

MASTER 2 Sciences, Technologies, Santé

Mention Mathématiques et applications

Parcours Mathématiques, finance computationnelle et actuariat

$$C(S, X) = Se^{-\delta t}N(d_1) - Xe^{-rt}N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r - \delta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}$$

$N(\cdot)$ cumulative normal distribution

```
int indx=0;
double[] lowervalues = new double[stockprice.length];
for(double s:stockprice)
{
    lowervalues[indx]=max((s-pVcont(rate,time,
    strikeprice[indx])),0);
    indx++;
}
```

Volatility Smile



Année universitaire 2021 – 2022

<https://sciences-technologies.univ-lille.fr/les-departements-de-formation/mathematiques/>

PRESENTATION

Le master 2 ***Mathématiques, finance computationnelle et actuariat (MFCA)*** a pour objectif de former des cadres dans les secteurs de l'assurance, de la banque de détail, de la banque d'investissement et aussi en salle de marché. Pour cela, les étudiants se spécialisent dans les domaines de la quantification et de la maîtrise des divers risques financiers, de l'automatisation des tâches de pricing, et de contrôle des flux. Les compétences mathématiques (calcul stochastique), informatique (machine learning, blockchain) et financières proposées dans cette formation sont des atouts pour les emplois visés. Ce master répond à une demande croissante des milieux bancaires et financiers pour ce type de profil. L'association des compétences en mathématiques, informatique et en finance permettent d'offrir un programme pédagogique joignant expertise quantitative et connaissance fine de l'environnement financier.

Nous proposons aux candidats une formation avancée en mathématiques appliquées, à l'élaboration de modèles complexes en finance, assurance et plus largement en économie, qui recouvre le calcul stochastique et ses applications, les modèles de taux et les méthodes numériques. La formation s'appuie également sur la maîtrise des langages et outils informatiques (programmation, intelligence artificielle) et sur une connaissance élargie des technologies financières (ingénierie financière, techniques d'optimisation de portefeuille).

Une partie des cours est assurée par des intervenants professionnels spécialisés.

Cette formation est ouverte également en alternance par contrat de professionnalisation ; veuillez contacter la cellule en charge des contrats de professionnalisation de la FST : fst-contratpro@univ-lille.fr

Le master 2 MFCA débouche sur différents métiers dans les secteurs de l'assurance, de la banque de détail et de la banque d'investissement, du consulting et de la gestion d'actifs. Parmi tous ces métiers, on notera :

- Chargé d'études actuarielles
- Risk manager
- Gestionnaire de risques financiers
- Gestionnaire de fonds
- Ingénieur financier
- Quant
- Développeur de logiciel financier
- Analyste financier

Le master 2 MFCA s'appuie sur des équipes de recherche appartenant à trois laboratoires, Unités Mixtes de Recherche du CNRS et INRIA, classés A+ pour la qualité de leurs recherches. L'équipe pédagogique est composée également d'intervenants professionnels dans le domaine de l'actuariat, de la gestion de portefeuille, et du trading algorithmique.

RENSEIGNEMENTS PRATIQUES

Responsables du Master 2 :

Ciprian TUDOR

Laboratoire Paul Painlevé UMR CNRS 8254

Université de Lille – Faculté des sciences et technologies

59655 VILLENEUVE D’ASCQ CEDX (France)

Mail : ciprian.tudor@univ-lille.fr

Secrétariat pédagogique :

Aurore SMETS

Université de Lille – Faculté des Sciences et Technologies – Département de Mathématiques

Cité scientifique - Bâtiment M2 – Bureau 010

59655 VILLENEUVE D’ASCQ CEDEX (France)

Mail : math-masters2@univ-lille.fr

Tel : +33 (0) 3.20.43.42.33

Laboratoires d’accueil :

Laboratoire de Mathématiques Paul Painlevé (UMR CNRS 8254)

Site : <http://math.univ-lille1.fr/d7/>

Lille Economie et Management

Le laboratoire est porté conjointement par l’Université Lille et l’Université Catholique de Lille.

Site : <http://lem.cnrs.fr/>

ADMISSION

PHASE 1 : CANDIDATURE (PRÉ-REQUIS ET PUBLIC CONCERNÉ)

S'agissant des étudiants ayant validé le master 1 de la mention Mathématiques et applications parcours MFCA de l'Université de Lille, l'accès au master 2 Mathématiques, Finance Computationnelle et Actuariat est de droit ; il vous appartiendra donc de procéder directement à votre inscription administrative (cf phase 2).

S'agissant des étudiants ayant validé un autre master 1 d'un parcours national de master dans une mention compatible (Mathématiques et finance, MASS, Mathématiques, Informatique, Économie quantitative, etc) ou un diplôme à l'étranger (hors procédure Campusfrance), l'accès en master 2 MFCA se fait par sélection sur dossier, suivi le cas échéant d'un entretien de motivation. **Toute candidature doit passer par la plateforme ecandidat :**

<https://ecandidat.univ-lille.fr/>

Il en va de même pour les ingénieurs diplômés ou les élèves ingénieurs en dernière année d'études (se rapprocher du secrétariat pour de plus amples informations).

Par ailleurs, le master peut accueillir en formation continue des étudiants issus d'une entreprise ou des demandeurs d'emploi.

Les auditeurs souhaitant suivre la formation dans le cadre de la formation continue pourront se renseigner auprès du Service de la Formation Continue (SFC) :

<http://formation-continue.univ-lille.fr/>

Toutefois, la procédure de candidature est la même que citée précédemment (<https://ecandidat.univ-lille.fr/>).

PHASE 2 : INSCRIPTION

Une fois que la décision d'acceptation dans la formation a été notifiée, l'**inscription administrative** se fait au début de l'année universitaire (le calendrier est en ligne sur le site de l'université de Lille : <https://www.univ-lille.fr/etudes/candidater-sinscrire/>) auprès des services administratifs de l'université.

Elle sera complétée, à la rentrée, par l'**inscription pédagogique** qui permet d'établir le contrat pédagogique de chaque étudiant et de l'inscrire aux examens correspondants (se rapprocher du secrétariat pédagogique).

ORGANISATION DES ETUDES

SEMESTRE 3

Mathématiques et finance	Calcul d'Itô	Calcul d'Itô	6 ECTS
	Méthodes computationnelles	Méthodes de Monte Carlo	6 ECTS
		Data sciences	
Risques, finance, actuariat	Finance	Gestion de portefeuille	9 ECTS
		Crypto-monnaies	
		Ingénierie financière	
	Actuariat	Mathématiques du risque	9 ECTS
		Actuariat vie, non-vie et réassurance	
		Réglementation financière et assurantielle	

SEMESTRE 4

Modèles, finance, applications	Modèles de taux et volatilité	Modèles de taux et de volatilité	3 ECTS
	Applications	Trading haute fréquence, modélisation et arbitrage statistique	9 ECTS
		Blockchain	
		Optimisation de portefeuille	
Pratique professionnelle	Anglais	Anglais	3 ECTS
	Stage / mémoire	4 à 6 mois	15 ECTS

PROGRAMME DES COURS

2021 - 2022

- **S3 : Calcul d'Itô – 36h CM et 18h TD**

Objectif

Renforcer les éléments de base du calcul stochastique déjà abordés en Master 1 et discuter ses applications aux modèles financiers. Introduction au calcul de Malliavin et application au hedging et calcul des sensibilités.

Programme

- Mouvement brownien : propriétés
- Théorie de martingales
- Intégrales d'Itô, formule d'Itô, équations différentielles stochastiques : constructions rigoureuses
- Modèle de Black and Scholes : dynamique des prix, option européenne et son prix, gestion de portefeuille
- Intégrales stochastiques multiples
- Opérateurs de Malliavin
- Intégrales anticipatives
- Formule de Ocone-Clark
- Calcul des sensibilités dans le modèle de Black-Scholes

Modalités d'évaluation

Une interrogation écrite CC de 1h (coeff 1) et un examen final EX de 3h (coef 3).

La note finale NF est calculée ainsi : $NF = (CC + 3 EX)/4$

Pour la seconde session d'examen, la note CC n'est pas conservée, la note finale NF sera la note d'examen EX obtenue lors de la seconde session.

- **S3 : Méthodes de Monte Carlo – 24h CTD**

Objectif

Apporter à l'étudiant une connaissance pratique des techniques de simulation avec logiciel. Ce cours présente les méthodes de Monte-Carlo et leurs applications à l'ingénierie financière. Les méthodes de Monte-Carlo jouent un rôle crucial en finance pour le calcul du prix des produits dérivés et la gestion du risque.

Programme

- Génération de nombres aléatoires
- Méthodes de réduction de variances : variables antithétiques, de contrôle, de stratification, échantillonnage préférentiel
- Simulation de processus continus et avec sauts
- Schémas numériques pour les EDS

Modalités d'évaluation

Note finale = projet /20

- **S3 : Data sciences – 30h CTD**

Objectif

Mettre en œuvre des techniques standards par des logiciels spécialisés

Mettre en concurrence ces méthodes pour sélectionner la plus adaptée

Programme

- Classification supervisée :
 - Analyse factorielle discriminante
 - Méthodes probabilistes : modèle de mélange Gaussien, régression logistique binaire et polytomique, méthode non paramétrique des k plus proches voisins
 - Méthodes de segmentation : arbre de classification CART (construction, élagage de l'arbre), forêts aléatoires
 - Méthodes d'ensemble : bagging, boosting
- Classification non supervisée :
 - Méthode des k-means
 - Classification Ascendante Hiérarchique
 - Méthodes de partitionnement spectral
 - Méthodes probabilistes

Modalités d'évaluation

Un examen final EX de 3h.

- **S3 : Gestion de portefeuille – 24h CTD**

Objectif

Maîtriser et être capable d'implémenter en VBA sous Excel les méthodes classiques de choix de portefeuille, d'évaluation d'actifs et de mesure de performance.

Programme

- Programmation en VBA sous Excel : modèle objet Excel, conception des projets VBA et langage de programmation
- Théorie du portefeuille approfondie, évaluation par équilibre et par arbitrage, techniques de test des modèles d'évaluation d'actifs
- Outils de mesure de la performance des gérants de fonds en univers gaussien et non gaussien
- Implémentation VBA des techniques de portefeuille, d'évaluation d'actifs et de mesure de performance

Modalités d'évaluation

Session 1 : (Examen + projet) / 2

Session 2 : examen

- **S3 : Crypto-monnaies – 24h CTD**

Objectif

Posséder les bases pour appréhender les problématiques des crypto-monnaies.

Programme

- Bitcoin : description, histoire, détail du protocole
- Autres crypto-monnaies (smart contracts)
- Système distribué, algorithmes de consensus
- Le problème de la dépense électrique

Modalités d'évaluation

Une note de contrôle continu sera attribuée à chaque étudiant durant le semestre :

CC : une note sur 20 de Travaux Dirigés (interrogations écrites, ...)

Pour la seconde session d'examen, la note CC n'est pas conservée, la note finale NF sera la note d'examen EX obtenue lors de la seconde session.

- **S3 : Ingénierie financière – 18h CM et 12h TD**

Objectif

Ce cours présente les principales opérations financières qu'on peut rencontrer dans la vie d'une société cotée, telles que l'introduction en bourse, l'augmentation de capital, la fusion-acquisition, l'émission des titres hybrides et le changement de la politique de distribution. L'objectif est de faire comprendre aux étudiants le mécanisme de ces opérations et (surtout) leur impact sur la valeur de l'entreprise concernée.

Programme

Le cours est composé de 6 chapitres :

1. La structure financière et la valeur d'une entreprise
2. L'augmentation de capital en numéraire
3. La négociation de contrôle
4. Le leverage buy out (LBO)
5. Les titres hybrides
6. La politique de distribution

Deux cas pratiques fondés sur les faits réels sont également analysés pour mettre en application les points de connaissances acquis en cours théoriques.

Modalités d'évaluation

Session 1 et 2 : un examen écrit final de 3h.

- **S3 : Mathématiques du risque – 18h CM et 8h TD**

Objectif

Cours de mathématiques du risque ciblant la modélisation d'un montant global de pertes, il aborde les techniques quantitatives du risque de crédit, de l'assurance non-vie et de l'assurance-vie.

Programme

- Mesures et comparaisons de risques
- Théorie de la ruine : temps discret, temps continu
- Modèles de risque basés sur le mouvement brownien
- Évaluation du risque de crédit : cotes de crédit, produits financiers, modèles structurels de Merton, et à barrières
- Modélisation de la dépendance entre les risques : mesures de dépendance, modèles de dépendance, copules
- Manipulation des tables de survie

Modalités d'évaluation

Session 1 et 2 : un examen écrit final.

- **S3 : Actuariat vie, non-vie et réassurance – 30h CTD**

Objectif

Ce cours plus opérationnel vise à doter les étudiants de compétences en actuariat en abordant différents thèmes techniques spécifiques

Programme

- Comptabilité d'assurance
- Problématiques assurance-vie : retraite et prévoyance, provisionnement, modèles avancés de prévision de la longévité
- Problématiques d'assurance non-vie : segmentation, tarification, méthodes de provisionnement déterministes et stochastiques
- Problématiques de la réassurance : types, structure et objectifs des traités, problématiques d'évaluation du risque sur un traité de réassurance

Modalités d'évaluation

Une note CC et un examen écrit final EX

$NF = (CC + EX) / 2$

Pour la seconde session, CC n'est pas conservée : $NF = EX$

- **S3 : Réglementation financière et assurantielle – 24h CTD**

Objectif

Présentation des normes réglementaires principales de la finance (Bâle II/III) et de l'assurance (Solvabilité II) et analyse des problématiques quantitatives associées.

Programme

- Évaluation des fonds propres disponibles et du besoin en fonds propres
- Mesures du risque par des approches VaR, TailVaR et scénarios
- Décomposition, valorisation et agrégation des risques principaux en finance et en assurance
- Problématiques de modèle interne
- Problématique ORSA en assurance

Modalités d'évaluation

Une note CC et un examen écrit final EX

$$NF = (CC + EX) / 2$$

Pour la seconde session, CC n'est pas conservée : $NF = EX$

• S4 : Modèles de taux et de volatilité – 16h CM et 11h TD

Objectif

Introduction aux produits de taux d'intérêt standard, optionnels ou non et aux modèles de volatilité couramment utilisés.

Programme

- Définitions des instruments financiers de taux : zéro coupons, courbe des taux, taux forward, taux forward instantané, taux court, swap de taux, options de taux ...
- Absence d'arbitrage et changement de mesure. Rappel des hypothèses de non arbitrage, changement de numéraire, théorème de Girsanov, application au cas d'une économie à 2 pays
- Modèles de taux court (Vasicek, Hull-White, CIR, BDT ...) et cadre HJM. Liens entre les deux
- Introduction aux modèles de marché (LFM, BGM ..)
- Modèle de volatilité local (CEV)
- Modèle de volatilité stochastique (Heston)

Modalités d'évaluation

Session 1 : Une épreuve écrite notée sur 20 (note N1) et une note de projet sur 20 (note N2)

La note finale se calcule selon la formule : $NF = (N1 + N2) / 2$

Session 2 : Examen

• S4 : Trading haute fréquence, modélisation et arbitrage statistique – 16h CM et 12h TD

Objectif

Le cours présentera un large panorama des principales approches et modèles utilisés en trading algorithmique, que ce soit en basse ou haute fréquence. L'objectif final est de rendre autonome chaque élève dans le design complet d'une stratégie de trading algorithmique. Un projet pratique viendra logiquement clôturer le cours et sera le support de l'évaluation finale.

Programme

- Principes généraux : marchés financiers – fondements théoriques – méthodes d'estimation – validation de signaux de trading – génération d'ordres et évaluation de performance – allocation et portefeuille de stratégies – backtesting et mise en œuvre pratique
- Stratégies tendancielle : analyse graphique et reconnaissance de forme – régressions locales – méthodes de lissage – ondelettes – filtres à moyennes mobiles – filtres Lp – filtres de Kalman – méthodes de classification

- Modèles d'arbitrage statistique : cas pratiques – modèles non-linéaires – modèles linéaires – cointégration – modèles dynamiques – arbitrage statistique de volatilité - arbitrage statistique de courbes de taux
- Trading Haute-Fréquence : microstructure de marché – statistiques des données haute-fréquence – modélisation du carnet d'ordre – Estimation en haute-fréquence (volatilité et corrélation) – Trading optimal (contrôle optimal)

Modalités d'évaluation

Session 1 : Au choix :

- Projet pratique d'implémentation complète d'une mini-stratégie de trading algorithmique
- Analyse critique d'articles sur le trading haute fréquence.

Session 2 : examen

- **S4 : Blockchain – 24h CTD**

Objectif

Être opérationnel dans le monde des blockchains

Programme

- Blockchains publiques et privées
- Outils de développement Hyperledger
- Preuve d'existence, ancrage, horodatage
- Blockchains logistiques (supply chain)
- DAPPS (smart contracts)
- Aspects réglementaires, juridiques et fiscaux

Modalités d'évaluation

Une note de CC sera attribuée à chaque étudiant durant le semestre :

- CC : une note sur 20 de Travaux Dirigés (interrogations écrites, ...)

La note finale NF est calculée ainsi : $NF = CC$

Pour la seconde session d'examen, la note CC n'est pas conservée, la note finale NF sera la note d'examen EX obtenue lors de la seconde session.

- **S4 : Optimisation de portefeuille – 24h CTD**

Objectif

Maîtriser et savoir implémenter les techniques avancées d'optimisation de portefeuille.

Programme

- Optimisation de la matrice de variances-covariances des actifs : shrinkage et portefeuilles d'estimateurs
- Méthodes bayésiennes et optimisation de portefeuille Black-Litterman
- Études d'événements et construction de portefeuilles event-driven
- Optimisation de portefeuille avec intégration des moments et co-moments d'ordres 3 et 4

- Value-at-Risk non gaussienne, Conditional Value-at-Risk, et backtests

Modalités d'évaluation

Session 1 : (Examen + projet) / 2

Session 2 : Examen

- **S4 : Anglais – 20h CTD**

Objectif

Dans les 4 compétences de compréhension et de production, on vise le niveau B2 du Cadre Européen Commun de Référence en langues [CECR].

Sensibilisation aux différentes certifications et examens de langues afin de mieux préparer leur projet professionnel.

Programme

L'anglais de communication scientifique sera abordé par le biais de l'anglais de spécialité (Compréhension de textes de spécialité, de vulgarisation scientifique, rapide synthèse et présentation sur Power-Point etc...).

On abordera la pratique de l'anglais de communication professionnelle en entreprise au travers de mises en situation, de jeux de rôle etc ... (rédaction de CV, lettre de motivation, entretien etc...). Ce travail s'accompagnera d'un entraînement aux certifications. (Ici, certification TOEIC)

Modalités d'évaluation

L'évaluation se compose d'une note de présentation orale (PE (powerpoint) +PO et IO) et d'un 'test blanc' de certification type TOEIC qui donnera lieu à une note/20 :

1^{ère} session : Note/20 Présentation orale + Note eq. TOEIC Blanc/20 = NOTE GLOBALE/20

2^{ème} session : Note eq. TOEIC blanc/20. (+ Bonus éventuel)