélisation stochastique et produits dérivés dans les marchés traditionnels et dans les marchés crypto par Emmanuel Gobet, Professeur à Sorbonne Université et coordinateur formation continue à l'École Polytechnique.

Objectif : Maîtriser les outils modernes de modélisation stochastique utilisés dans la valorisation et la couverture des produits dérivés, la calibration des modèles, la gestion et la modélisation des risques en finance traditionnelle et finance digitale.

Contenu :

- Introduction aux marchés financiers: marchés financiers traditionnels, marchés crypto
- Produits dérivés financiers, contrats à terme, marchés au comptant, arguments d'arbitrage, valorisation sans modèle, couverture statique des options vanille avec des calls/puts, confrontation aux données de marché (bid, ask, extraction du forward...)
- Portefeuille de couverture dynamique, valorisation de contrat européen et américain dans un modèle binomial
- Valorisation par EDP dans un modèle de Black-Scholes et ses variantes, calcul des grecques et interprétation
- Volatilité implicite: calcul efficace, smile, surface, dynamique. Calibration de la paramétrisation de type SVI
- Volatilité locale et stochastique, volatilité instantanée, liens entre les différentes notions de vol, modèle de Dupire, modèle de Heston, projection de Gyongy, couverture et règles stickies, formules robustes
- Règles étendues de valorisation, changement de numéraire, probabilités risque-neutres, gamma hedging
- Modélisation des taux d'intérêt, cadre HJM, paramétrisation à la Nelson-Siegel et bootstrapping, modèle gaussien, modèles de marché, produits dérivés de taux
- Marchés des changes, dérivés de change, paramétrisation de la volatilité implicite en Delta (Risk-Butterfly, Risk-Reversal)
- Marchés cryptos: blockchain, marchés on-chain et off-chain, agrégation de datas, automated market maker (impermanent loss, swap fees)

Évaluation : contrôle continu chaque semaine (exercices numériques en Python).

Compétences acquises :

Compréhension approfondie des problématiques de modélisation des actifs négociables, des taux d'intérêt, etc., et de leur utilisation pour la valorisation des produits dérivés et la gestion des risques, en marchés traditionnels et crypto. Capacités à implémenter ces modèles et les confronter aux vraies données.

Module 2 : Méthodes numériques : Monte Carlo efficace par Gilles Pagès, Professeur à Sorbonne Université et Vincent Lemaire, Professeur associé à Sorbonne Université

Objectif : Fournir des méthodes de simulation rapide et efficace pour la tarification et la couverture des dérivés sur différentes classes d'actifs, la gestion des risques, la validation des modèles.

Contenu :

- Simulation de variables aléatoires : rendement et complexité ; méthode du rejet.

- Réduction de la variance: variable de contrôle statique et dynamique, relation de parité, échantillonnage préférentiel
- Application à la valorisation et à la couverture d'options
- Schémas numériques (Euler, Milstein) pour les équations différentielles stochastiques : quel schéma pour quels problèmes ? Erreur forte, erreur faible.
- Simulation Quasi-Monte Carlo vs Monte Carlo
- Supprimer le biais : méthodes multiniveaux
- Implémentation efficace sur des dispositifs modernes (GPU), différentiation automatique ; Bibliothèques Python (numpy, etc)

Évaluation : Examen écrit final + mini-projet(s) informatique(s)

Compétences acquises :

Optimiser l'implémentation d'une méthode de simulation Monte Carlo sous des contraintes opérationnelles.

Module 3 : Méthodes statistiques et science des données pour la finance par Mathieu Rosenbaum et Ahmed Kebaier, Professeurs chargés de cours à l'École Polytechnique

Objectif : Introduction aux méthodes statistiques standard pour la gestion des risques.

Contenu :

- Théorie de Markowitz et modèle d'évaluation des actifs financiers
- Analyse en composantes principales
- Matrices aléatoires
- Méthodes de régression en haute dimension
- Copules
- Modèles GARCH

Évaluation : Examen écrit

Compétences acquises :

- Techniques d'estimation pour la gestion de portefeuille, économétrie des données en haute dimension,
- Modélisation et prévision des risques.

Module 4 : Calcul stochastique et contrôle stochastique par Idris Kharroubi, Professeur à Sorbonne Université et Eduardo Abi Jaber, Professeur à l'École Polytechnique

Objectif : Bases des outils de calcul stochastique pour la modélisation financière en information brownienne, équations de Hamilton-Jacobi-Bellman pour les problèmes de contrôle, applications en finance mathématique : couverture et l'optimisation de portefeuille.

Contenu :

- Mouvement brownien, intégrale stochastique, formule d'Itô, changement de mesure de Girsanov, revue de la théorie de valorisation de base, processus de Poisson, modélisation financière avec sauts
- Contrôle stochastique optimal et équation de HJB, application à l'optimisation de portefeuille
- Solutions classiques aux équations de HJB et méthode de vérification.
- Introduction à la théorie des solutions de viscosité pour caractériser les fonctions valeurs irrégulières.

Évaluation : Examen écrit

Compétences acquises : Modélisation stochastique en temps continu, optimisation dynamique sous incertitude, principe de Bellman, équations aux dérivées partielles non linéaires.

UNITE DE COMPETENCES 2 : APPLICATIONS AVANCEES

Module 1 : Options américaines et contrôle stochastique avancé, Idris Kharroubi, Professeur à Sorbonne Université et Vincent Lemaire, Professeur associé à Sorbonne Université

Objectif : Introduction à l'étude de modèles en temps discret spécifiques à certains marchés financiers

Contenu :

- Chaines de Markov contrôlées
- Programmation dynamique
- Calcul des valeurs optimales et contrôles optimaux
- Fiabilité
- Arbitrage épargne/consommation
- Arrêt optimal et options bermudéennes et américaines
- Gestion d'énergie

Évaluation : Examen écrit.

Compétences acquises : Mise en place d'un modèle relatif à un problème pratique donné. Implémentation et calcul de stratégies et de valeurs optimales.

Module 2 : Trading à haute fréquence et algorithmique par Sophie Laruelle, Professeure associée à Sorbonne Université

Objectif : Introduction aux techniques statistiques et de contrôle stochastique de pointe pour la finance à haute fréquence dans le nouvel environnement réglementaire.

Contenu :

- Microstructure du marché après MIFID II Introduction à la modélisation à haute fréquence
- Statistiques à haute fréquence
- Modélisation du carnet d'ordres
- Trading à haute fréquence optimal
- Microstructure et volatilité
- Questions réglementaires

Évaluation : Examen écrit + projet

Compétences acquises : Maîtrise des principes, modèles et techniques du trading à haute fréquence et algorithmique en lien avec l'évolution de la réglementation.

Module 3 : Marchés de l'énergie par Olivier Bardou ENGIE & Professeur associé à Sorbonne Université et Olivier Féron, Ingénieur Expert EDF R&D et Professeur chargé de cours à l'Ecole Polytechnique

Objectif : Introduction aux spécificités des marchés de l'énergie et aux outils mathématiques.

Contenu :

- Modélisation des marchés de l'énergie (gaz, pétrole, électricité) : spécificités et outils mathématiques (convolutions stochastiques, diffusions à sauts)
- Dynamique des sous-jacents : prix au comptant, structure des prix à terme, corrélations
- Contrats dérivés (option swing, options sparks, options réelles)
- Approfondissement sur le gaz (centrales à gaz, stockage, contrats take-or-pay)

- Approfondissement sur l'électricité (pics de demande, prix négatifs, etc.)
- Méthodes de contrôle stochastique pour la tarification des dérivés énergétiques : aspects théoriques et numériques

Évaluation : Examen écrit

Compétences acquises :

- Maîtriser le principe de modélisation des actifs et la tarification des contrats au comptant/à terme sur les marchés de l'énergie (en particulier le gaz et l'électricité).

Module 4 : Fintech/Finance de détail par Sébastien Choukroun, Consultant indépendant

Objectif : Notions de base de l'apprentissage automatique (machine learning)

Contenu :

- Introduction à la cryptographie Tokenisation des actifs par blockchain, bitcoin
- Blockchain avec Ethereum, contrats intelligents
- Grand livre (sécurisation des crypto-monnaies)
- Exemples d'utilisation

Évaluation : Analyse d'un cas d'utilisation.

Compétences acquises :

Comprendre les bases de la technologie blockchain et comment l'utiliser pour les crypto-monnaies, en mettant l'accent sur les cas d'utilisation.

Module 5 : Apprentissage automatique (Machine Learning) par Patrick Gallinari et Gilles Pagès, Professeurs à Sorbonne Université.

Objectif : Notions de base de l'apprentissage automatique (machine learning)

Contenu :

- Optimisation stochastique pour l'apprentissage automatique
- Apprentissage supervisé et non supervisé
- Régression, classification
- Recommandation et e-marketing
- Outils pour l'optimisation convexe, l'optimisation stochastique en ligne

Évaluation : Examen écrit et/ou projet (partagé avec d'autres cours)

Compétences acquises : Maîtriser les bases de l'apprentissage supervisé et non supervisé afin d'utiliser les principales plates-formes récemment publiées telles que TensorFlow, PyTorch, etc... en vue d'applications financières.