

---

# Programme M2 IM

## Option Modélisation Stochastique et Statistique

Année 2021-2022

---



Cette option offre des compétences poussées en modélisation stochastique (calcul stochastique et méthodes numériques probabilistes) et en statistiques (machine learning, CART, sélection d'estimateurs ou de modèles ...) et consolide les connaissances informatiques acquises en M1 (C++, R, Scilab) par l'assimilation de nouveaux outils (Hadoop, Spark, SPSS ...). Il vise à former des ingénieurs dans la plupart des domaines nécessitant une analyse stochastique ou statistique (Big Data) : finance, marketing, environnement, biologie, industrie médicale et pharmaceutique, transports, énergie, assurance ...

---

## UE Mathématiques Appliquées

*Stochastic calculus and applications* : This course is devoted to the introduction of the basic concepts of continuous time stochastic processes which are used in many fields : physics, finance, biology, medicine, filtering theory, decision theory. It will consist of a presentation of Brownian motion, Itô integral, stochastic differential equations and Girsanov theorem. Several applications will be given.

## UE Mathématiques pour la Modélisation

*Probabilistic numerical methods* : Probabilistic numerical methods are widely used in machine learning algorithms as well as in mathematical finance for pricing financial derivatives and computing strategies. The course will present the basic methods used for simulating random variables and implementing the Monte-Carlo methods. Simulation in Scilab of stochastic processes used in mathematical finance, such as Brownian motion and solutions to stochastic differential equations, will be discussed as well.

*Advanced statistics* : This course focuses on three pillars of modern statistical inference: parameter estimation, hypothesis testing, and model selection. Its aim is to provide a good understanding of the current methods via a thorough treatment of the existing theoretical guarantees. A particular emphasis will be placed on the asymptotic setting.

*Modeling Studies* : In this course the student will apply the theoretical knowledge obtained during the courses of stochastic calculus, probabilistic computational methods and advanced statistics in some applied contexts.

Part 1: The goal of this part is to understand a technical report or a short conference paper. Using the knowledge from Probability and Statistics, the student will learn how to model a real-life data by point processes. The completed list of papers will be given at least one week before the beginning of the course. References: Daley, D.J, Vere-Jones, D. An introduction to the theory of Point Processes, Volume 1.

Part 2: Volatility modeling . The objective of this part is to introduce the students in the modeling beyond the Black Scholes model. To build models that replicate features of the stock market that are being observed and price (exotic) derivatives by applying numerical methods.

---

## Syllabus of Part 2:

- 1) The Black Scholes model and its limitation, observations from market data (Mean reversion, Volatility clustering, Fat-tailed distribution of returns etc ). Implied volatility and volatility surface.
- 2) Local (deterministic) volatility. Backing out local volatility surface from European option prices, Dupire model.
- 3) Stochastic volatility, Fourier transform and Heston model
- 4) Pricing exotic options (forward start option, Asian, look back, etc)

## References

Musiela - Rutkowski "Martingale methods in option pricing"

Filipovic "Term structure models"

Gatheral "The Volatility surface"

Fouque, Papanicolaou, Sircar "Derivatives in Financial Markets with Stochastic Volatility"

## UE Numérique et Informatique

**Statistical learning methods** : This course will focus on machine learning methods and Bayesian statistics approach. It will cover the following topics: Linear regression, linear models for classification, Kernelized SVM's, Neural networks, MCMC inference, PCA, clustering (K-means, hierarchical, DBSCAN). It will thus cover the main chapters of Murphy's book *Machine Learning: a probabilistic approach*. Several applications will be realized in R or Python.

**Statistical computational methods** : To apply theoretical models to the real world it is useful to know some softwares able to implement statistical methods. R and Python are open source softwares easy to use. The first part of this course will be devoted to the decision trees theory, in particular the CART and Random Forests algorithms developed by Breiman and his coauthors. These statistical tools define nonlinear models in the regression and classification context and are widely used in companies because of the easy interpretability of the outputs but also because of their potential coupling with variables selection. The R package VSURF will be used. The second part of the course will review various statistical methods (Linear Regression, PCA, Clustering...), apply them on real data sets and interpret the results. At the end the student will have a concrete view of the work of an applied statistician and will be autonomous in the implementation of his theoretical knowledge with SAS.

---

**Technologies of Big Data :** The aim of this course is to learn how to install and how to use an architecture for Big Data. This course will present the different softwares used for Big Data treatment : Apache Pig, Hive, HBase, Spark ...

## UE Métiers 1&2

**Analyse de la conjoncture économique :** La publication d'un taux de chômage moins bon que prévu, ou la révision à la baisse de prévisions de croissance peuvent suffire à faire plonger la bourse. Chaque jour plusieurs indicateurs conjoncturels sont publiés. La question de la fiabilité de ces indicateurs, comme celle de l'information qu'ils apportent sont vitales pour poser un diagnostic pertinent de la situation économique présente et à venir. Le problème est qu' à la différence des variables financières qui sont connues en temps réel, la plupart des agrégats ne sont connus qu'avec plusieurs mois de retards. C'est pour palier cette lacune que la conjoncture propose des instruments spécifiques permettant de prévoir le passé proche et le présent. Alors, si comme le disait Pierre Dac, « la prévision est un art difficile, surtout lorsqu'elle concerne l'avenir ? », qu'en est-il des prévisions du passé et du présent proposées par les conjoncturistes ? Sont-ils les oracles des temps modernes ? A quoi servent les enquêtes de conjoncture ? Est-il possible de prévoir les retournements de l'activité ? Peut-on faire confiance aux modèles macro économétriques ? Les variables financières sont-elles vraiment impossibles à prévoir ? Pourquoi a-t-on sous-estimé l'ampleur de la crise de 2008 ? Ce cours répond notamment à ces questions en familiarisant les étudiants avec les pratiques de l'analyse conjoncturelle. Les aspects pratiques de l'analyse conjoncturelle et l'utilisation d'outils statistiques élaborés seront privilégiés. Le contenu pourra évoluer en fonction des événements économiques.

**Big Data & Analytics :** This course offers an introduction to data science as well as various software tools. It provides a comprehensive presentation of neural networks: deep, convolutional, recurrent, adversarial and generative. It also provides an introduction to the tools routinely used by data analysis practitioners. An important part of the course is devoted to practical case studies on computers, using Jupiter notebooks. More specifically, we will study the categorization of images, semantic segmentation of images and speech recognition. Part of the evaluation will take the form of a Kaggle challenge.

Syllabus:

Introduction: methodological framework, introduction to Kaggle and Python Notebooks.

Convolutional Neural Networks (CNNs).

Recurrent Neural Networks.

Adversarial and generative networks.

IBM Data Science tools.

---

**Market Microstructure and Trading Strategies :** This course will present the term structure of interest rates; Yield curve trading; Options trading; Credit derivatives and will discuss the Efficient markets hypothesis, Rational expectations, Market making and Strategic trading.

**Artificial Intelligence Seminars:** Le traitement automatique du langage naturel est un des axes forts du développement de l'intelligence artificielle. La théorie sera agrémentée de cas pratiques et la finalité du cours est de maîtriser différentes techniques (lemmatisation, tokenisation, vectorisation...) et des outils (spacy, nltk...) pour le traitement et la compréhension de la donnée textuelle. Les utilisations sont nombreuses comme par exemple l'élaboration d'un chatbots ou d'un assistant vocal. Ce cours sera composé de la mise en place des fondamentaux pour ensuite pouvoir pratiquer lors d'un projet. Le prérequis sera de connaître la programmation en python.

## **UE Management**

Le module doit permettre de développer des compétences en matière de raisonnement juridique et d'analyser des situations pratiques en matière de management. Le programme intègre notamment les aspects suivants : Sociologie des organisations, Droit du travail, Négociation, Stratégie. Les objectifs sont d'approfondir certains concepts économiques et managériaux, et élargir les perspectives professionnelles.

Pour les alternants, ce module (3 ECTS) sera réalisé sur une semaine au second semestre pendant la période de stage. Pour les non-alternants, il aura lieu au premier semestre.

## **UE Projet de Fin d'Etude**

Pour les alternants, ce projet de fin d'étude consistera en une présentation à mi-parcours de leurs stage en entreprise (9 ECTS). Pour les non-alternants il consistera en la restitution d'un projet appliqué sous la direction d'un tuteur (6 ECTS).

## **UE Projet Innovation-Recherche multidisciplinaire & Networking**

Cette UE ne concerne que les alternants (5 ECTS). Elle a lieu pendant deux semaines complètes à l'Université au second semestre. Elle est constituée de projets multidisciplinaires, d'une immersion dans le milieu de la recherche afin d'en découvrir l'intérêt pour un futur ingénieur et vise à fournir, par un travail de retour d'expérience, le développement d'un réseau professionnel.

---

## **UE Stage**

Cette UE correspond au stage en entreprise qui se déroulera de début mars à fin août pour les non-alternants (30 ECTS) et en un stage d'un an dans l'entreprise pour les alternants (22 ECTS).

---

## FORMATION INITIALE

UE	ECTS
MATHÉMATIQUES APPLIQUEES	3
MATHEMATIQUES POUR LA MODELISATION	6
NUMERIQUE ET INFORMATIQUE	6
METIERS 1&2	6
PROJET DE FIN D'ETUDE	6
MANAGEMENT	3
STAGE	30

## FORMATION EN ALTERNANCE

UE	ECTS
MATHÉMATIQUES APPLIQUEES	3
MATHEMATIQUES POUR LA MODELISATION	6
NUMERIQUE ET INFORMATIQUE	6
METIERS 1&2	6
PROJET DE FIN D'ETUDE	9
PROJET INNOVATION-RECHERCHE MULTIDISCIPLINAIRE & NETWORKING	5
MANAGEMENT	3
STAGE	22