

Année universitaire 2025/2026

# Mathématiques et applications - 1re année de master

Notice: Undefined variable: infoContacts in /var/www/html/rof-parcours/.includes/functions.inc.php on line 102  
Crédits ECTS : 60

## PROGRAMME DE LA FORMATION

- Semestre vrac
  - Liste cours majeures maths
    - [Actuariat 1](#)
    - [Actuariat 2](#)
    - [Advanced continuous process](#)
    - [Advanced convex analysis](#)
    - [Allemand 1&2](#)
    - [Analyse des données](#)
    - [Anglais 1](#)
    - [Anglais 2](#)
    - [Brownian motion and evaluation of contingent claims](#)
    - [Comptabilité de l'entreprise](#)
    - [Control of Markov chains](#)
    - [Discrete processes](#)
    - [Espagnol 1&2](#)
    - [Functional analysis](#)
    - [Geometry and differential equations](#)
    - [Classical Gravitation](#)
    - [Gravitation of extended bodies and galaxies](#)
    - [Mémoire de recherche](#)
    - [Pré-rentree mise à niveau : Analyse](#)
    - [Pré-rentree mise à niveau : statistique](#)
    - [Numerical optimization](#)
    - [Linear models and generalizations](#)
    - [Optimization](#)
    - [Portfolio management](#)
    - [Monte-Carlo methods](#)
    - [Série temporelles](#)
    - [Poisson process](#)
    - [Méthodes numériques : problèmes dépendant du temps](#)
    - [Preparation to pure and applied research](#)
    - [Statistical learning](#)
    - [Statistique non paramétrique](#)
    - [SAS, Excel, Matlab](#)
    - [Macroéconomie approfondie](#)
    - [Microéconomie : Théorie des contrats](#)

## DESCRIPTION DE CHAQUE ENSEIGNEMENT

### SEMESTRE VRAC

---

#### Liste cours majeures maths

## Actuariat 1

ECTS : 4

**Enseignant responsable** : QUENTIN GUIBERT (<https://dauphine.psl.eu/recherche/cvtheque/guibert-quentin>)

**Langue du cours** : Français

**Volume horaire** : 39

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

Ce cours introduit les principes mathématiques de base de l'actuariat vie et non-vie : les principes de tarification, la modélisation fréquence/sévérité en assurance non-vie, le principe de mutualisation des risques et enfin les principes de modélisation du risque vie. **Volume horaire détaillé** CM : 19h30 TD : 19h30 **Plan**

1. Principes fondamentaux en assurance
  1. Notions de base
  2. Principes de gestion en assurance
  3. Cadre probabiliste - rappels
  4. Principes de primes
  5. Franchise et limite
2. Modélisation d'un risque non-vie
  1. Approche fréquence/sévérité
  2. Lois de fréquence
  3. Lois de sévérité
  4. Illustrations numériques
3. Mutualisation des risques
  1. Agrégation des risques
  2. Agrégation de la fréquence
  3. Méthodes d'approximation de la charge via les moments
  4. Méthodes d'approximation numérique de la charge
  5. Mutualisation et activités d'assurance
4. Modélisation d'un risque vie
  1. Durée de vie
  2. Modèles de durée
  3. Répartition des décès dans l'année
  4. Valorisation de garanties d'assurance
  5. Garanties avec différé et temporaire
  6. Relations importantes
  7. Capitaux et rentes variables
  8. Tarification sur le principe d'équité actuarielle
  9. Récapitulatif des principales relations

#### Compétences à acquérir :

Les objectifs de ce cours sont les suivants :

- Définir les notions et mécanismes de base de gestion des risques en assurance.
- Savoir évaluer les primes de garanties d'assurance selon différents principes de primes.
- Savoir modéliser des risques non-vie (la fréquence des sinistres, les coûts des sinistres).
- Savoir modéliser les risques vie (probabilité viagère, valeur actuelle probable, relations importantes).
- Savoir évaluer la charge sinistre agrégée (distribution, principales méthodes d'approximation).
- Comprendre le principe de mutualisation des risques.

#### Pré-requis obligatoires

- Statistique (estimation, tests, intervalle de confiance, principaux théorèmes, lois paramétriques)
- Théorie de la mesure et Probabilité

### Bibliographie, lectures recommandées :

- Bowers, N. L., Gerber, H. U., Hickman, J. C., Jones, D. A. et Nesbitt, C. J. (1997). Actuarial Mathematics. 2nd edition. Society of Actuaries.
- Charpentier, A. et Denuit, M. (2004). Mathématiques de l'assurance non vie. Tome I : Principes Fondamentaux de Théorie du Risque. Economica.
- Denuit, M., Charpentier, A. et Bébéar, C. (2004). Mathématiques de l'assurance non-vie : Tome 1, Principes fondamentaux de théorie du risque. Paris : Economica.
- Dickson, D. C. M., Hardy, M. R. et Waters, H. R. (2009). Actuarial Mathematics for Life Contingent Risks. Cambridge University Press.
- Fromenteau, M. et Petauton, P. (2017). Théorie et pratique de l'assurance-vie - 5e éd. - Cours complet et synthétique, exercices corrigés : Cours complet et synthétique, exercices corrigés. 5e édition. Paris : Dunod.
- Klugman, S. A., Panjer, H. H. et Willmot, G. (2012). Loss Models : From Data to Decisions. 4e éd. New York : Wiley.
- Marceau, E. (2013). Modélisation et évaluation quantitative des risques en actuariat. Paris : Springer.

## Actuariat 2

ECTS : 4

**Enseignant responsable :** QUENTIN GUIBERT (<https://dauphine.psl.eu/recherche/cvtheque/guibert-quentin>)

**Langue du cours :** Français

**Volume horaire :** 39

### Description du contenu de l'enseignement :

Ce cours se focalise sur trois aspects rencontrés en assurance pour la gestion des risques couverts : le provisionnement, la théorie de la crédibilité et la théorie du risque.

### Volume horaire détaillé :

CM : 19h30

TD : 19h30

### Plan

1. Méthodes de provisionnement en assurance
  1. Pourquoi provisionner ?
  2. Provisionnement en assurance non-vie
  3. Provisionnement en assurance vie
2. Théorie de la crédibilité
  1. Introduction
  2. Crédibilité de stabilité
  3. Crédibilité paramétrique ou bayésienne
  4. Crédibilité non-paramétrique
3. Théorie du risque
  1. Processus de risque et probabilité de ruine
  2. Le modèle de Cramer-Lundberg
  3. Formule de ruine – approche par la théorie de renouvellement
  4. Classification des lois de sévérité
  5. Approximation et bornes de Cramer-Lundberg
  6. Hauteur d'échelle et queues sous-exponentielles

### Compétences à acquérir :

Les objectifs de ce cours sont les suivants :

- Définir les notions de provisionnement en assurance.
- Connaître les modèles les méthodes les plus classiques de provisionnement déterministes (chain-ladder) et stochastique (Mack) en non-vie.
- Savoir établir et manipuler les provisions en assurance vie (formules prospectives et rétrospectives).
- Connaître le fonctionnement des modèles de crédibilité bayésienne (notion de lois conjuguées) et non-paramétrique (modèles de Bühlmann et Bühlmann-Straub).
- Connaître les notions suivantes en matière de théorie de la ruine : propriétés des processus de Poisson composés, formule de ruine dans le modèle de Cramer-Lundberg (formules exactes, méthodes d'approximations, formule de P-K).

- Savoir classer les distribution de sévérité selon l'épaisseur de la queue de distribution (notions de queue exponentielle, sous- exponentielle, introduction à la théorie des valeurs extrêmes).

#### Pré-requis obligatoires

- Statistique (estimation, tests, intervalle de confiance, principaux théorèmes, lois paramétriques)
- Théorie de la mesure et Probabilité
- Actuariat 1 (premier semestre)

#### Pré-requis recommandés

- Statistique (estimation, tests, intervalle de confiance, principaux théorèmes, lois paramétriques)
- Théorie de la mesure et Probabilité
- Actuariat 1 (premier semestre)

#### Mode de contrôle des connaissances :

1 examen terminal et 1 examen partiel

#### Bibliographie, lectures recommandées :

- Albrecher, H., Beirlant, J. et Teugels, J. L. (2017). Reinsurance : Actuarial and Financial Aspects. Hoboken, NJ : Wiley–Blackwell.
- Asmussen, S. et Albrecher, H. (2010). Ruin Probabilities. World Scientific New Jersey.
- Asmussen, S. et Steffensen, M. (2020). Risk and Insurance : A Graduate Text. T. 96. Probability Theory and Stochastic Modelling. Cham : Springer International Publishing.
- Bühlmann, H. et Gisler, A. (2005). A Course in Credibility Theory and its Applications. Uni- versitext. Berlin Heidelberg : Springer-Verlag.
- Charpentier, A. et Denuit, M. (2005). Mathématiques de l'assurance non-vie : Tome 2, Tarification et provisionnement. Paris : Economica.
- Cossette, H. et Goulet, V. (2008). Théorie de la crédibilité avec R. 2nd edition.
- Denuit, M., Charpentier, A. et Bébéar, C. (2004). Mathématiques de l'assurance non-vie : Tome 1, Principes fondamentaux de théorie du risque. Paris : Economica
- Wüthrich, M. V., & Merz, M. (2008). Stochastic claims reserving methods in insurance. John Wiley & Sons.

## Advanced continuous process

ECTS : 4

**Enseignant responsable :** EMMANUEL LEPINETTE (<https://sites.google.com/view/emmanuel-lepinette/research-cv-and-others>)

**Langue du cours :** Anglais

**Volume horaire :** 39

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

Volume horaire détaillé :

CM : 19h30

TD : 19h30

Processus en temps continu, propriétés sur les trajectoires, martingales, processus à variations finies, trajectoires du mouvement brownien, notions sur les EDS.

#### Compétences à acquérir :

Ce cours insiste beaucoup sur les preuves mathématiques, sur des points subtils des processus stochastiques afin d'avoir une maîtrise approfondie de la théorie des processus. Ainsi, il s'agit surtout d'améliorer ses compétences en mathématiques (rigueur, preuves, savoir faire plus que les connaissances) tout en améliorant les bons réflexes dans le domaine des processus stochastiques afin d'être prêt à aller plus loin en M2 (maths, recherche..)

#### Pré-requis obligatoires

Un bon niveau en théorie des probabilités.

#### Pré-requis recommandés

Avoir envie de faire des maths de manière rigoureuse !

**Mode de contrôle des connaissances :**

Partiel + Examen

---

## Advanced convex analysis

**ECTS :** 4

**Enseignant responsable :** PAUL PEGON (<https://dauphine.psl.eu/recherche/cvtheque/pegon-paul>)

**Langue du cours :** Anglais

**Volume horaire :** 39

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

Volume horaire détaillé :

CM : 19h30

TD : 19h30

1. Ensembles convexes : intérieur, fermeture, intérieur relatif, hyperplans d'appui, points extrémaux, faces, cône normal, jauge...
2. Fonctions convexes : sous-différentiel, régularité, structure des ensembles singuliers, opérateurs cycliquement monotones.
3. Hahn-Banach analytique et géométrique, applications (théorèmes de séparation, Farkas et Krein-Millman).
4. Optimisation : transformée de Legendre-Fenchel, dualité, conditions KKT, théorème de Fenchel-Rockafellar, application au transport optimal.
5. Convexité et convergence faible (dans les espaces de Hilbert), application aux algorithmes proximaux (point proximal, gradient proximal et son accélération)

**Compétences à acquérir :**

Introduction aux principaux aspects de l'analyse convexe (géométrie, analytiques) et à ses applications en optimisation.

---

## Allemand 1&2

**ECTS :** 4

**Enseignant responsable :** ANNE CAUDAL (<https://dauphine.psl.eu/recherche/cvtheque/quinchon-caudal-anne>)

**Langue du cours :** Allemand

**Volume horaire :** 39

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

Selon le groupe de niveau :

débutants: apprentissage de langue de tous les jours, qui permet faire passer des informations simples et de répondre à des besoins concrets (comme faire ses courses); découverte de faits de société et d'éléments culturels des pays de langues allemande

"recommençants": réactivation des savoirs acquis dans le secondaire; approfondissement des compétences écrites et orales; grammaire; exposés; jeux de rôle; découverte de faits de société et d'éléments culturels des pays de langues allemande

avancés: approfondissement des compétences écrites et orales à partir de documents authentiques grammaire; exposés; jeux de rôle; rédaction de CV et entraînement à l'entretien d'embauche; découverte de faits de société et d'éléments culturels des pays de langues allemande

**Compétences à acquérir :**

Les étudiants seront répartis en groupes de niveau: débutants (étudiants n'ayant **jamais** suivi de cours d'allemand), "recommençants" (A1-A2) ou avancés (B-C).

groupes des étudiants recommençants ou des avancés : Le but visé est de rendre l'étudiant capable de communiquer dans le cadre de la vie de tous les jours, et si possible également dans celui du monde professionnel. Pour ce faire, on s'attachera non seulement à développer par des activités variées ses savoir-faire linguistiques fondamentaux dans les

quatre domaines classiques (compréhension de l'écrit et expression écrite, compréhension orale et expression orale), mais aussi à lui donner des informations propres au monde germanophone afin de lui permettre de mieux connaître la culture des différents pays de langue allemande. Autant de connaissances qui permettront à l'étudiant de disposer d'atouts pour s'intégrer dans le monde du travail de l'aire germanophone.

#### **Pré-requis obligatoires**

groupe des débutants: n'avoir jamais suivi de cours d'allemand

groupe des "recommandants": avoir des connaissances (A1) et/ou ne pas avoir fait d'allemand depuis plusieurs années

groupe des avancés: niveau B ou C

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

100% contrôle continu

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

Des conseils de lecture et des adresses de sites internet seront fournis à la rentrée par l'enseignant.

---

## Analyse des données

**ECTS :** 4

**Enseignant responsable :** DENIS PASQUIGNON

**Langue du cours :** Français

**Volume horaire :** 39

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

Volume horaire détaillé : CM : 19h30 TD : 19h30 Généralités sur l'analyse des données, tableaux, problèmes de codages. Nuages de points et caractéristiques associées. Analyse en Composantes Principales. Analyse Factorielle sur Tableaux de Distances. Analyse Factorielle des Correspondances. Analyse des Correspondances Multiples.

#### **Compétences à acquérir :**

Savoir pratiquer une analyse factorielle ( ACP, AFC, ACM)

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

Partiel au milieu du semestre et un examen final.

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

"Probabilités, analyse de données et Statistique" Gilbert Saporta, éditions Technip

---

## Anglais 1

**ECTS :** 2

**Enseignant responsable :** VERONIQUE BOURREL

**Langue du cours :** Anglais

**Volume horaire :** 19.5

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

Contenu : professionnels, culturels, d'actualité et de société

Forme : débats, jeux de rôles, quiz et activités ludiques

Méthodologie : prise de parole en public, travail sur l'expression orale

Thématiques au programme: Inclusion & exclusion, Thinking outside the box

#### **Compétences à acquérir :**

Savoir s'exprimer à l'oral

Améliorer ses compétences langagières et communicationnelles

Enrichir son vocabulaire

Développer sa créativité

Travailler en équipe

**Pré-requis obligatoires**

Une attitude professionnelle (ponctualité et sérieux)

**Pré-requis recommandés**

Une volonté de s'investir et un niveau d'anglais correct

**Mode de contrôle des connaissances :**

100% contrôle continu

3 notes : jeu de rôles + présentation orale + note d'oral

---

## Anglais 2

ECTS : 2

**Enseignant responsable :** VERONIQUE BOURREL

**Langue du cours :** Anglais

**Volume horaire :** 19.5

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

Contenu : professionnel, culturel, d'actualité et de société

Forme : débats, jeux de rôles, quiz et activités ludiques

Méthodologie : prise de parole en public, travail sur l'expression orale

Thématique au programme: The professional world, Finance

**Compétences à acquérir :**

Savoir s'exprimer à l'oral

Améliorer ses compétences langagières et communicationnelles

Enrichir son vocabulaire

Développer sa créativité

Travailler en équipe

**Pré-requis obligatoires**

Une attitude professionnelle (ponctualité et sérieux)

**Pré-requis recommandés**

Une volonté de s'investir et un niveau d'anglais correct

**Mode de contrôle des connaissances :**

100% contrôle continu

3 notes : jeu de rôles + présentation orale + note d'oral

---

## Brownian motion and evaluation of contingent claims

ECTS : 4

**Enseignant responsable :** MATHIEU ROSENBAUM (<https://dauphine.psl.eu/recherche/cvtheque/rosenbaum-mathieu>)

**Langue du cours :** Anglais

**Volume horaire :** 39

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

Volume horaire détaillé : CM : 19h30 TD : 19h30 Évaluation d'actifs contingents en absence d'opportunités d'arbitrage : cadre du temps discret opportunités d'arbitrage stratégies de réplcation et évaluation modèle de Cox-Ross et Rubinstein. Introduction au calcul stochastique en temps continu (mouvement Brownien intégrale d'Itô). Modèle de Black et Scholes

(modèle de marché en temps continu équation de Black et Scholes et prix d'options définition et utilisation des grecques).

**Compétences à acquérir :**

Étude du mouvement Brownien et son utilisation pour la modélisation des prix des actifs financiers. Présenter la méthodologie de l'évaluation d'actifs en Absence d'opportunités d'Arbitrage dans des modèles en temps continu et présenter le modèle de Black et Scholes.

---

## Comptabilité de l'entreprise

**ECTS :** 4

**Langue du cours :** Français

**Volume horaire :** 39

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

Sur la base d'une approche pédagogique fondée sur des exercices pratiques et des études de cas, l'étudiant acquiert les bases de la finance d'entreprise et les clés d'appréciation de leur santé financière, en particulier :

- La compréhension du langage comptable, c'est-à-dire des écritures d'enregistrement et des agrégats du compte de résultat et du bilan.
- La connaissance des méthodes de valorisation des actifs et des passifs, en particulier des provisions.
- L'analyse de la rentabilité et de la capacité d'autofinancement d'une entreprise.
- La présentation des règles essentielles en matière de consolidation de comptes.
- Des repères en matière de fiscalité et d'IFRS.

**Déroulement des cours :**

- Avant la séance. Des exercices simples de compréhension ou d'application sont à effectuer pour permettre aux étudiants de contrôler leurs acquis.
- Pendant la séance. Les concepts éventuels sont rappelés, approfondis, voire réexpliqués si nécessaire. Des exercices ou cas préparés par écrit sont discutés et expliqués. Leur préparation effective par les étudiants est contrôlée.
- Après la séance. Des pistes d'approfondissement, de réflexion et d'ouverture sont proposées pour permettre aux étudiants de faire le lien entre le cours, son cadre conceptuel et la réalité des entreprises.

**Compétences à acquérir :**

La comptabilité est un système d'organisation de l'information financière qui permet de saisir, classer et enregistrer des données chiffrées. Sa finalité est de réaliser des états à destination de tous les interlocuteurs d'une entité économique, qu'ils soient externes (administration fiscale, clients, créanciers, banques, marchés financiers), ou internes (dirigeants, gestionnaires, salariés).

Le cours d'analyse financière s'attache à apporter les bases indispensables que tout étudiant doit posséder pour connaître et comprendre les principales normes et techniques comptables applicables aux entreprises dans le cadre du plan comptable général.

Certaines divergences entre les conventions internationales (IFRS) et nationales (françaises) seront évoquées à titre d'illustration.

---

## Control of Markov chains

**ECTS :** 4

**Enseignant responsable :** NICOLAS FORIEN (<https://dauphine.psl.eu/recherche/cvtheque/forien-nicolas>)

**Langue du cours :** Anglais

**Volume horaire :** 39

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

Volume horaire détaillé : CM : 19h30 TD : 19h30 Rappels et compléments sur les chaînes de Markov et les temps d'arrêt. Analyse du problème d'arrêt optimal en horizon fini. Stratégies optimales et chaînes de Markov contrôlées.

**Compétences à acquérir :**

Introduire à travers l'étude de cas simples les idées du contrôle stochastique et montrer l'importance de ces idées dans des applications courantes, en finance notamment.

# Discrete processes

ECTS : 4

**Enseignant responsable** : JULIEN CLAISSE (<https://dauphine.psl.eu/recherche/cvtheque/claisse-julien>)

**Langue du cours** : Anglais

**Volume horaire** : 39

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

Volume horaire détaillé : CM : 19h30 TD : 19h30 Espérance conditionnelle. Martingales. Stratégies. Convergence des martingales. Arrêt optionnel. Chaînes de Markov.

**Compétences à acquérir** :

Introduction à la modélisation aléatoire dynamique.

---

# Espagnol 1&2

ECTS : 4

**Enseignants** : BEATRICE AMISSE, MARIA CASADO MARTIN

**Langue du cours** : Espagnol

**Volume horaire** : 39

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

Contenu selon le niveau du groupe, approche actionnelle : entraînement à la prise de parole en continu et en interaction (réagir, dialoguer) et à la compréhension écrite et orale : repérer les informations principales d'un texte, comprendre l'essentiel d'un document audio et/ou vidéo.

Le but visé est de rendre, à chaque niveau, l'étudiant capable de **communiquer** non seulement dans le cadre de la vie de tous les jours, mais aussi dans celui du monde professionnel avec des interlocuteurs natifs.

**Compétences à acquérir** :

Les étudiants seront divisés par groupes de niveau à l'issue d'un test qui sera organisé en début d'année (débutants acceptés).

Les activités seront adaptées en fonction du niveau des apprenants (depuis le niveau A1 jusqu'au niveau B2/C1, en fonction du groupe d'affectation). Les étudiants s'entraîneront principalement à la compréhension et à la production orale. L'objectif sera d'amener chaque étudiant, en fonction de son niveau de départ, à **développer son autonomie langagière**. L'accent sera également mis sur la connaissance des conventions sociales et des référents culturels propres au monde hispanique.

**Pré-requis obligatoires**

Aucun

**Mode de contrôle des connaissances** :

100% Contrôle Continu

Présence requise à tous les cours (cours annuel, inscription pour les semestres 1 & 2).

---

# Functional analysis

ECTS : 8

**Enseignant responsable** : ERIC SERE (<https://dauphine.psl.eu/recherche/cvtheque/sere-eric>)

**Langue du cours** : Anglais

**Volume horaire** : 78

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

Detailed schedule :

CM : 39h00

TD : 39h00

1. Compactnes in metric spaces; Riesz compactness theorem; Arzelà-Ascoli theorem.
2. Hahn-Banach theorem, Baire category theorem, uniform boundedness principle, open mapping theorem, closed graph theorem.
3. Hilbert spaces: projection on a closed convex subset, orthonormal bases, Riesz representation theorem (review of last year's course); Lax-Milgram theorem.
4. Weak convergence in Hilbert spaces.
5. Spectrum of a bounded operator in a Banach space; the case of compact operators.
6. Self-adjoint compact operators in Hilbert spaces: the spectral theorem.
7. Sobolev spaces in one space dimension.

**Compétences à acquérir :**

This course presents classical results of functional analysis and some of their applications.

---

## Geometry and differential equations

ECTS : 4

**Enseignant responsable :** ANNA FLORIO (<https://dauphine.psl.eu/recherche/cvtheque/florio-anna>)

**Langue du cours :** Anglais

**Volume horaire :** 39

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

CM : 19h30

TD : 19h30

1. Reminders on calculus (derivatives for functions with several variables, local inversion ...)
2. Submanifolds of a Euclidean space
3. Introduction to Riemannian geometry
4. Differential equations; existence and uniqueness of solutions
5. Explicit solutions of differential equations
6. Autonomous equations, equilibria and their stability

**Compétences à acquérir :**

This class provides an introduction to differential geometry and differential equations.

---

## Classical Gravitation

ECTS : 4

**Langue du cours :** Anglais

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

1. Reminder on basic mechanics : - Galilean reference frame - Newton's law - energy (kinetic, potential...) - body in rotation (kinetic moment etc...) 2. The problem has two bodies : - formalization (absolute and relative movement) - polar coordinates - body trajectories (study of the conic in detail) - Kepler's law 3. Introduction to the problem with N bodies (very short, will be treated in detail in semester 2)

**Compétences à acquérir :**

Gravity is one of the key elements for understanding the properties and the evolution of the universe. From a planetary orbit to the one of a star in its galaxy, gravitation is one of the most important engines in the Universe. The objective of this course is to study in detail the Newtonian gravitation around the two-body problem up to the N-body problem.

---

## Gravitation of extended bodies and galaxies

ECTS : 4

**Langue du cours** : Anglais

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

Dynamics of extended bodies and point-mass N-body systems (1/3) Extended body : angular velocity, kinetic moment, inertia tensor. Euler-Liouville equation, application to the free rotation of the Earth principle of the gyroscope , solid body potential librations of a body, application to the Moon Point-mass N-body system : Restricted three body problem, lagrangian points perturbation theory, mean motion resonances and secular resonances stability criteria, chaos introduction to numerical integration Milky Way and galaxies (2/3) Morphological and kinematical properties of star clusters, galaxies, and galaxy clusters Virial theorem, Boltzmann equation, Poisson equation, Jeans theorem, relaxation, characteristic times Spherical potentials, axial potentials, epicyclic motion, Lindblad and other resonances spiral structures, density waves, instabilities Galaxy interactions : tidal streams, introduction to N-body simulations

**Compétences à acquérir :**

Gravity is involved in one way or another in all astrophysical fields. It is therefore necessary to go beyond the 2 point body system, as seen in the first semester. The understanding of the dynamics of an extended body and an N-body system allows to deepen the understanding of classical gravitation up to the study of the dynamics of a galaxy. This lecture is a natural extension of the gravity course of the first semester. The primary objective is to understand in more detail the dynamics of an extended body and a multi-particle system. This will provide the physical and mathematical basis for studying the dynamics of a galaxy and begin to lay the foundations for the study of extragalactic objects.

---

## Mémoire de recherche

**ECTS** : 4

**Langue du cours** : Français

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

Rédaction d'un projet par groupe de 2 ou 3 étudiants sur un thème proposé par un enseignant du parcours.

**Compétences à acquérir :**

Apprentissage par la recherche et approfondissement d'un thème du parcours.

---

## Pré-entrée mise à niveau : Analyse

**Langue du cours** : Français

---

## Pré-entrée mise à niveau : statistique

**Langue du cours** : Français

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

- Révision des programmes de probabilité-statistique du L1 au L3. - Révision des grands résultats d'analyse de L3 : Topologie dans les espaces métriques, espaces vectoriels normés, espaces de Banach (Riesz, critère de sommabilité). Théorie de la mesure e

---

## Numerical optimization

**ECTS** : 4

**Enseignant responsable** : MAXIME CHUPIN (<https://dauphine.psl.eu/recherche/cvtheque/chupin-maxime>)

**Langue du cours** : Anglais

**Volume horaire** : 39

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

Numerical Optimisation

1 Generalities

2 Line search method for descent method

3 Around Conjugate Gradient Methods

**Compétences à acquérir :**

Mastering traditional techniques in numerical optimisation.

---

## Linear models and generalizations

**ECTS :** 4

**Enseignant responsable :** KATIA MULLER MEZIANI (<https://dauphine.psl.eu/recherche/cvtheque/meziani-katia>)

**Langue du cours :** Anglais

**Volume horaire :** 46.5

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

Volume horaire détaillé :

CM : 19h30

TD : 19h30

TP : 7h30

Modèle linéaire (gaussien et non gaussien) : estimateur des moindres carrés ordinaire, intervalles de confiance et de prédiction, test de Student et test de Fisher.

Critères de sélection de modèle (Cp de Mallows, AIC, BIC) et procédures de sélection de variables (forward, backward).

Analyse de la variance à un et deux facteurs.

Modèles linéaires généralisés, formalisation, modèles logit, probit, tobit et généralisations.

**Compétences à acquérir :**

Ce cours vise à décrire la construction et l'analyse des divers modèles paramétriques de régression linéaire et non-linéaire reliant un groupe de variables explicatives à une variable expliquée. Il inclut également des TP en R.

**Pré-requis obligatoires**

Algèbre linéaire.

**Pré-requis recommandés**

Estimation et tests statistique.

**Mode de contrôle des connaissances :**

Partiel et projet.

---

## Optimization

**ECTS :** 4

**Enseignant responsable :** Idriss MAZARI-FOUQUER (<https://dauphine.psl.eu/recherche/cvtheque/mazari-idriss>)

**Langue du cours :** Anglais

**Volume horaire :** 39

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

Volume horaire détaillé :

CM : 19h30

TD : 19h30

Optimisation dans  $\mathbb{R}^n$  (cas général et cas convexe).

Optimisation sous contraintes d'égalités et d'inégalités : KKT, cas convexe, lemme de Farkas, dualité, méthodes numériques (gradient projeté, Usawa).

Programmation dynamique en temps discret (problèmes en horizon fini, problèmes en horizon infini avec coût escompté).

Calcul des variations. Introduction à la théorie du contrôle optimal (principe de Pontriaguine, équation de Hamilton-Jacobi-Bellman).

**Compétences à acquérir :**

L'objectif de ce cours est d'étudier, d'une part, l'optimisation sous contraintes dans  $\mathbb{R}^n$  et, d'autre part, les techniques de programmation dynamique déterministe qui sont fondamentales dans les applications.

**Pré-requis recommandés**

Optimisation dans  $\mathbb{R}^n$  sans contraintes.

**Mode de contrôle des connaissances :**

Examen sur table (mi-semestre et fin de semestre).

---

## Portfolio management

ECTS : 4

**Enseignant responsable :** PIERRE BRUGIERE (<https://sites.google.com/view/pierrebrugiere/home>)

**Langue du cours :** Anglais

**Volume horaire :** 39

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

Volume horaire détaillé :

CM : 19h30

TD : 19h30

Théorie de Markowitz pour le choix de portefeuille (critère moyenne-variance) notion de portefeuille efficient mesure de risque et Value at Risk.

Portefeuille de Marché et Portefeuille Tangent, théorème des deux fonds, modèle du CAPM, équation de la Security Market Line et beta.

Les différents indicateurs : ratio de Sharpe, alpha, ratio de Treynor.

La décomposition et rémunération du risque: modèles à facteurs, modèle de Fama-French, modèles APT.

Analyse factorielle.

**Compétences à acquérir :**

Ce cours est une introduction aux méthodes quantitatives en gestion de portefeuille.

**Pré-requis obligatoires**

Connaissances des vecteurs gaussiens, algèbre linéaire de base, calcul différentiel.

**Pré-requis recommandés**

Connaissances en optimisation convexe sous contraintes affines

**Mode de contrôle des connaissances :**

Partiel, Examen, projet en Python

**Bibliographie, lectures recommandées :**

"Quantitative Portfolio Management", Pierre Brugière, Springer 2020

---

## Monte-Carlo methods

ECTS : 4

**Enseignant responsable :** CHRISTIAN ROBERT (<https://dauphine.psl.eu/recherche/cvtheque/robert-christian-p>)

**Langue du cours :** Anglais

**Volume horaire :** 36

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

Volume horaire détaillé :

CM : 10h30

TD : 6h00

TP : 19h30

- Introduction de la méthode de Monte-Carlo
- Méthodes de simulation de variables aléatoires
- Techniques de réduction de variance

**Compétences à acquérir :**

L'objectif de ce cours est d'introduire les méthodes dites de Monte-Carlo. Ces méthodes sont utilisées pour calculer des espérances (et par extension des intégrales) par simulation de variables aléatoires. La simplicité de la méthode, sa flexibilité et son efficacité pour les problèmes en grande dimension en font un outil intéressant pour des domaines d'applications variés allant de la physique à la finance de marché. L'objectif de ce cours est non seulement de fournir les bases théoriques des méthodes de Monte-Carlo, mais aussi de fournir les outils pour leur utilisation pratique.

**Mode de contrôle des connaissances :**

- Examen écrit (70% de la note finale)
- Contrôle continu (30% de la note finale). Le contrôle continu se compose d'un projet à la maison et d'un TP noté en séance, tous deux à réaliser avec le langage de programmation R.

**Coefficient :** 4 ECTS

**Bibliographie, lectures recommandées :**

- C.P.Robert and G.Casella. Monte Carlo Statistical Methods. Springer Texts in Statistics. Springer-Verlag New York, 2 edition, 2004.
- B. Ycart. Modèles et Algorithmes Markoviens, volume 39 of Mathématiques et Applications. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2002.

---

## Série temporelles

ECTS : 4

**Enseignant responsable :** JULIEN POISAT (<https://dauphine.psl.eu/recherche/cvtheque/poisat-julien>)

**Langue du cours :** Français et anglais

**Volume horaire :** 39

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

Volume horaire détaillé :

CM : 19h30

TD : 19h30

Processus stationnaires du second ordre.

Filtrage.

Processus ARMA.

Mesure spectrale d'un processus et théorème de Herglotz.

Prédiction linéaire.

Estimation statistique (si le temps le permet).

**Compétences à acquérir :**

Analyse des processus stationnaires du second ordre : filtrage, analyse spectrale, prédiction, estimation.

---

## Poisson process

ECTS : 4

**Enseignant responsable :** JULIEN POISAT (<https://dauphine.psl.eu/recherche/cvtheque/poisat-julien>)

**Langue du cours :** Anglais

**Volume horaire :** 39

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

Volume horaire détaillé :

CM : 19h30

TD : 19h30

- Définitions et propriétés importantes des processus de Poisson (loi jointe des temps sauts, comportements asymptotiques).
- Définitions et propriétés importantes des processus de Markov à espace d'états dénombrable.

**Compétences à acquérir :**

Introduction des processus à temps continus fondamentaux en probabilités, tels que les chaînes de Markov à espace d'états dénombrable.

---

## Méthodes numériques : problèmes dépendant du temps

ECTS : 4

**Enseignant responsable :** GABRIEL TURINICI (<https://turinici.com>)

**Langue du cours :** Français et anglais

**Volume horaire :** 40.5

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

FRENCH VERSION ((ENGLISH VERSION below):

Volume horaire détaillé : CM : 16h30, TD : 12h00, TP : 12h00

- Introduction
- Équations Différentielles Ordinaires : Euler Implicite, Runge Kutta, consistance, stabilité, A-stabilité
- Applications des EDO : épidémiologie
- Calcul automatique de dérivée (back-propagation) et contrôle: graphe computationnel, différentiation automatique
- Application du calcul de dérivée: réseaux neuronaux et deep learning, contrôle
- Équations Différentielles Stochastiques : Euler Maruyama, Milstein
- Applications de EDS: calcul d'options en finance sur modèle log-normal

ENGLISH VERSION:

Detailed hourly volume: CM: 16:30, TD: 12:00, TP: 12:00

- Introduction
- Ordinary Differential Equations: Implicit Euler, Runge Kutta, Consistency, Stability, A-Stability
- Applications of ODE: Epidemiology
- Automatic derivative calculation (back-propagation) and control: computational graph, automatic differentiation
- Application of derivative calculus: neural networks and deep learning, control
- Stochastic differential equations: Euler, Maruyama, Milstein
- Applications of EDS: calculation of options in finance on log-normal model

**Compétences à acquérir :**

(FR) : Présentation de méthodes de résolution numérique des problèmes d'évolution et d'éléments d'analyse numérique. Cours théorique mais aussi une forte partie implementation (en python).

(EN) : Presentation of numerical methods for solving evolution problems and elements of numerical analysis. A theoretical course with a strong implementation component (in Python).

**Pré-requis obligatoires**

python, algèbre matricielle,

**Bibliographie, lectures recommandées :**

[site de Gabriel Turinici \(aller au cours en question\)](#), livre de l'enseignant sur ce sujet (cf Amazon)

En savoir plus sur le cours : <https://turinici.com>

---

## Preparation to pure and applied research

ECTS : 4

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

Rédaction d'un projet par groupe de 2 ou 3 étudiants sur 15/18ème proposé par un enseignant de la majeure suivie.

**Compétences à acquérir :**

Approfondissement et/ou la mise en pratique d'un thème de la majeure suivie à travers la rédaction d'un projet.

---

## Statistical learning

ECTS : 4

**Enseignant responsable :** GABRIEL TURINICI (<https://turinici.com>)

**Langue du cours :** Anglais

**Volume horaire :** 39

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

- 1 Examples and machine learning framework: applications, supervised and non-supervised learning
- 2 Useful theoretical objects: predictors, loss functions, bias, variance
- 3 K-nearest neighbors (k-NN); Higher dimensions and Curse of dimensionality
- 4 Regularization in high dimensions: ridge and lasso (for linear and logistic models)
- 5 Stochastic Optimization Algorithms used in machine learning: Stochastic Gradient Descent, Momentum, Adam, RMSProp
- 6 Naive Bayesian classification
- 7 Deep learning through neural networks : introduction, theoretical properties, practical implementations (Tensorflow, PyTorch depending on acumen)
- 8 Generative and non-supervised learning: k-means

**Compétences à acquérir :**

Introduction to statistical learning, particularly in a high-dimensional context, including baseline algorithms (k-NN, ...) and modern approaches in deep learning (neural networks).

**Pré-requis obligatoires**

**Probability (including *conditional expectation*), statistics (undergraduate / L3 level), numerical analysis.**

**Mode de contrôle des connaissances :**

cf. CC

**Bibliographie, lectures recommandées :**

See site of the course (site of the teacher); also see textbook by G. Turinici (cf. Amazon)

En savoir plus sur le cours : <https://turinici.com>

---

## Statistique non paramétrique

ECTS : 4

**Enseignant responsable :** LAETITIA COMMINGES (<https://dauphine.psl.eu/recherche/cvtheque/comminges-laetitia>)

**Langue du cours :** Français

**Volume horaire :** 39

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

Volume horaire détaillé : CM : 19h30 TD : 19h30

- 1 Introduction et rappels
- 2 Estimation de la fonction de répartition
- 3 Tests robustes
- 4 Estimation de densités par estimateurs à noyau
- 5 Régression non paramétrique

**Compétences à acquérir :**

Décrire les méthodes d'analyse statistique qui permettent de s'affranchir de la connaissance d'un modèle de forme trop contraint; prise de conscience des hypothèses de modélisation.

---

# SAS, Excel, Matlab

**Langue du cours :** Français

**Volume horaire :** 15

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

Apprentissage de SAS, Excel, Matlab.

**Compétences à acquérir :**

Mise à niveau sur les logiciels SAS, Excel, Matlab, susceptibles d'être utilisés en projet et souvent exigés pour les stages.

**Mode de contrôle des connaissances :**

QCM en fin de cours

---

## Macroéconomie approfondie

**ECTS :** 4

**Enseignant responsable :** ABD EL KADER SLIFI

**Langue du cours :** Français

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

**Volume horaire détaillé :**

CM : 19h30

TD : 19h30

**Objectifs pédagogiques :**

Connaître, comprendre et mesurer l'impact des facteurs de la croissance en longue période et les causes de ses fluctuations autour du sentier de croissance d'équilibre (steady state growth), dans des économies en situation de laissez faire.

Comprendre l'impact de l'accumulation du capital, de l'emploi du travail et du progrès technique sur la croissance en longue période, dans le cadre de la fonction de production agrégée avec rendements constants. Mesurer les contributions à la croissance des facteurs de production

Estimer l'impact sur la croissance de chocs affectant les choix intertemporels, la propension à épargner, la propension à investir, la population active, la productivité globale des facteurs

Comprendre les enjeux et les débats contemporains sur la croissance et le développement économique, dans le contexte du changement climatique.

**Contenu pédagogique :**

1. Faits stylisés : tendances, fluctuations (Kaldor & Piketty)
2. La Fonction de Production Agrégée
3. Croissance avec progrès technique exogène et rendements constants (Solow)
4. Croissance & répartition (Goodwin)
5. Croissance optimale et règle d'or (Cass, Koopman et Ramsey)
6. Théorie du cycle réel (Kyndland & Prescott)
7. Modèles à générations imbriquées (Diamond)
8. Croissance avec progrès technique endogène et rendements croissants (Romer, Lucas)
9. Croissance endogène et innovation technologique avec destruction créatrice (Aghion & Howitt)
10. Changement climatique et transition écologique (Acemoglu, Aghion, Bursztyn and Hemous, 2012)

**Modalités pédagogiques :**

Un exercice d'application correspondant à chaque leçon est préparé par les étudiants puis corrigé en classe de travaux dirigés.

L'ensemble des supports (leçons et dossier de TD) est accessible sur le site de l'Unité d'enseignement.

**Compétences à acquérir :**

Analyse approfondie des modèles de la macroéconomie de long-terme.

**Pré-requis obligatoires**

Macroéconomie, Microéconomie.

**Pré-requis recommandés**

Macroéconomie analyse du court et du moyen terme, Microéconomie : programmes d'optimisations du consommateur et du producteur

**Mode de contrôle des connaissances :**

Partiel et Examen

**Bibliographie, lectures recommandées :**

Aghion & Howitt (2009) : The Economics of Growth, MIT Press

En savoir plus sur le cours : <https://moodle.psl.eu/course/view.php?id=5318>

---

## Microéconomie : Théorie des contrats

ECTS : 4

**Enseignant responsable :** MIQUEL OLIU BARTON (<https://dauphine.psl.eu/recherche/cvtheque/oliu-barton-miquel>)

**Langue du cours :** Français

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

Volume horaire détaillé : CM : 19h30 TD : 19h30 Rappel de micro-économie : notions de décision (indifférence, dominance stochastique et aversion au risque). Notions d'équilibres et optima de Pareto, quelques notions utiles venant de la théorie des jeux. Modèles d'Akerlof et de Spence. Modèle principal agent : sélection adverse et modèle d'action cachée. Synthèse sur le rôle de l'asymétrie d'information.

**Compétences à acquérir :**

Étude des asymétries d'information et de la théorie des contrats.

---

**Document susceptible de mise à jour - 01/04/2026**

**Université Paris Dauphine - PSL** - Place du Maréchal de Lattre de Tassigny - 75775 PARIS Cedex 16