

## Master Actuariat

### Parcours Actuariat

#### Objectifs

Le titulaire de ce diplôme est un professionnel qui peut être chargé de :

- > L'analyse, la gestion et la quantification financière des risques tant en assurance qu'en finance ;
- > L'application des mathématiques et des statistiques à la finance, l'assurance, la prévoyance.



#### Conditions d'accès

Bac+3 en Master 1, Bac+4 en Master 2 ou sur validation des acquis de l'expérience (VAE).

#### Poursuites d'études

Doctorat.

#### Insertion professionnelle

Ce professionnel peut exercer dans les secteurs suivants :

- > Compagnies d'assurance ou de réassurance
- > Etablissements financiers
- > Activité de conseil en libéral

Il peut exercer les emplois de :

- > Actuaire
- > Directeur technique
- > Responsable de la gestion des risques

Le titre d'actuaire peut être délivré après la validation d'une licence spécialisée en mathématiques financières et du master actuariat.

#### Infos pratiques

**Faculté des Sciences et Techniques** à Brest

Ouvert en stage

#### Contacts

##### Responsable pédagogique

Franke Brice

Brice.Franke @ univ-brest.fr

##### Contact administratif

Secrétariat pédagogique de l'EURIA

euria@univ-brest.fr

Tel. 02 98 01 66 55

## Programme

### M1

#### Semestre 7

<b>Mathématiques stochastiques 1</b>	90h
<b>Outils statistiques pour l'actuariat</b>	78h
<b>Mathématiques et gestion du risque</b>	67h
<b>Finance quantitative 1 et initiation aux produits dérivés</b>	29h
<b>Informatique</b>	58h
<b>Anglais</b>	22h
<b>Bureaux d'études 1</b>	48h

#### Semestre 8

<b>Mathématiques Stochastiques 2</b>	119h
<b>Finances quantitatives 2</b>	62h
<b>Mathématiques financières et actuarielles 2</b>	61h
<b>Environnement juridique et institutionnel</b>	41h

<b>Anglais</b>	22h
----------------	-----

<b>Bureaux d'études 2</b>	48h
---------------------------	-----

### M2

#### Semestre 9

<b>Séries temporelles</b>	42h
<b>Mathématiques des assurances</b>	103h
<b>Gestion du risque</b>	143h
<b>Contrôle de gestion et analyse financière</b>	24h

#### Semestre 10

<b>Droit, réglementation et pratique des assurances</b>	76h
<b>Anglais</b>	22h
<b>Stage</b>	

Dernière mise à jour le 30 mars 2022

# Mathématiques stochastiques 1

## Présentation

### 1. Processus Stochastiques :

#### i. Esperance Conditionnelle

- Définitions et propriétés

#### ii. Martingale en temps discret

- La notion de temps d'arrêt
- Les théorèmes de Doob
- La convergence de martingales

#### iii. Chaîne de Markov en temps discret

- Définition et probabilités de transition
- Les marches aléatoires sur la droite
- Les équations de Chapman-Kolmogorov
- La classification des états d'une chaîne de Markov homogène
- La propriété de Markov forte

#### iv. Chaîne de Markov en temps continu

- Processus de Poisson,
- Processus de naissance et mort

### 2. Martingales en temps continu :

#### i. Filtrations et processus en temps continu

#### ii. Martingales en temps continu

#### iii. Temps d'arrêts, théorème d'arrêt

#### iv. Mouvement brownien

#### v. Intégrale d'Itô

#### vi. Calcul d'Itô, formule d'Itô

#### vii. Équations différentielles

#### viii. Théorème de Girsanov et théorème de représentation des martingales

#### ix. Introduction au modèle de Black et Scholes

### 8 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 45h

Cours Magistral : 45h

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	6/9	1 écrit de 2h + 1 contrôle continu + assiduité Note finale= $\max(1/3 \text{ CC} + 2/3 \text{ E}, \text{E})$
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	3/9	+assiduité; i.e.: -0.1x jours d'absence injustifiée

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit et/ou Oral	60	6/9	Ecrit ou oral suivant le nombre d'étudiants inscrits en session 2
Cours Magistral	CT	Ecrit et/ou Oral	60	3/9	Ecrit ou oral suivant le nombre d'étudiants inscrits en session 2

# Outils statistiques pour l'actuariat

## Présentation

---

### 1. Modèle linéaire

- i. Rappels sur le modèle linéaire
- ii. Test d'analyse de la variance
- iii. Sélection de variables
  - R2 ajusté
  - AIC et BIC
  - Validation croisée
  - Recherche exhaustive
  - Méthodes pas à pas
- iv. Pénalisation et régularisation
  - RIDGE
  - LASSO
  - Elastic-Net
- v. Régression sur variables qualitatives
  - Analyse de la variance à 1 et 2 facteurs
  - Analyse de la covariance
- vi. Modèle linéaire généralisé (GLM)
  - Introduction
  - Régression logistique
  - Modèle GLM log-Gamma
  - Modèle GLM log-Poisson

### 2. Apprentissage statistique

- i. Principes de l'apprentissage statistique supervisé
  - Régression
  - Classification
- ii. Régression logistique
- iii. Réseaux de neurones
  - Modèles utilisés en apprentissage supervisé (Perceptron multicouche)
  - Modèles utilisés en apprentissage non supervisé (modèle de Kohonen)
- iv. Méthode SVM
- v. Critères de sélection de variables et choix de modèles
  - AIC, R2, courbe ROC, etc.

### 7 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Pratiques : 8h

Travaux Dirigés : 34h

Cours Magistral : 36h

vi. Arbres de décision

vii. Introduction aux méthodes ensemblistes

- Méthodes de Bagging

- Forêts aléatoires

- Méthodes de Boosting

viii. Applications numériques en langage R.

### 3. Analyse matricielle et méthodes d'EDP :

I. Analyse matricielle :

i. Diagonalisation

ii. Décomposition de Schur

iii. Décomposition en valeurs singulières

iv. Pseudo-inverse

v. Suite matricielle et fonction de matrices

vi. Produit de Kronecker

vii. Séries formelles.

II. Méthodes d'EDP :

i. Classification des EDP (elliptiques, paraboliques, hyperboliques).

ii. Les exemples classiques

- Équation de Laplace, équation de Poisson, équation de la chaleur et des ondes

iii. La méthode des différences finies

- Schémas explicite, implicite, et de Crank-Nicolson

- Notion de consistance, d'ordre, et de stabilité d'un schéma

iv. Résolution analytique par séparation des variables

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	28/78	+assiduité; i.e.: -0.1x jours d'absence injustifiée
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	24/78	+assiduité; i.e.: -0.1x jours d'absence injustifiée
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	26/78	+assiduité; i.e.: -0.1x jours d'absence injustifiée

**Session 2 : Contrôle de connaissances**

<b>Nature de l'enseignement</b>	<b>Modalité</b>	<b>Nature</b>	<b>Durée (min.)</b>	<b>Coefficient</b>	<b>Remarques</b>
Cours Magistral	CT	Ecrit et/ou Oral	60	28/78	Ecrit ou oral suivant le nombre d'étudiants inscrit en session 2
Cours Magistral	CT	Ecrit et/ou Oral	60	24/78	Ecrit ou oral suivant le nombre d'étudiants inscrit en session 2
Cours Magistral	CT	Ecrit et/ou Oral	60	26/78	Ecrit ou oral suivant le nombre d'étudiants inscrit en session 2

# Mathématiques et gestion du risque

## Présentation

### 1. Valeurs extrêmes :

- i. Introduction et motivations pratiques
- ii. Lois limites et domaines d'attraction
  - Le phénomène de queues lourdes
  - Les lois trois d'attractions (Gumbel, Weibull, Fréchet)
  - Les domaines d'attractions
- iii. Modélisation des maxima par blocs
  - Taille des blocs
  - Mise en pratique sous R (choix des hyperparamètres, validation, interprétation)
- iv. Modèles de dépassement de seuils
  - Choix du seuil
  - Mise en pratique sous R (choix des hyperparamètres, validation, interprétation)

### v. Cas de données dépendantes

### 2. Dépendance linéaire non linéaire :

- i. Modèles multivariés
  - La loi normale multivariée
  - Les lois elliptiques et les lois sphériques
  - Les lois normales mélangées
- ii. Copules
  - Définition et propriétés élémentaires
  - Les théorème de Sklar
  - Les bornes de Fréchet
- iii. Exemples de copules
  - Copule indépendante
  - Copule monotone, copule anti-monotone
  - Copule Gaussienne, copule extrême, copule t, copule de Frank,
  - Copules archimédiennes
- iv. Mesures de dépendance
  - Corrélation
  - Le tau Kendall et le rho de Spearman
  - Dépendance dans les queues de distributions

### 3. Mesure du risque et applications :

- i. Notions générales sur les mesures du risque

### 6 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Pratiques : 15h

Travaux Dirigés : 15h

Cours Magistral : 37h



- Homogenité, monotonie, translativité, convexité, sub-additivité

- Mesures de risques monétaires et cohérentes

ii. Etude des mesures de risques usuelles

- La VaR et ses propriétés

- La CVaR, la TVaR, l'ES, etc.

iii. Mesures de risque de Wang

- Définition et exemples

- Critère de sous-additivité

iv. Estimation de la VaR et de la TVaR

- Méthodes paramétriques

- Méthodes non-paramétriques

- Méthodes par simulation stochastique

v. Retour sur le traitement du risque sous Solvabilité II

- Bilan prudentiel

- Capital requis avec la formule standard

#### 4. Gestion du risque

i. Notion de marché

ii. Banque Centrale

iii. Financement d'une banque

iv. Différents types d'actifs et cotations (Hors-bilan, Swaps, Caps Floors)

v. Notion de valeur

vi. Notions de risque

vii. Gestion des risques (Liquidité, Change, Taux, Crédit, Corner, Grecs)

viii. Base réglementation bancaire

ix. Base de comptabilité bancaire de marché

x. Études de cas

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	12/67	+assiduité; i.e.: -0.1x jours d'absence injustifiée
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	60	14/67	+assiduité; i.e.: -0.1x jours d'absence injustifiée
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	20/67	+assiduité; i.e.: -0.1x jours d'absence injustifiée
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	21/67	+assiduité; i.e.: -0.1x jours d'absence injustifiée

**Session 2 : Contrôle de connaissances**

<b>Nature de l'enseignement</b>	<b>Modalité</b>	<b>Nature</b>	<b>Durée (min.)</b>	<b>Coefficient</b>	<b>Remarques</b>
Cours Magistral	CT	Ecrit et/ou Oral	60	12/67	Ecrit ou oral suivant le nombre d'étudiants inscrit en session 2
Cours Magistral	CT	Ecrit et/ou Oral	60	14/67	Ecrit ou oral suivant le nombre d'étudiants inscrit en session 2
Cours Magistral	CT	Ecrit et/ou Oral	60	20/67	Ecrit ou oral suivant le nombre d'étudiants inscrit en session 2
Cours Magistral	CT	Ecrit et/ou Oral	60	21/67	Ecrit ou oral suivant le nombre d'étudiants inscrit en session 2

# Finance quantitative 1 et initiation aux produits dérivés

## Présentation

### 1. Les options et leurs valorisation

i. La terminologie et le contexte actuel des options négociables

ii. L'influence des différents paramètres sur la valeur de l'option

- Analyse de la formule d'évaluation de Black and Scholes

iii. Les stratégies spéculatives simples et complexes

- Stratégies d'écart et combinées

iv. Ouverture aux autres produits dérivés

- Options sur indice, sur le taux de change et sur contrat à terme.

### 2. Pilotage de portefeuille

i. Introduction sur les modèles de valorisation (déterministes ou stochastiques) et applications sur des actifs financiers ou dérivés.

ii. Construction de portefeuilles "optimaux" (maximisant le couple rendement/risque) selon la théorie de Markowitz :

- Détermination de la frontière efficiente
- Observation sur l'intérêt de la diversification (décorrélations entre actifs)
- Intégration d'un actif sans risque
- Détermination du portefeuille de marché

iii. Extension sur le modèle d'évaluation par arbitrage (APT)

### 3 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 25h

Travaux Dirigés : 4h

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120		+assiduité; i.e.: -0.1x jours d'absence injustifiée

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Ecrit et/ou Oral	60		Ecrit ou oral suivant le nombre d'étudiants inscrit en session 2

# Informatique

## Présentation

### 1. Aide à la décision: Statistiques décisionnelles

#### I. Informatique décisionnelle

- i. Introduction aux problématiques de la fouille de données
- ii. Les étapes d'un projet décisionnel & les aspects méthodologiques
- iii. Méthodologies CRISP-DM et SEMMA
- iv. Méthodes d'exploration des données & qualité des données
- v. Méthodes de préparation des données
- vi. Méthodes de modélisation : méthodes supervisées et non supervisées
  - Arbres de décision,
  - Règles d'association
  - etc.
- vii. Évaluation des modèles
  - Critères de performances et mesures de qualité
  - Mesures et procédures de validation
  - Tests statistiques, méthodes graphiques
- viii. Combinaison de modèles
  - Méthodes hybrides
  - Méthodes ensemblistes & re-échantillonnage

### 2. Maitrise de SAS et Applications (Préparation au certificat d'utilisation du logiciel SAS)

Cours basé sur la réalisation d'un projet et la découverte du logiciel en semi-autonomie. Les techniques acquises couvrent l'étape data, les procédures statistiques, les procédures graphiques, les macro-variables et macro-programmes, le formatage des données, les routines de type symput, l'export ciblés de tables générées par une procédure (ODS). Les projets sont inspirés de sujets de stages réalistes couvrant l'assurance (construction d'une table de mortalité, une loi de rachat, la projection d'un portefeuille d'épargne et son compte de résultat simplifié), de finance (CPPI, fonds en volatility target), de pricing (réassurance), de scoring (sujet libre inspiré de concours passés). Les données mises à disposition des étudiants sont des données simulées partiellement inspirées de données réelles (table de contrats et table de mouvements).

### 3. Applications statistiques avec R

L'intervention correspond à une mise en situation des problématiques de gestion des risques en utilisant l'outil R. Les illustrations qui sont développées relèvent de l'assurance-vie.

Une première partie permet de développer des intuitions relatives au paradigme risque-neutre. Les étudiants sont initiés au calibrage d'un Générateur de Scénarios Economiques en utilisant l'outil R. Ils complètent ainsi leur vision théorique des processus stochastiques par une approche pratique. La distinction entre GSE monde-réel et risque-neutre est illustrée par des applications de mesures de risques et d'évaluation de passif.

Dans une seconde partie et suivant la même logique de mise en application de leurs connaissances, les étudiants produisent des analyses de risque suivant le framework de la formule standard de Solvabilité 2. Un modèle de Gestion Actif Passif est implémenté et est utilisé pour appliquer des chocs de souscription et de marché. Les valeurs de ces chocs sont utilisées pour réaliser un

### 3 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 22h

Cours Magistral : 12h

Travaux Pratiques : 24h

calcul simplifié de SCR. Tout au long de l'intervention, les étudiants évaluent par simulation les probabilités et quantiles associés à différents risques.

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	24/58	+assiduité; i.e.: -0.1x jours d'absence injustifiée
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	20/58	+assiduité; i.e.: -0.1x jours d'absence injustifiée
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	14/58	+assiduité; i.e.: -0.1x jours d'absence injustifiée

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CT	Ecrit et/ou Oral	60	24/58	Ecrit ou oral suivant le nombre d'étudiants inscrit en session 2
Cours Magistral	CT	Ecrit et/ou Oral	60	20/58	Ecrit ou oral suivant le nombre d'étudiants inscrit en session 2
Cours Magistral	CT	Ecrit et/ou Oral	60	14/58	Ecrit ou oral suivant le nombre d'étudiants inscrit en session 2

# Anglais

## Présentation

### Perfectionnement, anglais pour l'actuariat ; préparation au TOEIC

Globalement, cette année est une préparation pour le TOEIC : exercices d'écoute et de lecture. La grammaire et le vocabulaire sont adaptés à cet examen. Un système « atelier » permet à tout étudiant d'avoir un travail complémentaire à n'importe quel moment de l'année. L'anglais reste cependant un outil de communication qui se concrétise au travers d'échanges et de jeux de rôle.

- 1) Présentation et préparation au TOEIC
- 2) Le stage étudiant (présentation d'un stage, responsabilités du stagiaire, retour d'expérience)
- 3) Les mathématiques (points historiques, mathématiciens célèbres, formulations mathématiques)
- 4) La notion d'endettement (pour l'étudiant et pour la société)
- 5) Préparation au dossier de synthèse

### 1 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 11h

Cours Magistral : 11h

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CT	Oral - soutenance	20		oral de 20 mn par étudiant + assiduité

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CT	Oral - soutenance	20		oral de 20 mn par étudiant

## Bureaux d'études 1

### Présentation

#### Initiation à la recherche en actuariat sur des projets proposés par des entreprises partenaires.

Le Bureau d'Études est un projet tutoré qui se déroule tout au long de l'année du Master 1. Les étudiants, répartis en groupes de 2 ou 3, se saisissent d'une problématique du monde de l'actuariat qu'ils doivent développer. Les sujets sont en grande majorité proposés par des entreprises. Le travail est encadré par des professionnels exerçant en entreprise et par des enseignants-chercheurs de l'Institut. Chaque semaine, 2h sont réservées dans l'emploi du temps pour ce travail.

Le Bureau d'Études donne lieu à un rapport écrit et deux soutenances orales (une en janvier et une autre à la fin de l'année universitaire).

#### 2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 48h

### Modalités de contrôle des connaissances

#### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Travaux Dirigés	CT	Oral - soutenance	40		1 soutenance de projet par groupe de 2-4 étudiants + assiduité

#### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Travaux Dirigés	CT	Oral - soutenance	0		Report de la note de première session

# Mathématiques Stochastiques 2

## Présentation

### 1. Mathématiques des populations :

#### I. Modèles déterministes

##### i. Modèles déterministes en temps discret :

- Modèle d'Euler (ou de Malthus)
- Modèle logistique de Verhulst
- Populations à comportement chaotique (travaux de May)
- Modèles avec classes d'âges (modèle de Leslie)

##### ii. Modèles déterministes en temps continu :

- modèle d'Euler, modèle de Verhulst
- $x'(t) = f(x(t))$  : solutions stationnaires, stabilité et instabilité
- Modèle de durée de vie de Makeham, de Gompertz

##### iii. Modèle de Populations en interactions de Lotka- Voltera

- Théorie et schémas numériques (Euler, Runge Kutta)
- Notions de champs de vecteurs et d'isoclines

##### iv. Modèles déterministes de propagation des épidémies :

- Modèle de Bernoulli pour la variole
- Modèles S.I., S.I.R., S.I.S., modèle de Ross de transmission du paludisme

#### II. Modèles stochastiques

##### i. Processus de branchement :

- Modèle probabiliste de Galton Watson
- Fonctions génératrices
- Probabilité d'extinction
- Simulation
- Maximum de vraisemblance

##### ii. Processus de branchement en temps continu :

- Fonctions génératrices
- Evolution de la moyenne
- Probabilité d'extinction

##### iii. Modèles probabilistes de naissance et de mort :

- Rappels des notions sur les processus Markoviens à temps continu
- Loi stationnaire, probabilité d'extinction

### 8 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 47h

Travaux Pratiques : 10h

Cours Magistral : 62h



- Exemples classiques

iv. Modèles de durée :

- Fonction de survie, fonction de hasard

- Exemples de lois classiques : Exponentielle, Weibull (simulation et calibration), Gamma

- Modèle de Gompertz- Makeham : définition et propriétés, simulation, calibration des taux de mortalité par régression et maximum de vraisemblance

- Modèle logistique pour les taux de mortalité

- Exemples numériques en langage R avec des données HMD (Human Mortality Database).

- Modèles de durée composites

- Analyse de la mortalité : quotient et taux de mortalité, fonction de hasard, diagramme de Lexis, mortalité transversale (par année) et longitudinale (par génération)

- Espérance de vie résiduelle

- Notion de censure : censures de type I et III, fonction de vraisemblance avec prise en compte de censures.

- Un exemple : le modèle de Pareto censuré

## **2. Calcul stochastique appliqué à la finance et assurance :**

i. Revisite du modèle de Black-Scholes :

- Modélisation du prix d'action

- Notion de portefeuille admissible

- Portefeuille d'arbitrage

- Probabilité risque neutre

- EDP d'évaluation

- Formule de Black-Scholes pour le call et le put européens

- Les lettres grecques en finance

- Calcul des prix d'options européennes, exotiques, à barrière, forward-start

ii. Volatilité :

- Notion de volatilité historique

- Notion de volatilité implicite

- Notion de volatilité locale, calibration de la volatilité locale

iii. Modèles de taux stochastiques :

- Taux stochastique, obligation zéro-coupon, taux forward instantané, changement de numéraire ;

- Différents modèles de taux stochastiques (Vasicek, Cox-Ingersoll-Ross, Hull-White, Black-Karasinski) ;

- Modèle de HMJ pour le taux forward instantané ;

- Prix d'un call européen dans le contexte d'un taux stochastique ;

- Evaluation des caplets, floorlets, caps, floors, swaption ;

- Echanges de taux (taux swap)

## **3. Simulation stochastique :**

i. Processus markovien à sauts (présentation des modèles et mise en oeuvre de la simulation)

- Processus de Poisson homogène
- File d'attente à 1 serveur et file d'attente M/M/r
- Processus markoviens
- Modèle de ruine d'une compagnie d'assurance

ii. Simulation de trajectoires browniennes et d'autres processus continus (rappels et simulation)

- Mouvement brownien
- Processus s'exprimant simplement à l'aide d'un mouvement brownien (intégrale par rapport à un mouvement brownien, brownien géométrique)
- Pont brownien

iii. Méthode de Monte Carlo (théorie et simulation)

- Loi forte des grands nombres (rappel)
- Expérience de Buffon et méthode de Monte Carlo
- Variante du théorème central limite avec la variance empirique
- Intervalles de confiance pour la méthode de Monte Carlo
- Méthodes de réduction de variance (Variables antithétiques et Variables de contrôle)

iv. Discrétisation d'EDS (théorie et simulation)

- Théorème d'Itô (rappel, cadre multidimensionnel)
- Principe des schémas d'approximation et prise en compte de leurs erreurs dans les intervalles de confiance
- Schéma d'Euler
- Schéma de Milstein (pour ces deux schémas: présentation des schémas, théorèmes de convergence et de vitesse, simulation, dimensions 1 et supérieures)

#### 4. Théorie des jeux :

i. Jeux à somme nulle (à une étape, avec des espaces d'actions finis) :

- Valeur inférieure et valeur supérieure du jeu (en stratégies pures, en stratégies mixtes)
- Théorème de von Neumann sur l'existence d'une valeur en stratégie mixtes
- Extension à des jeux avec espaces d'actions convexes et compacts dans  $\mathbb{R}^d$  (Théorème de Sion)

ii. Jeux matriciels à deux personnes à somme non nulle (à une étape) :

- Notion d'équilibre de Nash (en stratégies pures, en stratégies mixtes)
- Théorème de Nash, méthodes de calcul de l'équilibre de Nash

iii. Jeux matriciel à deux personnes à somme nulle avec information incomplète (où un joueur dispose de plus d'informations que l'autre) :

- Brève introduction du modèle d'Aumann et Maschler, notions de stratégies pure et mixte pour ce modèle
- Valeur du jeu en stratégies mixtes à la fin de l'étape T
- Discussion à l'aide des exemples du comportement de la valeur lorsque T tend vers l'infini
- Théorème d'Aumann et Maschler sur la valeur du jeu en stratégies mixtes

#### 5. Outils avancés pour la data science :

i. Méthodes ensemblistes

- XGBoost et stacking

ii. Interprétabilité des méthodes de machine learning.

iii. Projet en data science.

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	40/119	+assiduité; i.e.: -0.1x jours d'absence injustifiée
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	12/119	+assiduité; i.e.: -0.1x jours d'absence injustifiée
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	35/119	+assiduité; i.e.: -0.1x jours d'absence injustifiée
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	20/119	+assiduité; i.e.: -0.1x jours d'absence injustifiée
	CT	Oral - soutenance	20	12/119	Soutenance de projet informatique + assiduité

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CT	Ecrit et/ou Oral	60	40/119	Ecrit ou oral suivant le nombre d'étudiants inscrits en session 2
Cours Magistral	CT	Ecrit et/ou Oral	60	12/119	Ecrit ou oral suivant le nombre d'étudiants inscrits en session 2
Cours Magistral	CT	Ecrit et/ou Oral	60	35/119	Ecrit ou oral suivant le nombre d'étudiants inscrits en session 2
Cours Magistral	CT	Ecrit et/ou Oral	60	20/119	Ecrit ou oral suivant le nombre d'étudiants inscrits en session 2
	CT	Oral - soutenance	0	12/119	Report de la note de la première session

# Finances quantitatives 2

## Présentation

### 1. Gestion du risque

#### i. Risque de Taux :

- Notion de taux de rendement
- Les obligations : la structure par terme des taux de rendement
- Les taux ZC et les taux forwards
- Bootstrapping de la courbe des rendements
- Gestion en duration
- Convexité d'un ptf obligataire
- Couverture par Futures
- Les swaps de taux d'intérêt : Evaluation
- Calcul de sensibilité
- Bootstrapping de la courbe des taux swabs
- Les options sur taux court : Caps et floors
- Évaluation par le modèle de Black
- Options sur swaps
- Application à la gestion du risque (XL, VBA, R)

#### ii. Risque de Crédit :

- Prix des obligations
- Notion de spread et probabilités de défaut
- Évaluation risque-neutre
- Implication des probabilités de défaut des prix des obligations
- Modèle de Merton: les actions pour estimer les probabilités de défaut
- Probabilité de défaut historiques
- Approche actuarielle
- Évaluation des CDS
- Le risque de crédit dans Bâle III
- Applications (XL, VBA, R)

### 2. Modèles de valorisation :

#### i. Un modèle discret général à une étape :

- La notion de portefeuille d'arbitrage
- Étude de caractérisations équivalentes de l'existence d'une probabilité risque neutre avec l'aide de la notion de sécurités d'Arrow-Debreu

### 6 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 18h

Cours Magistral : 34h

Travaux Pratiques : 10h

- Notion d'un marché complet et caractérisations équivalentes
- ii. Arbre binomial à un pas : probabilité risque neutre, évaluation des pay-offs aléatoires
  - Modèle avec paiement de dividendes, modèle d'un marché monétaire
- iii. Arbre binomial à deux pas : extension des études faites dans un arbre binomial à un pas
  - Evaluation des options européennes et américaines (par itération rétrogrades, et formules fermes, temps d'exercice optimal pour un call européen)
  - Brève discussion des options américaines dans un modèle en temps continu
- iv. Arbre binomial à n pas :
  - Étude d'un tel arbre comme approximation du prix d'action dans le modèle de Black-Scholes (modèles d'approximation d'ordre 1
  - Cox-Ross-Rubinstein [CRR], d'ordre 2 - Hull-White 1 et 2, d'ordre 3 - Tian);
  - Évaluation des options européennes et américaines dans le modèle de CRR ;
  - Lettres grecques dans le modèle de CRR
  - Convergence du modèle de CRR vers le modèle de Black-Scholes.

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	34/62	+assiduité; i.e.: -0.1x jours d'absence injustifiée
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	28/62	+assiduité; i.e.: -0.1x jours d'absence injustifiée

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CT	Ecrit et/ou Oral	60	34/62	Ecrit ou oral suivant le nombre d'étudiants inscrits en session 2
Cours Magistral	CT	Ecrit et/ou Oral	60	28/62	Ecrit ou oral suivant le nombre d'étudiants inscrits en session 2

# Mathématiques financières et actuarielles 2

## Présentation

### 6 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 41h

Travaux Dirigés : 20h

### 1. Mathématiques de l'assurance vie

#### i. Mortalité et engagements en cas de Vie et Décès

- Contexte et définitions des assurances de personnes
- La mortalité, les tables de mortalités, le calcul de probabilités
  - Les formules actuarielles utilisées pour calculer les engagements (capital différé, rentes, temporaires décès, assurances mixtes)

#### ii. Primes et Provisions

- Méthodes de calculs de la prime périodique pure, d'inventaire et commerciale
  - Provisions mathématiques correspondantes suivant les trois méthodes prospective, rétrospective et récurrence
- Comment procéder pour transformer des contrats

#### iii. Prévoyance et Frais de Santé

- Méthodes de tarification pour les garanties Prévoyance (décès, arrêt de travail, rente de conjoint et éducation) et Frais de Santé
  - Les calculs de provisions Prévoyance et Santé, les comptes de résultats.

#### iv. IFC ou IDR, Contrats Retraite à Prestations et Cotisations Définies

- Calcul des engagements indemnités de départ en retraite (IDR ou IFC)
- Calcul des cotisations pour leur financement
- Contrats de retraite à prestations définies et à cotisations définies.

#### v. Assurance vie sur plusieurs têtes

- Calcul des engagements pour des groupes d'assurés de plusieurs têtes, au premier décès, dernier décès, généralisé et ordonné.
  - Le Groupe au premier décès qui est considéré comme vivant tant que toutes les têtes sont vivantes
  - Le Groupe au dernier décès qui est vivant tant que toutes les têtes ne sont pas décédées
  - Le Groupe généralisé qui est vivant tant que le nombre de survivants est supérieur à  $r$  vivants parmi les  $m$  têtes.
  - Le Groupe ordonné qui tient compte de l'ordre dans lequel les assurés décèdent.

#### vi. Actuariat Retraite par Répartition

- La retraite par répartition et le principe de solidarité intergénérationnelle
  - Rappelle les paramètres techniques, les caractéristiques d'un régime par répartition, le calcul du taux de couverture,
  - Analyse d'un régime avec un exemple d'équation d'équilibre simplifiée
  - Les éléments de calcul d'un régime en points.

### 2. Processus stochastiques et assurance non vie.

## i. Modélisation des sinistres non-vie :

- Fonction d'excès moyen
- Lois à queues lourdes,
- Lois avec variation régulière
- Lois sous exponentielles

## ii. Prise en compte de l'accumulation des sinistres :

- Identités de Wald
- Calcul des fonctions caractéristiques
- Formule de Panjer

## iii. Modélisation de l'arrivée des sinistres :

- Processus de Poisson,
- Processus de renouvellement,
- Processus de Poisson mélangé

## iv. Le modèle de Cramér Lundberg

- Condition du bénéfice net
- Probabilité de la ruine
- Equation intégrale pour la probabilité de ruine
- Représentation en série de la probabilité de la ruine
- Logarithme itéré et les grandes déviations

**3. Théorie de la crédibilité**

## i. Crédibilité bayésienne :

- Modèles exponentiel-Gamma et exponentiel-Gamma

## ii. Crédibilité linéaire

- Modèle de Bühlmann-Straub

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	240	28/61	+assiduité; i.e.: -0.1x jours d'absence injustifiée
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	23/61	+assiduité; i.e.: -0.1x jours d'absence injustifiée
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	10/61	+assiduité; i.e.: -0.1x jours d'absence injustifiée

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CT	Ecrit et/ou Oral	60	28/61	Ecrit ou oral suivant le nombre d'étudiants inscrits en session 2
Cours Magistral	CT	Ecrit et/ou Oral	60	23/61	Ecrit ou oral suivant le nombre d'étudiants inscrits en session 2
Cours Magistral	CT	Ecrit et/ou Oral	60	10/61	Ecrit ou oral suivant le nombre d'étudiants inscrits en session 2

## Environnement juridique et institutionnel

### Présentation

#### 1. Droit des affaires :

i. Droit publique des affaires

ii. Droit privé des affaires

#### 2- Retraite et prévoyance sociale

i. Les différentes formes juridiques du régime de prévoyance

- Accord ou convention collective, référendum et décision unilatérale

ii. Les différentes garanties et calcul des prestations versées

- Décès, incapacité, invalidité et santé

iii. La tarification de la complémentaire santé

- Méthode par antériorité

iv. Table du BCAC

- Mensualisation des tables du BCAC

v. Méthode de provisionnement des garanties

- Invalidité, incapacité, rente de conjoint et d'éducation.

#### 4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 26h

Travaux Dirigés : 15h

### Modalités de contrôle des connaissances

#### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	20/41	+assiduité; i.e.: -0.1x jours d'absence injustifiée
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	21/41	+assiduité; i.e.: -0.1x jours d'absence injustifiée

#### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CT	Ecrit et/ou Oral	60	20/41	Ecrit ou oral suivant le nombre d'étudiants inscrits en session 2
Cours Magistral	CT	Ecrit et/ou Oral	60	21/41	Ecrit ou oral suivant le nombre d'étudiants inscrits en session 2



# Anglais

## Présentation

- i. Préparation au TOEIC
- ii. La technologie au service de l'étudiant
- iii. L'enseignement à distance (avantages et inconvénients)
- iv. La dématérialisation des modalités de paiement (impacts sociétaux)
- v. Préparation à la présentation du "bureau d'études"

### 2 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 11h

Travaux Dirigés : 11h

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CT	Oral - soutenance	20		+assiduité; i.e.: -0.1x jours d'absence injustifiée

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CT	Oral - soutenance	20		

## Bureaux d'études 2

### Présentation

#### Initiation à la recherche en actuariat sur des projets proposés par des entreprises partenaires.

Le Bureau d'Études est un projet tutoré qui se déroule tout au long de l'année du Master 1. Les étudiants, répartis en groupes de 2 ou 3, se saisissent d'une problématique du monde de l'actuariat qu'ils doivent développer. Les sujets sont en grande majorité proposés par des entreprises. Le travail est encadré par des professionnels exerçant en entreprise et par des enseignants-chercheurs de l'Institut. Chaque semaine, 2h sont réservées dans l'emploi du temps pour ce travail.

Le Bureau d'Études donne lieu à un rapport écrit et deux soutenances orales (une en janvier et une autre à la fin de l'année universitaire).

#### 4 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 48h

### Modalités de contrôle des connaissances

#### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Travaux Dirigés	CT	Oral - soutenance	40		soutenance d'un projet par groupe de 2-4 étudiants + assiduité

#### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Travaux Dirigés	CT	Oral - soutenance	0		report de la note de première session

## Séries temporelles

### Présentation

#### i. Séries temporelles :

- Décomposition dans une somme formée par une tendance, une composante saisonnière et un résidu "purement stochastique" donné par un processus stationnaire

#### ii. Processus stationnaire :

- Notion de stationnarité (au sens faible, au sens fort)
- Exemples de processus stationnaires : bruit blanc, marche aléatoire, modèles AR, MA et ARMA et leur étude détaillée
- Condition équivalente pour l'existence d'une solution stationnaire et causale, pour l'inversibilité
- Fonction de covariance, fonction d'autocorrélation, autocorrélation partielle
- Représentation spectrale de la fonction de covariance (théorème de Herglotz), mesure et densité spectrales

#### iii. Statistique pour les processus stationnaires :

- Estimation de l'espérance, de la fonction de covariance et de la fonction d'autocorrélation
- Intervalle de confiance pour l'espérance
- Estimation des paramètres dans des modèles AR, MA et ARMA
- Tests de validation de la décomposition d'une série temporelle

#### iv. Prédiction pour les processus stationnaires (avec passé fini et passé infini)

#### v. Prédiction pour des séries temporelles

- Discussion des modèles ARIMA et SARIMA

#### vi. Des modèles conditionnellement hétéroscédastiques de type ARCH et GARCH.

#### 7 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 24h

Travaux Dirigés : 18h

### Modalités de contrôle des connaissances

#### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	1/1	

#### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Autre modalité	Autre nature			pas de seconde session en master II

# Mathématiques des assurances

## Présentation

### 1. Assurances de groupe :

- i. Probabilité de survie
- ii. Taux instantané de mortalité
- iii. Espérance de vie
- iv. Annuité viagère
- v. Annuité temporaire pendant N périodes
- vi. Annuité viagère différée
- vii. Assurance vie entière
- viii. Groupe au premier décès
- ix. Groupe au dernier décès
- x. Groupe ordonné.

### 2. Mathématiques des assurances IARD et santé :

Assurance IARD ; distribution ; contrat d'assurance ; modélisation ; antiselection ; S/P ; ratio combiné ; franchise ; réassurance proportionnelle ; traité XL ; tarification ; prime pure ; GLM ; sélection de modèle ; approche backward/forward ; provisionnement ; PSAP ; méthode Chain-Ladder ; algorithme bootstrap.

### 3. Applications sur R en tarification non-vie :

L'objectif du cours/TD est de mettre en pratique sur R la tarification non vie, dont la théorie a été abordée par le module Mathématique des assurances de la même UE. Le programme se base sur la découverte de bases de données assureurs, retraitements et contrôles de qualité des données, puis des premières analyses et enfin la mise en place de GLM tarifaire.

Mots clés : Tarification non-vie ; produits MRH & Auto ; GLM ; arbres de forêts aléatoires ; sélection de variables ; Splines ; Recherches d'interactions ; MSEP ; AIC ; Déviance.

### 4. Modèles de durée et tables de mortalité :

- i. Spécificités des modèles de durée
- ii. Cadre paramétrique en présence de censure et de troncature
- iii. Modèle de Gompertz-Makeham. Approches non paramétriques
- iv. Estimateur de Kaplan-Meier et de Nelson-Aalen
- v. Modèles semi-paramétriques
- vi. Modèle de Cox
- vii. Régularisation de lois brutes
- viii. Méthodes de lissages
- ix. Modèles prospectifs de mortalité
- x. Modèle de Lee-Carter et ses extensions

### 5. Assurance dépendance :

Prévoyance ; perte d'autonomie ; actes de la vie quotidienne ; grille AGGIR ; risques biométriques ; modèles multi-états ; tables à décrétement multiples ; censure et troncature ; GLM Poisson ; lissage P-splines ; tarification de produits d'assurance.

### 8 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 67h

Travaux Pratiques : 8h

Travaux Dirigés : 28h

## Modalités de contrôle des connaissances

---

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	18/103	
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	20/103	
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	14/103	
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	35/103	
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	16/103	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Autre modalité	Autre nature			pas de seconde session en master II

# Gestion du risque

## Présentation

### 1. Risques et modélisations pour l'assurance :

#### I. Modèles financiers en assurance vie et provisionnement et mesure des risques

i. Modélisation des risques

ii. Système de gestion des risques

iii. Solvabilité 2, Pilier 1 : principe et cas pratique

iv. ORSA principe et cas pratiques

v. GSE

#### II. Génération de scénarios économiques

i. Générateurs de scénarios économique risque-neutres et historique

ii. Modélisation de lois multivariées, copules, options et garanties des passifs d'assurance vie

iii. Modèles de taux (CIR, H&W, G2++, LMM, etc.)

iv. Modèles de type actions (Black-Scholes, Heston, Merton, etc.)

v. Modèle de crédit

vi. alibrage market-consistent

vii. Calibrage statistique

viii. Calibrage et simulation de lois multivariées

ix. Prime de risque et probabilité risque-neutre

x. ALM et best-estimate liabilities

#### III. Provisionnement non-vie

i. Méthodes déterministes

- Méthodes de chain-ladder

- Méthodes auto-régressives

- Méthodes loss-ratios

ii. Méthodes stochastiques

- Modèle récursif de Mack

- Modèle Munich chain ladder

- Provisionnement multi-branches

#### IV. Modélisation et agrégation des risques sous Solvabilité 2

i. Rappels : le capital économique Solvabilité II

ii. La modélisation des risques

- Modélisation de la mortalité stochastique (Présentation des modèles standards, Modélisation de la mortalité catastrophique)

### 12 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 17h

Cours Magistral : 121h

Travaux Pratiques : 5h

- Modélisation des scénarios économique (Modélisation du taux court nominal, Modélisation de l'indice action)

- Modélisation du risque de crédit

- Modélisation des risques non-vie

iii. La prise en compte des dépendances

- Comment se pose la problématique de la dépendance?

- Exemples de modélisation des dépendances (Risque de Mortalité : Corrélations des taux de mortalité Hommes / Femmes ; Scénarios Economiques : Corrélations au sein des scénarios économiques ; Risque de crédit : Corrélations des risques de défaut des émetteurs ; Risques non vie : Corrélations entre les sinistres)

iv. Techniques d'agrégation des risques

- La formule standard : une agrégation a posteriori

- Le modèle interne : une approche intégrée (Introduction ; la méthodologie SdS ; l'Accélérateur SdS ; la méthode Curve Fitting ; l'approche Least Squares Monte Carlo ; le technique Replicating Portfolios)

v. Comparaison de l'agrégation des risques « formule standard » vs « modèle interne »

- Extraction de facteurs de risques et calculs SdS

- Analyse théorique de la méthodologie « formule standard » (Cas d'un risque stand-alone ; Méthode d'agrégation des risques)

- SdS vs formule standard

vi. Robustesse d'estimation du capital économique

## **2. Risques et modélisation pour la banque et la finance :**

I. Risque de crédit réglementaire

i. Le taux annuel effectif global TAEG

ii. Risque de crédit et risque opérationnel

- Paramètres du risque de crédit

- Mesure et pilotage du risque de crédit

iii. Bâle 3

- Paramètres Bâle 3 (PD, LGD, CCF)

- Modélisation sous Bâle 3

II. Modèles et méthodes numériques avancées

i. Environnement bancaire et généralités

- Place de la banque dans l'économie

- Les différentes activités au sein d'une banque d'investissement

- Les différents métiers au sein du Front Office

- Les asset class / les famille de produits dérivés

- Les contrats et leurs types de collatéralisation

ii. Modèle et réalité

- Qu'est-ce qu'un modèle ?

- Rappelle sur la construction d'un modèle
  - Les différents objectifs d'un modèle dans un environnement bancaire / débriefing sur les différents outils de mesure des risques
  - Exemple d'interdépendance des modèles dans un environnement IT bancaire
  - Première réflexion autour du risque de modèle et exemples

### iii. Equity

- Rappel sur les forward, les dividendes et les repos
- Black-Scholes - avantages, limites et utilisation dans une banque
- Volatilité locale - avantages, limites et utilisation dans une banque
- Ouverture sur les modèles à volatilité stochastique - avantages, limites et utilisation dans une banque
- Ouverture sur les produit de variance (réplication statique)

### iv. Taux

- Rappel sur les différents taux et leur représentation
- Rappel sur les swap/forward
- Zoom sur les différents types de modélisation (taux court, swap, etc.)
- Panorama des principaux payoffs et des modèles utilisés pour le pricing
- Focus sur Hull-White

### v. Méthode numériques

- Rappel sur l'intérêt des méthodes numériques dans un environnement bancaire
- Zoom sur les principales méthodes utilisées (PDE, Arbre, MC)
- Applications

### vi. Sujets d'actualité en finance

- Sustainable Finance (stress tests climatiques/VaR climatiques/ESG)
- Transition IBOR – rappel et debriefing sur où en sont les acteurs principaux
- Autres dépendant de l'actualité

## III. Complément de mathématiques financières

### i. Modélisation des risques financiers en assurance et particulièrement en assurance vie

### ii. Calibrage et la génération des scénarios économiques

### iii. Rappel du cadre prudentiel avec une introduction à l'ERM et la norme IFRS17.

## **3. Reassurance vie : les risques et couvertures :**

### I. Motivation de l'achat de la réassurance

#### i. Compétences techniques :

- Sélection d'un produit
- Sélection des risques
- Tarification



ii. Financement :

- Nouveau produit
- Acquisition d'un portefeuille
- Acquisition d'une société

iii. Transfert de risques :

- Volatilité de la performance
- Risques de fréquence
- Risques d'amplitude

iv. Arbitrages et normes :

- SII, IFRS, comptes sociaux, CRD4 ...
- Opportunités

II. Construction d'une solution pour chacun de ces motifs

i. Compétences techniques : présenter le cas d'un nouveau produit

- La réassurance « au travers du cycle »
- Les services des réassureurs
- Les traités par génération ou pas ?

ii. Financement : présenter le cas d'un rachat de portefeuille

- Mesure de l'opportunité : la valorisation et la diversification
- Points de vigilance

iii. Transfert de risques : présenter le cas d'une rétrocession

- Couverture de fréquence
- Couverture de volatilité
- La gestion dans le temps de la couverture
- Partenariat ou opportunisme ?

iv. Arbitrages et normes : présenter le cas d'une limite de risque

- Objectif d'amélioration du ratio de solvabilité de 10 %
- Travailler sur un portefeuille de rentes différées
- Valorisation du coût de la réassurance
- Impact sur le SCR de la réassurance

#### IV. Techniques stochastiques pour la finance et l'assurance

i. Présentation des différentes méthodes dites "stochastiques" utilisées en finance et en assurance dans le cadre de calculs de pricing, risques, capital économique, etc...

ii. Après une présentation théorique et discussion de trois applications majeures : Pricing de produits de marché (calcul stochastiques et formules fermées)

iii. Mesures de risque (risque crédit en particulier) : Simulations de Monte Carlo et méthodes d'arbres

iv. Mise en place de ces méthodes avec les outils informatiques R et Excel

## Modalités de contrôle des connaissances

---

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	60/143	
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	50/143	
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	13/143	
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	20/143	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Autre modalité	Autre nature			pas de seconde session en master II

## Contrôle de gestion et analyse financière

### Présentation

#### I. Analyse financière

##### i. Rappel des bases des calculs complémentaires aux comptes annuels

- Soldes Intermédiaires de Gestion et Capacité d'Autofinancement

- Bilan Fonctionnel

- Tableaux des flux de trésorerie

- Ratios

##### ii. Analyse d'entreprise non cotée

- Méthodologie d'analyse et pratique sur quelques cas.

#### II. Contrôle de gestion

##### i. La fonction de contrôle et d'audit de gestion

##### ii. La nature des charges : Variables/Fixes - Directes/Indirectes

##### iii. La construction des coûts

##### iv. Le coût de revient Complet

##### v. L'Imputation Rationnelle

##### vi. Les coûts partiels et les marges - Le seuil de Rentabilité

##### vii. Coûts standards, calcul et analyse des écarts

#### 3 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 16h

Travaux Dirigés : 8h

### Modalités de contrôle des connaissances

#### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	1/1	

#### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Autre modalité	Autre nature			pas de seconde session en master II

# Droit, réglementation et pratique des assurances

## Présentation

### 8 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 54h

Travaux Dirigés : 22h

### 1. Contexte réglementaire comptable et prudentiel :

Solvabilité 2 ; Réglementation prudentielle ; normes IFRS ; normes comptables françaises ; Consolidation ; Comptes consolidés ; trois piliers ; disponibilités des fonds propres ; Capital de Solvabilité Requis du groupe ; Bilan consolidé ; Compte de Résultat consolidé ; déduction et agrégation ; retraite professionnelle supplémentaire ; branches longues.

### 2. Comptabilité des assurances vie et non-vie :

#### i. L'environnement réglementaire comptable :

- Les sources de la réglementation
- Les règles applicables
- Les documents obligatoires
- Le PCA

#### ii. Les opérations courantes des sociétés d'assurance :

- Comptabilisation des primes, commissions, rachats, sinistres, charges générales

#### iii. Les opérations d'inventaire :

- Présentation et comptabilisation des provisions techniques et autres opérations d'inventaire
- Déversement de charges

#### iv. Les placements :

- Réglementation, évaluation, comptabilisation

#### v. La co-assurance et la réassurance :

- La comptabilisation

#### vi. Les obligations réglementaires en matière de reporting financier :

- Présentation du pilier III de solvabilité II

#### vii. La fiscalité :

- Fonctionnement de l'impôt sur les sociétés et autres impôts et taxes

#### viii. Le contrôle interne

- Définition, enjeux et démarche

#### ix. Les comptes consolidés - Les normes IFRS actuelles :

- Présentation des normes CNC et IFRS
- Les méthodes de consolidation
- Principaux impacts des IFRS concernant l'assurance

#### x. Les futures normes IFRS ayant un impact important pour les sociétés d'assurance

- Introduction à IFRS 17 (présentation et 2 cas pratiques)
- IFRS 9

xi. Cas de synthèse.

### 3. Réassurance :

Transfert de risque ; Capacité de rétention ; Réassurance proportionnelle et non proportionnelle ; Réassurance financière ; Excédent de plein ; Excédent de sinistres par risque ; Excédent de sinistres par événement ; Stop Loss ; Burning cost ; Tarification As if ; Loi de Pareto ; Conditions financières ; Participation aux bénéfices ; Partage du sort.

### 4. Introduction à IFRS17 :

Principaux aspects du volet actuariel de la norme IFRS 17 à travers la présentation :

- i. Champs d'application de la norme et la construction des groupes de contrats
- ii. Différents modèles de valorisation du Passif (BBA, VFA et PAA) avec leurs provisions associées (PVFCF, Risk adjustment, CSM)
- iii. Méthodes de transition et des méthodes de calcul des taux d'actualisation (Top-Down et Bottom-up)
- iv. Spécificités du compte de résultat IFRS 17

### 5. Professionnalisme - La fonction d'actuaire dans l'entreprise :

i. Description du milieu assurance et des caractéristiques des métiers :

- Environnement du conseil
- Mutuelles
- IP
- Courtage
- Cabinet d'audit.

ii. Contenu des missions direction techniques :

- Finance
- ALM
- Souscriptions
- Inventaire
- Provision

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	24/62	
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	20/62	
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	18/62	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Autre modalité	Autre nature			pas de seconde session en master II

# Anglais

## Présentation

Master 2 est une année de consolidation. Il y a une interactivité enseignante/enseignés sur les thèmes de travail.

Le programme est plus ouvert mais le but est toujours d'améliorer leur niveau d'anglais par l'apport d'exercices appropriés.

- Registre
- Lecture
- Lecture à haute voix
- Défendre un point de vue
- Écouter les autres et échanger
- Traduction

### 5 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 11h

Cours Magistral : 11h

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Travaux Dirigés	CT	Ecrit et/ou Oral	180		Prise en compte du résultat au TOEIC

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Autre modalité	Autre nature			pas de seconde session en master II

## Stage

### Présentation

Stage de 4 à 6 mois en entreprise ; réalisation du mémoire d'actuariat

17 crédits ECTS

### Objectifs

Mener à bien un projet de recherche dans le cadre de la réalisation de son mémoire d'actuariat. Cette étude comporte non seulement un socle théorique robuste (incluant un état de l'art, mais aussi expliquant la valeur ajoutée du travail réalisé), ainsi qu'une partie applicative (sur un portefeuille réel d'assuré ou bancaire).

Participer pleinement à la vie de l'entreprise, c'est-à-dire travailler sur les tâches opérationnelles du quotidien, à la vie d'équipe, comprendre les enjeux de l'entreprise à court et moyen terme

### Modalités de contrôle des connaissances

#### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Stages	CT	Rapport écrit et soutenance orale	60		une note globale unique est donnée pour le rapport et la soutenance

#### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Autre modalité	Autre nature			pas de seconde session en master II