

PROGRAMME DE LA FORMATION

La formation comprend 2 unités de compétences en Ingénierie financière :

1. Outils et méthodes fondamentaux.
2. Applications avancées.

qui se déroulent en Cours et petits groupes.

UNITE DE COMPETENCES 1 : OUTILS ET METHODES FONDAMENTAUX.

Module 1 : Modélisation stochastique et produits dérivés par Emmanuel Gobet, Professeur 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.

Contenu :

- Produits dérivés financiers, contrats à terme, marchés au comptant, arguments de non-arbitrage, couverture statique des options vanille avec des calls/puts
- Portefeuille de couverture dynamique, changement de numéraire, évaluation par EDP, formule de Black-Scholes et ses variantes
- Volatilité locale et stochastique, modèle de Dupire, modèle de Heston, projection de Gyongy
- Volatilité implicite, dynamique de la VI, liens avec la volatilité instantanée, couverture et règles stickies, formules robustes
- Asymptotique des prix et de la volatilité implicite (maturité courte, faible volatilité de volatilité, grandes maturités, formules des ailes...)
- Modélisation des taux d'intérêt, cadre HJM, modèle gaussien, modèles de marché
- Marchés des changes, dérivés de change (cross-currency)

Évaluation : Examen écrit final + projet de tarification/calibrage conjoint avec le cours "Méthodes numériques".

Compétences acquises :

Compréhension approfondie des dynamiques des modèles stochastiques des actifs négociables, des taux d'intérêt, etc., et de leur utilisation pour la tarification des produits dérivés et la gestion des risques.

Module 2 : Méthodes numériques : Monte Carlo efficace par Gilles Pages, Professeur 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
- Réduction de la variance
- Schémas numériques pour les dynamiques stochastiques : quel schéma pour quel problème ?

- Quasi-Monte Carlo vs Monte Carlo
- Supprimer le biais : méthodes multiniveaux
- Implémentation efficace sur des dispositifs modernes (GPU)

Évaluation : Examen écrit final + projet informatique conjoint avec le cours "Calcul stochastique et contrôle ou Dérivés".

Compétences acquises :

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

Module 3 : Méthodes statistiques et science des données pour la finance par Mathieu Rosenbaum, Professeur 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 : QCM à domicile + projet informatique conjoint avec le cours "Dérivés".

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 théorie du contrôle par Nizar Touzi, Professeur à l'École Polytechnique

Objectif : Bases des outils de calcul stochastique pour la modélisation financière, équations de Hamilton-Jacobi-Bellman pour les problèmes de contrôle, applications dans la 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 HJB, application à l'optimisation de portefeuille
- Arrêt optimal et équation aux dérivées partielles avec obstacle, application aux titres américains
- Introduction aux jeux différentiels stochastiques, application à la théorie des contrats

Évaluation : QCM à domicile + projet informatique conjoint avec le cours "Méthodes numériques".

Compétences acquises : Modélisation stochastique, optimisation sous incertitude, équations aux dérivées partielles non linéaires.

UNITE DE COMPETENCES 2 : APPLICATIONS AVANCEES.

Module 1 : Contrôle stochastique et marchés incomplets, Idris Kharroubi, Professeur 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
- Gestion d'énergie

Évaluation : Projet.

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 Charles Albert Lehalle, Chercheur Senior à CFM, Mathieu Rosenbaum, Professeur à l'École Polytechnique et Sophie Laruelle

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 (conjoint avec d'autres cours).

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 & Sorbonne Université, René Aïd, Professeur à Dauphine

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, PwC

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 Victor Reutenauer, Directeur de Fotonower et Gilles Pagès, Professeur à Sorbonne Université

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

Contenu :

- 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.