

Année universitaire 2024/2025

# Ingénierie Statistique et Financière - 2e année de Master

**Crédits ECTS : 60**

## LES OBJECTIFS DE LA FORMATION

La 2e année de Master Mathématiques et Applications parcours Ingénierie Statistique et Financière par la voie classique (ISF classique) prépare à des emplois de niveau BAC+5 nécessitant l'utilisation des mathématiques appliquées en lien avec les besoins des entreprises en statistique et en finance. Il offre aux étudiants une formation solide leur permettant une insertion professionnelle rapide dans les métiers de l'industrie et des services.

La master offre deux voies : voie "Science des Données" et voie "Finance". L'accent est mis sur la formation professionnelle avec le concours de particiens issus du monde de l'entreprise, et sur la connaissance de l'entreprise par l'intermédiaire de stages.

### Les objectifs de la formation :

Cette formation a pour objectifs de former des cadres d'entreprise.

- Posséder une bonne maîtrise des méthodes quantitatives, la modélisation mathématiques et statistique et de l'outil informatique,
- Etre capable d'analyser un problème, proposer et conduire à son terme une solution, en prenant en charge le traitement numérique et informatique,
- Etre formé aux techniques spécifiques de l'industrie des services (études économiques, marketing, gestion de la production, contrôle de la qualité, finance, assurance, etc.).

La finance, l'assurance, la science des données, la statistique et le marketing constituent les principaux secteurs d'activité qui recrutent les étudiants du Master 2 Ingénierie Statistique et Financière classique à l'issue de leur formation.

## PRÉ-REQUIS OBLIGATOIRES

Peuvent postuler les étudiants titulaires :

- D'une licence de mathématiques appliquées et de 60 ECTS
- D'une première année de master de mathématiques appliquées avec des connaissances suffisantes en statistique et/ou en finance, d'un diplôme d'ingénieur, ou de titres équivalents.

Les admissions sont décidées par une Commission Pédagogique d'Admission composée d'enseignants de l'Université Paris Dauphine - PSL et de personnalités extérieures. L'examen des dossiers peut inclure des entretiens oraux avec les candidats. Les étudiants souhaitant s'inscrire dans le master doivent déposer un dossier de candidature avant la date limite fixée par le département MIDO.

Les prérequis :

Le niveau recommandé est celui d'une première année de master de mathématiques appliquées avec une formation de base en statistique (analyse des données, inférence statistique, modèle linéaire), et en informatique (usage courant d'un PC, bureautique, programmation, logiciels type SAS, R, Python, etc., connaissance élémentaire des bases de données relationnelles).

Des connaissances de base en finance sont demandées pour la voie « finance » (mathématiques financières, notions de finance d'entreprise et de marché, théorie du portefeuille, produits dérivés).

Le niveau recommandé en probabilités et statistique est celui d'ouvrages comme :

Azaïs, J.M. et Bardet, J.M. Le modèle linéaire par l'exemple. Dunod, 2005.  
Bickel, P.J. et Doksum, K.A. Mathematical Statistics : Basic Ideas and Selected Topics, Prentice Hall, 2000. Cornillon, P.A. et Matzner-Lober, E. Régression - Théorie et applications, Springer, 2007.  
Dacunha-Castelle, D. et Duflo, M. Probabilités et statistiques. Masson, 1997.  
Rivoirard, V. et Stoltz, G. Statistique en action, Vuibert, 2009.  
Saporta, G. Probabilités, analyse des données et statistique, Technip, 1990.  
Tenenhaus, M. Statistique - Méthodes pour décrire, expliquer et prévoir. Dunod, 2007.  
Wasserman, L. All of statistics. A concise course in statistical inference, Springer, 2005.

Le niveau recommandé pour la voie finance est celui d'ouvrages comme :

Chazot, C., Claude, P., Les swaps : concepts et applications, Economica, 1994.  
Hull, J., Options, futures, and other derivatives, Prentice Hall, 2004.  
Poncet, P., Mathématiques financières, Dalloz, 1993.  
Simon, Y., D. Lautier, Marchés dérivés de matières premières et gestion du risque de prix, Economica, 2001.  
Viviani, J.L., Gestion de portefeuille, Dunod, 2001.  
Sharpe, W.F., Investments, Prentice Hall, 1999.

La Commission Pédagogique d'Admission peut admettre des candidats dont les dossiers ne satisfont pas aux conditions de prérequis. Dans ce cas les étudiants admis ont l'obligation de suivre et valider des enseignements précisés par la Commission, en troisième année de licence MIDO ou en première année de Master MIDO de l'Université Paris Dauphine - PSL.

## POURSUITE D'ÉTUDES

Plus de 80% des étudiants rejoignent des banques, sociétés d'assurance, conseil ou services financiers, tandis que le autres font le choix d'un VIE ou plus rarement d'une formation complémentaire.

Les métiers ciblés par cette formation sont :

- Chargé d'études statistiques, ingénieur statistique, chargé d'études marketing, consultant scoring, analyste financier, ingénieur financier, contrôleur des risques financiers, 'quant', trader, structureur, auditeur, ingénieur en modélisation financière, gérant de portefeuille, gestion actif/passif, ingénieur actuariaire
- contrôleur des risques de marché ou de crédit dans une banque d'investissement ou une société de gestion de portefeuille (Société Générale, BNP, Amundi...etc).
- Structureur ou analyste quantitatif dans une banque.
- Gérant ou assistant de gestion dans un hedge fund ou une société de gestion (Natexis Asset Management, Amundi...etc).
- Contrôleur de gestion à la direction financière d'une assurance (Axa, Groupama, Allianz...etc),
- gestionnaire des risques financiers dans une direction financière (banque, assurance, grande entreprise).
- Modélisateur, statisticien ou tarificateur pour un assureur ou une entreprise, consultant dans un cabinet de conseils (Ernst & Young, Deloitte, KPMG...etc) ou pour un éditeur de logiciels financiers (Murex, Bloomberg, Riskdata ...etc).

## PROGRAMME DE LA FORMATION

- Semestre 3
  - Pré-rentree
    - Analyses factorielles
    - Modèles linéaires
    - Calculs stochastiques
  - Bloc Fondamental S3
    - Trouver son poste sur le marché
    - Machine learning en Python
    - Méthodes pour la régression et la classification
    - Modèles stochastiques en finance
    - Langage SQL
    - Visualisation des données avec R
    - Culture financière et de l'assurance I

- Introduction à l'assurance
  - Leadership in finance
- Bloc Complémentaire "voie Finance" S3
  - Calculs stochastiques
  - Gestion des risques et construction de portefeuille
  - Modèles de taux d'intérêt
  - Initiation à VBA pour Excel
  - Pratique de Bloomberg
  - Gestion Actif-Passif et Modélisation ALM (dans le cadre de la Solvabilité 2)
- Bloc Complémentaire "voie Sciences des données" S3
  - Apprentissage statistique
  - Méthodes actuarielles pour l'assurance
  - Gestion de données massives avec Hadoop et Spark
  - Apprentissage non supervisé - Clustering
  - Cybersécurité
- Semestre 4
  - Bloc Fondamental S4
    - Communication
    - Culture financière et de l'assurance II
    - Data project
    - Deep learning avec Python
    - Natural Language Processing (NLP)
    - Clustering en pratique
  - Bloc Complémentaire "voie Finance" S4
    - Calibration de Modèles
    - Gestion globale des risques : VAR
    - Méthodes numériques en finance
    - Risque de crédit
    - Activités de marché d'une banque d'investissement
  - Bloc Optionnel "voie Finance" S4
    - Cybersécurité
    - Méthodes actuarielles pour l'assurance
    - Enjeux et modélisation des risques climatiques
    - Cybersécurité en pratique
    - Advanced machine learning
    - Data quality
    - Apprentissage statistique et Monte-Carlo accéléré pour le calcul du SCR en assurance vie
    - Commodity markets
    - Séries temporelles et applications actuarielles
    - Structured products
    - Trading algorithmique
  - Bloc Complémentaire "voie Sciences des données" S4
    - Enjeux et modélisation des risques climatiques
    - Machine learning - Théorie et algorithme
    - Estimation non paramétrique
    - Cybersécurité en pratique
    - Data quality
    - Advanced machine learning
  - Bloc Optionnel "voie Sciences des données" S4
    - Introduction à l'apprentissage supervisé
    - Gestion des risques et construction de portefeuille
    - Gestion Actif-Passif et Modélisation ALM (dans le cadre de la Solvabilité 2)
    - Initiation à VBA pour Excel
    - Pratique de Bloomberg
    - Séries temporelles et applications actuarielles
    - Calibration de Modèles
    - Risque de crédit

- Activités de marché d'une banque d'investissement
- Renforcement learning
- Bloc Mémoire
  - Mémoire

## DESCRIPTION DE CHAQUE ENSEIGNEMENT

### Activités de marché d'une banque d'investissement

**ECTS** : 1

**Volume horaire** : 9

---

### Advanced machine learning

**ECTS** : 2

**Volume horaire** : 21

---

### Analyses factorielles

**ECTS** : 0

**Volume horaire** : 6

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

L'analyse factorielle d'un tableau de données du type individus x variables est présentée selon l'approche fondée sur l'inertie expliquée par un axe factoriel. En particulier, on montrera que le problème se ramène à la maximisation d'un quotient de Rayleigh. Les techniques dérivées, i.e. le multidimensional scaling métrique (AFTD) et l'analyse des correspondances seront également présentés.

**Compétence à acquérir :**

- Analyse factorielle d'un tableau de données avec une métrique quelconque, application au cas de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) normée ou non,
- Multidimensional Scaling (MDS) métrique (AFTD),
- Analyse des correspondances simples (AFC) et multiples (ACM).

**Bibliographie, lectures recommandées :**

- Lebart, L., Piron, M., Morineau, A. (2006) (4ème édition, refondue) Statistique Exploratoire Multidimensionnelle, 480 pages, Dunod.
  - Saporta, G. (2006), Probabilités, Analyse des données et Statistique, 656 pages, Technip.
- 

### Apprentissage non supervisé - Clustering

**ECTS** : 2

**Volume horaire** : 18

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

- Méthode des k-means et variantes
- Méthodes de classification hiérarchique
- Classification non supervisée par modèles de mélange ; algorithme *EM*
- Spectral clustering
- Méthode DbSCAN
- Autoencodeur et clustering

Les notions du cours seront illustrées par des traitements de jeux de données avec *R*.

**Compétence à acquérir :**

Ce cours a pour objectif de présenter les principes et les champs d'application des méthodes actuelles de clustering (i.e. classification non supervisée).

**Mode de contrôle des connaissances :**

Examen + projet

**Bibliographie, lectures recommandées :**

- Lebart, L., Piron, M., Morineau, A. (2006) (4ème édition, refondue) Statistique Exploratoire Multidimensionnelle, 480 pages, Dunod.
- Bouveyron, Ch., Celeux, Ch., Murphy, T. B., Raftery, A. E. (2019) Model-Based Clustering and Classification for Data Science - with Applications in R, Cambridge University Press

---

## Apprentissage statistique

ECTS : 3

Volume horaire : 21

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

1. **Supervised Learning** : Bayes decision rule, Consistency and no free lunch theorem, Hypothesis class, Probably Approximately Correct (PAC) framework. Empirical Risk Minimization (ERM), PAC bounds with ERM
2. **Concentration Inequalities** : Chebyshev's inequality, Hoeffding's inequality, Sub-Gaussian random variables, Concentrations of functions of random variables, Bernstein's deviation inequality, Deviation inequality for quadratic forms
3. **Generalization Bounds via Uniform Convergence** : Finite hypothesis class, Bounds for infinite hypothesis class via discretization, Rademacher complexity (RC), Empirical RC,
4. **Bounding the Rademacher complexity** : Shattering numbers, VC theory, Covering number, entropy, Dudley's chaining

**Compétence à acquérir :**

L'objectif du cours est d'acquérir des notions théoriques d'apprentissage statistique.

**Mode de contrôle des connaissances :**

Examen final.

---

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

ECTS : 2

Volume horaire : 21

**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 scénarios 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 règlementaires.

**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.

Floryszczak, 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.

## Calculs stochastiques

ECTS : 0

Volume horaire : 6

## Calculs stochastiques

**ECTS** : 3

**Volume horaire** : 21

---

## Calibration de Modèles

**ECTS** : 2

**Volume horaire** : 18

### Description du contenu de l'enseignement :

Dans ce cours, on restera volontairement sur des hypothèses et des modèles simples, dans le but que les étudiants comprennent le raisonnement amenant à la construction d'une procédure de calibration de modèle.

Plus précisément, l'objectif du cours est de donner aux étudiants les compétences suivantes :

- Rappels sur le modèle de Black-Scholes, la formule de Black-Scholes et la volatilité implicite.
- Estimation de la volatilité implicite, smiles de volatilités et quelques méthodes de couverture associées.
- Modèle à volatilité locale.
- La formule de Dupire, sa mise en oeuvre en pratique
- Quelques notions de problème inverses mal posés et technique de régularisation
- Calibration de modèle sur anticipations économiques (exemples détaillés de calibration de courbes de taux d'intérêt)

### Compétence à acquérir :

Introduction aux méthodes simples de calibration de modèle.

Confrontation aux données réelles et à la mise en oeuvre de la calibration de modèle

### Mode de contrôle des connaissances :

Examen

### Bibliographie, lectures recommandées :

R. Cont and P. Tankov, Retrieving Lévy processes from option prices: Regularization of an ill-posed inverse problem, SIAM Journal on Control and Optimization, 45 (2006), pp. 1–25. S. Crépey, Calibration of the local volatility in a trinomial tree using Tikhonov regularization, Inverse Problems, 19 (2003), pp. 91–127 B. Dupire, Pricing with a smile, RISK, 7 (1994), pp. 18–20. N. El Karoui, Couverture des risques dans les marchés financiers. Lecture notes for master 'Probability and Finance', Paris VI university

---

## Clustering en pratique

**ECTS** : 2

**Volume horaire** : 18

---

## Commodity markets

**ECTS** : 3

**Volume horaire** : 24

---

## Communication

**ECTS** : 5

**Volume horaire** : 12

---

## Culture financière et de l'assurance II

**ECTS** : 1

**Volume horaire** : 18

---

## Culture financière et de l'assurance I

**ECTS** : 1

**Volume horaire** : 18

---

## Cybersécurité

ECTS : 2

Volume horaire : 24

---

## Cybersécurité en pratique

ECTS : 2

Volume horaire : 18

---

## Data project

ECTS : 3

Volume horaire : 30

### Description du contenu de l'enseignement :

Une entreprise soumet une problématique accompagnée d'un jeu de données. Les étudiants doivent en équipe apporter la meilleure solution (Projet sous Python) au problème posé. Ce défi est une mise en concurrence des équipes qui sont évaluées suivant un score prédéfini en amont - calculé sur un jeu de données test non communiqué aux étudiants. Cette année le Data challenge porte sur des données financières proposées par Natixis.

### Compétence à acquérir :

Ce challenge permettra aux étudiants de travailler en équipe, de se confronter à une problématique véritable et actuelle sur un jeu de données brutes, et de mettre en pratique toutes les connaissances acquises dans les différents modules de la formation.

### Mode de contrôle des connaissances :

Projet

---

## Data quality

ECTS : 2

Volume horaire : 21

---

## Deep learning avec Python

ECTS : 1

Volume horaire : 12

---

## Enjeux et modélisation des risques climatiques

ECTS : 2

Volume horaire : 15

---

## Estimation non paramétrique

ECTS : 1

Volume horaire : 15

### Description du contenu de l'enseignement :

- Estimation à noyau et par projection.
- Choix des paramètres de lissage : validation croisée, sélection de modèle.
- Estimation de la densité d'une variable aléatoire réelle.
- Estimation de la fonction de régression.
- Données censurées.
- Régression pour données fonctionnelles.
- Agrégation d'estimateurs.

### Compétence à acquérir :

Avoir des notions de base et avancées sur les aspects théoriques et pratiques de la statistique non-paramétrique.



**Mode de contrôle des connaissances :**

Examen.

---

**Gestion Actif-Passif et Modélisation ALM (dans le cadre de la Solvabilité 2)**

**ECTS :** 2

**Volume horaire :** 15

---

**Gestion de données massives avec Hadoop et Spark**

**ECTS :** 1

**Volume horaire :** 12

---

**Gestion des risques et construction de portefeuille**

**ECTS :** 2

**Volume horaire :** 21

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

- rappels du cadre classique : critère moyenne-variance, Markowitz, CAPP, MEDAF
- théorie du portefeuille: indices, portefeuilles optimaux, beta, arbitrage, APT, facteurs
- valuation de produits dérivés et probabilité risque neutre
- trading de volatilité
- assurance de portefeuille: stop-loss, options, CPPI, Buy&Hold, Constant-Mix
- en fonction du temps: deep learning en finance, indicateurs techniques, portefeuille universel

**Compétence à acquérir :**

cf. descriptif

**Bibliographie, lectures recommandées :**

cf. site du cours

---

**Gestion des risques et construction de portefeuille**

**ECTS :** 2

**Volume horaire :** 15

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

L'objectif de ce cours est de faire découvrir ce qu'est un portefeuille d'actifs ainsi que les méthodes de couverture du risque lié à ce portefeuille.

- rappels du cadre classique : critère moyenne-variance, Markowitz, CAPP, MEDAF
- théorie du portefeuille: indices, portefeuilles optimaux, beta, arbitrage, APT, facteurs
- valuation de produits dérivés et probabilité risque neutre
- trading de volatilité
- assurance de portefeuille: stop-loss, options, CPPI, Buy&Hold, Constant-Mix
- en fonction du temps: deep learning en finance, indicateurs techniques, portefeuille universel

**Compétence à acquérir :**

Maîtriser les méthodes de couverture du risque lié à un portefeuille d'actifs à travers des exemples.

**Mode de contrôle des connaissances :**

cf. CC

**Bibliographie, lectures recommandées :**

<https://turinici.com> (y chercher ce cours)

---

**Gestion globale des risques : VAR**

**ECTS :** 2

**Volume horaire** : 21

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

Mesures de risque et régulation (Solvency, Bale): exemple de calculs. Modèles dynamiques pour les prix d'actifs financiers. Agrégation des risques de manière très générale, c'est à dire pour différents types de risque sur des exemples, aussi bien en assurance qu'en finance. Risques des produits dérivés également. Modèles multivariés. Implémentation en Python.

**Compétence à acquérir :**

Analyse des modèles mathématiques du risque de marché, étude des méthodes de gestion globales du risque de marché lorsque les sources d'incertitude sont multiples.

**Mode de contrôle des connaissances :**

0.3\*CC+0.7\*E avec E=examen sur table et CC=contrôle continu.

**Bibliographie, lectures recommandées :**

Ce cours est "self-content" mais ne pas hésiter à combler ses lacunes en lisant un cours de calcul stochastique+EDS et discretisation Euler.

## Initiation à VBA pour Excel

**ECTS** : 1

**Volume horaire** : 15

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

L'objectif de ce cours est de fournir les bases de la programmation en VBA et Excel.

- Procédures et fonctions
- Boucles - Instructions conditionnelles
- Variables et types de données
- Boîtes de dialogue
- Gestion des erreurs
- Objet
- Formulaire

**Compétence à acquérir :**

Maîtrise des compétences de bases de Excel et VBA.

**Mode de contrôle des connaissances :**

Examen

## Introduction à l'apprentissage supervisé

**ECTS** : 3

**Volume horaire** : 21

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

- 1- Analyse factorielle discriminante
- 2- Analyse discriminante linéaire et quadratique
- 3- Classification bayésienne à l'aide de modèles de mélange
- 4- Classifieur bayésien et classifieur bayésien naïf
- 5- Sélection de modèles de mélange parcimonieux
- 6- Arbres de décision
- 7- Forêts aléatoires

L'ensemble de ces méthodes enseignées est illustré par des démonstrations du logiciel R sur des jeux de données réel (principalement Analyse Discriminante linéaire et quadratique, Classification bayésienne gaussienne, Classifieur bayésien naïf, Forêts aléatoires).

**Compétence à acquérir :**

Ce cours présente les méthodes élémentaires d'apprentissage supervisé suivantes : analyse factorielle discriminante,

classification bayésienne à l'aide de modèles de mélange, arbres de décision et forêts aléatoires. Les propriétés théoriques et différentes formulations de ces méthodes sont présentées. Leurs mises en oeuvre, ainsi que celles de leurs variantes, sont illustrées à l'aide de traitements de données effectués avec le logiciel R. L'objectif de ce cours est l'acquisition de la maîtrise de ces méthodes élémentaires d'apprentissage supervisé.

**Mode de contrôle des connaissances :**

Examen

**Bibliographie, lectures recommandées :**

- Benzecri, J.-P. (1980) Pratique de l'analyse des données. Dunod. Paris.
- Bouveyron, C., Celeux, G., Murphy, T., & Raftery, A. (2019) Model-Based Clustering and Classification for Data Science: With Applications in R, Cambridge Series in Statistical and Probabilistic Mathematics, Cambridge: Cambridge University Press.
- Breiman, L., Friedman, J.H., Olshen, R., and Stone, C.J. (1984). Classification and Regression Trees, Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software, Pacific California.
- Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J. (2009) The Elements of Statistical Learning : Data Mining, Inference, and Prediction, Second Edition, Springer Series in Statistics.
- James, G., Witten, D., Hastie, T., Tibshirani, R., Taylor, J., (2023) An Introduction to Statistical Learning: With Applications in Python, Springer International Publishing.
- Lebart, L., Piron, M., Morineau, A. (2006) (4ème édition, refondue) Statistique Exploratoire Multidimensionnelle, 480 pages, Dunod.
- Saporta, G. (2006), Probabilités, Analyse des données et Statistique, 656 pages, Technip.

---

## Introduction à l'assurance

**ECTS :** 1

**Volume horaire :** 9

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

- Produits et techniques d'assurance (le mécanisme, le marché...)
- La demande d'assurance : le comportement face au risque, le contrat optimal et l'assureur face à l'asymétrie d'information

**Compétence à acquérir :**

- Comprendre le fonctionnement du marché de l'assurance.
- Déterminer le contrat optimal en assurance en situation de risque.

**Mode de contrôle des connaissances :**

Examen écrit

**Bibliographie, lectures recommandées :**

- Bien, F. et Lanzi, T. (2015), *Microéconomie Risque, finance, assurance*, Pearson, France.
- Direr, A. (2020), *Economie de l'assurance*, Economica.
- Dubois, D., Féderlé, A. et Ranaivozanany, V. (2021); *Appliquer la data science à l'assurance*, L'ARGUS EDITIONS.
- Eeckhoudt, L., Gollier, C. and Schlesinger, H. (2011), *Economic and Financial Decisions under Risk*, Princeton: Princeton University Press.
- Shahidi N. (2014), "Moral hazard and optimal contract with a continuum effort", *Economics Bulletin*, Vol. 34 No. 3, pp. 1350-1360, selected by The SCOR Global Risk Center.
- Trainar, P. et Thourot, P. (2017) *Gestion de l'entreprise d'assurance*, Dunod

---

## Langage SQL

**ECTS :** 1

**Volume horaire :** 12

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

Première partie : présentation de l'algèbre relationnelle. Relations, attributs, clés primaires, opérations de projection, sélection, produit cartésien et jointures. Division.

Deuxième partie : présentation du langage SQL et utilisation de l'interface web Programiz. Création et suppression de tables,

création et mise à jour des n-uplets dans les tables. Projection, sélection, produit cartésien et jointure. Requêtes imbriquées, comptes, moyennes, sommes, min, max. Clés primaires et clés étrangères, relations hiérarchiques entre les tables, contraintes d'intégrité.

**Compétence à acquérir :**

Apprentissage des requêtes SQL pour l'exploitation des bases de données relationnelles.

**Mode de contrôle des connaissances :**

TP noté

---

## Leadership in finance

**ECTS :** 1

**Volume horaire :** 18

---

## Machine learning - Théorie et algorithmes

**ECTS :** 2

**Volume horaire :** 18

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

Ce cours présente les principales méthodes utilisées en Machine Learning pour résoudre des problèmes de régression et de classification non supervisée. Des illustrations en R seront exposées.

**Compétence à acquérir :**

- Réseaux de neurones
- Noyau reproduisant
- Machines à vecteurs support (SVM)
- Algorithmes de boosting (Adaboost et gradient boosting)

**Mode de contrôle des connaissances :**

Examen

**Bibliographie, lectures recommandées :**

- T. Hastie, R. Tibshirani et J. Friedman, "The elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference", and Prediction (2009), 2nd edition, Springer
  - B. Mehlig, "Machine Learning with neural network" (2022), Cambridge University Press
- 

## Machine learning en Python

**ECTS :** 2

**Volume horaire :** 18

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

- Structure numérique en python
- dataframe pandas
- SVM
- Méthode d'ensemble : random forest et gradient boosting tree

**Compétence à acquérir :**

- Maîtriser les structures numériques python (library numpy)
- Maîtriser la manipulation de dataframe python (library pandas)
- Utiliser des modèles de machine learning classique sous sklearn tel que la random forest, les SVM ainsi que le gradient boosting tree
- Les compétences acquises sont utilisées dans le cadre d'un projet
- Maîtrise de Python.

**Mode de contrôle des connaissances :**

Projet

---

## Modèles de taux d'intérêt

**ECTS** : 2

**Volume horaire** : 21

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

Découvrir et se familiariser avec l'utilisation des modèles de taux d'intérêt à temps continu.

- Quelques outils de calcul stochastique : rappels. Formule d'Ito Changement de probabilité : définition, théorème de Girsanov, formule pour les espérances conditionnelles.
- Généralités sur les taux d'intérêt : Définitions : zéro-coupon, taux forward instantanés, taux court (ou taux spot) Modèles simples du taux court au travers de deux exemples : modèles de Vasicek et de CIR (Cox, Ingersoll et Ross). Modèles de Heath, Jarrow, Morton (HJM), probabilité risque-neutre, dynamique des zéro-coupon.
- Produits de taux classiques. Les sous-jacents : taux forward, swap, taux swap. Changement de numéraire et probabilités forward. Produits vanilles, les caplets et les swaptions. Formule de Black, phénomènes associés à la courbe de la volatilités.
- Modèle LGM à un facteur.
- Modèle BGM (Brace, Gatarek et Musiela) / Jamishidian.
- Modèles à volatilité stochastique : Définition. Modèle SABR. Modèle d'Heston

**Compétence à acquérir :**

Ce cours est consacré aux modèles de taux d'intérêt à temps continu. Au travers de nombreux exemples, on décrit leur utilisation pour évaluer les produits dérivés sur taux d'intérêt.

**Mode de contrôle des connaissances :**

Examen final

---

## Modèles linéaires

**ECTS** : 0

**Volume horaire** : 6

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

Revoir les bases théoriques du modèle linéaire multivarié

**Compétence à acquérir :**

Remise à niveau, rappel de M1

---

## Modèles stochastiques en finance

**ECTS** : 1

**Volume horaire** : 12

---

## Mémoire

**ECTS** : 12

---

## Méthodes actuarielles pour l'assurance

**ECTS** : 2

**Volume horaire** : 21

---

## Méthodes numériques en finance

**ECTS** : 3

**Volume horaire** : 21

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

Ce cours est composé de 5 cours magistraux et de 5 TD dans lesquels nous appliquerons les connaissances vues en cours. Nous verrons les 3 méthodes de résolution numérique utilisés en finance pour pricer les options : Arbres binomiaux,

Différence finie pour EDP et Monte Carlo.

#### **Plan**

- Cours 1 : Généralités sur les méthodes numériques + arbres
- Cours 2 : Arbres et options américaines
- Cours 3 et 4 : EDP
- Cours 5 : Monte Carlo

#### **Compétence à acquérir :**

L'objectif de ce cours est d'appliquer les connaissances théoriques acquises lors des cours magistraux de calcul stochastique, de résolution d'EDP et de Monte Carlo. Dans ce cours nous verrons l'application pratique de calcul de prix et de grecques pour des options vanilles ou exotiques. Nous étudierons 3 méthodes numériques : arbre binomial, résolution des EDP par différence finie et Monte Carlo. Nous utiliserons XL pour manipuler les méthodes numériques et les comprendre.

A la fin de ce cours, les élèves sauront comment pricer des options américaines, barrières et exotiques.

#### **Mode de contrôle des connaissances :**

Examen

---

## Méthodes pour la régression et la classification

**ECTS :** 3

**Volume horaire :** 21

---

## Natural Language Processing (NLP)

**ECTS :** 1

**Volume horaire :** 9

---

## Pratique de Bloomberg

**ECTS :** 1

**Volume horaire :** 6

---

## Reinforcement learning

**ECTS :** 2

**Volume horaire :** 21

---

## Risque de crédit

**ECTS :** 3

**Volume horaire :** 21

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

Le risque de crédit : généralités ; obligation du secteur privé, sécurités et covenants lors d'une émission, taux de recouvrement en cas de défaillance, spread de crédit, emprunt à haut rendement ; prêt syndiqué, dette souveraine ; défauts croisés et corrélation de défaut, actif contingent avec risque de défaut. Rating de créance et agences de rating. Dérivés de crédit. Modèles d'évaluation du risque de crédit : modèles structurels (modèles de Merton, Black & Cox, Longstaff & Schwartz), modèles réduits (modèles à intensité, modèles à migration, modèle de Jarrow & Turnbull, Duffie & Singleton), modèles mixtes ; gestion de portefeuille et techniques de mesure du risque de crédit (exemples : Credit Metrics de J.P. Morgan, Credit Monitor de KMV).

#### **Compétence à acquérir :**

Présentation des principaux concepts et principales méthodes utilisés pour la définition, la mesure, et la gestion du risque de crédit.

Connaitre le risque de crédit ainsi les modèles et les outils utilisés dans l'évaluation de ce risque.

---

## Structured products

**ECTS** : 2

**Volume horaire** : 18

---

## Séries temporelles et applications actuarielles

**ECTS** : 2

**Volume horaire** : 18

### Description du contenu de l'enseignement :

Ce cours est consacré à la présentation des principaux modèles de séries temporelles, à leur estimation statistique et à leur prédiction dans un cadre stationnaire et non stationnaire.

Le cours s'organise de la manière suivante. Une première partie introduit les contextes d'utilisation des séries temporelles en assurance principalement de manière graphique, une deuxième partie poursuit avec les modèles univariés les plus standards (de AR à SARIMA) après des rappels généraux (notions de stationnarité, d'autocorrélation, bruit blanc et marche aléatoire). Plusieurs applications des modèles sont proposées sous R. La deuxième partie étudie les modèles multivariés (VAR, VECM) avant leurs applications à la modélisation de séries macro-économiques et financières multivariées. Une troisième partie présente les modèles à hétéroscédasticité conditionnelle (ARCH et GARCH principalement) qui seront appliqués sur les séries financières (taux d'intérêt, action, produits dérivés). Enfin une dernière partie conclura en ouvrant sur les thématiques du moment.

### Compétence à acquérir :

L'objectif de ce cours est de présenter la théorie et la pratique de l'analyse des séries temporelles au travers de leurs applications en assurance.

### Mode de contrôle des connaissances :

Examen et projet

---

## Trading algorithmique

**ECTS** : 2

**Volume horaire** : 16

---

## Trouver son poste sur le marché

**ECTS** : .5

**Volume horaire** : 6

### Description du contenu de l'enseignement :

- Présentation générale du champ des possibles en termes d'acteurs sur le marché et en terme de type de métier à la sortie du Master 2 ISF.
- Approche par les compétences et qualités demandées des différents métiers tout en proposant les questions à se poser par rapport à son approche personnelle.
- Présentation et restitution d'outils de personnalité / gestion de carrière (possibilité de faire l'autoévaluation par internet entre les deux cours de 2 fois trois heures) pour valider les éventuels choix qui se dessinent aux étudiants.
- Présentation de CV et lettre de motivation et ainsi que la préparation et l'exécution des entretiens d'embauche (écueils à éviter et questions à poser, exemples d'entretien etc...).

### Compétence à acquérir :

Présenter les principales options possibles de métiers sur le marché en sortant du master ISF et présenter un certain nombre d'outils nécessaires à la construction d'un projet de carrière personnel et identifié.

Avoir connaissance des métiers accessibles sur le marché à la suite de ce Master et être capable de construire un projet de carrière personnel.

---

## Visualisation des données avec R

**ECTS** : 1

**Volume horaire** : 9

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

La visualisation des données consiste en l'utilisation d'un système de représentation visuel pour interagir avec les capacités d'un humain à percevoir et à créer des liens afin d'analyser des données brutes. Les techniques de visualisation permettent de faire « parler » des données complexes en explorant les liens entre variables, différents schémas d'organisation des données ou encore en identifiant des points atypiques. Elles sont donc complémentaires à des démarches de fouilles des données et sont généralement un préalable à la mise en place de modèles statistiques qui permettront de valider certains phénomènes ou certaines hypothèses.

Ce cours vise à présenter ce qu'est la visualisation des données et son intérêt pour explorer le contenu d'un jeu de données ou les sorties des modèles statistiques. Il présente les différentes techniques adaptées pour communiquer sur un projet en entreprise selon la nature des données et aborde au travers de différents exemples et travaux pratiques sous R comment correctement présenter une information.

### **Compétence à acquérir :**

Les objectifs de ce cours sont les suivants :

- Définir la data visualization, ses principes et de ses buts ;
- Savoir choisir les méthodes graphiques adaptées pour répondre à une question à partir des données ;
- Connaître les différentes méthodes de représentation des données selon leur nature (données, continues, discrètes, cartes, séries temporelles, ...).
- Savoir visualiser les sorties de modèles.
- Utiliser R et R Markdown pour présenter et développer des visuels créés avec ggplot2.
- Présenter un dashboard de visualisation des données avec R Markdown ou Shiny.

### **Mode de contrôle des connaissances :**

Projet

### **Bibliographie, lectures recommandées :**

Healy, K. (2018). Data Visualization : A Practical Introduction. 1st edition. Princeton, NJ : Princeton University Press.

Kabacoff, R. (2020). Data Visualization with R. Wesleyan University. Quantitative Analysis Center.

Munzner, T. (2014). Visualization Analysis and Design. 1st edition. Boca Raton : A K Peters/CRC Press.

Sievert, C. (2019). Interactive Web-Based Data Visualization with r, Plotly, and Shiny. The r Series. Chapman ; Hall/CRC Press.

Wilke, C.O. (2019). Fundamentals of Data Visualization. O'Reilly.