

MASTER
de sciences et technologies, Mention
MATHÉMATIQUES ET
APPLICATIONS
Université Pierre et Marie Curie (Paris VI)
Année 2012-2013

[version du 4 juillet 2012]

Table des matières

1	Présentation du Master Mathématiques et applications	7
1.1	Objectifs et descriptions	7
1.1.1	Objectifs	7
1.1.2	Description	7
1.1.3	Programmes internationaux de Masters	8
1.2	Débouchés professionnels	8
1.3	Organisation	9
1.3.1	Niveau M1 : 60 ECTS	9
1.3.2	Niveau M2 : 60 ECTS	9
1.3.3	Formation ouverte et à distance	9
1.4	Publics visés	9
1.5	Prérequis	9
1.6	Responsables et sites	10
2	Master 1	11
2.1	Objectifs	11
2.2	Choix des unités d'enseignement du M1	11
2.3	Responsable et site	11
2.4	Directeurs d'études	11
2.5	Insertion professionnelle	12
2.6	Liste des UE	13
2.7	Incompatibilités	15
2.8	Description des UE	16
2.9	Responsable et site	35
3	Master 2, Spécialité Mathématiques fondamentales	37
3.1	Objectifs et descriptions	37
3.1.1	Parcours "Mathématiques Recherche"	37
3.1.2	Parcours "Mathématiques Avancées"	37
3.2	Débouchés professionnels	38
3.3	Organisation	38
3.4	Publics visés, prérequis	38
3.5	Description des UE	38
3.6	Responsable et site	50

4	Master 2, Spécialité Probabilités et modèles aléatoires	53
4.1	Objectifs et descriptions	53
4.2	Débouchés professionnels	53
4.3	Organisation	53
4.4	Publics visés, prérequis	54
4.5	Description des UE	54
4.6	Responsable et site	64
5	Master 2, Spécialité Probabilités et Finance	65
5.1	Objectifs et descriptions	65
5.2	Débouchés professionnels	65
5.3	Organisation	65
5.4	Publics visés, prérequis	66
5.5	Liste des UE	66
5.6	Responsable et site	72
6	Master 2, Spécialité Mathématiques de la modélisation	75
6.1	Objectifs et descriptions	75
6.2	Débouchés professionnels	76
6.3	Organisation	76
6.4	Publics visés, prérequis	77
6.5	Description des parcours	77
6.6	Description des UE	79
6.7	Responsables et sites	94
7	Master 2, Spécialité Ingénierie mathématique	95
7.1	Objectifs et descriptions	95
7.2	Débouchés professionnels	95
7.3	Organisation	95
7.4	Publics visés, prérequis	97
7.5	Description des UE	97
7.6	Responsables et sites	105
8	Master 2, Spécialité Statistique	107
8.1	Objectifs et descriptions	107
8.2	Débouchés professionnels	107
8.3	Organisation	108
8.4	Publics visés, prérequis	109
8.5	Description des UE	109
8.6	Responsable et site	118
9	Mobilité Internationale au Master	119
9.1	Objectifs et descriptions	119
9.2	Les programmes Erasmus et M^2BP^2	119
9.3	Les accords internationaux	120
9.4	BIMM : Biologie Informatique Modélisation Mathématique	120
9.5	Responsables et sites	121

10 Spécialité Éducation et formation, section CAPES	123
10.1 Objectifs et description	123
10.2 Organisation	123
10.3 Liste et description des UE	124
10.4 Responsable et site	132
11 Spécialité Éducation et Formation, section Agrégation	133
11.1 Objectifs	133
11.2 Débouchés professionnels	133
11.3 Organisation	133
11.4 Publics visés, prérequis	134
11.5 Liste et description des UE de la section	134
11.6 Déroulement du concours	134
11.7 Responsable et site	135
12 Renseignements administratifs	137
12.1 Services pratiques	138
12.2 Imprimés	140
12.3 Scolarité	142
12.4 Inscription	144
12.5 Calendrier du master de mathématiques	147

Chapitre 1

Présentation du Master mention Mathématiques et applications

1.1 Objectifs et descriptions

1.1.1 Objectifs

Cette mention a pour objectif de donner une formation approfondie en mathématiques pures ou en mathématiques appliquées, préparant directement aux métiers de la recherche et de l'industrie au sens le plus large. Le Master constitue également une étape nécessaire dans la préparation à l'agrégation de mathématiques.

1.1.2 Description

Cette mention couvre l'ensemble du champ des mathématiques grâce à un choix très large d'UE en M1, la première année du master (cf. chapitre 2). Les grands domaines des mathématiques sont largement représentés dans les choix possibles et ces choix doivent permettre de préparer une spécialisation poussée en M2, selon les sept spécialités proposées, dont la liste suit.

1. **Mathématiques fondamentales** : étude approfondie de grands domaines fondamentaux des mathématiques, algèbre, géométrie, analyse. Consulter le chapitre 3.
2. **Probabilités et modèles aléatoires** : formation théorique de haut niveau dans le domaine des probabilités (étude des processus stochastiques, probabilités appliquées). Consulter le chapitre 4.
3. **Probabilités et finance** : enseignement de haut niveau dans le domaine de la finance mathématique probabiliste, recouvrant l'ensemble de la finance de marchés, les instruments dérivés, les taux d'intérêt, l'analyse du risque et les méthodes numériques. Consulter le chapitre 5.
4. **Mathématiques de la modélisation** : formation de haut niveau en modélisation par l'étude des équations aux dérivées partielles et de leur simulation numérique, modélisation mathématique de l'interaction stratégique et de l'optimisation sous contrainte, calcul scientifique, modélisation et simulation pour les sciences du vivant. Consulter le chapitre 6.

5. **Ingénierie mathématique** : *formation de mathématiciens appliqués possédant une réelle maîtrise de l'outil informatique, les rendant aptes à intervenir dans le monde de l'entreprise. Consulter le chapitre 7.*
6. **Statistique** : *formation de statisticiens de haut niveau, comportant un volet théorique et des applications mises en œuvre via des stages au sein d'entreprises ou de laboratoires. Consulter le chapitre 8.*
7. **Éducation et formation** : *Formation des professeurs de l'enseignement secondaire dans la section CAPES (consulter le chapitre 10), Préparation à l'Agrégation de mathématiques dans la section agrégation, chapitre 11.*

Les mathématiques théoriques constituent une composante importante de cette mention, et l'on peut noter également la diversité des spécialisations en mathématiques appliquées : probabilités, analyse numérique, théorie des jeux, mathématique-biologie, mathématique-informatique, ingénierie, statistiques.

1.1.3 Programmes internationaux de Master (cf. chapitre 9)

Les programmes Erasmus.(cf.§ 9.2) L'UPMC dispose d'un réseau très dense d'accords Erasmus qui couvre la plupart des pays d'Europe. Les échanges sont particulièrement actifs avec l'Allemagne (Bonn, Berlin, Munich...), l'Espagne, la Grande-Bretagne, l'Italie. Cette liste n'est pas limitative et le coordinateur pédagogique benoit.perthame@upmc.fr est chargé d'aider l'étudiant dans le choix d'une université d'accueil.

M²BP². Afin de faciliter les choix scientifiques le Master de Mathématiques propose également un Programme International de Master *M²BP²*. Ce programme offre des conditions matérielles facilitées aux étudiants décidant de passer un semestre ou une année entière à la 'Universität Bonn' ou à la 'Universidad Autonoma de Madrid'. À Bonn, les cours de niveau Master sont enseignés en anglais selon la règle européenne : il suffit qu'un étudiant le demande au premier cours.

Les accords internationaux. L'UPMC propose également des accords avec de nombreuses universités en dehors du périmètre européen, cf.§ 9.3.

BIMM : Biologie Informatique Modélisation Mathématique. En partenariat avec l'*Université Libre de Bruxelles* ce PIM interdisciplinaire s'appuie sur l'expérience de différents centres de recherche de l'UPMC et de ses partenaires internationaux en bioinformatique, biomathématique et modélisation pour proposer une formation liée aux enjeux de la biologie et de la médecine qui engendrent des besoins nouveaux à l'interface avec l'informatique et les mathématiques : analyses de données complexes, outils de modélisation approfondis. Des parcours spécifiques permettent de poursuivre en M2 : Mathématiques Appliquées à la Biologie et à la Médecine du master de Mathématiques (page 76) (Modélisation et Probabilité).

1.2 Débouchés professionnels

Insertion professionnelle

- Débouchés dans les secteurs industriels ou de service au niveau cadre.

- Divers métiers d'ingénieurs : ingénieur d'étude, de recherche, actuariaire, chargé d'études, ingénieur mathématicien, etc.
- Concours administratifs de la fonction publique et territoriale.

Poursuite d'études

- Admissions sur titres dans les grandes écoles d'ingénieurs après le M1.
- Doctorat : carrière de chercheur dans des entreprises ou de grands organismes de recherche, carrière universitaire d'enseignant-chercheur.

1.3 Organisation

1.3.1 Niveau M1 : 60 ECTS

- 2 UE *fondamentales* de 12 ECTS chacune,
- 30 ECTS à obtenir par un choix d'UE d'*orientation*,
- 1 UE de langue de 6 ECTS.

à choisir parmi une liste d'UE en fonction de la spécialité envisagée en M2.

1.3.2 Niveau M2 : 60 ECTS

La 2e année est organisée en spécialités et comporte l'équivalent d'un semestre de cours théoriques, et d'un semestre de stage en entreprise ou dans un laboratoire. L'admission dans une spécialité est soumise à une sélection en fonction du niveau, du cursus antérieur et du nombre de places disponibles.

1.3.3 Formation ouverte et à distance (FOAD)

Le centre d'enseignement à distance de l'UPMC, joue un rôle important dans l'enseignement et permet l'accès de nos formations à des étudiants qui ne peuvent assister aux cours régulièrement.

Consulter le site suivant : <http://tele6.upmc.fr/>

1.4 Publics visés

Tout étudiant ayant une formation solide en mathématiques, du niveau de la licence. Un recrutement dans les spécialités du M2 est organisé pour les élèves ou ex-élèves des écoles d'ingénieurs, ayant une formation mathématique suffisante, ou ayant validé un M1 dans une autre université.

1.5 Prérequis

Une formation solide en mathématiques, du niveau d'une licence de mathématiques d'un contenu comparable à celle de l'UPMC.

1.6 Responsables et sites

Nicolas Lerner, lerner@math.jussieu.fr

Gérard Biau, gerard.biau@upmc.fr

Le site de la mention <http://www.master.math.upmc.fr>

Le site <https://wiki.math.jussieu.fr/td-ufr929/index.php> contient nombre de documents pédagogiques (polycopiés, feuilles d'exercices, archives des examens, etc.) pour le master : à l'adresse ci-dessus, aller dans le lien "*Classement par modules de l'Université Paris 6*".

**Les modalités d'inscription
et des renseignements pratiques
sont disponibles dans le chapitre 12.**

Chapitre 2

Master 1

2.1 Objectifs

Le master 1 est la première année du master au cours de laquelle les étudiants doivent d'abord acquérir ou revoir des éléments fondamentaux pour la poursuite d'un cursus mathématique de haut niveau. Un choix assez large d'UE dites *fondamentales* doit permettre ce type d'acquisition. Par ailleurs, des UE *d'orientation* permettent aux étudiants de faire un choix d'orientation en préparation de la seconde année du master, et du choix d'une des six spécialités du master 2, la seconde année du master.

2.2 Choix des unités d'enseignement du M1

L'étudiant doit choisir 2 UE fondamentales (12 ECTS chacune), puis obtenir 30 ECTS en combinant des UE d'orientation. Par ailleurs, l'étudiant doit s'inscrire obligatoirement à 1 UE de langue (6 ECTS) : Anglais, Allemand, Espagnol, Russe ou encore Français pour les étudiants étrangers.

Le choix des UE de M1 doit se faire en fonction des spécialités du M2 visées.

2.3 Responsable et site

Jan Nekovář est le responsable du Master 1. Il en coordonne l'organisation et dirige l'équipe pédagogique chargée de la mise en place des enseignements.

Jan NEKOVÁŘ : nekovar@math.jussieu.fr

2.4 Directeurs d'études

Chaque étudiant de M1 se verra attribuer un *Directeur d'études*; un directeur d'études est un enseignant-chercheur en charge d'un groupe de 15 étudiants de M1 qui suit individuellement chacun d'entre eux. Après une prise de contact en septembre, le DE rencontre chaque étudiant une fois par mois; les étudiants lui communiquent leurs notes, lui font part de leur progression et de leurs difficultés

éventuelles. Le DE aide les étudiants dans leur choix des cours de chaque semestre et de leur parcours M2. Il fait avec les étudiants le bilan des résultats des partiels et des examens.

2.5 Insertion professionnelle

L'insertion professionnelle des étudiants de master fait l'objet d'une attention particulière à l'UPMC. Le site http://www.upmc.fr/fr/vie_des_campus/handicap/accueil_et_accompagnement/insertion_professionnelle.html fournit de plus amples détails. Les responsables de l'insertion professionnelle au sein du département du master de mathématiques sont Marie POSTEL (postel@ann.jussieu.fr), Nathalie AKAKPO (Nathalie.Akakpo@upmc.fr) et Robert LONGEON (robert.longeon@upmc.fr).

Conférences métiers : Les conférences métiers ont lieu le lundi de 12 :00 à 13 :30 au 1er semestre. Elles sont obligatoires pour tous les étudiants de M1 inscrits en présentiel. <http://www.ljll.math.upmc.fr/MM055/IPMATH.php>

Conventions de stage : Tous les formulaires de conventions de stage sont délivrés par le secrétariat du M1 après accord des responsables de l'insertion professionnelle pour le Master (Marie Postel, Nathalie Akakpo). Les modalités sont détaillées sur le formulaire électronique

<http://www.ljll.upmc.fr/MM055/formulaireInscription.pdf>

2.6 Liste des UE

L'UFR 929 précise de la manière suivante la correspondance entre les ECTS et les heures de présence des étudiants, pour le M1.

Une UE de 12 ects : 120 heures d'enseignement pour les étudiants :
 48 heures de cours (4 heures pendant 12 semaines)
 72 heures de td (6 heures pendant 12 semaines).

Une UE de 6 ects : 60 heures d'enseignement pour les étudiants :
 24 heures de cours (2 heures pendant 12 semaines)
 36 heures de td (3 heures pendant 12 semaines).

Emploi du temps pour les étudiants

Au premier semestre : deux UE fondamentales de 12 ECTS, soit 20 heures par semaine, plus l'étude d'une langue (UE de langue de 6 ECTS).

Au second semestre : soit deux UE d'orientation de 12 ECTS et une UE d'orientation de 6 ECTS (ou le TER), soit une UE d'orientation de 12 ECTS et trois UE d'orientation de 6 ECTS (dont une éventuellement le TER).

TAB. 2.1 – Liste des UE fondamentales, 12 ects

*Les cours marqués d'un astérisque * peuvent être suivis en télé-enseignement.*

INTITULÉ	SEMESTRE	ECTS	CODE
Algèbre géométrique *	1er	12	MM001
Algèbre et théorie de Galois *	1er	12	MM002
Analyse réelle *	1er	12	MM003
Fonctions holomorphes, fonctions spéciales *	1er	12	MM004
Bases d'analyse fonctionnelle *	1er	12	MM005
Géométrie différentielle *	1er	12	MM022
Bases des méthodes numériques*	1er	12	MM006
Probabilités de base *	1er	12	MM010
Probabilités approfondies *	1er	12	MM011
Mathématiques discrètes	1er	12	MM008
Informatique de base	1er	12	MM009
Modèles statistiques linéaires *	1er	12	MM012
Statistique appliquée	1er	12	MM018

Les UE d'orientation doivent être choisies en fonction de la spécialité envisagée en M2. Le tableau suivant indique les choix possibles : **maf** désigne la spécialité *Mathématiques fondamentales*, **pro** : *Probabilités et modèles aléatoires*, **fin** : *Probabilités et finance*, **mod** : *Mathématiques de la modélisation*, **ing** : *Ingénierie mathématique*, **sta** : *Statistique*.

TAB. 2.2 – Liste des UE d'orientation

Certains cours pourront être utilisés pour le M2.

*Les cours marqués d'un astérisque * peuvent être suivis en télé-enseignement.*

INTITULÉ		SEMESTRE	ECTS	CODE
Groupes finis et leurs représentations	* maf	2 ^e	6	MM014
Groupes et algèbres de Lie	* maf	2 ^e	6	MM024
Théorie des nombres	* maf	2 ^e	12	MM020
Cryptologie, Cryptographie algébrique	* maf	2 ^e	12	MM067
Groupe fondamental et revêtements	* maf	2 ^e	6	MM059
Introduction aux surfaces de Riemann	maf	2 ^e	6	MM060
Introduction à la logique mathématique	maf	2 ^e	6	MM0xx
Théorie des systèmes dynamiques	maf	2 ^e	6	MM050
Théorie analytique des équations différentielles ordinaires	maf mod	2 ^e	6	MM049
Équations aux dérivées partielles	* maf mod ing	2 ^e	12	MM046
Approximation des équations aux dérivées partielles	* maf mod ing	2 ^e	12	MM026
Analyse convexe	maf mod ing	2 ^e	6	MM057
Optimisation et jeux	maf mod fin ing sta	2 ^e	6	MM058
Calcul des variations : outils et méthodes	* maf mod ing	2 ^e	12	MM025
Modèles mathématiques en neurosciences	mod ing	2 ^e	6	MM061
Gravitation et relativité	maf mod ing	1 ^{er}	6	MM044
Géométrie et mécanique	maf mod ing	2 ^e	6	MM047
Introduction à la mécanique des milieux continus	* maf mod ing	2 ^e	6	MM019
Physique quantique et applications	maf mod ing	1 ^{er}	6	MP014
Éléments de probabilités	* maf sta	2 ^e	6	MM052
Modèles stochastiques, applications à la finance	* pro fin ing sta	2 ^e	12	MM065
Processus de sauts	* pro fin ing sta	2 ^e	6	MM036
Systèmes dynamiques discrets et continus en biologie et médecine	mod	1 ^{er}	6	MM062
Optimisation combinatoire	maf mod ing	2 ^e	12	MM063
Introduction à la statistique	pro fin ing	2 ^e	6	MM051
Statistique mathématique	* pro fin sta	2 ^e	12	MM013
Informatique scientifique	* pro fin mod ing	2 ^e	12	MM031
Programmation en C et en C++	pro fin mod ing	2 ^e	6	MM056
Histoire des mathématiques	maf	2 ^e	6	MM039
TER (Travaux d'étude et de recherche)	maf pro fin mod ing sta	2 ^e	6	MM045
Stage en entreprise pour mathématiciens	fin mod ing sta	2 ^e	6	MM055

2.7 Incompatibilités

Le tableau suivant fait apparaître les UE incompatibles ; cette incompatibilité n'est pas limitée dans le temps et concerne également les étudiants ayant présenté ces UE à plusieurs reprises.

TAB. 2.3 – Incompatibilités dans le choix des UE

INTITULÉ DE L'UE	UE INCOMPATIBLES
MM010 Probabilités de base	LM 390 Probabilités MM011 Probabilités approfondies MM052 Eléments de probabilités
MM052 Eléments de Probabilités	LM 390 Probabilités LM 345 Probabilités et Statistiques LM 346 Processus et simulation MM010 Probabilités de base MM011 Probabilités approfondies
MM011 Probabilités approfondies	MM010 Probabilités de base MM052 Eléments de probabilités
MM013 Statistique mathématique	MM051 Introduction à la statistique
MM018 Statistique appliquée	MM051 Introduction à la statistique
MM051 Introduction à la statistique	LM 347 Analyse des données et régression MM013 Statistique mathématique MM018 Statistique appliquée
MM005 Bases d'analyse fonctionnelle	MM003 Analyse réelle
MM003 Analyse réelle	MM005 Bases d'analyse fonctionnelle
MM009 Informatique de base	MM056 Programmation C ₊₊
MM056 Programmation C ₊₊	MM009 Informatique de base

N.B. Les étudiants ne pourront pas valider plus de 36 ECTS parmi les différents cours de probabilités et statistique.

2.8 Description des UE (liste par ordre croissant du code MM0..)

MM001. Algèbre géométrique (12 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Daniel Bertrand

mel : bertrand@math.jussieu.fr

url : <http://people.math.jussieu.fr/~bertrand/>

Objectifs de l'UE : Ce cours, de nature généraliste, ouvre à la fois aux thèmes "Algèbre et géométrie" du M2 et à ceux de l'agrégation. On y expliquera les liens entre la géométrie (affine, projective, euclidienne), l'algèbre (linéaire, quadratique ou plus généralement multilinéaire), et les groupes classiques.

Prérequis : Connaissance en algèbre du niveau licence.

Thèmes abordés : Géométrie affine, barycentres, groupe affine. Géométrie projective, birapport, groupe projectif. Géométrie euclidienne, formes bilinéaires et hermitiennes, quadriques, groupes orthogonaux et unitaires. Algèbre multilinéaire, algèbre tensorielle et extérieure sur les espaces vectoriels ; cas des espaces euclidiens.

MM002. Algèbre et théorie de Galois (12 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Nikita Karpenko

mel : karpenko@math.jussieu.fr

url : <http://people.math.jussieu.fr/~karpenko/>

Objectifs de l'UE : Introduire des notions d'algèbre qui sont indispensables pour ceux qui envisagent de poursuivre en M2 le parcours Algèbre et Géométrie (elles seront aussi utiles pour le cours MM020 Théorie des nombres).

Prérequis : Connaissance en algèbre du niveau de la licence.

Thèmes abordés : Actions de groupes, groupes abéliens de type fini. Extensions de corps, théorie de Galois. Modules et anneaux noethériens. Extensions entières d'anneaux. Localisation, idéaux premiers, idéaux maximaux. Anneaux principaux, anneaux factoriels. Liens avec la géométrie.

MM003. Analyse réelle (12 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Jean Saint Raymond

mel : raymond@math.jussieu.fr

url : <http://people.math.jussieu.fr/~raymond/>

Objectifs de l'UE : ce cours présente les bases de l'analyse réelle, notamment la théorie des distributions et l'analyse de Fourier.

Prérequis : notions de topologie, de calcul différentiel et d'intégration du niveau de la licence.

Thèmes abordés : Après des rappels de topologie métrique et l'introduction d'outils d'analyse fonctionnelle, on présentera la théorie des distributions, puis l'analyse de Fourier. Si le temps le permet, on étudiera les inégalités de Sobolev et le théorème de Rellich-Kondrachov.

MM004. Fonctions holomorphes, fonctions spéciales (12 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Andrei Iordan

mel : iordan@math.jussieu.fr

Objectifs de l'UE : La théorie des fonctions d'une variable complexe est une composante indispensable de toutes les branches des mathématiques modernes. Ce cours propose une incursion approfondie dans cette théorie avec des applications aux fonctions spéciales les plus utilisées dans les mathématiques pures et appliquées. Il constitue une bonne préparation pour les cours d'EDP et surfaces de Riemann et il sert aussi à l'acquisition de techniques générales d'analyse. Certaines parties du cours sont particulièrement utiles pour la préparation du concours d'agrégation. De plus, pendant les TD, des problèmes qui ont fait partie des sujets du concours d'agrégation seront étudiés comme applications du cours.

Prérequis : Notions de base de calcul différentiel et intégral.

Thèmes abordés : Théorie élémentaire des fonctions holomorphes et méromorphes d'une variable complexe : Théorème de Cauchy, Formule de Cauchy-Pompeiu, Principe de maximum, Principe de conservation du domaine, Théorème de Weierstrass-Casoratti, Théorèmes de Weierstrass, Hurwitz et Montel, Produits infinis, Théorème de factorisation de Weierstrass, Théorème de Mittag-Leffler. Fonctions spéciales : Fonction Gamma d'Euler, Fonction Zeta de Riemann et Théorème des nombres premiers, Equations différentielles dans le plan complexe, Fonctions de Bessel.

MM005. Bases d'analyse fonctionnelle (12 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Didier Smets

mel : smets@ann.jussieu.fr

url : <http://www.ann.jussieu.fr/~smets/MM005/>

Objectifs de l'UE : Le cours aborde l'analyse fonctionnelle de base dans son ensemble, mais le point de vue et la présentation sont quelque peu orientés vers les applications à la physique mathématique, aux probabilités et au calcul des variations.

Prérequis : Algèbre linéaire et analyse élémentaire.

Thèmes abordés : Dans l'ordre des chapitres : Éléments de topologie, Espaces de fonctions continues, Intégration et théorie de la mesure, Espaces de Lebesgue, Applications linéaires continues, Dualité dans les espaces de Lebesgue et mesures de Radon finies, Analyse hilbertienne, Séries de Fourier, Intégrales de Fourier, Distributions tempérées et espaces de Sobolev.

MM006. Bases des méthodes numériques (12 ECTS) (1er semestre)

Professeurs : Laurent Boudin, Emmanuel Trélat

mel : laurent.boudin@upmc.fr emmanuel.trelat@ljl1.math.upmc.fr

Objectifs de l'UE : Etudier les grandes familles de méthodes numériques utilisées pour l'approximation des solutions d'équations aux dérivées partielles : différences finies, éléments finis, méthodes spectrales, volumes finis.

Prérequis : Des connaissances en calcul différentiel, équations différentielles ordinaires, intégration, analyse hilbertienne, algèbre linéaire et méthodes de résolution numérique du niveau licence.

Thèmes abordés : Méthode des différences finies ; approximation variationnelle des problèmes aux limites en dimension 1, méthode des éléments finis, exemple des éléments finis de Lagrange P_1 ; polynômes orthogonaux, méthodes spectrales ;

méthode de volumes finis pour l'équation de transport. Analyse numérique des méthodes : stabilité, consistance, ordre, convergence, estimation d'erreur. Mise en oeuvre des méthodes à l'aide du logiciel scilab, préparation et soutenance d'un projet en scilab.

MM008. Mathématiques discrètes (12 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Michel Pocchiola

mel : pocchiola@math.jussieu.fr

url : <http://people.math.jussieu.fr/~pocchiola>

Objectifs de l'UE : Etudes de structures de base en Mathématiques Discrètes.

Prérequis : Bases d'algèbre et d'algèbre linéaire.

Thèmes abordés : Théorie des graphes, Géométrie Discrète, Géométrie Algorithmique, Topologie Combinatoire, Convexité, Polytopes, Calculabilité et Complexité.

1. Arbres binaires, arbres binaires de recherche, algorithmes de tri ;
2. Polytopes convexes, treillis des faces, théorème de la borne supérieure, triangulations d'une famille de points, triangulation de Delaunay, algorithmes incrémentaux randomisés ;
3. Classification des surfaces compactes, complexes simpliciaux, lemme de Tucker, théorème de Borsuk-Ulam ;
4. Arbres, forêts, théorème de Cayley, théorème de Borchart, gestion de partition ;
5. Arbres couvrants, arbres couvrants de valuation minimale ;
6. Matroides (indépendants, bases, fonction rang), matroïde dual, algorithme glouton, théorème de Hall-Rado.

MM009. informatique de base (12 ECTS) (1er semestre)

Professeurs : Frédéric Hecht et Dominique Bernardi

mel : Frederic.Hecht@upmc.fr

mel : bernardi@math.jussieu.fr

url : <http://www.ann.jussieu.fr/~hecht/ftp/InfoBase>

Objectifs de l'UE : Cette UE s'adresse à quiconque désireux d'acquérir les connaissances et les outils pour l'écriture d'algorithmes de calcul pour les mathématiques. Les connaissances seront validées dans un projet.

Prérequis : Il est souhaitable d'avoir une connaissance sommaire d'un langage de programmation et des connaissances de bases en algèbre linéaire.

Thèmes abordés : Apprentissage du C++ : programmation objet, classes, surcharge d'opérateurs, utilisation de la Standard Template Library. Programmation par événement et utilisation d'une bibliothèque graphique (OpenGL, GLUT). Mise en oeuvre des algorithmes de base : tri, liste. Apprentissage d'outils de développement.

Les thèmes des projets peuvent être choisis parmi : la théorie des nombres, la géométrie algorithmique (maillage de Delaunay, visualisation de surface, recherche d'objet dans un maillage), la théorie de graphe (problème du voyageur de commerce, chemin minimal), la résolution des grands systèmes linéaires creux, ...

MM010. Probabilités de base (12 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Thierry Lévy

mel : Thierry.Levy@upmc.fr

url : <http://www.proba.jussieu.fr/pageperso/levy/index.html>

Objectifs de l'UE : Ce cours est destiné aux étudiants débutant en probabilités et notamment à ceux désirant préparer l'agrégation.

Prérequis : Le contenu d'un cours d'intégration de niveau licence.

Thèmes abordés : Espaces de probabilités, variables aléatoires, distribution, espérance, moments, fonction caractéristique. Indépendance. Convergence de variables aléatoires, loi des grands nombres, théorème de la limite centrale. Vecteurs gaussiens. Espérance conditionnelle.

MM011. Probabilités approfondies (12 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Thomas Duquesne

mel : thomas.duquesne@upmc.fr

url : <http://www.proba.jussieu.fr/~duquesne/>

Objectifs de l'UE : Le but du cours est de présenter les deux principaux modèles de variables dépendantes, à savoir les martingales (à temps discret) et les chaînes de Markov (à espace d'états dénombrable). Ces notions sont centrales aussi bien sur le plan théorique qu'appliqué : les chaînes de Markov sont en effet au coeur des techniques de simulation aléatoire et les martingales à temps discret formalisent de nombreux phénomènes, notamment en finance. Il s'agit d'un exposé classique des principaux résultats. Ce cours prépare à un M2 en probabilités et statistiques et/ou à l'agrégation de mathématique.

Il est disponible en télé-enseignement et un polycopié est disponible en début de cours pour les inscrits.

Prérequis : il est nécessaire d'avoir suivi un cours de théorie de la mesure/intégration assez général. Il faut impérativement avoir suivi un cours de probabilités de L3 incluant les notions suivantes : indépendance, convergence presque sûre, en probabilité, L^p , la loi des grands nombres, convergence en loi et théorème central limite.

Thèmes abordés : espérance conditionnelle. Martingales à temps discret : filtrations, temps d'arrêt, convergences, martingales inverses, quelques problèmes d'arrêt. Chaînes de Markov à espace d'états dénombrable : propriété de Markov, classification des états, convergence vers la loi stationnaire et quelques applications.

MM012. Modèles statistiques linéaires (12 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Paul Deheuvels

mel : Paul.Deheuvels@upmc.fr

url : <http://www.lsta.upmc.fr/>

Objectifs de l'UE : Former aux procédures statistiques de test et d'estimation les plus fréquemment utilisées dans la pratique, portant sur des échantillons d'observations suivant des modèles linéaires gaussiens.

Prérequis : Connaissances minimales de probabilités et d'algèbre linéaire.

Thèmes abordés : Les techniques les plus courantes de la statistique industrielle portent sur des observations modélisées par des lois de probabilité gaussiennes dans \mathbb{R}^d . Elles comportent les modèles de *régression, simple et multiple*, de *corrélation*,

et les *analyses comparatives* basées sur les *tests* du χ^2 , de *Student* et *Fisher*. Une présentation avancée en sera faite, comportant l'étude de l'*analyse de variance multivariée* [MANOVA], des *plans factoriels*, des *intervalles* et *domaines de confiance* de *Student*, *Scheffé* et *Tukey*, des *lois de Wishart*, ainsi que des *tests de Wilks*, faisant appel aux notions plus complexes de *fonctions hypergéométriques matricielles* et de *polynômes zonaux*. L'exposé sera illustré par plusieurs applications aux sciences biomédicales.

MM013. Statistique mathématique (12 ECTS) (2e semestre)

Professeur : L. Birgé

mel : lucien.birge@upmc.fr

url : <http://www.proba.jussieu.fr/pageperso/birge/birge.html>

Objectifs de l'UE : Fournir les fondements de la Statistique Mathématique moderne.

Prérequis : Une très bonne connaissance des probabilités classiques est indispensable pour suivre ce cours ainsi qu'une solide connaissance des acquis du L (algèbre linéaire, calcul intégral, etc.).

Thèmes abordés :

I – Introduction aux problèmes statistiques

- Notion d'expérience statistique
- Les problèmes statistiques classiques (estimation, intervalles de confiance, tests) dans le cadre du modèle binomial ; le point de vue décisionnel bayésien.
- Brefs rappels de probabilités : modes de convergence, théorèmes limite, opérations sur les limites, absolue continuité.

II – Le modèle linéaire gaussien

- Le modèle linéaire général
- Rappels sur les vecteurs aléatoires et les vecteurs gaussiens.
- Les estimateurs des moindres carrés et leurs propriétés dans le cas gaussien.
- Intervalles et ellipsoïdes de confiance, tests de Student et de Fisher.

III – Estimation et tests non-paramétriques

- Loi empirique, estimateurs empiriques, moments empiriques.
- Fonction de répartition et quantiles empiriques.
- Tests d'adéquation de Kolmogorov-Smirnov.

IV – Étude des modèles paramétriques à un paramètre

- La méthode delta et ses applications : méthode des moments, méthode des quantiles, stabilisation de la variance.
- La méthode du maximum de vraisemblance ; application au modèle exponentiel à un paramètre.
- Lois et densités conditionnelles, méthode de Bayes et estimateurs bayésiens.

V – Tests paramétriques

- Rappels sur les tests déduits d'intervalles de confiance et niveaux de signification.
- Tests de deux hypothèses simples et Lemme de Neyman-Pearson.
- Familles à rapports de vraisemblances monotones et tests uniformément plus puissants.

VI – Comparaison et optimalité des estimateurs

- Quelques principes généraux.
- Exhaustivité et applications.
- Modèles statistiques réguliers, Inégalité de l'Information et minoration asymptotique locale du risque.
- Efficacité asymptotique, normalité asymptotique du maximum de vraisemblance, estimateurs à un pas.

MM014. Groupes finis et leurs représentations (6 ECTS) (2e semestre)

Professeur : Daniel Bertrand

mel : bertrand@math.jussieu.fr

url : <http://people.math.jussieu.fr/~bertrand/>

Objectifs de l'UE : Ce cours s'adresse non seulement aux mathématiciens mais aussi aux physiciens et aux chimistes. Il traite des groupes finis, de leurs structures et de leurs représentations linéaires en s'appuyant sur de nombreux exemples. Il donne l'occasion d'appliquer à des problèmes concrets de nombreux outils d'algèbre générale.

Prérequis : Algèbre linéaire. Quelques notions de théorie des corps sont bienvenues, mais seront rappelées.

Thèmes abordés : Rappels sur les groupes, sous-groupes, quotients, groupes cycliques, groupes d'isométries. Produits semi-directs et extensions. Théorie de Sylow. Groupes résolubles. Représentations linéaires et théorie des caractères.

MM018. Statistique Appliquée (12 ECTS) (1er semestre)

Professeurs : Nathalie Akakpo, Tabea Rebafka

mel : nathalie.akakpo@upmc.fr, tabea.rebafka@upmc.fr

url : <http://www.proba.jussieu.fr/pageperso/akakpo/>, <http://www.proba.jussieu.fr/pageperso/rebafka/>

Objectifs de l'UE : Ce cours a pour objectif d'apporter aux étudiants les bases et les outils nécessaires à l'inférence statistique. L'accent sera mis sur des méthodes et des modèles couramment utilisés dans des applications, que l'on étudiera de manière théorique et pratique. Quelques TP permettront d'analyser des données réelles en s'initiant au logiciel statistique R.

Prérequis : Une bonne connaissance en théorie des probabilités et en l'algèbre linéaire.

Thèmes abordés : Quelques rappels de théorie des probabilités, statistique descriptive (histogramme, boxplot, QQ-plot...), estimation de paramètres et intervalles de confiance (modèle de mélange, données censurées, algorithme EM, bootstrap...), tests paramétriques et nonparamétriques (test du χ^2 , tests basés sur les rangs...), régression (régression multiple, sélection de variable, régression logistique...), analyse de la variance.

MM019. Introduction à la mécanique des milieux continus (6 ECTS) (2e semestre)

Professeur : Hélène Dumontet

mel : helene.dumontet@upmc.fr

Objectifs de l'UE : Il s'agit d'initier l'étudiant à la notion de milieux déformables, solides et fluides, en introduisant les équations de conservation qui régissent ces milieux, la notion de loi de comportement et les modélisations associées à quelques exemples simples. L'objectif final est la simulation numérique de problèmes de mécanique ; les formulations variationnelles des équations aux dérivées partielles correspondantes seront établies et les solutions numériques recherchées en lien avec le cours d'approximations des équations aux dérivées partielles.

Prérequis : Analyse vectorielle, fonctions de plusieurs variables, équations différentielles et algèbre linéaire, notions sur les équations aux dérivées partielles.

Thèmes abordés :

- Généralités : Cinématique. Lois de conservation. Tenseur des contraintes
- Solides : Elasticité linéaire. Equations de Navier, de compatibilité de Beltrami. Formulations variationnelles.
- Fluides : Equations générales de la mécanique des fluides newtoniens. Ecoulements laminaires. Notion d'échelle et développements asymptotiques raccordés. Couche limite laminaire. Couche limite thermique.

MM020. Théorie des nombres (12 ECTS) (2e semestre)

Professeur : Sinnou David

mel : david@math.jussieu.fr

Objectifs de l'UE : Le cours vise à donner une bonne culture de base en théorie algébrique des nombres ; il a également pour ambition d'introduire quelques éléments de théorie analytique. Les étudiants ayant suivi le module seront préparés à aborder des cours plus spécialisés dans le domaine en année de M2. La première partie du cours fait également partie du bagage standard pour l'agrégation.

Prérequis : Les connaissances requises pour suivre ce cours sont celles du niveau L. En algèbre, les notions de groupe, anneaux, corps, modules seront utilisées. En analyse, un peu d'analyse complexe et des concepts standards de niveau L1-L2 seront supposés connus.

Thèmes abordés : Extensions algébriques, introduction. Arithmétique des corps finis. Idéaux premiers, localisation, complétion. Entiers algébriques, anneaux de Dedekind, anneaux de valuation discrète. Corps locaux et globaux. Décomposition des idéaux, ramification, discriminant. Extensions quadratiques, extensions cyclotomiques, théorème de Kronecker-Weber. Théorème des unités, théorème de Minkowski. Séries de Dirichlet et application au théorème des nombres premiers, théorème de la progression arithmétique.

MM022. Géométrie différentielle (12 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Laurent Charles

mel : charles@math.jussieu.fr

url : <http://www.math.jussieu.fr/~charles/>

Objectifs de l'UE : Introduire les notions de base de géométrie différentielle.

Prérequis : Connaissances en topologie, en calcul différentiel et intégral du niveau Licence.

Thèmes abordés : Sous-variétés, variétés différentielles, variétés quotient. Paracompacité, partitions de l'unité. Fibrés vectoriels. Champs de vecteurs, dérivée de Lie et flots. Formes différentielles, dérivée de Rham. Cohomologie de Rham, invariance par homotopie et théorème de Mayer-Vietoris. Intégration sur les variétés, théorème de Stokes.

MM024. Groupes et algèbres de Lie (6 ECTS) (2e semestre)

Professeur : Erwan Brugallé

mel : brugalle@math.jussieu.fr

url : <http://people.math.jussieu.fr/~brugalle/>

Objectifs de l'UE : Ce cours combine l'algèbre et l'analyse pour étudier la structure des groupes de matrices réelles ou complexes. Il introduit aussi à l'analyse harmonique.

Prérequis : Notions de base d'algèbre linéaire, de théorie des groupes, et de calcul différentiel.

Thèmes abordés : Groupes topologiques et groupes de Lie. Application exponentielle. Algèbres de Lie. Théorèmes de structure des algèbres de Lie. Représentations linéaires des groupes et algèbres de Lie. Mesure de Haar. Astuce unitaire de Weyl. Application aux groupes $SO(3)$, $SU(2)$, $SL(2)$.

MM025 Calcul des variations : outils et méthodes (12 ECTS) (2e semestre)

Professeurs : Jean-Michel Coron, Sylvain Sorin

mel : coron@math.jussieu.fr sorin@math.jussieu.fr

<http://www.ann.jussieu.fr/~coron/>

<http://www.ecp6.jussieu.fr/pageperso/sorin/index.html>

Objectifs de l'UE : Le cours vise à présenter les connaissances nécessaires en analyse fonctionnelle, pour aborder des problèmes d'optimisation en dimension infinie, notamment ceux liés aux équations différentielles. Les méthodes seront illustrées sur des problèmes "classiques" du calcul des variations.

Prérequis : Bases d'analyse fonctionnelle, par exemple MM003 ou MM005.

Thèmes abordés : Analyse fonctionnelle approfondie : Espaces de Hilbert, convergence faible, compacité faible. Espaces de Sobolev en dimension un, formulation variationnelle de problèmes aux limites. Optimisation, optimisation sous contrainte : cas différentiel, cas convexe. Calcul des variations et équation d'Euler. Modélisation et étude de quelques problèmes.

MM026. Approximation des équations aux dérivées partielles (12 ECTS) (2e semestre)

Professeur : Bruno Després

mel : despres@ann.jussieu.fr

url : <http://www.ann.jussieu.fr/~despres/>

Objectifs de l'UE : D'une part étudier les bases mathématiques de l'analyse des équations aux dérivées partielles rencontrées dans les applications (par exemple en mécanique et en physique) : l'accent sera mis sur les formulations variationnelles.

Sur ces bases décrire et analyser plusieurs méthodes d'approximation numériques : en particulier la méthode des éléments finis et la méthode des différences finies.

Prérequis : Connaissances en analyse fonctionnelle ou en méthodes numériques.

Thèmes abordés : Modélisation de phénomènes variés aboutissant à des problèmes d'équations aux dérivées partielles. Elements de théorie des distributions, espaces de Sobolev, formule d'intégration par parties en dimension quelconque, éléments de théorie hilbertienne. Formulation variationnelle des problèmes aux limites elliptiques, théorème de Lax-Milgram. Méthode des éléments finis pour les problèmes elliptiques en dimensions 1 et 2 : principe, description détaillée de quelques exemples, convergence et estimation d'erreur. Equation de la chaleur en dimension 1 d'espace : principe du maximum, solutions régulières et formulation variationnelle. Equation des ondes en dimension 1 d'espace : inégalité d'énergie, solutions régulières sur un intervalle, solutions sur la droite entière. Méthode des différences finies pour les équations de Laplace, de la chaleur, des ondes : consistance, stabilité et convergence de divers schémas numériques aux différences finies. Ouverture vers des méthodes numériques de type volumes finis.

MM031. Informatique scientifique (12 ECTS) (2e semestre)

Professeur : Frédéric Hecht

mel : Frederic.Hecht@upmc.fr

url : <http://www.ann.jussieu.fr/~hecht/ftp/InfoSci>

Objectifs de l'UE : Cette UE s'adresse à quiconque est désireux d'acquérir les connaissances et les outils pour l'écriture des logiciels de calcul utilisés pour la simulation et la réalité virtuelle.

Prérequis : Il est souhaitable d'avoir une connaissance, au moins sommaire, d'un langage de programmation et les connaissances équivalentes à un cours de Licence en analyse numérique (résolution des systèmes linéaires, calcul d'intégrale, calcul différentiel, équations différentielles ordinaires).

Thèmes abordés : Utilisation du système UNIX, apprentissage complet du C++ : programmation objet, classes, surcharge d'opérateur. Programmation des principales méthodes numériques pour la résolution des équations aux dérivées partielles : différences finies, éléments finis, volumes finis ou méthodes intégrales. Visualisation graphique 1D, 2D, 3D avec `gnuplot` et la bibliothèque GLUT/OpenGL. L'enseignement comprend un projet et une introduction au langage Java.

MM036. Processus de sauts (6 ECTS) (2e semestre)

Professeur : Mathieu Rosenbaum

mel : mathieu.rosenbaum@upmc.fr

url : <http://www.crest.fr/pageperso/rosenbaum/rosenbaum.htm>

Objectifs de l'UE : Les processus markoviens de sauts sont les processus à temps continu les plus simples. Ils représentent cependant des outils de modélisation pertinents dans de nombreuses situations (comme en files d'attente). Par ailleurs, une bonne compréhension de ces processus est probablement nécessaire avant d'aborder les processus de diffusion en M2. Le but de ce cours est donc une étude rigoureuse des processus markoviens de sauts ainsi que de certaines de leurs applications.

Prérequis : Un cours de probabilités (il n'est pas nécessaire d'avoir suivi un cours sur les chaînes de Markov ou sur les martingales pour suivre ce cours).

Thèmes abordés : Chaînes de Markov, Processus de Poisson, Processus markoviens de sauts, Processus de renouvellement, files d'attente.

MM039. Histoire d'un objet mathématique (6 ECTS) (2e semestre)

Professeur : Laurent Mazliak

mel : laurent.mazliak@upmc.fr

url : <http://www.proba.jussieu.fr/users/lma/M1HistMaths.html>

Objectifs de l'UE : La manière dont se constitue un nouvel objet mathématique est une question importante en histoire des mathématiques. Le cours se propose de discuter cette question sur un exemple, l'intégrale de Lebesgue, objet important dans les mathématiques contemporaines qui s'est élaboré dans la deuxième moitié du 19e siècle et le début du 20e. On montrera quels sont les objectifs des mathématiciens qui les mettent en évidence, comment des idées propres à des disciplines différentes se trouvent restructurées dans la définition du nouvel objet, et comment cet objet est modifié éventuellement lors d'un transfert à une autre discipline. Des textes originaux (éventuellement traduits) seront lus et discutés en TD et une initiation aux méthodes historiographiques développées actuellement pour étudier ce genre de problèmes sera donnée.

Prérequis : Licence mention mathématiques.

Thèmes abordés : La constitution d'un objet mathématique comme problème en histoire des mathématiques, sources et méthodes. Exemple : Problème de la mesure des ensembles, histoire de la notion générale de fonction, de la notion d'intégrale, intégrale abstraite, intégrale de Lebesgue comme outil adapté à la théorie des probabilités.

MM044. Gravitation et Relativité (6 ECTS) (1er semestre)

Professeurs : Jean Souchay, Marie-Christine Angonin

mel : Jean.SOUCRAY@obspm.fr Marie-Christine.ANGONIN@obspm.fr

Objectifs de l'UE : L'objectif de la partie gravitation de ce cours présentée par M. Souchay est de présenter la mécanique céleste, les orbites et les mouvements képlériens. Les aspects aussi bien physiques que mathématiques sont développés, suivis d'applications.

L'objectif de la partie relativité de ce cours présentée par Mme Angonin est de présenter la relativité restreinte et la relativité générale. Les principes de base sont développés, puis suivis d'applications majoritairement orientées vers l'astrophysique et les systèmes de référence du temps. Les cours auront lieu à l'Observatoire de Paris.

Prérequis : Calcul différentiel, équations différentielles linéaires et algèbre linéaire.

Thèmes abordés :

- Mécanique céleste et systèmes de références.
- Modèles dynamiques.
- Dynamique des corps en rotation.
- Relativité restreinte : principe de relativité, espace-temps de Minkowski, quadrvecteurs, transformations de Lorentz. Relativité de la simultanéité, dilatation des

durées, effet Doppler, aberration de la lumière. Effet Sagnac, métrique sur un disque tournant.

- Relativité générale : principe d'équivalence, introduction d'une métrique, temps propre, décalage gravitationnel des fréquences (effet Einstein), espace associé un observateur. Mouvements des particules massives et des photons déduits du principe des géodésiques. Approximation post-newtonienne. Echelles de temps. Avance du périhélie des plantes, effet de retard (effet Shapiro), déviation des rayons lumineux.

MM045. Travail d'étude et de recherche - TER (6 ECTS) (2nd semestre)

Responsable : Frédéric Klopp

mel : klopp@math.jussieu.fr

url : <http://www.master.math.upmc.fr/M1/TER/>

Objectifs de l'UE : Le TER de la première année de Master Mathématiques consiste en un travail d'étude et de recherche effectué sous la direction d'un enseignant qui propose le sujet. Il peut s'effectuer en binôme. Ce travail pourra être théorique ou/et comporter une partie de simulation numérique. Il est généralement effectué au second semestre.

Évaluation l'UE : Le TER donne lieu à un rapport écrit et à une soutenance orale (d'environ 30 minutes), qui constituent l'évaluation du travail. La soutenance devra avoir eu lieu au plus tard deux semaines avant le jury du second semestre. La validation du TER permet l'attribution de 6 ECTS dans le cadre du second semestre.

Déroulement de l'UE : Des sujets (dont la liste est disponible sur

<http://www.master.math.upmc.fr/M1/TER/>) sont proposés en début d'année universitaire. Le ou les étudiants intéressés par un sujet rencontrent l'enseignant qui le propose puis confirme son choix auprès du responsable du TER qui coordonne le processus. Une fois le sujet choisi et, le cas échéant, le binôme constitué, les étudiants rencontrent régulièrement l'enseignant responsable du sujet qui les guidera dans leur travail.

NB : Le TER n'est pas ouvert aux étudiants inscrits en FOAD.

MM046. Equations aux dérivées partielles (12 ECTS) (2e semestre)

Professeur : Nicolas Lerner

mel : lerner@math.jussieu.fr

url : <http://people.math.jussieu.fr/~lerner>

Objectifs de l'UE : Ce cours constitue une introduction aux équations aux dérivées partielles et a pour but de donner des résultats de base sur les équations les plus classiques reliées à des problèmes physiques ou géométriques.

Prérequis : Calcul différentiel et intégral.

Thèmes abordés : Champs de vecteurs, EDP du premier ordre. Equations classiques : équations de Laplace, de Cauchy-Riemann, de la chaleur, de Schrödinger, équations des ondes. Méthodes de Fourier et théorie des distributions. Equations elliptiques, hyperboliques, paraboliques. Eléments de théorie spectrale. Eléments de mécanique des fluides.

MM047. Géométrie et mécanique (6 ECTS) (2e semestre)

Professeur : Laurent Niederman

mel : laurent@imcce.fr

Objectifs de l'UE : Prenant comme fil directeur une introduction à la structure géométrique des équations de la mécanique (1), on donnera dans le cours les bases nécessaires (2) en calcul différentiel, calcul extérieur et équations différentielles, qui permettent en particulier de comprendre la différence entre espace tangent et espace cotangent d'un espace de configuration. Le cours s'adresse à des étudiants en première année de master de mathématiques, de physique, de mécanique ou d'astronomie, ainsi qu'à des étudiants désirant préparer l'agrégation de mathématiques.

Prérequis : Les notions nécessaires de calcul différentiel et extérieur seront étudiées en fonction des besoins des étudiants.

Thèmes abordés : 1. Géométrie et mécanique : introduction à la mécanique lagrangienne et hamiltonienne via le principe de moindre action. Invariant intégral de Poincaré-Cartan, équation de Hamilton-Jacobi. Symétries et intégrales premières. Structures symplectiques et de contact. Les flots géodésiques sur des surfaces et le problème restreint des trois corps illustreront la partie théorique.

2. Calcul différentiel (dérivée, théorème d'inversion locale).

Equations différentielles et champs de vecteurs.

Formes différentielles et formule de Stokes.

Organisation pédagogique : le cours a lieu à l'Observatoire de Paris

<http://master-1.obspm.fr/>

MM049 Théorie analytique des équations différentielles ordinaires (6 ECTS) (2e semestre)

Professeur : Frédéric Le Roux

mel : lerouxf@math.jussieu.fr

url : <http://people.math.jussieu.fr/~lerouxf/>

Objectifs de l'UE : La théorie moderne des équations différentielles étudie l'évolution des phénomènes déterministes différentiables. Ce cours en est une introduction, destinée aux futurs mathématiciens, enseignants ou ingénieurs.

Prérequis : Algèbre linéaire, topologie, calcul différentiel et intégral. La théorie utilise de nombreuses notions du programme de Licence, le cours sera l'occasion de revoir et consolider ces notions.

Thèmes abordés :

– Champs de vecteurs linéaires indépendants du temps, exponentielle des matrices, classification topologique.

– Théorèmes d'existence et d'unicité, temps de vie, dépendance par rapport à un paramètre.

– Flot d'un champ de vecteurs, théorème de redressement au voisinage d'un point régulier, conjugaison. Exemples d'étude qualitative.

– Equations différentielles analytiques.

– Exemples de théorèmes de linéarisation.

De nombreux exemples illustreront la théorie. On fera souvent le parallèle avec les systèmes dynamiques discrets.

MM050. Théorie des Systèmes Dynamiques (6 ECTS) (2e semestre)

Professeur : Jean-Pierre Francoise

mel : Jean-Pierre.Francoise@upmc.fr

url : <http://www.ann.jussieu.fr/~francoise/>

Objectifs de l'UE : Les applications de la théorie des Systèmes Dynamiques recouvrent un champ scientifique vaste qui va des sciences du vivant à l'économie et à la physique. L'objectif du cours est de donner une formation aux fondements de cette théorie et une initiation à quelques applications. Il s'adresse à des étudiants de Master 1 de mathématiques, physique, ingénierie ou biologie ainsi qu'aux étudiants désirant préparer l'agrégation de mathématiques.

Prérequis : Le cours de calcul différentiel du L3. Rappel de notions de géométrie différentielle sera fait en cours.

Thèmes abordés :

- Théorie de la récurrence de Birkhoff.
- Théorie de la stabilité, existence des variétés invariantes.
- Orbites périodiques.
- Ensembles invariants hyperboliques.
- Applications à l'étude des oscillations.

MM051. Introduction à la statistique (6 ECTS) (2e semestre)

Professeur : Agathe Guilloux

mel : agathe.guilloux@upmc.fr

url : <http://www.lsta.upmc.fr/guilloux.php?main=enseignement>

Objectifs de l'UE : Ce cours est une introduction aux problématiques de la Statistique. Il est destiné aux étudiants qui ne souhaitent a priori pas se spécialiser dans ce domaine, mais poursuivre un Master 2 de Probabilités ou préparer l'agrégation.

Prérequis : Un cours de Probabilités.

Thèmes abordés : Estimation. Intervalles de confiance. Tests. Modèle linéaire.

MM052. Éléments de probabilités (6 ECTS) (2e semestre)

Professeur : Omer Adelman

mel : x@upmc.fr (x = omer.adelman)

url : <http://www.proba.jussieu.fr/~adelman/>

Objectifs de l'UE : Ouvrir le monde des probabilités – un monde concret et intuitif, un monde d'abstraction et de rigueur, un monde parfois surprenant – à ceux qui ne le connaissent pas encore (notamment lorsqu'ils sont futurs agrégatifs).

Prérequis : Aucun ; sauf, bien entendu, un apport correct de la licence, un certain *sens mathématique* – et la volonté d'apprendre. (Voir le document « MM052 » à l'url ci-dessus.)

Thèmes abordés : Lois de probabilités et leurs diverses caractérisations ; variables aléatoires ; suites aléatoires et *limites* aléatoires ; *ensembles* aléatoires ; outils et techniques de calcul ; situations où on peut se passer de calcul ; le bon usage de la convexité (ou de la positivité) et de la *symétrie* ; applications.

Simulation ; couplage ; processus de Poisson ; Markov ; marches ; arrêts.

Au centre sera le **conditionnement**. La magique espérance conditionnelle relativement à une sous-tribu nous aidera à calculer, à raisonner, à *comprendre*.

Le tout se fera dans un esprit authentiquement probabiliste, esprit dont l'existence et l'unicité et la *pertinence* s'illustreront de multiples façons.

MM055. Stage en entreprise pour mathématiciens (6 ECTS) (1er ou 2e semestre)

Professeur : Marie Postel

mel : marie.postel@upmc.fr

url : <http://www.ljll.math.upmc.fr/MM055>

Objectifs de l'UE : Donner aux étudiants la possibilité d'avoir une expérience de l'utilisation des outils mathématiques et des logiciels scientifiques dans le milieu de l'entreprise ou de l'industrie. Préciser un projet professionnel en découvrant de façon concrète un domaine d'application lié aux mathématiques.

Prérequis : lire la description détaillée sur le site web

<http://www.ljll.math.upmc.fr/MM055> et prendre contact avec le professeur responsable de l'UE avant d'établir la convention de stage.

Il est indispensable d'avoir assisté aux conférences métiers du 1er semestre pour pouvoir s'inscrire dans cette UE.

Thèmes abordés : L'étudiant trouve son stage seul. Le sujet est proposé par l'entreprise et doit être validé par le responsable de l'UE avant le début du stage. Le stage doit comprendre une immersion totale dans l'entreprise pendant 2 mois minimum, soit pendant l'été soit pendant un semestre universitaire si l'étudiant a déjà validé les autres modules, dans le cas d'un M1 étalé sur plus d'un an. Les stages ayant lieu pendant l'été seront évalués à la rentrée de septembre. D'autres situations particulières peuvent être étudiées au cas par cas. Les stages validés au titre d'un autre diplôme ne peuvent pas être pris en compte. L'évaluation du stage repose sur trois critères : la rédaction d'un rapport, la soutenance orale et l'avis motivé du responsable en entreprise.

Tous les étudiants voulant faire un stage en entreprise pendant l'année de M1, dans le cadre de cette UE ou non, doivent remplir le formulaire en ligne

<http://www.ljll.upmc.fr/MM055/formulaireInscription.pdf>

MM056. Programmation en C et C++ (6 ECTS) (2e semestre)

Professeur : Vincent Lemaire

mel : vincent.lemaire@upmc.fr

url : <http://proba.jussieu.fr/~lemaire/enseignements.html>

Objectifs de l'UE : Ce cours donne les bases de deux langages de programmation utilisés en calcul scientifique.

Prérequis : Notions d'algorithmique.

Thèmes abordés : Les premières séances sont consacrées au langage C : compilation (avec gcc), types avancés (tableaux, structures, pointeurs) et fonctions de la librairie standard. Des exemples seront étudiés : utilisation de pointeurs de fonctions, création de listes chaînées. . .

Dans la seconde partie du cours, on abordera le langage C++ par ses différences avec le C. On exposera les bases de la programmation orientée objet (classes, héritage

simple) et les bases de la programmation générique (templates). Les types et fonctions de la Standard Template Library seront abordés et utilisés pour illustrer cette partie.

MM057. Analyse convexe (6 ECTS) (2e semestre)**Professeur** : P. L. Combettesmel : plc@math.jussieu.frurl : <http://www.ljll.math.upmc.fr/~plc>

Objectifs de l'UE : L'analyse convexe est un des piliers des mathématiques appliquées. Elle intervient dans la modélisation et la résolution numérique de problèmes en ingénierie, en statistiques, en physique, en économie, en finance et dans les sciences de l'information. L'objectif de ce cours de fournir les fondements de l'analyse convexe moderne dans les espaces euclidiens et d'en décrire quelques applications en optimisation.

Prérequis : Algèbre linéaire, topologie élémentaire.

Thèmes abordés : Ensembles convexes (propriétés algébriques, topologiques, de meilleure approximation et de séparation, fonction d'appui); cônes convexes (propriétés, cônes polaire, dual, tangent, normal); fonctions convexes (propriétés algébriques et topologiques, fonctions convexes s.c.i., minoration affine); conjugaison (propriétés, biconjugaison, conjugaison de la somme); sous-différentiabilité (propriétés, liens avec la conjugaison, théorème de la somme); différentiabilité (dérivée directionnelle, caractérisation de la convexité, formule du max, théorème de Baillon-Haddad); optimisation convexe (existence, unicité, et caractérisation des minimiseurs, Karush-Kuhn-Tucker, méthode du gradient projeté, applications diverses).

MM058. Optimisation et Jeux (6 ECTS) (2e semestre)**Professeur** : S. Sorinmel : sorin@math.jussieu.frurl : <http://www.ecp6.jussieu.fr/pageperso/sorin.html>

Objectifs de l'UE : L'optimisation et la théorie des jeux jouent un rôle fondamental dans la modélisation et l'analyse de nombreux problèmes de mathématiques appliquées et d'application des mathématiques : ingénierie et recherche opérationnelle, économie, biologie,... Le cours en présente les principaux outils et résultats.

Prérequis : Algèbre linéaire et topologie générale au niveau licence; l'UE MM057 Analyse convexe est fortement recommandée.

Thèmes abordés : Programmation linéaire et dualité.

Jeux matriciels : valeur et stratégies optimales.

Optimisation convexe, Lagrangien et multiplicateurs. Sensibilité et perturbation.

Théorèmes de minmax généraux et dynamiques associées.

Correspondances et théorèmes de point fixes.

Jeux stratégiques à n joueurs et équilibre de Nash.

Programmation dynamique : principe de Bellman et applications.

MM059. Groupe fondamental et revêtements (6 ECTS) (2e semestre)**Professeur** : François Loesermel : loeser@math.jussieu.fr

url : <http://www.math.jussieu.fr/~loeser/>

Objectifs de l'UE : Nous introduirons dans ce cours les revêtements et leur théorie galoisienne. Nous définirons le groupe fondamental que nous apprendrons à calculer sur des exemples notamment à l'aide du théorème de Van Kampen. On terminera le cours par une introduction à l'homologie singulière.

Prérequis : Connaissances en topologie et calcul différentiel du niveau licence.

Thèmes abordés : Revêtements, simple connexité, groupe fondamental, homotopie, homologie singulière.

MM060. Introduction aux surfaces de Riemann (6 ECTS) (2e semestre)

Professeur : Tien-Cuong Dinh

mel : dinh@math.jussieu.fr

url : <http://www.math.jussieu.fr/~dinh/>

Objectifs de l'UE : L'objectif de ce cours est de proposer une introduction aux divers aspects algébriques, analytiques et géométriques d'un des objets les plus riches et importants des mathématiques.

Prérequis : Analyse complexe élémentaire et les bases de la topologie algébrique.

Thèmes abordés : Surfaces de Riemann, courbes algébriques, Diviseurs et fibrés en droites complexes, Théorème de Riemann-Roch, Géométrie hyperbolique et sous-groupes discrets.

MM061. Modèles Mathématiques en Neurosciences (6 ECTS) (2e semestre)

Professeurs : Jean-Pierre Françoise et Michèle Thieullen

mel : jpf@math.jussieu.fr michele.thieullen@upmc.fr

Objectifs de l'UE : Introduire les modèles mathématiques développés dans les neurosciences et donner aux étudiants la formation en systèmes dynamiques stochastiques nécessaire à leur compréhension.

Prérequis : Sont souhaitables :

- un cours de niveau L3 de Probabilités (LM 345 ou LM 390)
- un cours de Topologie et Calcul Différentiel (LM 360)

Thèmes abordés :

- Rappels sur la Loi des Grands Nombres, le Théorème Central Limite et leurs applications (approximations, intervalles de confiance)
- Introduction aux systèmes dynamiques. Points stationnaires, cycles limites et théorie des bifurcations. Systèmes dynamiques lents-rapides.
- Equations de Hodgkin-Huxley. Bruits Gaussiens et Poissoniens. Modélisation du fonctionnement des canaux ioniques par des processus de Markov.
- Etude du système de FitzHugh-Nagumo. Notion d'excitabilité, trains de décharge de potentiels d'action. Perturbation aléatoire d'un système excitable.
- Modèle Intègre-et-Tire. Réponse intensité-fréquence d'un neurone.
- Modèle de Morris-Lecar.
- Perturbation des modèles Intègre et Tire et Morris Lecar par un bruit. Comportement asymptotique.

The aim of this course is the introduction of the mathematical models occurring classically in Neuroscience. We will give the students the background in probability theory and dynamical systems necessary to understand these models. We expect the students to have an undergraduate level in Probability Theory as well as in Topology and Differential Calculus. The course is organised as follows :

Reminders of Probability theory : law of Large numbers, Central Limit Theorem and their applications (approximation results, confidence intervals).

Introduction to dynamical systems : equilibrium points, limit cycles, bifurcation theory, slow-fast systems.

The Hodgkin-Huxley model, Gaussian and Poissonian noises. Modelling of ion channels by Markov processes.

Study of the FitzHugh-Nagumo system. Excitability, spike trains of action potentials. Random perturbation of an excitable system.

Integrate and Fire model.

Morris-Lecra model.

Noisy Integrate and Fire models, noisy Morris-Lecar models. Asymptotic behaviour.

MM062. Systèmes dynamiques discrets et continus en biologie et médecine (6 ECTS) (1er semestre). *Ce cours est destiné aux étudiants désirant s'orienter vers les mathématiques pour la biologie. Pour être validé au premier semestre il pourra être complété par 6ECTS d'UE de Bioinformatique (par exemple MI064 : Introduction à la biologie et aux algorithmes sur les arbres et les graphes en bioinformatique) ou de biologie interdisciplinaire ou tout autre choix sous réserve d'accord du responsable de l'UE MM062.*

Professeur : Yvon Maday

mel : maday@ann.jussieu.fr

url : <http://www.ann.jussieu.fr/~maday>

Objectifs de l'UE : Le but de ce cours est de proposer quelques éléments de modélisation en biologie, écologie et sciences du vivant et d'introduire, à partir de ces modèles, quelques outils mathématiques qui seront illustrés par des simulations et implémentations numériques.

Prérequis : Ce cours s'adresse à des étudiants venant de divers horizons, le niveau de prérequis est donc assez bas, des exercices adaptés aux objectifs du cours permettront de combler les lacunes éventuelles.

Thèmes abordés : modèles de dynamique de population discrets et continus : EDO, stabilité, bifurcation

modèles de compétition, écologie, proie prédateur : analyse matricielle

modèles d'épidémiologie : déterministes et aléatoires

dynamique spatiale, réaction, diffusion, phénomènes non locaux, texture : analyse des edp, théorèmes de point fixe

approximation des edp : différences finies et éléments finis, basés sur freefem++

base biblio Mathematical biology J. MURRAY

MM063. Optimisation combinatoire (12 ECTS) (2e semestre)

Professeur : Henning Bruhn-Fujimoto

mel : bruhn@math.jussieu.fr

url : <http://www.math.jussieu.fr/~bruhn/>

Objectifs de l'UE : L'optimisation combinatoire est un domaine des mathématiques appliqués dont l'objectif est de résoudre des problèmes d'optimisation sur des structures discrètes. Les méthodes de résolution propre à l'optimisation combinatoire combinent diverses techniques issues de la combinatoire, de la programmation linéaire et de la théorie des algorithmes.

Prérequis : Bonnes connaissances en algèbre linéaire, bases de combinatoire et d'algorithmique.

Thèmes abordés : Programmation dynamique, programmation linéaire, programmation en nombres entiers, algorithmes d'approximation, flots, voyageur du commerce, sac-à-dos.

MM065. Modèles stochastiques, applications à la finance (12 ECTS) (2e semestre)

Professeur : Philippe Bougerol

mel : philippe.bougerol@upmc.fr

url : www.proba.jussieu.fr/~bougerol

Objectifs de l'UE : Présenter des éléments de calculs stochastiques à temps discret et continu, avec application au contrôle markovien, au filtrage et à la finance.

Prérequis : Il est indispensable d'avoir les connaissances du cours de Probabilités Approfondies (espérance conditionnelle, chaînes de Markov, martingales)

Thèmes abordés :

- Introduction aux produits financiers.
- Modèles markoviens contrôlés à temps discret.
- Arrêt optimal.
- Contrôle linéaire (LQG).
- Filtrage gaussien (Kalman-Bucy).
- Calcul stochastique en temps discret.
- Evaluation d'actifs dérivés en temps discret (Opportunité d'arbitrage, Marché complet).
- Gestion de portefeuille (Markowitz)
- Mouvement brownien et éléments de calcul d'Ito (Formule d'Ito et Girsanov)
- Evaluation d'actifs dérivés en temps continu (Formules de Black et Scholes).
- Contrôle en temps continu (Gestion de Portefeuille de Merton)

MM067. Cryptologie, Cryptographie algébrique (12 ECTS) (2e semestre)

Professeur : Alain Kraus

mel : kraus@math.jussieu.fr

Objectifs de l'UE : Présenter l'étude de certains cryptosystèmes à clés publiques, exposer les problèmes de primalité et de factorisation des entiers, et donner une introduction à la théorie des courbes elliptiques afin d'en décrire des applications à la cryptographie.

Prérequis : Connaissances de base en algèbre et arithmétique du niveau Licence.

Thèmes abordés : Théorie élémentaire des nombres, loi de réciprocité quadratique, corps finis, problème du logarithme discret, cryptosystèmes à clés publiques, tests et critères de primalité, théorème de Solovay et Strassen, théorème de Rabin, une version du théorème d'Agrawal, Kayal et Saxena, méthodes de factorisation, introduction à la théorie des courbes elliptiques, courbes elliptiques sur les corps finis, cryptosystèmes elliptiques, primalité et courbes elliptiques, théorème ECPP, méthode de factorisation elliptique.

MM 0xx. Introduction à la logique mathématique (6 ECTS) (2e semestre)

Professeur : Adrien Deloro

mel : adeloro@math.jussieu.fr

url : <http://people.math.jussieu.fr/~adeloro/>

Objectifs de l'UE : Ce cours destiné à d'apprentis mathématiciens présentera les techniques de la logique et leur pertinence. Sous prétexte d'étudier la cohérence de l'arithmétique, nous exposerons les bases de la théorie des modèles. L'exemple de ZF permettra par ailleurs d'éclairer les étudiants sur les fondations ensemblistes des mathématiques.

Prérequis : Minimales. Relations d'équivalence, arithmétique de base, habitude du raisonnement par récurrence.

Thèmes abordés : Logique propositionnelle, logique du premier ordre, correction, complétude, compacité, indécidabilité, axiomes de Zermelo-Fraenkel, axiome du choix, hypothèse du continu, arithmétique de Peano, ultraproducts, modèles non-standard, incomplétude de Gödel.

MP014. Physique quantique et applications (6 ECTS) (1er semestre)

Professeur :

mel :

url :

Objectifs de l'UE : Donner aux étudiants des connaissances de base pour comprendre les phénomènes quantiques. Les parties théoriques et formelles, sans être esquivées, ne donneront lieu à aucun développement mathématique.

Prérequis : Il n'y a pas de prérequis spécifique, hormis une formation de niveau licence en mathématiques et/ou physique.

Thèmes abordés : Ils seront présentés en insistant sur les exemples et les applications, notamment les puits quantiques, les colorants, l'effet Zeeman et l'effet Stark, le niveau de Fermi d'un ensemble de fermions, la condensation de Bose, la cryptographie quantique, la précession de Larmor et le magnétisme, le spectre de rotation des molécules. Les thèmes seront : Rappels de mécanique ondulatoire. Formalisme de l'état quantique. Oscillateur harmonique. Système à deux niveaux. Intrication quantique. Particules identiques. Le moment cinétique. L'atome d'hydrogène. Théorie des perturbations stationnaires.

2.9 Responsable et site

Responsable : Jan NEKOVÁŘ, nekovar@math.jussieu.fr

Site : <http://www.master.math.upmc.fr/>

Secrétariat : Site de Jussieu - Maison de la Pédagogie - Case Courrier 202
4, place Jussieu - 75252 Paris Cedex 05

Responsable administrative du master : Faouzia BESSEDDIK
faouzia.besseddik@upmc.fr
bureau C110 - tél. 01 44 27 37 56

Inscriptions administratives Master 1 et 2 Amina HAMADI
amina.hamadi@upmc.fr
bureau C112 - tél. 01 44 27 74 33

Inscriptions pédagogiques Master 1 Mathilde BESNARD
mathilde.besnard@upmc.fr
bureau C112 -tél. 01 44 27 37 56

Télé-Sciences 6 - Formations Ouvertes et A Distance Bruno DEHAINAULT
<http://tele6.upmc.fr>
bruno.dehainault@upmc.fr
bureau B114 - tél. 01 44 27 62 34

Secrétariat de l'agrégation Nicole ABRAHAMIAN
nicole.abrahamian@upmc.fr
Bureau C104 - tél. 01 44 27 53 38

Secrétariat du CAPES externe Juliette RASA
juliette.rasa@upmc.fr
bureau C106 - tél. 01 44 27 54 59

Secrétariat du CAPES interne Moussa BINTI
moussa.binti@upmc.fr
bureau C108 - tél. 01 44 27 71 10

Des renseignements pratiques sur les inscriptions et le calendrier du Master 1 sont disponibles au chapitre 12.

Chapitre 3

Master 2, Spécialité Mathématiques fondamentales

3.1 Objectifs et descriptions

La spécialité *Mathématiques fondamentales* s'adresse aux étudiants titulaires d'un M1 de mathématiques ou d'un titre équivalent et comprend deux parcours : "Mathématiques Recherche" et "Mathématiques Avancées".

Un large spectre des mathématiques fondamentales est généralement couvert, avec des variations selon les années : théorie des nombres, géométrie algébrique, théorie de Lie, géométries analytique et différentielle, systèmes dynamiques, analyse fonctionnelle, analyse harmonique, équations aux dérivées partielles, etc.

3.1.1 Parcours "Mathématiques Recherche"

Ce parcours, assez exigeant, s'adresse à tous les étudiants se destinant à un doctorat en mathématiques fondamentales. Une fois ce doctorat accompli, les débouchés naturels sont les métiers de la recherche et de l'enseignement supérieur, au CNRS, à l'université ou dans les centres de recherche des grandes entreprises. Par ailleurs, on constate de plus en plus (comme cela est le cas depuis longtemps en Allemagne, au Royaume Uni ou aux Etats-Unis) qu'une thèse de mathématiques est un gage suffisant de puissance et de créativité intellectuelles pour être recruté par certaines entreprises de pointe.

3.1.2 Parcours "Mathématiques Avancées"

Ce parcours, plus abordable, intéressera les étudiants dont le but principal est de valider le Master, sans poursuivre en doctorat. Les cours proposés sont essentiellement les mêmes que pour le parcours "Recherche", mais les règles de validation sont assouplies, et il est aussi possible de valider certains cours de M1 avancés. Ce parcours est bien adapté aux étudiants désirant préparer l'*agrégation*.

3.2 Débouchés professionnels

Le programme fournit une base solide aux futurs chercheurs et enseignants-chercheurs pour les universités et les centres de recherche ainsi que pour les futurs enseignants. Certains étudiants continueront après le master un cursus de 3 ans d'études doctorales.

Une partie importante d'étudiants avec leurs diplômes du Master 2 pourront commencer ou avancer leurs carrières académiques ou dans le secteur des entreprises.

Les étudiants étrangers développeront des collaborations avec la France aussi bien en matière de recherche, d'enseignement que d'autres domaines. Certains d'eux travaillent déjà dans les universités ou les centres de recherche.

3.3 Organisation

Le cursus comprend des *cours* et un *stage*. Les règles de validation dépendent du parcours envisagé. Dans le parcours "Mathématiques Recherche", les étudiants sont libres de choisir les cours. Trois cours (dont deux fondamentaux ou spécialisés) seront exigés ainsi qu'un mémoire de recherche. Le mémoire, dirigé par un enseignant-chercheur, introduit les étudiants aux sujets de recherche en cours de développement. Les étudiants sont tous suivis, guidés et encadrés par les responsables et les enseignants-chercheurs. Des séminaires seront organisés pour faciliter leur initiation à la recherche.

Dans le parcours "Mathématiques Avancées", outre les cours du M2, il est possible, après accord des responsables, de valider certains cours du second semestre de M1, dont le niveau est intermédiaire entre M1 et M2. De plus, le sujet du mémoire pourra être plus adapté au projet de l'étudiant.

3.4 Publics visés, prérequis

Les étudiants ayant un diplôme de Master 1 de Paris 6 ou l'équivalent auront les meilleures chances de réussite dans l'un des deux parcours du Master 2. Nous visons également les élèves des grandes écoles, les futurs agrégés et bien sûr les étudiants étrangers.

Les étudiants en thèse et les chercheurs débutants profiteront de ce programme pour élargir leur champ de connaissances.

Un nombre important de cours seront proposés pour l'enseignement à distance visant les étudiants en situation familiale ou professionnelle particulière.

3.5 Description des UE

Les cours suivis d'une * seront proposés dans le parcours "Mathématiques Avancées".

MMxyz. Introduction à la théorie algébrique des nombres* (9 ECTS)
(1er semestre)

Professeur : JEAN-FRANÇOIS DAT

mel : dat@math.jussieu.fr

url : <http://people.math.jussieu.fr/~dat/enseignement/enseignement.php>

Objectifs de l'UE : Les objets principaux de ce cours sont les corps de nombres, *i.e.* les extensions finies de \mathbb{Q} , et leurs anneaux d'entiers. Contrairement à \mathbb{Z} , ces derniers ne sont généralement pas principaux, et n'ont pas la propriété d'unique factorisation. Cependant, on verra que leurs idéaux inversibles possèdent, eux, une propriété d'unique factorisation, et que l'analogie correct d'un "nombre premier" est la notion d'"idéal premier".

Du point de vue algébrique, les idéaux premiers sont les générateurs naturels du groupe des idéaux inversibles de l'anneau d'entiers. Nous verrons comment décomposer l'idéal engendré par un nombre premier en produit d'idéaux premiers, introduirons les notions de ramification et de déploiement, et l'effet de l'action du groupe de Galois, lorsque le corps de nombres est Galoisien. Les idéaux premiers engendrent aussi le "groupe de classes", un invariant très important qui mesure le défaut de principalité. Nous montrerons la finitude de ce groupe de classes.

D'un point de vue plus analytique, les idéaux premiers correspondent aux valeurs absolues "non-archimédiennes" du corps. Nous étudierons les complétions des corps de nombres pour de telles valeurs absolues, qui sont des extensions finies d'un corps \mathbb{Q}_p de nombres p -adiques. On expliquera les implications algébriques et analytiques du lemme de Hensel.

Si le temps le permet, on introduira l'anneau des adèles et on discutera ses propriétés.

Prérequis : Une certaine familiarité avec les notions fondamentales d'algèbre commutative (localisation, anneaux noethériens, artiniens, semi-locaux) sera bienvenue.

Thèmes abordés :

- Exemples : corps quadratiques, corps cyclotomiques.
- Anneaux de Dedekind (factorisation des idéaux, exemples)
- Finitude du nombre de classes et théorème des unités de Dirichlet.
- Groupes de décomposition, d'inertie, de ramification.
- Complétions algébrique et analytique, corps p -adiques.

MMM112. Introduction aux surfaces de Riemann * (9 ECTS) (1^o semestre)

Professeur : NICOLAS BERGERON ET ANTONIN GUILLOUX

mel : bergeron@math.jussieu.fr

aguillou@math.jussieu.fr

url : <http://people.math.jussieu.fr/~bergeron>

<http://www.math.jussieu.fr/~aguillou/>

Objectifs de l'UE : L'objectif de ce cours est de proposer une introduction aux divers aspects algébriques, analytiques et géométriques d'un des objets les plus riches et les plus importants des mathématiques, qui est la source de plusieurs domaines de la recherche contemporaine.

Prérequis : Analyse complexe de M1 et bases de topologie et d'analyse réelle.

Thèmes abordés :

- Définition. Variétés complexes de dimension 1. Exemples du plan complexe, de la sphère de Riemann et du demi-plan supérieur. Courbes elliptiques.
- Courbes algébriques et surface de Riemann associées; surface de Riemann associée à une fonction analytique, exemple du log.
- Surfaces de Riemann obtenues comme quotients, énoncé du théorème d'uniformisation.
- Algébricité des surfaces de Riemann compactes abstraites qui possèdent une fonction méromorphe. Théorème de Belyi.
- Quelques aspects topologiques : genre, triangulation, formule de Riemann-Hurwitz, H_1 et relations bilinéaires de Riemann.
- Surfaces de Riemann vues comme surfaces riemanniennes : métriques, champs de vecteurs / écoulement, lemme de Weyl (un peu de théorie de Hodge).
- Théorème de Riemann-Roch.
- Espace des modules grossier.

MMMxyz. Introduction aux groupes et algèbres de Lie* (9 ECTS) (1^o semestre)

Professeur : JEAN-FRANÇOIS DAT

mel : dat@math.jussieu.fr

url : <http://people.math.jussieu.fr/~dat>

Objectifs de l'UE : Un groupe de Lie est une variété différentielle munie d'une loi de groupe différentiable. Cette notion englobe en particulier tous les groupes matriciels classiques (linéaires, orthogonaux, unitaires, symplectiques) dont l'importance est fondamentale de la théorie des nombres à la physique des particules. Lorsque l'on différentie l'application de conjugaison $(g, x) \mapsto gxg^{-1}$, on obtient sur l'espace tangent en l'origine une application bilinéaire appelée "crochet de Lie". Un espace vectoriel muni d'un tel crochet est appelé "Algèbre de Lie". Beaucoup de propriétés topologiques ou algébriques des groupes de Lie se lisent sur leurs algèbres de Lie. Cependant, l'étude de ces objets relève de l'algèbre linéaire, donc se révélera beaucoup plus simple que celle des groupes.

Prérequis : L'étude des Algèbres de Lie relève de l'algèbre linéaire. Celle des groupes de Lie suppose des bases en topologie générale et en géométrie différentielle.

Thèmes abordés :

- Sous-groupes fermés de $GL_n(\mathbb{R})$ et application exponentielle.
- Groupes de Lie "abstraites". Algèbre de Lie d'un groupe de Lie et applications.
- Structure des algèbres de Lie : algèbres résolubles, nilpotentes, semi-simples. Forme de Killing
- Algèbre enveloppante, théorème de Poincaré-Birkhoff-Witt
- Structure et classification des algèbres de Lie semi-simples. Sous-algèbres de Cartan, systèmes de racines, groupe de Weyl.
- Représentations des algèbres de Lie semi-simples.

MMxyz. Les outils de la géométrie algébrique (9 ECTS) (1er semestre)

Professeur : ANTOINE DUCROS

mel : ducros@math.jussieu.fr

Objectifs de l'UE : Le but de ce cours est d'introduire un certains nombres d'outils et notions, dans différents domaines (catégories, algèbre commutative, théorie des faisceaux), qui sont constamment utilisés en géométrie algébrique à la Grothendieck. Conçu dans l'optique de préparer au cours d'introduction à la théorie des schémas, il peut présenter un intérêt pour tout étudiant intéressé par l'algèbre et la géométrie au sens large.

Prérequis : Il n'y a pas techniquement énormément de prérequis, sinon les définitions de base de l'algèbre commutative (anneaux, idéaux, modules...); mais une solide aisance en la matière est préférable. Je ne suivrai pas de livre spécifique; je donne à titre purement indicatif deux références, le Matsumura pour l'algèbre commutative, et le chapitre II, paragraphe 1 du Hartshorne pour les faisceaux.

Thèmes abordés :

- Le langage des catégories : catégories, foncteurs, équivalence de catégories, foncteurs représentables, produits fibrés, foncteurs adjoints.
- Algèbre commutative : idéaux premiers et maximaux, localisation, éléments entiers, going-up et going-down, normalisation de Noether, Nullstellensatz, dimension de Krull, produit tensoriel.
- Théorie des faisceaux : préfaisceaux, faisceaux, images directes et inverses de faisceaux, espaces annelés, espaces localement annelés, faisceaux de modules.

MMxyz. Introduction à la théorie des schémas (9 ECTS) (1er semestre)

Professeur : ANTOINE DUCROS

mel : ducros@math.jussieu.fr

Objectifs de l'UE : Le langage des schémas a été introduit par Grothendieck (et son école) dans les années 50-60 avec en ligne de mire les conjectures de Weil; il permet de manipuler des variétés algébriques sur un corps ou même un anneau quelconques, et est toujours le cadre de travail de la géométrie algébrique contemporaine. On peut par exemple, grâce à lui, étant donné un système d'équations S à coefficients dans Z , voir les variétés définies par S sur les différents corps \mathbb{F}_p (par réduction modulo p des équations) ainsi que sur Q (en oubliant que les coefficients sont entiers) comme les fibres d'un certain morphisme, et donc penser à cette collection de variétés (dont le corps de définition varie) comme à une famille, au sens géométrique du terme.

Prérequis : Je me fonderai sur le cours introductif *Les outils de la géométrie algébrique*. Je m'inspirerai assez librement du chapitre II du Hartshorne; je conseille également la lecture de l'introduction de EGA.

Thèmes abordés :

- Spectre d'un anneau commutatif.
- Définition d'un schéma; schémas irréductibles, composantes irréductibles, dimension... Morphismes de schémas.
- Foncteur des points d'un schéma.
- Faisceaux quasi-cohérents, immersions fermées.
- Schémas projectifs, morphismes projectifs.
- Si le temps le permet : faisceau des différentielles, lissé.

MMMxyz. Algèbres de Lie de dimension infinie et représentations I
***(9 ECTS) (1^o semestre)**

Professeur : DAVID HERNANDEZ

mel : hernandez@math.jussieu.fr

url : <http://people.math.jussieu.fr/~hernandez>

Objectifs de l'UE : Le but de ce cours est de donner une introduction aux concepts et outils fondamentaux de la théorie des algèbres Lie (de dimension finie ou non), et notamment de leur théorie des représentations.

Prérequis :

Thèmes abordés :

- **Groupes et algèbres de Lie.** Algèbre de Lie d'un groupe de Lie. Catégorie des représentations. Algèbres de Lie nilpotentes, résolubles, algèbres de Lie semi-simples. Théorèmes de Lie et de Engel. Critère de Cartan et théorème de Weyl.
- **Algèbres de Lie de dimension infinie.** Présentation de Serre. Classification de Cartan-Killing. Algèbres de Kac-Moody et leur structure. Sous-algèbres de Borel. Décomposition triangulaire. Réseau des poids, groupe de Weyl.
- **Représentations des algèbres de Kac-Moody** Représentations de plus haut poids, modules de Verma. Catégorie \mathcal{O} . Paramétrisation des représentations simples. Représentations intégrables et extrémales. Produit tensoriels, morphisme de caractère, anneau de Grothendieck. Formule des caractères de Weyl-Kac.

MMxyz. Géométrie complexe et théorie de Hodge * (9 ECTS) (1er semestre)

Professeur : ANDREAS HÖRING

mel : hoering@math.jussieu.fr

url : <http://www.math.jussieu.fr/~hoering/>

Objectifs de l'UE : Le but de ce cours est de donner une introduction à la géométrie complexe, c'est-à-dire l'étude des variétés localement isomorphe à un ouvert de \mathbb{C}^n . Comme une variété complexe est aussi un espace topologique, il est intéressant d'étudier les liens entre la structure complexe et la topologie. La théorie de Hodge est un outil puissant qui fournit ces liens entre géométrie et topologie. On verra que les résultats sont particulièrement pertinents dans le cas des variétés kähleriennes compactes qui sont une classe assez large et très importante de variétés complexes.

Prérequis : Surfaces de Riemann, géométrie différentielle (en particulier cohomologie de de Rham), notions de base des fonctions holomorphes en plusieurs variables (des notes seront disponibles avant le début du cours)

Thèmes abordés :

- Variétés complexes, cohomologie de Dolbeault
- Fibrés holomorphes, métriques hermitiennes, connexion de Chern
- Opérateur de Hodge, laplacien de Hodge-de Rham
- Variétés kähleriennes, décomposition de Hodge
- Théorèmes d'annulation, plongement de Kodaira

MMxyz. Une introduction à l'analyse semi-classique* (9 ECTS) (1er semestre)

Professeur : FRÉDÉRIC KLOPP

mel : klopp@math.jussieu.fr

Objectifs de l'UE : Ce cours se veut une introduction à l'analyse semi-classique des équations aux dérivées partielles. On se concentrera sur le cas de l'équation de Schrödinger.

L'analyse semi-classique peut être définie comme l'analyse d'équations aux dérivées partielles dépendant d'un petit paramètre. Son origine se trouve dans l'analyse de l'équation de Schrödinger issue de la mécanique quantique

$$ih \frac{\partial}{\partial t} u = -h^2 \Delta u + Vu, \quad u|_{t=0} = u_0$$

ou de l'équation aux valeurs propres associée

$$-h^2 \Delta u + Vu, \quad u|_{t=0} = Eu.$$

On cherche à décrire le comportement des solutions de ces équations dans la limite $h \rightarrow 0^+$. En particulier, on cherche à mettre en évidence les relations entre le comportement des solutions de ces équations et celui du système dynamique classique associé défini par le hamiltonien $H(x, \xi) = \xi^2 + V(x)$.

Prérequis : Une bonne connaissance de l'analyse réelle, de théorie des distributions et de l'analyse fonctionnelle de master 1 est requise.

Thèmes abordés :

- Géométrie symplectique locale,
- Construction de solutions approchées : la méthode WKB.
- Opérateurs auto-adjoints.
- La transformée de Fourier et la méthode de la phase stationnaire.
- Opérateurs h -pseudo-différentiels et quantification.
- Valeurs propres et vecteurs propres dans la limite semi-classique.

MMxyz. Systèmes dynamiques I (9 ECTS) (1er semestre)

Professeur : FREDERIC LE ROUX

mel : lerouxf@math.jussieu.fr

Objectifs de l'UE : Introduire les notions de base et les exemples classiques des systèmes dynamiques.

Prérequis : Topologie, analyse réelle, théorie de la mesure.

Thèmes abordés :

- Dynamique topologique
- Théorie ergodique, existence de mesures invariantes, théorie spectrale
- Nombre de rotation des homéomorphismes du cercle
- Introduction aux actions de groupes sur le cercle
- Introduction à l'entropie

MMxyz. Théorie des nombres (9 ECTS) (1er semestre)

Professeur : LOÏC MEREL

mel : merel@math.jussieu.fr

Objectifs de l'UE : Ce cours fait suite au cours d'introduction de J-F. Dat. Nous étudierons les fonctions ζ de Dedekind. Nous aborderons la formule du nombre de classes. Puis nous donnerons une démonstration élémentaire du théorème de Chebotarev, via le théorème de la progression arithmétique. Ensuite nous aborderons quelques notions plus avancées en théorie algébrique des nombres en vue des cours du second semestre. Nous étudierons les corps quadratiques et cyclotomiques et d'autres exemples.

Prérequis : Prérequis : le cours de théorie algébrique des nombres de J-F. Dat. À défaut : le livre de P. Samuel, théorie algébrique des nombres.

Thèmes abordés :

- Fonctions ζ de Dedekind, fonctions L de Dirichlet
- Formule du nombre de classes
- Théorème de Chebotarev
- Corps cyclotomique
- Théorie du corps de classe

MMM123. Géométrie hyperbolique et représentations des groupes de surfaces * (9 ECTS) (1^o semestre)

Professeur : NICOLAS BERGERON ET ANTONIN GUILLOUX

mel : bergeron@math.jussieu.fr

aguillou@math.jussieu.fr

url : <http://people.math.jussieu.fr/~bergeron>

<http://www.math.jussieu.fr/~aguillou/>

Objectifs de l'UE : Le but de ce cours, qui fait suite au cours introductif sur les surfaces de Riemann, est d'étudier différentes structures géométriques dont on peut enrichir les surfaces de Riemann et d'étudier les espaces de modules de ces structures. Cela nous amènera au coeur de problématiques de recherche actuelles.

Prérequis : Le cours "Introduction aux surfaces de Riemann". D'autre part, il sera profitable d'avoir suivi le cours d'introduction "Géométrie différentielle".

Thèmes abordés :

- (G,X) -structures. Exemples : structures hyperboliques réelles et projectives complexes sur les surfaces.
- Groupes fuchsien. Algébrisation des surfaces hyperboliques.
- Espace de Teichmüller.
- Structures projectives complexes et équations différentielles sur les surfaces de Riemann.
- Représentations des groupes de surfaces dans $SL(2, \mathbb{C})$ et dans $SL(2, \mathbb{R})$.
- Application : démonstration du théorème d'uniformisation pour les surfaces algébriques.
- Des exemples

MMMxyz. Inégalités de convolution de Brascamp-Lieb (9 ECTS)(2^o semestre)

Professeur : DARIO CORDERO-ERAUSQUIN

mel : cordero@math.jussieu.fr

url : <http://people.math.jussieu.fr/~cordero/>

Objectifs de l'UE : Les inégalités de Brascamp-Lieb généralisent les inégalités de convolution de Young à un m -uplet de fonctions, et ce de façon optimale (c'est-à-dire avec des constantes optimales et avec la détermination des fonctions extrémales, en l'occurrence des gaussiennes). On peut aussi voir ces inégalités comme des formes généralisées de l'inégalité de Hölder pour des fonctions vivant sur des sous-espaces. Par exemple, un cas particulier connu sous le nom d'inégalité de Loomis-Whitney permet de majorer le volume d'un ensemble de \mathbf{R}^n par le produit des mesures de ses projections sur les hyperplans de coordonnées.

Le but de ce cours est de présenter diverses méthodes permettant d'attaquer ces inégalités, méthodes par ailleurs utiles pour d'autres problèmes d'analyse harmonique.

Prérequis : Familiarité avec les notions fondamentales de l'Analyse (en particulier avec l'intégration). Il est aussi conseillé d'avoir suivi le - ou au moins de connaître une bonne partie du - cours Fondamental I d'A. Cohen.

Thèmes abordés : Nous étudierons :

- le réarrangement décroissant de fonctions (symétrisations)
- la méthode du semi-groupe de la chaleur (évolution monotone)
- la paramétrisation d'intégrales par transport optimal de mesure (au moins en dimension 1)
- la méthode de tensorisation et des invariances

MMMxyz. Algèbres de Lie de dimension infinie et représentations II (9 ECTS) (2^o semestre)

Professeur : DAVID HERNANDEZ

mel : hernandez@math.jussieu.fr

url : <http://people.math.jussieu.fr/~hernandez>

Objectifs de l'UE : Le but de ce cours spécialisé est d'étudier les analogues de dimension infinie (et quantiques) des algèbres de Lie, ainsi que leurs représentations et applications. On portera une attention particulière aux algèbres affines et à leurs représentations. On étudiera notamment la catégorie de Drinfeld et le produit de fusion.

Prérequis : Algèbres de Lie de dimension infinie et représentations I (cours fondamental de D. Hernandez, 1er semestre).

Thèmes abordés :

- **Algèbres affines et de lacets.** Isomorphisme entre les présentations des algèbres affines. Algèbres de Virasoro et de Heisenberg. Racines réelles, racines imaginaires. Représentations de dimension finie et polynômes de Drinfeld.
- **Produit de fusion.** Lemme de Schur, niveau. Catégorie \mathcal{O}_k et produit de fusion sur \mathcal{O}_k via l'espace des fonctions méromorphes sur $\mathbb{P}_1(\mathbb{C})$.
- **Blocs conformes et équation de Knizhnik-Zamolodchikov.** Lien avec la théorie conforme des champs de Wess-Zumino-Witten et le produit de fusion. Opérateurs d'entrelacement et solutions de l'équation de Knizhnik-Zamolodchikov.

- **Catégorie de Drinfeld et groupes quantiques.** Catégorie tensorielle de Drinfeld. Groupes quantiques et représentations (type fini). Equivalence des catégories.
- **Algèbres affines quantiques** Présentation de Drinfeld. Représentations de dimension finie. Anneau de Grothendieck et q -caractères.

MMxyz. Introduction à la topologie des variétés algébriques réelles (9 ECTS) (2nd semestre)

Professeur : ILIA ITENBERG

mel : itenberg@math.jussieu.fr

Objectifs de l'UE : Dans ce cours, on étudiera principalement les courbes algébriques dans le plan projectif réel et les surfaces algébriques dans l'espace projectif réel de dimension 3. La topologie de ces variétés fait l'objet de la première partie du 16-ème problème de D. Hilbert. On parlera de restrictions classiques sur la topologie des courbes et des surfaces algébriques réelles, ainsi que de constructions de ces variétés (en particulier, du patchwork de Viro, une construction de variétés algébriques qui est directement liée à la géométrie tropicale).

Prérequis : Cours ‘*Groupe fondamental et revêtements*’ de M1.

Cours introductif ‘*Surfaces de Riemann*’ de M2.

Il serait préférable (mais pas absolument nécessaire) d'avoir une certaine familiarité avec la géométrie différentielle

(cours introductif ‘*Géométrie différentielle*’ de M2)

et la géométrie algébrique (cours introductif ‘*Les outils de la géométrie algébrique*’ de M2).

Thèmes abordés :

- Courbes algébriques réelles planes et projectives.
- Inégalité de Harnack. Courbes maximales.
- Restrictions classiques sur la topologie des courbes réelles. Isotopies rigides.
- Constructions de courbes par la méthode de petites perturbations.
- Patchwork de Viro et ses applications. Relations avec la géométrie tropicale.
- Surfaces algébriques dans l'espace projectif réel de dimension 3.

MMxyz. Introduction aux motifs de Voevodsky (9 ECTS) (2nd semestre)

Professeur : BRUNO KLINGLER

mel : klingler@math.jussieu.fr

Objectifs de l'UE : Le but de ce cours est de décrire la construction par Voevodsky d'une catégorie triangulée de motifs et les relations de cette catégorie à des objets plus classiques comme les groupes de Chow, la K -théorie de Milnor ou la cohomologie étale.

Prérequis : Notions de base en géométrie algébrique (cours d'A. Ducros à P6) et de topologie algébrique (cours de C.Blanchet et J.Lannes à P7)

Thèmes abordés :

- Cohomologie motivique
- Complexes de cycle et la catégorie des motifs de Voevodsky
- "Cancellation theorem"
- Relation avec les groupes de Chow, dualité
- Relation avec la K-théorie de Milnor
- Motifs étales et théorème de rigidité de Suslin

MMxyz. Systèmes dynamiques II* (9 ECTS) (2nd semestre)

Professeur : PATRICE LE CALVEZ

mel : lecalvez@math.jussieu.fr

Objectifs de l'UE : Ce cours est une suite naturelle de cours Systèmes Dynamiques I. Après avoir introduit les différentes notions d'entropie, nous nous intéresserons aux systèmes uniformément hyperboliques et terminerons par des versions plus faibles d'hyperbolicité en introduisant la notion d'exposant de Lyapounov.

Prérequis : Il est préférable d'avoir suivi le cours Systèmes Dynamiques I, de Frédéric Le Roux car le cours en est une suite naturelle

Thèmes abordés :

- Entropie topologique, entropie métrique, principe variationnel, lien avec l'action en homologie
- Sous-décalages de type fini, partition de Markov
- Théorème de Hartman-Grobman, théorème de la variété stable
- Automorphismes hyperboliques du tore
- Cocycles, exposants de Lyapounov

MMxyz. Systèmes Eulériens (9 ECTS) (2nd semestre)

Professeur : CHRISTOPHE CORNUT

mel : cornut@math.jussieu.fr

Objectifs de l'UE : Les systèmes eulériens ont été inventés il y a un peu plus de 20 ans par Kolyvagin. Ce sont des objets intermédiaires entre les fonctions L (dont ils reflètent les facteurs locaux) et les groupes de Selmer (dont ils contrôlent précisément la structure). Il y a très peu d'exemples connus et le formalisme qui les décrit est encore insatisfaisant, malgré des progrès dus à Mazur et Rubin. Les concepts essentiels de la méthode de Kolyvagin sont cependant bien compris. Nous en illustrerons la puissance avec le plus accessible des systèmes eulériens, celui des unités cyclotomiques.

Prérequis : Cours de théorie des nombres

Thèmes abordés :

- Cohomologie des représentations Galoisiennes, théorèmes de dualité et groupes de Selmer
- Systèmes eulériens et Systèmes de Kolyvagin
- Corps de nombres : groupe d'unités, groupe de classe d'idéaux et fonction zeta
- Unités cyclotomiques, conjecture de Gras, conjecture principale d'Iwasawa

MMxyz. Problèmes inverses (9 ECTS) (2nd semestre)

Professeur : COLIN GUILLARMOU

mel : cguillar@dma.ens.fr

Objectifs de l'UE : Le but du cours est de décrire quelques résultats en problèmes inverses, en particulier sur le problème de Calderon.

La question est de savoir si l'ensemble des données de Cauchy

$$(u|_{\partial\Omega}, \partial_\nu u|_{\partial\Omega})$$

au bord d'un domaine $\Omega \subset \mathbb{R}^n$ (ou d'une variété) pour l'équation elliptique $\operatorname{div}(\gamma \nabla u) = 0$ déterminent γ . Ici, γ est un tenseur symétrique défini positif appelé conductivité, ν est la normale au bord et div est la divergence. On montrera comment résoudre ce problème dans certains cas et sur certaines variétés. Un autre problème qui pourrait être abordé, si le temps le permet, est le problème de déterminer une métrique sur un domaine à bord à partir de la longueur de ses géodésiques reliant les points du bord. Ces deux problèmes sont reliés en dimension 2.

Prérequis : Analyse harmonique, espaces de Sobolev, ellipticité, notions de géométrie riemannienne (en particulier en dimension 2)

Thèmes abordés :

- Analyse harmonique, estimées elliptiques
- Opérateurs Dirichlet-to-Neumann
- surfaces de Riemann à bord/opérateurs $\bar{\partial}$ et fonctions holomorphes
- Construction d'optiques géométriques complexes/estimées de Carleman
- Relations entre le problème de Calderón et la rigidité des domaines simples avec même distance de bord

MMxyz. Propriétés topologiques des variétés algébriques réelles (9 ECTS) (2nd semestre)

Professeur : ILIA ITENBERG

mel : itenberg@math.jussieu.fr

Objectifs de l'UE : Ce cours fait suite au cours "Introduction à la topologie des variétés algébriques réelles". Le but du cours est de présenter plusieurs résultats centraux de la topologie des variétés algébriques réelles. On parlera tout particulièrement de surfaces algébriques réelles et étudiera les déformations équivariantes de certaines surfaces (telles que, par exemple, les surfaces rationnelles et les surfaces $K3$).

Prérequis : Cours "Introduction à la topologie des variétés algébriques réelles" de M2. Familiarité avec la géométrie complexe (cours "Géométrie complexe et théorie de Hodge" de M2).

Thèmes abordés :

- Variétés réelles vues comme variétés complexes munies d'une involution anti-holomorphe.
- Problèmes de classification des variétés réelles dans une classe donnée de déformation de variétés complexes.
- Problèmes de finitude et de quasi-simplicité.
- Outils de la topologie des involutions.
- Applications à la topologie des surfaces et la topologie des courbes dans les surfaces.
- Déformations équivariantes de surfaces spéciales réelles.

MMxyz. Fonctions zêta et L de variétés et de motifs (9 ECTS) (2nd

semestre)

Professeur : BRUNO KAHN

mel : kahn@math.jussieu.fr

Objectifs de l'UE : Deux types de séries de Dirichlet sont associées aux schémas “arithmétiques” : la fonction zêta d'un schéma de type fini sur \mathbf{Z} et la fonction L de H^i d'une variété projective lisse sur un corps global (Serre). Le but du cours est d'étendre ces définitions aux motifs triangulés à la Voevodsky : fonctions zêta pour les motifs sur \mathbf{Z} et fonctions L pour les motifs sur un corps global. Les deux types de fonctions se factorisent en produits eulériens, sont multiplicatives sur les triangles exacts et ont des propriétés de rationalité et d'équation fonctionnelle en égale caractéristique. Dans le cas d'un schéma S de type fini sur \mathbf{Z} , la fonction zêta de son motif est égale à la fonction zêta de S . Par contre, dans le cas d'une variété projective lisse X sur un corps global, la fonction L associée au motif de X a les mêmes facteurs eulériens que le produit alterné des fonctions L de Serre aux places de bonne réduction, mais pas aux places de mauvaise réduction en général.

Le cours rappellera les fonctions zêta et L “classiques” et esquissera la preuve de leurs propriétés fondamentales en caractéristique p : rationalité, équation fonctionnelle, hypothèse de Riemann. Pour cela, des rappels de cohomologie l -adique seront donnés. Ensuite je décrirai les catégories triangulées de motifs utilisées et le formalisme des 6 opérations de Voevodsky-Ayoub dans ce cadre, en le comparant au formalisme en cohomologie étale. Finalement j'introduirai les fonctions zêta et L de motifs et démontrerai leurs propriétés fondamentales, la plus difficile étant une équation fonctionnelle explicite pour la fonction L d'un motif de Voevodsky sur un corps global de caractéristique positive.

Si le temps le permet, je discuterai aussi des grandes conjectures concernant ces fonctions (conjectures de Lichtenbaum, Soulé, Deligne et Beilinson). Mais le cours proprement dit ne repose sur aucune conjecture.

Prérequis : Une connaissance de base de géométrie algébrique et de cohomologie étale ; familiarité avec l'algèbre homologique, la manipulation de catégories, les catégories triangulées. Familiarité avec la théorie algébrique des nombres et les bases de la théorie analytique des nombres (fonctions L de Dirichlet et d'Artin).

Thèmes abordés :

- Séries de Dirichlet, fonctions zêta et L “classiques”
- Les conjectures de Weil
- Rappels de cohomologie l -adique, esquisse de démonstration des conjectures de Weil
- Motifs purs et motifs mixtes sur un corps : de Grothendieck à Voevodsky
- Motifs triangulés sur une base
- Construction des fonctions zêta et L triangulées, preuve de leurs propriétés fondamentales

MMxyz. Opérateurs de Schrödinger Quasipériodiques : théorie spectrale et dynamique* (9 ECTS) (2nd semestre)

Professeur : RAPHAËL KRIKORIAN

mel : raphael.krikorian@math.jussieu.fr

url : <http://www.proba.jussieu.fr/~krikorian/>

Objectifs de l'UE : Le but du cours est d'étudier les propriétés spectrales des opérateurs de Schrödinger 1D avec des potentiels quasi-périodiques. Un outil important dans cette approche est l'étude de la dynamique des cocycles de Schrödinger associés. Cette approche, qui a déjà fait ses preuves dans la théorie ces 20 dernières années, est à la base des résultats spectaculaires obtenus récemment par A. Avila.

Prérequis : Espaces de Hilbert, rudiments d'analyse complexe (fonctions holomorphes et harmoniques), séries de Fourier, théorie de la mesure, ergodicité.

Le cours de P. Le Calvez.

Thèmes abordés :

- Théorie spectrale des opérateurs auto-adjoints, opérateurs de Schrödinger, théorème de Berezansky, opérateurs dynamiquement définis, mesures spectrales et densité intégrée d'états.
- Cocycles de Schrödinger, rappels de théorie ergodique, nombre de rotation et exposant de Lyapunov, fonctions m , hyperbolicité uniforme et non-uniforme, théorème d'Oseledec
- Liens entre les aspects spectraux et dynamiques, spectre/hyperbolicité, densité d'états/ nombre de rotation. Formule de Thouless
- Réductibilité des cocycles, théorie KAM, théorème de Dinaburg-Sinai et d'Eliaison. Liens avec le spectre absolument continu.
- Localisation d'Anderson, importance de l'hyperbolicité non-uniforme.
- Dualité d'Aubry. Application à l'étude de l'opérateur presque-Mathieu.

MMxyz. Intégrabilité quantique (9 ECTS) (2nd semestre)

Professeur : PAUL ZINN-JUSTIN

mel : pzinn@lpthe.jussieu.fr

Objectifs de l'UE : L'objet du cours est l'étude des structures mathématiques qui sous-tendent certains modèles de physique de basse dimension : modèles de mécanique statistique à deux dimensions dits "exactement solubles" et modèles intégrables en mécanique quantique à une dimension.

Prérequis : Il est conseillé d'avoir suivi Algèbres de Lie de dimension infinie et représentations I et II (D. Hernandez)

Thèmes abordés :

- **Motivation.** Formalisme de la mécanique statistique et de la mécanique quantique.
- **Intégrabilité quantique.** Equation de Yang–Baxter, lien avec les algèbres quantiques affines.
- **Ansatz de Bethe algebrique.** Construction détaillée dans le cas de rank 1. Operateur Q de Baxter.
- **Quantum Knizhnik-Zamolodchikov.** Opérateurs de vertex, équation qKZ . Application aux fonctions de corrélation de modèles intégrables.

3.6 Responsable et site

Les responsables des la spécialité sont JEAN-FRANÇOIS DAT et TIEN CUONG DINH. Les informations complètes, régulièrement mises à jour, seront disponibles

sur les pages web :

<http://www.master.math.upmc.fr/mathfond/>
gérées par ANDREAS HOERING hoering@math.jussieu.fr

Sécretariat : Mme LAURENCE DREYFUSS
Campus de Jussieu
(premier étage, couloir 15-25, bureau 1.09)
4 place Jussieu, 75005 Paris

Tél & Fax : 01 44 27 85 45

Mél : master.math.fond@upmc.fr

Chapitre 4

Master 2, Spécialité Probabilités et modèles aléatoires

4.1 Objectifs et descriptions

Nous proposons une formation théorique de très haut niveau dans le domaine des probabilités. Les trois cours du premier semestre présentent les aspects fondamentaux du domaine ; ils forment la base sur laquelle s'appuient les cours spécialisés du second semestre. Ces derniers sont renouvelés fréquemment. Ils conduisent les étudiants à une première confrontation avec la recherche, complétée par la préparation d'un mémoire ou d'un stage.

Deux orientations sont possibles, une plus centrée sur la théorie des processus stochastiques, l'autre sur les probabilités appliquées et la statistique mathématique.

4.2 Débouchés professionnels

L'objectif principal de cette spécialité est de préparer à une carrière de recherche dans les domaines des probabilités théoriques ou appliquées, de la statistique mathématique. Une bonne proportion des étudiants devrait s'orienter vers la préparation d'une thèse ; un autre débouché naturel est la professionnalisation en milieu industriel.

4.3 Organisation

Cette formation se fait en co-habilitation avec

– L'Ecole Polytechnique

et

– L'École Normale Supérieure - Ulm.

Après des cours préliminaires de 2 semaines, l'année commence par des cours fondamentaux de 9 ECTS de 48 h (72 équivalent TD). Ensuite l'étudiant suit des cours de spécialisation de 6 ou 3 ECTS, de 24 h (36 équivalent TD) ou 12 h (18 équivalent TD). L'année se termine par un mémoire ou un stage en entreprise.

4.4 Publics visés, prérequis

Cette spécialité s'adresse à des types très variés d'étudiants, en fonction de l'orientation choisie : l'orientation vers la *théorie des processus stochastiques* est plutôt destinée à des étudiants ayant une très bonne formation mathématique se dirigeant vers la recherche. L'orientation vers les *Probabilités appliquées* est aussi ouverte aux étudiants plus tournés vers les applications et est très largement ouverte aux élèves ayant une formation plus générale de type ingénieur.

4.5 Description des UE

UE préliminaires

MM301 Espérance conditionnelle et martingales (0 ECTS) (cours préliminaire intensif de deux semaines au 1er semestre)

Professeur : Thomas Duquesne

mel : Thomas.Duquesne@upmc.fr

url : <http://www.proba.jussieu.fr/~duquesne/>

Objectifs de l'UE : Compléter et consolider un prérequis de connaissances en Calcul de Probabilités indispensable pour suivre les cours du Master.

Prérequis : Cours de théorie de la mesure et d'intégration, cours de Probabilités de Base.

Thèmes abordés : Rappels de théorie de la mesure et intégration, et de différents modes de convergence en Calcul de Probabilités. Espérance conditionnelle, martingales à temps discret.

MM404 Eléments de Statistique (0 ECTS) (cours préliminaire intensif au 1er semestre)

Professeur : Lucien Birgé

mel : Lucien.Birge@upmc.fr

url : <http://www.proba.jussieu.fr/pageperso/birge/birge.html>

Objectifs de l'UE : Introduire ou rappeler les principes et outils fondamentaux de la Statistique Mathématique.

Prérequis : Cours de théorie de la mesure et d'intégration, cours de Probabilités de Base.

Thèmes abordés : Problématiques fondamentales de la Statistique, leur dualité avec celles des Probabilités. Eléments sur la Théorie de la décision statistique (y compris la perspective bayésienne), le modèle linéaire gaussien, les méthodes classiques d'estimation. Problèmes liés aux choix de modèles : relations paramétriques, non-paramétriques, sélection de variables, tests.

UE fondamentales

MM302 Processus de Markov (9 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Irina Kourkova

mel : Irina.Kourkova@upmc.fr

url : <http://www.proba.jussieu.fr/pageperso/kourkova/>

Objectifs de l'UE : Présenter la théorie des processus de Markov, des exemples et les techniques indispensables pour leur analyse.

Prérequis : Cours de théorie de la mesure et d'intégration, cours de Probabilités de Base, espérance conditionnelle, martingales à temps discret.

Thèmes abordés : Chaines de Markov, récurrence et transience. Processus de renouvellement. Processus ponctuels, mesures de Poisson. Processus de Markov, générateur infinitésimal, propriété forte de Markov. Processus de Markov de saut pur, équations de Kolmogorov. Processus de diffusions, leurs générateurs, les liens avec les EDP. Applications en mécanique statistique et en analyse de files d'attente et de réseaux. Applications en biologie : en génétique et dynamique de populations.

MM303 Mouvement Brownien et Calcul Stochastique (9 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Zhan Shi

mel : Zhan.Shi@upmc.fr

url : <http://www.proba.jussieu.fr/pageperso/bertoin/>

Objectifs de l'UE : Donner les connaissances indispensables sur l'intégrale stochastique et les équations différentielles stochastiques.

Prérequis : Cours de théorie de la mesure et d'intégration, cours de Probabilités de Base, espérance conditionnelle, martingales à temps discret.

Thèmes abordés : Mouvement brownien linéaire et propriétés principales. Martingales à temps continu. Intégrale stochastique par rapport à une semi-martingale à temps continu. Formule d'Itô et applications. Théorème de Girsanov. Equations différentielles stochastiques d'Itô. Existence et unicité. Solutions faibles et solutions fortes.

MM313 Théorèmes limites et grandes déviations (1er semestre)

Professeur : Lorenzo Zambotti

mel : Lorenzo.Zambotti@upmc.fr

url : <http://www.proba.jussieu.fr/pageperso/zhan/>

Objectifs de l'UE : Apprendre les techniques de convergence de processus stochastiques et de grandes déviations.

Prérequis : Cours de théorie de la mesure et d'intégration, cours de Probabilités de Base, espérance conditionnelle, martingales à temps discret.

Thèmes abordés : Convergence des mesures : Tension, Théorème de Prokhorov, représentation de Skorokhod. Théorème de Donsker. Convergence fonctionnelle des processus continus, et applications. Topologie de Skorokhod et convergence des processus à trajectoires cadlag ; critère d'Aldous. Transformation de Laplace, Théorème

de Cramer, extensions et applications (tension exponentielle, théorème de Gärtner-Ellis, théorèmes de Sanov et de Donsker-Varadhan). Grandes déviations pour le mouvement brownien (théorème de Fernique et de Schilder). Transformations (principe de contraction, de transfert, lemme de Varadhan.)

UE de spécialisation

Probabilités et Combinatoire. (6 ECTS) (2ème semestre)

Professeur : Philippe Biane.

mel : Philippe.Biane@ens.fr

url : <http://www.dma.ens.fr/~biane/>

Objectifs de l'UE : Démontrer des liens importants entre la combinatoire et le Calcul de Probabilités, introduire à la recherche actuelle de pointe dans ce domaine.

Prérequis : Les cours “Mouvement Brownien et Calcul Stochastique”, “Théorèmes Limites et Grandes Déviations,” “Processus de Markov”.

Thèmes abordés : Etude de modèles probabilistes dans lesquels la combinatoire joue un grand rôle : partitions et permutations aléatoires, processus stochastiques combinatoires, ou encore modèles de mécanique statistique exactement résolubles.

Dimères et Pavages aléatoires. (6 ECTS) (2ème semestre)

Professeur : Cedric Boutillier

mel : Cedric.Boutillier@upmc.fr

url : <http://www.proba.jussieu.fr/~boutil/>

Objectifs de l'UE : Introduire dans le domaine de pavages aléatoires qui est de grande actualité, faire comprendre les motivations physiques, présenter les résultats mathématiques récents importants et des problèmes ouverts.

Prérequis : Programme de probabilités de M1. Des notions sur les processus gaussiens et les matrices aléatoires pourront être appréciées pour certaines parties du cours, mais seront rappelées le moment venu.

Thèmes abordés : Des pavages de \mathbf{Z}^2 et du réseau triangulaire, des exemples de dimères comme des pavages par dominos et par losanges. Aspects combinatoires, les relations avec d'autres modèles combinatoires (surfaces aléatoires, arbres couvrants, marches aléatoires à boucles effacées, . . .). La forme typique d'un pavage par dominos d'un grand domaine (phénomène du cercle arctique, forme limite déterministe). Les fluctuations autour du comportement limite macroscopique reliées au spectre des grandes matrices aléatoires d'une part, et au champ libre gaussien sans masse d'autre part, impliquant des propriétés d'invariance conforme de ces modèles dans la limite d'échelle. Ces modèles sur des réseaux bipartis périodiques du plan tout entier, une classification des mesures de Gibbs ergodiques, le lien entre quantités probabilistes et objets algébriques liés à la structure de ces réseaux.

Grandes Matrices Aléatoires (6 ECTS) (2ème semestre)

Professeur : S. Peché

mel : comets@math.jussieu.fr, giacomini@math.jussieu.fr

url : <http://www.proba.jussieu.fr/pageperso/comets/comets.html>
<http://www.proba.jussieu.fr/pageperso/giacomin/giacomin.html>

Objectifs de l'UE : Introduire à la recherche actuelle à la pointe dans le domaine de grandes matrices aléatoires.

Prérequis : Les cours fondamentaux du premier semestre.

Thèmes abordés : l'Étude des propriétés spectrales de grandes matrices aléatoires, les statistiques dites locales du spectre (valeurs propres extrêmes, espacement entre valeurs propres consécutives..). La question d'universalité des propriétés spectrales sera au centre de ce cours.

En particulier le comportement asymptotique des valeurs propres extrêmes sera développé (lois de Tracy-Widom). On verra différents domaines d'application de ces résultats (percolation orientée, Tasep, finance, ...)

Marches aléatoires branchantes et l'équation F-KPP (6 ECTS) (2ème semestre)

Professeur : Julien Berestycki.

mel : Julien.Berestycki@upmc.fr

url : <http://www.proba.jussieu.fr/~berestycki/>

Objectifs de l'UE : Introduire les marches aléatoires branchantes et expliquer le lien avec une classe des EDP de Fischer Kolmogorov-Petrovski-Piskunov.

Prérequis : Les cours "Mouvement Brownien et Calcul Stochastique", "Théorèmes Limites et Grandes Déviations", "Processus de Markov".

Thèmes abordés : Processus de branchement discrets ayant une dimensions spatiale, la décomposition en épine dorsale, le lien avec une classe d'équations aux dérivés partielles (l'équation de Fischer Kolmogorov-Petrovski-Piskunov) qui décrivent les propagations de fronts dans des milieux instables, une classe d'équations aux dérivés partielles (la célèbre équation de Fischer Kolmogorov-Petrovski-Piskunov) qui décrivent les propagations de fronts dans des milieux instables, l'étude de la particule la plus à droite, les processus de branchements avec absorption.

MM308 Processus de Levy (3 ECTS) (2ème semestre)

Professeur : Jean Bertoin

mel : Jean.Bertoin@upmc.fr

url : <http://www.proba.jussieu.fr/pageperso/bertoin/>

Objectifs de l'UE : Introduction au calcul stochastique discontinu.

Prérequis : Les cours "Mouvement Brownien et Calcul Stochastique", "Théorèmes Limites et Grandes Déviations", "Processus de Markov".

Thèmes abordés : Introduction au calcul stochastique discontinu, en traitant comme exemple principal les processus de Lévy, qui sont de plus en plus souvent utilisés comme modèles en finance.

MM309 Exponentielles de processus de Levy (3 ECTS) (2ème semestre)

Professeur : Marc Yor

mel : deaproba@proba.jussieu.fr

url : <http://www.proba.jussieu.fr/pageperso/yor/>

Objectifs de l'UE : Introduction à l'étude - importante du point de vue des mathématiques financières - des mouvements Browniens géométriques et aux développements plus généraux concernant en particulier les changements de : temps, espace, probabilités, filtrations.

Prérequis : Les cours "Mouvement Brownien et Calcul Stochastique", "Théorèmes Limites et Grandes Déviations", "Processus de Markov".

Thèmes abordés : L'étude - importante du point de vue des mathématiques financières - des mouvements browniens géométriques est prise comme point de départ de développements plus généraux concernant en particulier les changements de : temps, espace, probabilités, filtrations, qui interviennent constamment dans toutes les études de diffusions, et plus généralement de processus de Markov, en particulier des processus de Lévy.

Modèles Aléatoires en Ecologie et Evolution (6 ECTS) (2ème semestre)

Professeur : Sylvie Méléard, Chi Viet Tran, Vincent Bansaye

mel : Sylvie.Meleard@polytechnique.edu

mel chi.tran@math.univ-lille1.fr

mel Vincent.Bansaye@polytechnique.edu

url : <http://www.cmap.polytechnique.fr/spip.php?rubrique61>

url : <http://math.univ-lille1.fr/~tran/>

url : <http://www.cmapx.polytechnique.fr/~bansaye/>

Objectifs de l'UE : Construire et étudier des modèles aléatoires motivés par l'étude de systèmes vivants en interaction et centrés sur les dynamiques individuelles. Les individus naissent et meurent et sont caractérisés par différents types qui influent sur leur comportement, ou sur leurs capacités reproductives ou de survie, et peuvent être transmis dans la reproduction. Les interactions peuvent être de différentes natures : partage des ressources, proies-prédateurs, hôtes-parasites.

Prérequis : Les cours "Mouvement Brownien et Calcul Stochastique", "Théorèmes Limites et Grandes Déviations", "Processus de Markov".

Thèmes abordés : Processus de naissance et mort pour modéliser la dynamique d'une population non structurée, différentes approximations (par une équation logistique déterministe ou une équation de Feller logistique) suivant les échelles choisies.

Association d'un type à chaque individu : caractères génétiques, âge ou quantité de parasites qui conduit à la dynamique de la population décrite par un processus (de naissance et mort) à valeurs mesures ponctuelles dont les atomes représentent les états des individus. Approximations macroscopiques de ce modèle, en grande population, conduisant soit à des équations aux dérivées partielles non linéaires (intégral-différentielle ou de réaction-diffusion), soit à un processus à valeurs mesures de type super-processus non linéaire. Les propriétés du modèle limite traitées par les techniques propres à chaque type.

L'introduction d'une structure d'âge qui permet de prendre en compte l'histoire passée des individus pour décrire des phénomènes de sénescence. Un théorème limite mettant en évidence deux échelles de temps : celle de l'individu et celle de la population.

Un modèle hôte-parasite qui peut être représenté par une diffusion de Feller branchante. A partir de l'étude de l'évolution des parasites le long d'une lignée

généalogique, des théorèmes limites concernant la fraction d'hôtes parasités sont établis. Les critères séparant les différents scénarii (cas sur ou sous-critiques) sont donnés.

MM307 Temps locaux, excursions, et points multiples du mouvement Brownien plan (6 ECTS) (2ème semestre)

Professeur : Marc Yor

mel : deaproba@proba.jussieu.fr

url : <http://www.proba.jussieu.fr/pageperso/yor/>

Objectifs de l'UE : Introduire à l'étude fine du mouvement Brownien.

Prérequis : Les cours "Mouvement Brownien et Calcul Stochastique", "Théorèmes Limites et Grandes Déviations", "Processus de Markov".

Thèmes abordés : Théorème d'Itô (1971) selon lequel le processus des excursions browniennes hors de 0 est un processus de Poisson. Principales caractérisations de la mesure d'intensité de ce processus de Poisson ponctuel. Divers applications de ce Théorème. En particulier, applications pour les propriétés asymptotiques du mouvement brownien plan, mettant en jeu les temps locaux de sa partie radiale. Points multiples du mouvement brownien plan.

MM306 Introduction à la théorie ergodique. (6 ECTS) (2ème semestre)

Professeur : Raphael Krikorian

mel : Raphael.Krikorian@upmc.fr

url : <http://www.proba.jussieu.fr/pageperso/krikorian/>

Objectifs de l'UE : Introduire à la théorie ergodique.

Prérequis : Les cours "Mouvement Brownien et Calcul Stochastique", "Théorèmes Limites et Grandes Déviations", "Processus de Markov".

Thèmes abordés : Systèmes dynamiques topologiques/mesurables; mesures invariantes; récurrence et ergodicités (théorème de Poincaré); mesures ergodiques, Théorèmes ergodiques (Von Neuman, Birkhoff, théorème maximal ergodique). Théorie Spectrale. Exemples en dimension 1, rôle de l'hyperbolicité, propriétés ergodiques des flots géodésiques et horocycliques. Entropie métrique et topologique, principe variationnel. Produits-croisés, théorème de Rokhlin, exposants de Lyapunov, théorème d'Oseledec. Equations cohomologiques : théorème de Livsic, obstruction cohomologique et décroissance des corrélations. Cocycles de Schrödinger et nature du spectre de l'équation de Schrödinger (cas aléatoire et quasi-périodique)

MM311 Arrêt optimal : théorie, méthodes numériques et applications (6 ECTS) (2ème semestre)

Professeur : Gilles Pagès

mel : Gilles.Pages@upmc.fr

url : <http://www.proba.jussieu.fr/pageperso/pages/>

Objectifs de l'UE : Introduire à la théorie de l'arrêt optimal, à ses différentes applications en Finance et autres et à des méthodes numériques.

Prérequis : Les cours "Mouvement Brownien et Calcul Stochastique", "Théorèmes Limites et Grandes Déviations", "Processus de Markov".

Thèmes abordés : Arrêt optimal en temps continu (cas régulier) : rappels sur les surprems essentiels, les surmartingales et martingales en temps continu (régularisation, décomposition de Doob-Meyer). Enveloppe de Snell, caractérisation des temps d'arrêt optimaux, plus petit et plus grand temps d'arrêt optimal, formulation duale de l'enveloppe Snell Introduction la théorie de l'AOA sur les marchés financiers (complets). Valorisation d'options américaines en marché complet (marché brownien avec actifs multidimensionnels sous forme de processus d'Itô) : lien avec l'arrêt optimal en temps continu, portefeuille de réplication, stratégie de couverture. Formulations duales (Rogers 2002 ; Haugh-Kogan 2002 ; Jamshidian 2005). Etude analytique du prix de l'option américaine dans le cadre du modèle de Black-Scholes : propriété de continuité, de monotonie, de convexité, inéquations variationnelles, frontière libre, formule semi-fermée vis la frontière libre, smooth-fit. Étude d'exemples.

Description et analyse succincte de quelques méthodes numériques de valorisation et de couverture pour les options américaines *via* des approximations bermudéennes. Itération sur les fonctions valeurs : régression non paramétrique (Carrière 1996), maillage aléatoire (Broadie-Glasserman 1997), quantification optimale (Bally-Pagès 2001), calcul de Malliavin (Lions-Régnier 2001). Itération sur les temps d'arrêt : approximation de la valeur de continuation par projection L^2 (Longstaff-Schwartz 2001). Calcul des couvertures : méthode de flot (Piterbarg 2002), méthodes de projection, de régression.

MM312 Modèles et méthodes Probabilistes en Neurosciences (6 ECTS) (2ème semestre)

Professeur : Michèle Thieullen

mel : Michele.Thieullen@upmc.fr

url : <http://www.proba.jussieu.fr/pageperso/thieullen/>

Objectifs de l'UE : Introduire à de différentes modèles stochastiques en neurosciences.

Prérequis : Les cours "Mouvement Brownien et Calcul Stochastique", "Théorèmes Limites et Grandes Déviations", "Processus de Markov".

Thèmes abordés : Grands types de modèles stochastiques existants en neurosciences. Analyse de questions probabilistes soulevées pour ces modèles comme premier temps de passage, systèmes lents-rapides, applications des grandes déviations, comportement stationnaire, approximation diffusion. Le lien avec certaines équations aux dérivées partielles est souligné sur des exemples.

Analyse Probabiliste d'Algorithmes (6 ECTS) (2ème semestre)

Professeur : Philippe.Robert

mel : Philippe.Robert@inria.fr

url : <http://www-rocq.inria.fr/~robert>

Objectifs de l'UE : présenter des méthodes probabilistes pour l'analyse d'algorithmes classiques utilisés en informatique et dans les réseaux de communication.

Prérequis : Les cours "Mouvement Brownien et Calcul Stochastique", "Théorèmes Limites et Grandes Déviations", "Processus de Markov".

Thèmes abordés : Accès concurrent à un canal de communication. Structures "tries" pour le stockage de données. Étude asymptotique de l'algorithme sans ar-

rivées, avec arrivées. Étude du cas stationnaire. Allocation de Ressources dans les Réseaux. Réseaux Stochastiques avec Perte. Mesure d'équilibre et Asymptotiques. Étude de l'algorithme du chemin alternatif. Diffusion de l'Information dans les Réseaux Aléatoires. Représentations probabilistes des graphes aléatoires. Phénomènes épidémiques.

Analyse probabiliste de conditions au bord pour équations aux dérivées partielles paraboliques et elliptiques (3 ECTS) (2ème semestre)

Professeurs : Denis Talay

mel : Denis.Talay@sophia.inria.fr

url : <http://www-sop.inria.fr/members/Denis.Talay/moi.html>

Objectifs de l'UE : Etablir des représentations probabilistes de solutions d'équations aux dérivées partielles paraboliques ou elliptiques avec condition au bord du domaine de type Dirichlet ou Neumann.

Prérequis : Les cours "Mouvement Brownien et Calcul Stochastique", "Théorèmes Limites et Grandes Déviations", "Processus de Markov".

Thèmes abordés : Propriétés du temps d'atteinte du bord d'un domaine par la solution d'une équation différentielle stochastique. La formule d'Itô–Tanaka, le temps local d'un processus de diffusion au bord d'un domaine régulier. Etude fine des solutions d'équations différentielles stochastiques arrêtées au bord d'un domaine, des résultats d'existence et unicité pour des équations différentielles stochastiques réfléchies. Construction des solutions régulières à des équations aux dérivées partielles paraboliques ou elliptiques avec condition frontière de type Dirichlet ou Neumann. Application particulière : la localisation dans des domaines bornés de problèmes elliptiques ou paraboliques posés dans tout l'espace. Vitesse de convergence pour des schémas d'approximation de processus de diffusions arrêtés ou réfléchis.

Approximation particulière de diffusions non linéaires (3 ECTS) (2ème semestre)

Professeur : Mireille Bossy

mel : Mireille.Bossy@sophia.inria.fr

url : <http://www-sop.inria.fr/members/Mireille.Bossy/>

Objectifs de l'UE : Introduire aux systèmes de particules pour des équations différentielles stochastiques non linéaires de type McKean et plus généralement à des familles entières de modèles stochastiques issus de la physique qui se présentent sous la forme d'équations différentielles stochastiques dont les coefficients dépendent (de façon plus ou moins faible) de la loi du processus solution.

Prérequis : Les cours "Mouvement Brownien et Calcul Stochastique", "Théorèmes Limites et Grandes Déviations", "Processus de Markov". Le cours "Méthodes probabilistes pour les équations aux dérivées partielles I".

Thèmes abordés : Systèmes de particules pour l'approximation d'équations aux dérivées partielles de type McKean–Vlasov : particules en interaction champ moyen, propriété de propagation du chaos, convergence, méthodes de simulation numérique et leurs vitesses de convergence, exemples.

Applications en mécanique des fluides : méthodes particulières dans les approches lagrangiennes en mécanique des fluides, la hiérarchie des modèles, particules et maillages, les couplages EDP et EDS, et les modèles hybrides.

Processus ponctuels, graphes aléatoires et géométrie stochastique (6 ECTS) (2ème semestre)

Professeurs : Pierre Brémaud, Bartek Blaszczyszyn, Laurent Massoulié.

mel : bremaud@di.ens.fr, Bartek.Blaszczyszyn@ens.fr,

Laurent.Massoulie@cnet.francetelecom.fr

url : <http://www.di.ens.fr/PierreBremaud.html>

<http://www.math.uni.wroc.pl/~blaszcz/>

Objectifs de l'UE : Introduire un nombre de modèles et d'outils probabilistes utiles pour l'analyse de la dynamique des systèmes informatiques et des réseaux de communication.

Prérequis : Les cours "Mouvement Brownien et Calcul Stochastique", "Théorèmes Limites et Grandes Déviations", "Processus de Markov".

Thèmes abordés : Etude de différents types de réseaux stochastiques : réseaux de files d'attente, réseaux de Petri, ceux associés aux graphes aléatoires, en exploitant des outils mathématiques comme : processus ponctuels et mesures de Palm, suites récurrentes stochastiques associées à des processus ponctuels, modélisation de réseaux fondée sur la géométrie aléatoire, comme la mosaïque de Voronoi, graphes aléatoires de type Erdos-Renyi.

Estimation non-paramétrique (6 ECTS) (2ème semestre)

Professeur : Alexandre Tsybakov.

mel : alexandre.tsybakov@upmc.fr, alexandre.tsybakov@ensae.fr

url : <http://www.proba.jussieu.fr/pageperso/tsybakov/tsybakov.html>

Objectifs de l'UE : Présenter quelques méthodes classiques de l'estimation non-paramétrique et d'estimation statistique en grande dimension.

Prérequis : Cours préliminaire "Statistiques".

Thèmes abordés : Estimateurs à noyaux et par projection d'une densité. Validation croisée. Vitesses de convergence et inégalités d'oracle. Estimation non-paramétrique de la fonction de régression. Estimateurs par polynômes locaux, par projection et par la méthode de splines. Vitesses de convergence, inégalités d'oracle et adaptation. Overfitting et régularisation. Procédures de seuillage. Méthodes pénalisées, BIC et Lasso. Estimation statistique en grande dimension, sélection de variables et sparsité. Compressed sensing.

Chaines de Markov : stabilité, convergence, applications (6 ECTS) (2ème semestre)

Professeurs : Randal Douc, Eric Moulines.

mel : Eric.Moulines@telecom-paristech.fr, Randal.Douc@it-sudparis.eu

url : <http://perso.telecom-paristech.fr/~moulines/> http://www-public.it-sudparis.eu/~douc_ran/

Objectifs de l'UE : Introduire dans le domaine de chaînes de Markov sur un espace général et faire maîtriser de diverses applications importantes.

Prérequis : Cours de base “Processus de Markov” du 1er semestre.

Thèmes abordés : Chaînes de Markov à états généraux. Définition, construction de bases. Modèles markoviens en économétrie financière (ARCH, GARCH, modèle de volatilité stochastique, modèles à seuils, modèles autorégressifs fonctionnels, modèles de comptage). Méthodes de Monte Carlo par chaînes de Markov (algorithme de Metropolis-Hastings, méthode de Gibbs). Approches élémentaires de l’ergodicité (condition de Doeblin uniforme, contraction au sens de Dobrushin sur les espaces de fonctions d’oscillations bornées et les espaces de fonctions lipschitziennes). Théorèmes limites, inégalité de déviation. Applications statistiques (estimation non paramétrique de la densité invariante, estimation non paramétrique de la loi de transition). Méthodes générales pour l’étude de stabilité des chaînes de Markov à états généraux : notions d’irréductibilité pour les états généraux, atomes et ensembles petits, apériodicité, récurrence / transience / positivité pour les chaînes irréductible, conditions de dérive pour récurrence / transience / positivité, chaînes felleriennes, T-chaînes ; applications à la stabilité des modèles GARCH, autorégressifs fonctionnels. Quelques éléments pour les chaînes non irréductibles (positivité, unicité de la mesure invariante sous la condition de feller asymptotique) stabilité de l’algorithme de Metropolis Hastings. Ergodicité pour les chaînes Harris positives, ergodicité géométrique, vitesse de convergence dans le théorème ergodique (par la méthode de couplage), théorèmes limites pour les chaînes ergodiques (loi des grands nombres, lois du logarithme itéré, théorème de la limite centrale, vitesse dans les théorèmes limites). Applications à l’inférence de modèles d’économétrie financière ; applications en simulation. Éléments de théorie ergodique. Mélange des chaînes. Théorème de Birkhoff. Théorème de Chacon-Ornstein. Théorème sous-additif et applications pour les chaînes.

Calcul de Malliavin (6 ECTS) (2ème semestre)

Professeurs : L. Decreusefond et A.S. Ustunel

mel : Laurent.Decreusefond@telecom-paristech.fr ustunel@enst.fr

url : <http://www.infres.enst.fr/~decreuse/> <http://www.infres.enst.fr/~ustunel/>

Objectifs de l’UE : Introduire au calcul de Malliavin

Prérequis : Cours de base “Calcul Stochastique” du 1er semestre.

Thèmes abordés : Rappels sur les processus gaussiens. Espace de Wiener abstrait, gradient. Divergence. Processus d’Ornstein-Uhlenbeck. Inégalités de Meyer. Espaces de Sobolev. Distributions et formule d’Itô-Clark. Théorème de Girsanov-Ramer. Calcul des grecques.

Théorèmes limites pour les semi-martingales, application à la statistique des données haute fréquence en finance (6 ECTS) (2ème semestre)

Professeur : M. Rosenbaum

mel : Mathieu.Rosenbaum@upmc.fr,

url : <http://www.proba.jussieu.fr/~rosenbaum/>

Objectifs de l’UE : Apprendre des théorèmes limites importants pour les semi-martingales, présenter leurs applications pour le traitement de données haute fréquence en finance

Prérequis : Trois cours de base du premier semestre.

Thèmes abordés : Rappels sur la théorie des processus. Semi-martingales. Convergences fonctionnelles et théorèmes limites. Application : Estimation de la volatilité d'une semi-martingale, problématique des sauts. Qu'est-ce qu'un bon modèle haute fréquence ? Modèles usuels de microstructure et estimateurs associés : erreur additive et erreur d'arrondi. Modèle avec zones d'incertitude. Corrélations asynchrones et effet lead-lag. Couverture haute fréquence optimale de produit dérivés.

Quelques lois de probabilités classiques apparaissant en théorie des nombres (3 ECTS) (2ème semestre)

Professeur : G. Tenenbaum

mel : gerald.tenenbaum@iecn.u-nancy.fr.

url : www.iecn.u-nancy.fr/~tenenb/

Objectifs de l'UE : Démontrer des liens entre les Probabilités et la Théorie des Nombres, introduire à la recherche à la pointe dans ce domaine.

Prérequis : Cours de Probabilités de Base et d'Analyse Complexe, niveau L3.

Thèmes abordés : Rudiments sur la fonction zéta de Riemann, Méthode de Selberg-Delange (forme simple), Lois locales du nombre des facteurs premiers : loi de Poisson, théorème des nombres premiers. Le théorème d'Erdos-Kac : loi de Gauss Répartition moyenne des diviseurs : loi de l'Arcsinus.

MM400. UE de Mémoire de recherche ou de stage (27 ECTS) (2ème semestre)

Deux possibilités se présentent.

La première possibilité : l'étudiant analyse en profondeur un ou plusieurs articles scientifiques sous la direction d'un enseignant. Ce travail aboutit à un mémoire de recherche que l'étudiant doit écrire et ensuite soutenir. Ce travail de recherche est préparatoire pour la thèse.

La deuxième possibilité pour cette UE : l'étudiant effectue un stage en entreprise ou dans un institut de recherche.

4.6 Responsable et site

Responsable : IRINA KOURKOVA, Professeur à Paris 6.

Adresse électronique : kourkova@ccr.jussieu.fr

Site : <http://www.proba.jussieu.fr/master2/master2.html>

Secrétariat : Josette Saman, Université Paris VI

1er étage, couloir 16-26, bureau 08, Laboratoire de Probabilités et Modèles Aléatoires, B.C. 188, 4, place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05.

Tel : 01.44.27.53.20

Chapitre 5

Master 2, Spécialité Probabilités et Finance

Ce master 2 est actuellement cohabilité avec l'École Polytechnique, et fait l'objet d'une convention avec l'ESSEC.

5.1 Objectifs et descriptions

L'objectif de cette spécialité est d'apporter aux étudiants un enseignement de haut niveau dans le domaine de la finance mathématique probabiliste. Celle-ci recouvre l'ensemble de la finance de marchés, avec un accent tout particulier mis sur les instruments dérivés, l'étude approfondie des taux d'intérêt, l'analyse du risque d'une part et les méthodes numériques d'autre part. L'année se décompose en un semestre de cours intensifs (du 15 septembre au 31 mars) et un semestre de stage dans un établissement financier (du 1er avril au 30 septembre).

5.2 Débouchés professionnels

Les diplômés de ce parcours s'orientent majoritairement vers les cellules de recherche des établissements financiers en France, en Europe (Londres) et dans le reste du monde (USA, Asie). Une fraction d'entre eux s'oriente vers la recherche (thèse, thèse CIFRE, etc.), puis vers des carrières universitaires.

5.3 Organisation

L'année se décompose en deux semestres.

Semestre 1 : Tronc commun fondamental

Il s'agit d'un semestre de cours intensifs.

– 2 cours de remise à niveau à choisir parmi 3 (Informatique $C++$, Probabilités, Statistique) pendant deux semaines en septembre.

– 1 bloc (UE) “Probabilités, méthodes numériques et optimisation” (à partir du début octobre).

– 1 bloc (UE) “Finance de marché, dérivés et économétrie” (à partir du début octobre).

Le tronc commun s’achève par une session d’examens la semaine de la rentrée en janvier.

Semestre 2 : Spécialisation et Professionnalisation

Le second semestre est constitué de deux phases.

Lors de la première, de janvier à fin 31 mars, les étudiants doivent

– Valider divers cours obligatoires et des cours d’option organisés en majeur et en mineur.

– Réaliser un projet informatique dans la continuité du cours de *Probabilités numériques et méthode de Monte Carlo en Finance* du tronc commun.

La seconde partie de ce semestre est consacrée au stage en entreprise d’une durée minimale de 5 mois entre la mi-avril (après la fin de la session de rattrapage) et la fin septembre. Celui-ci doit impérativement avoir lieu en entreprise pour être validé. Une voie longue est également proposée dans laquelle un troisième trimestre d’approfondissement est proposé avant le départ en stage mi-juin.

Un séminaire hebdomadaire est entièrement dévolu à la recherche de stage : les entreprises y sont invitées à venir se présenter et à détailler leurs offres de stage. Le programme du séminaire est consultable sur le site (cf. infra).

5.4 Publics visés, prérequis

Les titulaires d’un M1 de mathématiques appliquées et les élèves de troisième année d’école d’ingénieurs. Les pré-requis sont :

– quantitativement : un excellent niveau général en mathématiques appliquées (Mention Bien au M1 ou top 15% dans une école d’ingénieurs ; double-cursus apprécié).

– qualitativement : un parcours ayant privilégié les disciplines de l’aléatoire (probabilités et statistique), complété par des connaissances en Analyse appliquée (EDP) et un acquis solide en calcul scientifique (programmation C, C++).

La sélection des candidats est faite par un jury conjoint “Paris 6-École Polytechnique”.

5.5 Liste des UE

• AU PREMIER SEMESTRE :

**NM307 Probabilités et calcul stochastique pour la finance” (15 ECTS)
(1er semestre)**

Professeur : Gilles Pagès

mel : gilles.pages@upmc.fr

<http://www.proba.jussieu.fr/pageperso/pages/>

Objectifs de l'UE : Acquérir les outils mathématiques fondamentaux, notamment à caractère probabiliste et statistique en vue de leur application en finance de marché.

Prérequis : Cf. pré-requis généraux pour l'admission dans la spécialité "Probabilités et Finance" du Master 2 de mathématiques et Applications

Thèmes abordés : Cette UE est constituée des 4 cours (ou ECUE) suivants : Introduction aux processus de diffusion et calcul stochastique ; Probabilités numériques : méthode de Monte Carlo en finance ; Optimisation convexe et contrôle stochastique ; analyse numérique des E.D.P. pour les modèles financiers. Les contenus de ces cours sont détaillés dans les paragraphes ci-après.

Cette UE est constituée des modules suivants :

- Introduction aux processus de diffusion, calcul stochastique (P. Bougerol).
Ce cours vise à fournir les outils probabilistes de base nécessaires à la théorie financière en univers aléatoire.
 - Rappels de probabilités.
 - Processus gaussiens. Mouvement brownien.
 - Espérance conditionnelle. Martingales.
 - Intégrale stochastique par rapport au mouvement brownien.
 - Calcul stochastique. Formule d'Itô. Théorème de Girsanov.
 - Équation différentielles stochastiques. Caractère Markovien des solutions. Liens avec certaines E.D.P.
- Probabilités numériques : méthode de Monte Carlo en finance (G. Pagès, V. Lemaire).
Le but de ce cours est de présenter les méthodes de Monte-Carlo et de Quasi-Monte-Carlo d'usage courant en finance. De nombreux exemples issus de problèmes de calcul de prix et de couverture d'options illustrent les développements. Une mise en œuvre informatique des techniques abordées sera effectuée lors des séances de TD. Chaque étudiant devra réaliser, en binôme, un projet informatique (en langage C) implémentant ,soit des calculs de prix et de couvertures d'options, soit des simulations de modèles financiers. Il remettra un rapport décrivant les méthodes utilisées et commentant les résultats obtenus. Ce cours aborde les thèmes suivants :
 - Introduction à la simulation : génération de variables aléatoires suivant les lois usuelles.
 - Méthode de Monte-Carlo : calcul d'espérance par simulation.
 - Méthodes de réduction de variance : variables de contrôle, échantillonnage préférentiel, variables antithétiques, stratification, conditionnement.
 - Quasi-Monte-Carlo : techniques de suites à discrécances faibles.
 - Optimisation stochastique, algorithme stochastique.
 - Discrétisation en temps des équations différentielles stochastiques (schéma d'Euler, de Milshtein) : application au pricing d'options européennes.
 - Amélioration de la méthode dans le cas d'options path-dependent : ponts browniens, pont de diffusion.
 - Calcul de couvertures et de sensibilités par méthode de Monte-Carlo
- Optimisation convexe et contrôle stochastique (N. Touzi)
Ce cours vise à fournir les outils probabilistes de base nécessaires en optimisation convexe et en contrôle stochastique en vue d'applications à la finance.

- Optimisation convexe.
- Contrôle stochastique.
- Analyse numérique des E.D.P. pour les modèles financiers (F. Bonnans).
Le but de ce cours est de présenter les méthodes numériques d'usage courant en finance : approximation de diffusion, techniques d'arbres, méthodes de différences finies, d'éléments finis. Quelques aspects théoriques et numériques du contrôle stochastique sont également abordés dans ce cours.
 - Méthodes numériques pour les EDP et les inéquations variationnelles paraboliques.
 - Introduction au Contrôle stochastique.

Un polycopié (incluant une bibliographie) est fourni dans chacun des cours.

NM308. Finance de marché, dérivés et économétrie” (15 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Nicole El Karoui

mel : nicole.el-karoui@upmc.fr

<http://www.cmap.polytechnique.fr/~elkaroui/>

Objectifs de l'UE : Acquérir les méthodes quantitatives modernes

Prérequis : Cf. pré-requis généraux pour l'admission dans la spécialité “Probabilités et Finance” du Master 2 de Mathématiques et Applications.

Thèmes abordés : Cette UE est constituée des 5 cours (ou ECUE) suivants : processus stochastiques et produits dérivés en temps discret et continu ; économétrie sur données financières ; marchés financiers et théorie financière ; mesures de risque et extrêmes ; Introduction aux modèles de saut.

Les programmes de ces cours sont détaillés ci-dessous.

- Processus stochastiques et produits dérivés en temps discret et continu (N. El Karoui).

Le marché des produits dérivés est un élément important du transfert des risques de marché des investisseurs vers les établissements financiers. L'objectif du cours est de décrire les produits financiers proposés, et les méthodes théoriques et pratiques mises en oeuvre dans le marché pour évaluer et couvrir ces produits financiers. Le cours comprend plusieurs parties : une première partie sur les dérivés sur actions, européens ou exotiques avec une large référence au modèle de Black Scholes, et ses nombreuses applications dans un monde sans arbitrage, dominé par la vision ‘implicite’ du marché. Une partie sur les taux d'intérêt et leur récents développements. Une partie sur la mesure des risques de marchés, via la VaR, et ses extensions.

I. Évaluation et couverture des produits dérivés sur action.

- Présentation des marchés à terme et des marchés d'options
- Le modèle de Black et Scholes : évaluation et couverture des options d'achat ou de vente par réplication dynamique. L'EDP d'évaluation. La formule de Black et Scholes.
- Le portefeuille de couverture. Les Grecques. La volatilité implicite.
- Robustesse de la formule de Black et Scholes.
- Options barrières dans le monde de Black et Scholes. Formules fermées, couverture. Autres options exotiques.
- L'absence d'arbitrage et la réplication statique. La formule de Carr et la distribution implicite.
- Premières réflexions sur la calibration. Distribution risque-neutre implicite.

- Volatilité stochastique : Formule de Dupire et volatilité locale. Introduction aux problèmes de calibration. Les modèles à volatilité stochastique exogène. (Marché incomplet)
- Théorie de l'arbitrage multi-dimensionnel : Absence d'arbitrage et primes de risques.
- Changement de numéraire ; numéraire de marché.

II. Problèmes de taux d'intérêt.

- Introduction au marché des taux d'intérêt et des produits dérivés de taux.
- Définition et construction de la courbe des taux :
- Les modèles classiques, Vasicek, C.I.R, Longstaff et Schwarz, modèles affines.
- Les modèles multifacteurs. Modèles de HJM : Equations de structure des taux d'intérêt issues de l'arbitrage.
- Le modèle de BGM ou modèle de marché. Approximations
- Options de taux et instruments hybrides : évaluation et couverture.
- Swaps, Obligations à taux variable.
- Caps, floors, swaptions, boosts.
- Matrices de volatilité et Problèmes de calibration.

III. Mesures des risques.

- Présentation des normes réglementaires.
- La Value-at-Risk d'un portefeuille. Problèmes pratiques et méthodologiques
- Le concept de mesures de risques.
- Application au pricing en marché incomplet.

o Économétrie sur données financières (J.P. Indjéhagopian).

Le cours présente des développements récents en économétrie sur données financières pour modéliser et prévoir le comportement de marchés financiers mais aussi permettre des mesures de risque (en relation avec la "value at risk" (VaR) par exemple).

Succinctement, l'économétrie sur séries chronologiques peut se définir comme l'utilisation d'outils mathématiques, probabilistes et statistiques pour modéliser l'évolution dynamique (en temps discret) de phénomènes aléatoires.

Les thèmes suivants sont abordés :

- Modèles linéaires ARIMA et fractionnaires ARIMA en relation avec la mémoire longue.
- Modélisation ARCH, GARCH, TGARCH, ... de la volatilité conditionnelle.
- Modèles autorégressifs vectoriels (VAR), VAR à commutation markovienne, cointégration et mécanisme à correction d'erreur.

Les concepts présentés sont illustrés à partir d'études réelles, réalisées avec des logiciels comme E-Views, Gauss, Rats, ... De plus, dans ce cours, on insiste sur les tests statistiques et leur mise en oeuvre afin de détecter la non-stationnarité (au second ordre), des non-linéarités et l'existence de relations d'équilibre à long terme.

o Marchés financiers et théorie financière (J.F. Jouanin & V. Lozève).

Dans une première partie du cours, les divers marchés financiers seront présentés, avec une attention particulière au marché des capitaux. Les mécanismes et utilisations des contrats futures seront étudiés dans le détail. Le cours suivra le fil des produits et techniques qui permettent une gestion des risques efficace dans cet environnement spécifique. Quelques incursions auront lieu dans le domaine des techniques quantitatives d'évaluation, mais le cours restera introductif en cette matière.

Une deuxième partie du cours se concentrera sur le marché des actions. Les éléments essentiels de la théorie financière au sens de Markowitz seront présentés et discutés, avec des implications importantes en terme de gestion de portefeuille.

o Mesures de risque et extrêmes (A. Alfonsi & M. Rosenbaum).

Le but de ce cours est de présenter les outils de mesure des risques concernant la salle de marché et la gestion du book (portefeuille d'actifs) pour une échelle de temps courte (1 à 10 jours). Les principaux thèmes théoriques seront : la théorie des valeurs extrêmes,

la représentation multidimensionnelle des risques via les copules, les mesures de risques monétaires et leurs diverses interprétations ainsi que la présentation par des intervenants de marché de leur implémentation pratique, les normes réglementaires concernant le risque de marché à court terme, la VaR et son implémentation, la gestion du risque de modèle et le calcul de réserves sur les books de produits dérivés.

Cette ECUE constitue la première partie – théorique – du cours de risques. La seconde partie, plus pratique et assurée par des professionnels, est proposée en cours d’option (Ouverture professionnelle).

- Introduction : le cadre des recommandations de Ble, mesurer le risque avec la valeur en risque.
- Mesures de risques monétaires, convexes, cohérentes (I).
- Mesures de risques monétaires : propriétés de la VaR et de la CVaR (II).
- Sortir du modèle gaussien pour calculer la VaR. Quantiles : définitions et estimation à l’aide de la théorie des lois de valeurs extrêmes (I).
- Quantiles : estimation à l’aide de la théorie des lois de valeurs extrêmes (II).
- Modélisation des corrélations : les copules.
- Simulation, estimation des copules.

○ Introduction aux modèles de saut (12 h, T. Duquesne)

Ce cours propose une introduction au nuages et aux processus de Poisson, simple et composés, et à leurs applications en Finance, notamment aux modèles d’actifs avec sauts poissonniens incluant ou non une composante brownienne de type Merton. DII s’agit d’un premier cadre où apparaissent des modèles non complets dans lesquels on introduira des notions de couverture en moyenne quadratique, etc. Des calculs explicites des risques résiduels et des couvertures optimales seront menées à bien, préparant l’étude des modèles dirigés par des processus de Lévy

Attention ! Ce cours a lieu au second semestre (janvier) pour des raisons d’emploi du temps

Un polycopié (incluant une bibliographie) est fourni dans chacun des cours.

● AU SECOND SEMESTRE :

Spécialisation et Professionnalisation (30 ECTS) (2^e semestre)

Professeurs : Gilles Pagès et Emmanuel Gobet

mel : gilles.pages@upmc.fr et emmanuel.gobet@polytechnique.edu

<http://www.proba.jussieu.fr/pageperso/pages/>

et

<http://www.cmap.polytechnique.fr/~gobet/>

Objectifs de l’UE : Il s’agit d’offrir aux étudiants à la fois un parcours de spécialisation thématique qui clôt leur parcours académique et une composante applicative professionnalisante. La spécialisation se traduit par le choix de quatre cours d’options donnant lieu évaluation dont deux (au moins) choisis dans une thématique répertoriée ci-dessous constituant la “majeure”, les deux autres étant laissés en libre choix pour constituer la “mineure”. Majeure et mineure confèrent 3 ECTS. La professionnalisation se concrétise dans une première phase par la réalisation d’un projet informatique (3 ECTS) en programmation scientifique pour la finance en liaison avec le cours de Probabilités numériques. Le cœur de cette UE reste cependant le stage obligatoire d’une durée minimale de 5 mois (21 ECTS) en insertion complète dans le milieu professionnel.

Prérequis : Acquisition des connaissances du 1er semestre.

Thèmes abordés : Les parcours et les cours de spécialisation sont

Cette UE est constituée des cours (ou ECUE) suivants :

- Cycle de cours-conférences sur la régulation (dont l'évaluation est couplée avec le stage dans une proportion de 1/21) :
Régulation (préparation au test d'intervenant de marché, 15h, animé par divers intervenants professionnels, proposé et coordonné par la société Barchen, resp. N. El Karoui et M. Rosenbaum).
- Module "Spécialisation (Options)" (6 ECTS).
 - deux cours à valider dans module spécialisé (*majeur*),
 - deux autres cours à valider parmi les autres spécialités (*mineure*),

Attention : Certains cours peuvent figurer plusieurs fois.

Matières fondamentales

- Options américaines. Probabilités numériques II (18h, G. Pagès, NM320).
- Nouveaux outils informatiques haute performance pour les méthodes numériques (18h, B. Wilbertz, NM362).
- Méthodes probabilistes pour les EDP et applications en finance (18h, D. Talay, NM321) .
- Processus de Lévy (18h, M. Yor, NM316).
- Exponentielles des processus de Lévy (18h, J. Bertoin, NM 315).

Statistique et trading haute fréquence

- Données haute fréquence - Analyse et modélisation multi-échelle de séries financières (15h, E. Bacry, NM 354).
- Théorèmes limites pour les semi-martingales, Application la statistique des données haute fréquence en Finance (15h, M. Rosenbaum, NM366).
- Trading quantitatif : utilisation d'estimateurs haute fréquence pour l'exécution d'ordres (15h, Ch. Lehalle, NM363).

Produits dérivés (avancé)

- Calibration de modèles (18h, E. Gobet, NM361).
- Produits dérivés de taux d'intérêt (18h, N. El Karoui, NM 365).

Nouveaux marchés

- Valorisation et gestion du risque sur les marchés de l'énergie (18h, O. Bardou, NM344).
- Stratégies quantitatives et risque de crédit (18h, J. Turc & D. Benhamou, NM349).
- Risque de Longévité(18h, C. Hillairet, S. Loisel, N. El Karoui, NM370).

Ouverture professionnelle

- Gestion des risques financiers (18h, P. Garampon, NM 328).
- Allocation d'actifs et arbitrage multi-assets (18h, J.G. Attali, NM350).
- Risque en assurance (18h, à préciser, NM 343).

- Trading quantitatif : utilisation d'estimateurs haute fréquence pour l'exécution d'ordres (18h, Ch. Lehalle, NM363).
- Stratégies quantitatives et risque de crédit (18h, J. Turc & D. Benhamou, NM349).

Les examens de cette UE ont lieu fin mars et ne donnent pas lieu à session de rattrapage.

- Module “Anglais/Projet informatique” (3 ECTS) : un projet informatique réaliser en $C++$ couplé au cours de Probabilités numériques du semestre 1 (ne peut être validé seul). Un vivier de 25 sujets, généralement des articles de recherche récents en Probabilités numériques appliquées la Finance (écrits en Anglais), sont proposés aux étudiants.
- Module “Stage” (21 ECTS). Deux voies sont ouvertes (le choix se faisant courant novembre) :
 - ▷ Voie A : Un stage de 5 mois en entreprise débutant en avril, après validation du sujet scientifique du stage par l'équipe pédagogique. La soutenance a lieu fin septembre en présence du Maître de stage et d'un membre de l'équipe pédagogique.
 - ▷ Voie B : Un trimestre d'approfondissement théorique dans la lignée des cours du second trimestre en vue d'un parcours recherche. Une partie importante du temps est laissée au travail personnel de réflexion et d'approfondissement, dans le cadre de groupes de travail encadrés par des enseignants-chercheurs et des professionnels. Un rapport écrit suivi d'une soutenance orale en présence du maître de stage sont à la base de l'évaluation du stage.

Le stage en entreprise de 5 mois débute alors en juin, avec soutenance en novembre.

5.6 Responsable et site

Gilles Pagès est le responsable UPMC de la spécialité. La formation dispose d'un site internet propre (webmaster : G. Pagès) :

<http://www.master-finance.proba.jussieu.fr>

sur lequel on peut consulter

- La liste des cours incluant résumé et bibliographie (notamment les cours d'options partiellement renouvelés chaque année),
- Le programme du séminaire hebdomadaire “Étudiants-Entreprise” de l'année en cours.
- L'historique des sujets de stage sur 6 ans,
- L'Annuaire des Anciens (accès sur abonnement, accès libre pour la promotion en cours).

Le formulaire de candidature spécifique sont téléchargeables sur le site (combiné à un lien d'accès au site de l'Université pour les pré-inscriptions). L'essentiel du site est bilingue (français-anglais). La liste des cours est aussi consultable via la plaquette

du Master 2, *Probabilités & Applications*, mise en ligne sur le site du LPMA comme pour l'ensemble des formations de l'UPMC placées sous la responsabilité scientifique du LPMA.

Secrétariat : Josette SAMAN josette.saman@upmc.fr

4, place Jussieu - Tour 16

Couloir 16-26 - 1er Etage - Bureau 08

Case courrier 188

75252 PARIS CEDEX 05

Téléphone : 01.44.27.53.20.

Tél : 01.44.27.76.50.

Site : <http://www.proba.jussieu.fr/>

Chapitre 6

Master 2, Spécialité Mathématiques de la modélisation

6.1 Objectifs et descriptions

La modélisation mathématique permet de résoudre des problèmes issus de domaines variés (physique, biologie, économie...), par l'analyse mathématique et la simulation numérique des modèles proposés. Quatre parcours sont proposés aux étudiants correspondant à des choix spécifiques dans la liste des cours.

Parcours “Analyse numérique et équations aux dérivées partielles”, ANEDP

Ce parcours assure une formation de haut niveau en modélisation par l'étude théorique des équations aux dérivées partielles et leur simulation numérique. Les cours fondamentaux portent sur l'analyse non linéaire, les équations aux dérivées partielles, les méthodes de discrétisation numériques, l'analyse d'erreur et le calcul scientifique. Des cours plus spécialisés portent sur les applications dans différents domaines : physique, chimie, mécanique, finance, imagerie, biologie.

Parcours “Optimisation, théorie des jeux, modélisation en économie”, OJME

Ce parcours assure une formation de haut niveau en optimisation continue et discrète, ainsi qu'en théorie des jeux. Il concerne tous les domaines où la modélisation mathématique de l'interaction stratégique et où les outils de l'optimisation sous contrainte sont déterminants : sciences économiques et sociales, recherche opérationnelle, traitement du signal et de l'image, ingénierie, biologie et évolution.

Parcours “Mathématiques et informatique”, MI

Ce parcours assure une formation de haut niveau dans les domaines de l'informatique scientifique, du calcul scientifique, de la conception assistée par ordinateur,

de la combinatoire et de la cryptographie. Il propose certaines UE en commun avec la spécialité “Science et technologie du logiciel” du master mention “Informatique”.

Parcours “Mathématiques appliquées aux sciences biologiques et médicales”, MASBM

Ce parcours assure une formation de haut niveau en mathématiques, centrée sur la connaissance approfondie de l’ensemble des outils d’analyse, de simulation et de modélisation utilisés en sciences du vivant (systèmes dynamiques, équations aux dérivées partielles, traitement d’image, modélisation probabiliste), appliqués à certains domaines de la biologie fondamentale et du secteur biomédical. Le parcours MaSBM s’appuie fortement sur le parcours ANEDP. Il joue un rôle important pour l’image de ce thème et de nombreux étudiants du parcours AnEDP choisissent des stages offerts grâce à ce parcours.

Ce parcours est également accessible par la spécialité “Probabilités et modèles aléatoires”, dont un certain nombre de modules sont validés.

6.2 Débouchés professionnels

La spécialité forme des chercheurs de haut niveau en mathématiques appliquées pouvant faire carrière dans l’enseignement supérieur et la recherche, participer aux programmes de haute technologie de l’industrie, ou intégrer des centres d’étude et de décision des grandes entreprises. Elle forme aussi des mathématiciens de type ingénieur maîtrisant tous les aspects du calcul et de l’informatique scientifique moderne, dont le profil intéresse les bureaux d’étude industriels ou les sociétés de service en calcul scientifique.

6.3 Organisation

Ce diplôme de master est cohabilité avec l’ENS, l’ENPC et l’X. Par ailleurs, la formation M2 “Mathématiques de la modélisation” est assurée par l’UFR 929 conjointement avec

- L’École Polytechnique (10 cours)
- L’École Nationale des Ponts et Chaussées (5 cours)
- Le département d’informatique de Paris 6 (8 cours)
- L’ INRIA (2 cours)

Les deux premières semaines d’enseignement sont consacrées à des cours de “remise en forme” qui ne sont pas sanctionnés par un examen. Puis, chaque parcours propose un tronc commun d’enseignements obligatoires ainsi qu’un choix d’enseignement optionnels complété par un stage de quatre mois comptant pour 30 ECTS. Les étudiants ont la possibilité de valider un ou deux cours hors de la liste proposée, après accord du directeur de leur parcours. Le stage peut s’effectuer en laboratoire ou en entreprise et doit être conclu par un rapport donnant lieu à une soutenance.

Nous avons organisé cette année un cours en visioconférence de E. Sonnendrucker dans le cadre de notre intérêt pour la fusion et ITER. C’est un succès qui permet

à ce cours dispensé à Strasbourg d'avoir un auditoire plus nombreux. Nous comptons continuer cette expérience et l'élargir à d'autres cours et d'autres thèmes de recherche.

6.4 Publics visés, prérequis

Les personnes susceptibles d'intégrer la spécialité sont les étudiants des universités ayant effectué une première année de Master, les élèves ingénieurs des grandes écoles, et étudiants d'universités étrangères ayant une formation équivalente. Dans tous les cas, une solide formation mathématique est requise, en particulier dans les domaines de l'analyse fonctionnelle ou de l'analyse numérique. L'admission se fait sur dossier compte tenu du niveau et du cursus antérieur.

6.5 Description des parcours

Les enseignements qui ont lieu à l'Ecole Polytechnique sont signalés par *. Ceux qui sont assurés par des enseignants de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées par **. Enfin, ceux qui proviennent d'autres spécialités ou disciplines par ***.

UE proposées pour le parcours ANEDP

UE fondamentales

- Equations elliptiques (NM 409, ANEDP et MB)
- Introduction aux EDP d'évolution (NM 404, ANEDP)
- Méthodes d'approximation variationnelle des EDP (NM 407, ANEDP)
- Des EDP à leur résolution par la méthode des éléments finis (NM 406, ANEDP et MI)
Analyse théorique et numérique des systèmes hyperboliques de lois de conservation (NM 408, ANEDP)*
- Analyse numérique matricielle avancée et calcul parallèle (NM 405, ANEDP et MI)
- Méthodes numériques probabilistes (NM475, ANEDP et MB)**

UE spécialisées

- Growth, reaction, movement and diffusion from biology (NM ANEDP et MB)
- A course on homogenization (NM 486, ANEDP)*
- Méthodes variationnelles en physique quantique (NM421, ANEDP)**
- Optimisation convexe et applications au traitement du signal (NM 426, ANEDP et OJME)
- Méthodes mathématiques et numériques pour les plasmas (NM 530, ANEDP)
- Méthodes de Galerkin discontinues et applications (NM 466 ANEDP)**
- Advanced boundary element methods for wave propagation (NM 495, ANEDP)*
- Equations de réaction-diffusion et dynamique de populations biologiques (NM417, ANEDP)***
- Méthodes avancées pour la simulation numérique (NM491, ANEDP et MI)
- Modèles hyperboliques d'écoulements complexes dans la domaine de l'énergie (NM, ANEDP)
- Kinetic models (NM 468, ANEDP)*
- L'équation de Schrödinger non linéaire (NM xyz, ANEDP)
- Problèmes multi-échelle. Aspects théoriques et numériques (NM414, ANEDP)**
- Méthodes modernes et algorithmes pour le calcul parallèle (NM 453, ANEDP et MI)
- Estimations a priori pour des calculs efficaces et contrôle d'erreur (NM497, ANEDP)
- Méthode numériques pour les EDP paramétriques et stochastiques en grandes dimensions (NM xyz, ANEDP)

- MNxyz Problèmes inverses : analyse mathématique et résolution numérique (NM xyz, ANEDP)*
- Contrôle en dimension finie et infinie (NM 531, ANEDP)

UE proposées pour le parcours OJME

UE fondamentales

- Théorie des jeux : stratégies et évolution (NM 411, MB et OJME)
- Mathématiques discrètes : algorithmes et complexité (NM 413, MI et OJME)
- Optimisation continue (NM 412, MI et OJME)
- Economie avancée (NM 410, OJME)*

UE spécialisées

- Optimisation convexe et applications au traitement du signal (NM426, OJME et ANEDP)
- Jeux répétés à somme nulle : approche variationnelle (NM 436, OJME)
- Dynamiques de jeux (NM 435, OJME)
- Introduction à la combinatoire topologique (NM 438, OJME)**
- Algèbre max-plus et théorie de Perron-Frobenius non-linéaire (OJME)*
- Jeux différentiels (NM461, OJME)*
- Contrôle optimal (NM 472, OJME)
- Coloration et graphes parfaits (NM 512, OJME)
- Codage, optimisation, et combinatoire additive (NM457, OJME)*
- Optimisation convexe-performance, complexité et applications (NMxyz, OJME)*

UE proposées pour le parcours MASBM

UE fondamentales

- Growth, reaction, movement and diffusion from biology (ANEDP et MB)

UE spécialisées

- Equations elliptiques (NM 409, ANEDP et MB)
- Théorie des jeux : stratégies et évolution (NM 411, MB et OJME)
- Towards systems biology of multi-cellular tissues (NM500, MB)
- Mathematical models for neurosciences (NM 529, MB)***
- Processus de markov, application à la dynamique des populations (NM304, MB)***
- Méthodes numériques probabilistes (NM475, ANEDP et MB)**
- Calcul stochastique (NM302, MB)***
- Modélisations mathématiques des rythmes du vivant (NM448, MB)
- Equations de réaction-diffusion et dynamiques des populations biologiques (NM417, ANEDP et MB)
- Modèles probabilistiques en neuro-sciences (NM539, MB)***
- cours BP

UE proposées pour le parcours MI

Ce parcours est associé au Master M2 d'informatique Option Science et Technologie du Logiciel (STL), dont certaines unités peuvent être validées. L'offre de cette option varie chaque année, et n'est définitivement connue que début septembre. L'an dernier les étudiants de ce parcours avaient le choix parmi les cours suivants : NI 502, NI 505, NI 508, NI 512, NI 589, tous proposés par l'UFR d'informatique.

UE fondamentales

- Des EDP a leur résolution par la méthode des éléments finis (ANEDP et MI)
- Analyse numérique matricielle avancée et calcul parallèle (ANEDP et MI)
- Mathématiques discrètes : algorithmes et complexité (MI et OJME)

UE spécialisées

- Méthodes d'adaptation pour la simulation numérique (NM 491, ANEDP et MB).

- Méthodes mathématiques et numériques pour les plasmas (NM530, ANEDP et MB)
- Méthodes modernes et algorithmes pour le calcul parallèle (NM 453, ANEDP et MB)
- Estimations a posteriori pour des calculs efficaces et contrôle d'erreur (NM 497, ANEDP et MB)
- Contrôle optimal (NM 472, OJME et MB).

6.6 Description des UE

NM 404. Introduction aux EDP d'évolution (6 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Jean-Yves Chemin

Objectifs de l'UE : Cette UE vise à présenter les techniques de base de l'analyse des équations aux dérivées partielles d'évolution, et ce à travers l'analyse de quelques équations fondamentales de la physique (équations des ondes et de la mécanique des fluides).

Prérequis : Analyse fonctionnelle de M1.

Thèmes abordés :

- Rappels sur les équations différentielles linéaires et non linéaires.
- Rappels d'analyse fonctionnelle : Compacité dans les espaces de Banach, convergence faible dans les espaces de Hilbert, opérateurs auto-adjoints compacts, transformée de Fourier et espaces de Sobolev.
- Systèmes linéaires, semi-linéaires symétriques : exemples, résolution du problème de Cauchy, vitesse finie de propagation.
- Systèmes quasilinéaires : théorie de Littlewood-Paley, paradifférentialisation, résolution du problème de Cauchy.
- Résolution d'équations linéaires et non linéaires par minimisation de fonctionnelles : exemples avec le problème de Dirichlet et le problème de Stokes.
- Résolution des équations de Navier-Stokes incompressibles dans un domaine borné : solutions faibles (théorème de Leray), solutions fortes (théorème de Fujita-Kato), stabilité de type fort-faible. Généralisation à d'autres modèles de la mécanique des fluides (équations compressibles, inhomogènes...)

NM 405. Analyse numérique matricielle avancée et calcul parallèle (6 ECTS) (1^{er} semestre)

Professeur : François-Xavier Roux

mel : roux@ann.jussieu.fr

url : <http://www.ann.jussieu.fr/MathModel/polycopies/fxroux1.pdf>

Objectifs de l'UE :

- comprendre l'architecture des calculateurs scientifiques parallèles et connaître les principes de conception et de programmation d'algorithmes efficaces sur ces machines
- connaître les méthodes directes et itératives de résolution des grands systèmes linéaires et les méthodologies pour leur parallélisation

Prérequis : algèbre linéaire, formes quadratiques, propriétés des matrices, notions d'analyse numérique

Thèmes abordés :

- calculateurs scientifiques parallèles, architecture mémoire, modèles de programmations
- méthodes de résolution directe des systèmes linéaires, parallélisation par blocs
- factorisation des matrices creuses, arbre d'élimination, renumérotation, parallélisation multi-frontale
- méthodes itératives de krylov pour des matrices symétriques, Lanczos, gradient conjugué, MINRES
- méthodes de krylov pour des matrices non symétriques avec orthogonalisation complète, GMRES, ORTHODIR
- méthodes de krylov pour des matrices non symétriques avec bi-orthogonalisation, biCG, QMR, biCG-stab
- préconditionnement, méthode du complément de Schur
- parallélisation des méthodes de Krylov pour des matrices creuse

NM406. Des EDP a leur résolution par la méthode des éléments finis (6 ECTS) (3^o semestre)

Professeur :Frédéric Hecht

mel : Frederic.Hecht@umpc.fr

url : <http://www.ann.jussieu.fr/~hecht>

Objectifs de l'UE : Comment résoudre numériquement avec la méthode des éléments finis en dimension 2 et 3 des équations aux dérivées partielles provenant de la mécanique, de la physique, ...

Prérequis : Avoir des bases dans un langage de programmation (scilab, maple, java, fortran, c, c++ ,...). Avoir suivi un cours d'analyse numérique de base sur les problèmes d'approximation et de résolution de système linéaire.

Thèmes abordés : Comment construire le système linéaire à résoudre à partir de la formulation mathématique du problème, Puis utiliser les notions d'informatique comme le polymorphisme, la programmation objet, la généricité pour écrire un programme qui soit facilement réutilisable et modifiable. Ces techniques sont basées sur les grandes classes d'éléments finis : Lagrange, mixte, ..., et seront utilisées pour la résolution des équations de type Poisson, Stokes, Navier-Stokes, ... Puis nous ferons une introduction à la visualisation graphique 3d avec OpenGL/GLUT , au calcul parallèle (avec MPI).

NM 407 Approximations variationnelles des EDP (6 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Yvon Maday

mel : maday@ann.jussieu.fr

url : <http://www.ann.jussieu.fr/~maday>

Objectifs de l'UE : analyse numérique des techniques d'approximations des EDP sous formes variationnelles, en particulier méthodes d'éléments finis.

Prérequis : cours de niveau M1 en analyse fonctionnelle et analyse numérique.

Thèmes abordés : Un grand nombre d'équations aux dérivées partielles, linéaires ou non linéaires, peuvent se mettre sous forme variationnelle. Du point de vue de l'analyse fonctionnelle, les formulations variationnelles offrent un cadre utile pour prouver l'existence et l'unicité de la solution de ces équations. Du point de vue de l'approximation, les formulations variationnelles se prêtent bien aux méthodes de type Galerkin qui sont un moyen efficace et performant pour approcher ces solutions. Les thèmes abordés dans ce cours sont :

1. l'apprentissage de la mise sous forme variationnelle des équations elliptiques, en particulier l'équation de Laplace et le système de Stokes.
2. l'application de méthodes de type Galerkin - principalement méthodes d'éléments finis - à la discrétisation de ces équations. On intéressera non seulement à la construction des méthodes et à leur propriétés de convergence a priori, mais aussi aux algorithmes de raffinement adaptatif et d'estimation a-posteriori.

NM408. Analyse théorique et numérique des systèmes hyperboliques de lois de conservation (6 ECTS) (1^o semestre)

Professeurs : Grégoire Allaire et Frédéric Coquel (ce cours aura lieu à l'École Polytechnique)

mel :gregoire.allaire@polytechnique.fr, coquel@ann.jussieu.fr

url :http://www.cmap.polytechnique.fr/~allaire/cours_master.html

Objectifs de l'UE : Ce cours est consacré aux systèmes hyperboliques de lois de conservation dont l'exemple le plus représentatif (qui sera traité en détail dans le cours) est celui des équations de la dynamique des gaz.

Prérequis : niveau de Master M1 en mathématiques

Thèmes abordés :

Le cours développera à la fois des aspects théoriques et numériques. En particulier les notions d'hyperbolicité, de solutions faibles, de condition de saut de Rankine-Hugoniot, de condition d'entropie, de problème de Riemann et de critère de Lax seront étudiées. On présentera les schémas numériques de type différences finies, monotones et entropiques, TVD d'ordre 2, les méthodes de Godunov et de Van Leer ainsi que le schéma de Roe. Des projets personnels (notés et facultatifs) permettront aux étudiants de mettre en oeuvre sur ordinateur les algorithmes étudiés. Plus de renseignements sur le cours peuvent être obtenus sur la page web citée ci-dessus.

NM 409. Equations elliptiques linéaires et non linéaires (6 ECTS) (1^{er} semestre)

Professeur : Fabrice Bethuel

mel : bethuel@ann.jussieu.fr

url :

Objectifs de l'UE : Le but de ce cours est d'introduire quelques techniques parmi les plus utilisés pour construire et étudier des solutions à des équations aux dérivés partielles linéaires et non linéaires.

Prérequis : analyse fonctionnelle de niveau M1.

Thèmes abordés : A) Equations linéaires :

- Propriétés régularisantes des opérateurs elliptiques du second ordre, inégalités de Cacciopoli, méthode de Stampacchia, méthode de Schauder.
- Le principe du maximum sous ses diverses formes.
- Théorème de Riesz Fredholm, problèmes spectraux compacts.

B) Equations non linéaires :

- méthodes d'inversion locales, continuation, bifurcation.
- méthode variationnelles : solutions minimisantes, lemme de déformation, lemme du col.

NM 410. Economie avancée (6 ECTS) (1^{er} semestre)

Professeur : A Galichon, P. Tibi et S. Poret

mel : hagenbach.jeanne@gmail.com

url : <http://www.jeanne-hagenbach.fr/>

Objectifs de l'UE : Fondements de l'analyse microéconomique.

Thèmes abordés : Ce cours présente les outils et résultats fondamentaux de la théorie micro-économique : définition et comportement des agents (firmes, consommateurs) ; décision dans l'incertain ; équilibre général et théorèmes du bien-être ; les failles du marché (effets externes et pouvoir de marché).

Première partie : Introduction à la micro-économie.

Seconde partie : Finance, stratégie et organisation de l'entreprise.

NM 411. Théorie des jeux : stratégies et évolution (6 ECTS) (1^{er} semestre)

Professeur : Sylvain Sorin et T. Tomala

mel : sorin@math.jussieu.fr

url : <http://www.math.jussieu.fr/~sorin/>

Objectifs de l'UE : Le but du cours est de présenter les outils et résultats fondamentaux de la théorie des jeux. On étudiera principalement l'approche stratégique en considérant les problèmes liés à l'information et la dynamique.

Prérequis : Analyse fonctionnelle élémentaire, analyse convexe

Thèmes abordés : Jeux à deux joueurs et à somme nulle. Théorèmes de minmax et opérateur valeur. Equilibre de Nash. Existence, variété des équilibres, sélection. Equilibre et stabilité. Evolutionary Stable Strategy et dynamiques d'évolution. Equilibres corrélés et apprentissage. Introduction aux jeux répétés.

NM 412. Optimisation continue (6 ECTS) (1⁰ semestre)

Professeurs : J. F. Bonnans et P.-L. Combettes

mél : bonnans@inria.fr, plc@math.jussieu.fr

url : <http://www.cmap.polytechnique.fr/~bonnans/>

<http://www.ann.jussieu.fr/~plc/>

Objectifs de l'UE : Fournir les fondements de l'optimisation continue moderne : concepts théoriques, algorithmes et applications.

Prérequis : Analyse fonctionnelle élémentaire

Thèmes abordés : Analyse convexe (ensembles convexes, cônes convexes, fonctions convexes, conjugaison, sous-différentiabilité), problèmes variationnels (existence, unicité et caractérisation des solutions, conditions de KKT, condition du second ordre), dualité de Fenchel-Rockafellar, dualité lagrangienne, problèmes min-max, perturbations, opérateurs monotone, itérations fejériennes, algorithmes de points fixes et de zéro d'opérateurs monotones, applications aux inéquations variationnelles et à la décomposition de problèmes de minimisation sous contraintes, optimisation différentiable sous contraintes générales, conditions du premier et second ordre en optimisation non convexe différentiable, conditions d'optimalité en optimisation stochastique, conditions d'optimalité en commande optimale.

NM 413 Mathématiques discrètes (36h)

Professeur : Henning Bruhn-Fujimoto et Jean-Paul Allouche

courriel : bruhn@math.jussieu.fr allouche@math.jussieu.fr

url : <http://www.math.jussieu.fr/~bruhn> <http://www.math.jussieu.fr/~allouche>

Objectifs de l'UE : Étude de quelques structures de base en Mathématiques Discrètes.

Prérequis : Bases d'algèbre et d'algèbre linéaire.

Thèmes abordés :

1. Dualité de graphes, matroïdes et matroïdes orientés
2. Liens entre les matroïdes (orientés) et l'optimisation combinatoire
3. Droites discrètes dans le plan, combinatoire des mots finis et infinis, suites Sturmienne et leurs propriétés extrémales

Bibliographie indicative :

- A. Björner, M. Las Vergnas, B. Sturmfels, N. White, and G. M. Ziegler, *Oriented Matroids*, Cambridge University Press, 2nd edition, 1999.
- R. Diestel, *Graph Theory*, Springer, 4th edition, 2010.
- J. Oxley, *Matroid Theory*, Oxford University Press, 2nd edition, 2011.
- J.-P. Allouche, J. Shallit, *Automatic sequences, Theory, Applications, Generalizations*, 2003, Cambridge University Press.
- M. Lothaire, *Algebraic Combinatorics on Words*, 2002, Cambridge University Press.

NM 414. Problèmes multi-échelles : aspects théoriques et numériques (6 ECTS) (second semestre)

Professeur : Frédéric Legoll

mel : lebris@cermics.enpc.fr

url : <http://cermics.enpc.fr/~lebris/home.html>

Objectifs de l'UE : L'objectif de ce cours est d'étudier différents problèmes, déterministes ou stochastiques, et qui ont pour point commun de présenter un caractère multi-échelle, en temps ou en espace. On s'intéressera notamment aux méthodes numériques adaptées à la présence d'échelles variées.

Prérequis :

Thèmes abordés :

On commencera le cours en se familiarisant avec les techniques classiques d'homogénéisation : convergence à deux échelles, questions de couche limite, homogénéisation stochastique, ... Dans la suite du cours, on partira de plusieurs modèles physiques pour introduire des problématiques multi-échelles variées. Les outils permettant l'analyse mathématique et l'analyse numérique de ces problèmes seront ensuite introduits. Les applications suivantes seront abordées :

- Modèles micro-macro pour les solides : Calcul des variations, techniques pour les micro-structures, passage à la limite micro/macro, éléments finis.
- Simulation moléculaire multi-échelle : Dynamique moléculaire rapide.
- Modèles micro-macro pour les fluides : Méthodes probabilistes et déterministes, couplages éléments finis et EDS.
- Équations différentielles à plusieurs échelles de temps : Réduction de systèmes, contraintes, ...

NM 417 Equations de réaction-diffusion et dynamique des populations biologiques (6 ECTS) (2^o semestre)

Professeur : Henri Berestycki et L. Rossi

mél : hb@ehess.fr

Thèmes abordés : Des phénomènes observés dans des contextes très variés sont représentés par des équations de type réaction-diffusion : dynamique des populations, écologie, épidémiologie, invasions biologiques, comportements collectifs, et aussi : propagation de flammes, transitions de phases, ondes chimiques, etc... Ce cours développera des méthodes mathématiques pour analyser ce type d'équations. Elles seront ensuite mises en oeuvre pour établir une série de résultats importants sur ces problèmes. Une première partie sera consacrée aux propriétés fondamentales des équations elliptiques et paraboliques linéaires et non linéaires. On étudiera ensuite les états stationnaires de ces équations, les propriétés dynamiques

et l'existence de solutions de type fronts progressifs. On s'attachera en particulier à en déterminer les vitesses et les formes ainsi que les propriétés qualitatives. La prise en compte de l'hétérogénéité de l'environnement conduit à des généralisations de la notion de fronts progressifs qui seront présentées. On décrira quelques modèles de dynamique des populations pour la biologie et différentes applications. Dans le cadre de ces modèles, on analysera les effets des environnements hétérogènes sur la survie des espèces. On examinera la forme des invasions biologiques en fonction de l'environnement. On développera aussi des modèles permettant de décrire les effets de changements climatiques sur la survie de certaines espèces biologiques.

NM 421. Modélisation et simulation des atomes et molécules en physique quantique (6 ECTS) (2⁰ semestre)

Professeur : E. Cances et Mathieu Lewin
 mél : cances@cermics.enpc.fr

Thèmes abordés : Dans ce cours nous étudierons certains modèles utilisés en physique quantique pour décrire la matière à l'échelle microscopique (atomes, molécules). Une première partie du cours sera consacrée aux modèles linéaires (atome d'hydrogène, modèle de Schrödinger). Dans une seconde partie, nous appliquerons les techniques d'analyse non linéaire à d'autres modèles utilisés en chimie (théorie de la "fonctionnelle de la densité" ou théorie Hartree-Fock). Enfin, nous étudierons la convergence des algorithmes de simulation moléculaire basés sur l'approximation Hartree-Fock.

NM 426. Optimisation convexe et applications au traitement du signal (6 ECTS) (2⁰ semestre)

Professeur : P. L. Combettes
 mél : plc@math.jussieu.fr
 url : <http://www.ann.jussieu.fr/~plc/>

Objectifs de l'UE : Application des outils modernes de l'optimisation convexe à la modélisation et la résolution numérique de problèmes de traitement du signal et de l'image.

Prérequis : NM412 Optimisation continue

Thèmes abordés : Modélisation mathématique des signaux, théorie des systèmes linéaires, filtrage, transformées linéaires, méthodes classiques d'inversion, algorithme POCS, méthodes de projections sous-différentielles, algorithme de Polyak, applications aux problèmes d'admissibilité, modèle $f_1 + f_2$, décomposition, algorithmes proximaux, algorithmes visqueux, analyse et synthèse proximales d'un signal, décomposition proximale de problèmes inverses, applications diverses (synthèse de signaux sous des contraintes incompatibles, seuillage itératif sous contrainte de parcimonie, déconvolution contrainte, extrapolation et interpolation non linéaires, décomposition géométrie/texture, reconstruction tomographique, variation totale, analyse hiérarchique, décomposition sur des trames).

NM 435. Dynamiques de jeux (6 ECTS) (2⁰ semestre)

Professeur : Sylvain Sorin
 mel : sorin@math.jussieu.fr
 url : <http://www.math.jussieu.fr/~sorin/>

Objectifs de l'UE : Le but de ce cours est d'étudier plusieurs dynamiques générées par des interactions stratégiques dans des jeux. Les sujets abordés seront les dynamiques d'adaptation dans les jeux d'évolution, les procédures robustes pour les algorithmes en temps réel et l'approximation stochastique.

Prérequis : Bases de théorie des jeux

Thèmes abordés :

1. Fictitious play : Temps discret, temps continu et dynamique de meilleure réponse.
2. Dynamique du réplicateur : n populations, une population, Evolutionary Stable Strategies.
3. Autres dynamiques globales : champs de Nash, unicité de l'indice.
4. Approachability : Théorème de Blackwell, approche potentielle.
5. Consistency : Procédures de regret, smooth fictitious play.
6. Applications : consistency et correlation, calibrating .

NM 436. Jeux répétés à somme nulle : approche variationnelle (6 ECTS) (2^o semestre)

Professeur : R. Laraki (ce cours aura lieu à l'Ecole Polytechnique)

mel : rida.laraki@gmail.com

url : <https://sites.google.com/site/ridalaraki/>

Objectif del'UE : Présenter des résultats récents sur les jeux répétés à somme nulle

Prérequis : théorie des jeux

Thèmes abordés :

The course develops a unified framework to prove the existence, and a variational characterization, of the asymptotic value in zero-sum repeated games.

1) Shapley's recursive formula in stochastic games. Extension to games with random duration and to discretization of a continuous time game.

2) Overview of standard results : Bewley and Kohlberg's algebraic approach for stochastic games, Aumann and Maschler's martingale approach for repeated games with incomplete information on one side, Mertens and Zamir's system of functional equations for repeated games with incomplete information on both sides.

3) The operator approach and applications to repeated games with incomplete information, absorbing games, and recursive games.

4) Variational approach for discounted games and applications to repeated games with incomplete information, splitting games and absorbing games.

5) Variational approach for repeated games : discretization of a continuous time game and viscosity solution tools.

NM 438. Introduction à la combinatoire topologique (6 ECTS) (2^o semestre)

Professeur : F. Meunier

mel : frederic.meunier@enpc.fr

url : <http://cermics.enpc.fr/~meunief/home.html> vskip2pt **Prérequis :** Théorie des graphes, Complexité, Polytopes

Thèmes abordés :

Complexes simpliciaux ; Quelques généralisations combinatoires de théorèmes d'existence en topologie (Sperner, Tucker, Ky Fan, Scarf) ; Noyaux dans les graphes parfaits ; Théorème du partage du collier ; Les classes de complexité PPA, PPAD et TFNP ; Coloration des graphes et hypergraphes de Kneser.

NM 441. Algèbre max-plus et théorie de Perron-Frobenius non-linéaire (6 ECTS) (2^o semestre)

Professeur : S. Gaubert (ce cours aura lieu a l'Ecole Polytechnique)

mel : stephane.gaubert@inria.fr

url : <http://amadeus.inria.fr/gaubert/>

Objectifs de l'UE : L'étude de problèmes de contrôle optimal ou de jeux par la méthode de la programmation dynamique fait intervenir des opérateurs qui ont de fortes propriétés de structure. Le but du cours est de présenter cette théorie, en mettant en évidence ses aspects tropicaux.

Prérequis : Analyse fonctionnelle élémentaire.

Thèmes abordés :

Introduction : Semi-anneau max-plus et autres semi-anneaux tropicaux.

Méthodes algébriques en programmation dynamique

Cadre de la théorie de Perron-Frobenius non-linéaire.

Théorème de Perron-Frobenius généralisé.

Application en contrôle stochastique.

Algorithmes d'itération sur les politiques pour les jeux

NM 446 . Growth, reaction, movement and diffusion from biology (6 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Didier Smets

mel : smets@ann.jussieu.fr

url : <http://www.ann.jussieu.fr/~smets/>

Objectifs de l'UE : This course describes the modelisation of elementary processes arising commonly in population biology as growth (or more generally reactions), active movements (or more generally transport-diffusion) of cells for instance. It aims at presenting and analyzing the main PDEs (usually of parabolic type) that describe the collective behavior of the population.

Prérequis : Elementary courses in : functional analysis, PDEs, numerical analysis, markov and diffusion processes.

Thèmes abordés :

1. Classical parabolic PDEs in biology (reaction-diffusion, Fokker-Planck)
2. Travelling waves, Pulses waves (examples of Fisher/KPP and FitzHugh-Nagumo), Blow-up
3. Diffusion driven instability and Turing patterns
4. Chemotaxis and models of cell motion
5. Asymptotic analysis ; front propagation, from cell scale to tumor growth
6. Example of PDE model in neurosciences (Integrate and Fire)

NM 448. Modélisation mathématique des rythmes du vivant. (6 ECTS) (2ème semestre)

Professeur : JP Françoise (UPMC)

mel : Jean-Pierre.Francoise@upmc.fr

url : <http://www.ann.jussieu.fr/MBIO/cours/francoise.php>

Objectifs de l'UE : L'étude des rythmes fondamentaux du vivant (neurones, sécrétions hormonales, calcium, cycle cellulaire, horloge circadienne) a donné lieu à des modèles mathématiques élaborés. Le cours se propose de les présenter en dégageant les outils mathématiques nécessaires à leur compréhension.

Prérequis : Bases équations différentielles

Thèmes abordés :

Dynamique du plan, classification des points singuliers, cycles limites.

Théorie des bifurcations.

Réactions enzymatiques oscillantes.

Dynamique lente-rapide, excitabilité, oscillations en salves, chaos.

Oscillations d'AMPc chez l'amibe Dictyostelium, excitabilité, ondes d'AMPc.

Oscillations simples et complexes du Calcium intracellulaire.

Rythmes neuronaux : Equations d'Hodgkin-Huxley.

Rythme cardiaque : synchronisation des cellules du nud sinusal.

Oscillateur mitotique et cycle cellulaire

Rythmes circadiens : complexité croissante des modèles.

Rythmes en écologie et en dynamique des populations.

NM453. Méthodes et algorithmes pour les conditions aux limites (6 ECTS) (2^{ème} semestre)

Professeur : F. Nataf

mel : nataf@ann.jussieu.fr

url : <http://www.ann.jussieu.fr/~nataf/>

Objectifs de l'UE : Il s'agit de donner aux étudiants les outils permettant d'analyser les problèmes aux limites, de construire des conditions aux limites absorbantes, des méthodes de décomposition de domaine pour les équations scalaires et les systèmes d'équation aux dérivées partielles.

Prérequis :

Thèmes abordés : Les points suivants seront traités :

- Problèmes aux limites bien posés : condition de Shapiro-Lopatinskii.
- Factorisation de Smith et application aux systèmes d'équations.
- Conditions aux limites transparentes
- Couches parfaitement adaptées
- Pour les deux points ci-dessus, on traite plus particulièrement l'équation des ondes
- Conditions d'interface pour les méthodes de décomposition de domaine
- Conditions d'interface pour les maillages non conformes

NM 455. Méthodes mathématiques et numériques pour les plasmas (2nd semestre)

Professeur : Bruno Després

mel : despres@ann.jussieu.fr

<http://people.math.jussieu.fr/~-->

Objectifs de l'UE : L'objectif général est de se familiariser avec quelques modèles pour les plasmas, en portant l'accent sur le couplage d'une équation pour le champ électromagnétique avec une équation cinétique ou fluide pour la matière. Les applications visées concerneront surtout les plasmas magnétiques pour les Tokamaks dans le cadre du projet ITER, et pourront aller jusqu'à certains modèles de magnéhydrodynamique en astrophysique. Un accent important sera mis sur l'analyse mathématique des équations et sur les techniques de discrétisation adaptée.

Prérequis : Un cursus en mathématique ou en physique.

Thèmes abordés : Nous partirons des modèles cinétiques couplés avec le champ électromagnétique et présenterons le contexte pour les plasmas de fusion magnétique. Puis nous simplifierons le modèle et obtiendrons d'une part les modèles de type Vlasov-Poisson, et d'autre part une famille de modèle de magnéhydrodynamique à résistivité réduite. Le caractère bien posé (existence, unicité) sera analysé en mettant en avant le parallèle avec les modèles de type Navier-Stokes. Les méthodes de discrétisation seront de type éléments finis. Une autre famille de modèle compressible de type hyperbolique (MHD idéale) sera discutée avec un calcul détaillé des vitesses d'ondes et une analyse des solutions discontinues. Pour cette partie les méthodes numériques seront plutôt de type volumes finis. Les conditions au bord seront spécifiées quand cela est possible.

NM457. Codes et optimisation (6 ECTS) (2^o semestre)

Professeur : A. Plagne (ce cours aura lieu à l'Ecole Polytechnique)

mel : plagne@math.polytechnique.fr

url : <http://www.math.polytechnique.fr/~plagne/>

Objectifs de l'UE : Dans l'espace euclidien, les problèmes d'empilement de sphères et de recouvrement par des boules sont de vieux problèmes archi-classiques. L'équivalent discret de ces problèmes constitue la théorie des codes. Ainsi l'analogue discret des problèmes d'empilement est connu sous le nom de "théorie des codes correcteurs d'erreur". Dans ce cours, nous nous intéresserons surtout aux "codes de recouvrement", l'analogue discret du second problème évoqué plus haut.

Prérequis :

Thèmes abordés :

Après une introduction générale partant des problèmes "historiques", on présentera les bases de la théorie des codes (correcteurs d'erreurs et de recouvrement) et ses applications. On développera ensuite tout particulièrement les aspects combinatoires de la théorie des codes de recouvrement. De ce point de vue, les problèmes qui se posent relèvent de l'optimisation discrète.

On s'intéressera en particulier au calcul du nombre minimal de boules "discrètes" (de rayon R) nécessaires pour recouvrir l'espace ambiant tout entier. Cet espace ambiant discret sera en général une puissance d'un ensemble fini muni de la distance de Hamming. Les constructions de "bons" codes qui seront présentées permettront de comprendre les bornes supérieures sur cette quantité. Les bornes inférieures (résultats d'inexistence) seront abordées via les méthodes de décompte de l'excès, d'inégalités linéaires et de programmation linéaire.

NM 461. Jeux différentiels (2nd semestre)

Professeur : Catherine Rainer (ce cours aura lieu à l'Ecole Polytechnique)

mél : catherine.rainer@univ-brest.fr

url : <http://www.math.univ-brest.fr/perso/catherine.rainer/>

Objectifs de l'UE : Les jeux que nous étudions dans ce cours sont modélisés par des équations différentielles contrôlées par plusieurs joueurs aux objectifs antagonistes. Selon la nature du jeu, nous nous intéressons à l'existence et la caractérisation d'une valeur ou celles d'équilibres de Nash, puis à la recherche de stratégies optimales. Ce cours se situe à l'intersection de la théorie de jeux et la théorie du contrôle.

Prérequis : bases d'analyse fonctionnelle et de théorie des jeux.

Thèmes abordés :

Jeux différentiels à somme nulle : stratégies et valeur du jeu, équations d'Hamilton-Jacobi-Isaacs, solutions de viscosité de d'EDP non linéaires, jeux à information incomplète.

Jeux différentiels à somme non nulle : équilibres de Nash, Folk Theorem (version continue)

NM463. Modeling in cellular biology and cytoplasmic trafficking (6 ECTS) (1er semestre)

Professeur : D. Holcman
 mel : holcman@biologie.ens.fr

url : <http://www.biologie.ens.fr/bcsmcbs/spip.php?article90>

Objectifs de l'UE : The goal of this class is to present modeling methods to study cellular microdomains and in particular cytoplasmic (plasmid and viral) trafficking, nucleus organization and the function of the cellular microdomains such as photoreceptors, dendritic spines or synapses. Most of these microdomains are still unavailable to direct experimental recordings and mathematical modeling and simulations is used to analyze some aspect of their functions.

Prérequis : notion of partial differential equations, probability, some notions of cellular biology.

Thèmes abordés :

Brownian motion, Ito calculus.

Dynkins equation, Fokker-Planck equation, Short and long time asymptotics.

Mean first passage time.

The small hole theory with a attracting (resp. repulsive) potential.

Homogenisation theory with many small holes.

Stochastic chemical reactions in a microdomain.

Modeling synaptic transmission, synaptic weight.

Receptor trafficking, synaptic current, Dwell time of a receptor at the synapse. Calcium dynamics in a dendritic spine.

Cellular trafficking.

Modeling of Neuron-Gli interactions.

Summary : Toward a quantitative approach in cellular biology.

NM466. Méthodes de Galerkin discontinues et applications (6 ECTS) (2^e semestre)

Professeur : Alexandre Ern
 mel : ern@cermics.enpc.fr

url : <http://cermics.enpc.fr/~ern>

Objectifs de l'UE : Il s'agit d'une part de comprendre les fondements théoriques de la méthode et d'autre part d'étudier sa mise en œuvre dans des cas concrets (advection-diffusion, mécanique des fluides, lois de conservation).

Prérequis : il est souhaitable de connaître la méthode des éléments finis de Lagrange conformes (par ex., NM406), l'approximation variationnelle des EDP (par ex., NM407), et la méthode des volumes finis (par ex., NM464)

Thèmes abordés : l'UE est organisé comme suit

- formulation et analyse de la méthode pour l'équation de transport stationnaire, liens avec la méthode des volumes finis (3 séances)
- formulation et analyse de la méthode pour la diffusion et l'advection-diffusion, notion de gradient discret (3 séances)
- applications à la mécanique des fluides stationnaires : équations de Stokes et de Navier-Stokes (in)compressibles (3 séances)
- lois de conservation linéaires et non-linéaires : notion de flux, analyse de convergence, applications (3 séances)

NM 468. Modèles cinétiques (6 ECTS)(2^{ème} semestre)

Professeur : François Golse (ce cours aura lieu à l'Ecole polytechnique)

mel : golse@math.polytechnique.fr

url : <http://www.math.polytechnique.fr/~golse>

Objectifs de l'UE : Ce cours est une introduction à l'analyse mathématique des modèles de la théorie cinétique des gaz ou des plasmas

Prérequis : Notions de base d'analyse fonctionnelle et d'analyse de Fourier

Thèmes abordés :

I. L'équation de transport.

Méthode des caractéristiques, lemmes de moyenne et de dispersion.

II. Les équations de type Vlasov.

1) Le modèle de Vlasov-Poisson : existence, unicité régularité de la solution en dimension 3 (d'après Pfaffelmoser, Lions-Perthame).

2) Le modèle de Vlasov-Maxwell : existence globale de solutions renormalisées (d'après DiPerna-Lions) ; critère d'explosion de Glassey-Strauss

III. L'équation de Boltzmann.

Existence globale de solutions renormalisées.

NM 472. Contrôle optimal (6 ECTS) (2^o semestre)

Professeur : H. Frankowska

mel : frankowska@math.jussieu.fr

url : <http://www.math.jussieu.fr/~frankowska/>

Objectifs de l'UE : Les outils modernes du contrôle optimal. Quelques exemples de modèles basés sur le contrôle optimal.

Prérequis : Equations différentielles ordinaires, mesures, intégration. Quelques éléments de l'analyse convexe.

Thèmes abordés :

Principe du maximum de Pontryagin, théorème de viabilité, existence et unicité de solutions des équations d'Hamilton-Jacobi-Bellman (HJB), relations entre le principe du maximum et l'équation HJB, synthèse optimale, équations de Riccati et unicité des solutions optimales, noyau de viabilité et trajectoires optimales, contrôle optimal sous contraintes d'état.

NM 475. Méthodes numériques probabilistes (6 ECTS) (premier semestre)

Professeur : Tony Lelièvre

mel : lelievre@cermics.enpc.fr

url : <http://cermics.enpc.fr/~lelievre>

Objectifs de l'UE : Ce cours est une introduction aux probabilités avec deux objectifs : comprendre le langage des probabilités qui intervient dans de nombreux modèles (physique statistique, mécanique quantique, chimie, biologie, finance) et présenter quelques méthodes numériques probabilistes qui peuvent notamment être utilisées pour résoudre des problèmes déterministes (résolution d'équations aux dérivées partielles, calcul de la première valeur propre d'un opérateur).

Prérequis : On suppose acquis les fondements de la théorie de la mesure et de l'intégration. Les prérequis en probabilités sont très faibles (des rappels sont faits aux premiers cours).

Thèmes abordés : On s'attache à présenter les concepts essentiels fondant les méthodes de Monte Carlo, les chaînes de Markov, les processus de diffusion et leurs liens avec les équations aux dérivées partielles. Plusieurs applications illustrent le cours : en physique statistique (méthodes d'échantillonnage d'une mesure de Boltzmann-Gibbs), en dynamique moléculaire (énergie libre, formule de Jarzynski), ou en finance (pricing d'option). Le plan du cours est le suivant :

1. *Variables aléatoires* : espace probabilisé, notions de convergence, théorèmes limites, méthodes de Monte Carlo et de réduction de variance.
2. *Chaînes de Markov* : équations de Kolmogorov, comportement asymptotique (ergodicité), méthodes Markov Chain Monte Carlo.
3. *Processus de diffusion* : processus aléatoires et mouvement brownien, intégrales stochastiques et calcul d'Itô, équations différentielles stochastiques, liens avec les équations aux dérivées partielles (formules de Feynman-Kac et équation de Fokker-Planck), inégalité de Poincaré et comportement asymptotique.

cf. <http://cermics.enpc.fr/~lelievre/ANEDP/ANEDP.html>

NM 486 A course on homogenization (6 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Grégoire Allaire (ce cours a lieu à l'Ecole Polytechnique)

url : <http://www.cmap.polytechnique.fr/~allaire/homogenization.html>

Thèmes abordés This course is an introduction to homogenization theory with a view on multiscale modeling and numerical simulation. Mathematically, homogenization can be defined as a theory for averaging partial differential equations. It has many potential applications, including the derivation of effective properties for heterogeneous media, the rigorous definition of composite materials, the macroscopic modeling of microscopic systems and the design of multiscale numerical algorithms. We shall illustrate these issues by considering various examples from continuum mechanics, physics or porous media engineering.

We first deal with the homogenization of periodic structures by the method of two-scale asymptotic expansions which will be rigorously justified by the notion of two-scale convergence. We shall discuss issues related to correctors, boundary layers, error estimates as well as some generalizations to the non-periodic case. We then use this periodic homogenization theory as a modeling tool for deriving macroscopic models for heterogeneous media. Finally we introduce so-called multiscale finite element methods for performing numerical homogenization.

NM491 Méthodes avancées pour la simulation numérique (6 ECTS) (2⁰ semestre)

Professeurs : Pascal Frey

mel : frey@ann.jussieu.fr

url :

Objectifs de l'UE : amélioration des méthodes de simulation numérique à partir de résultats théoriques d'analyse numérique, à destination des sciences de l'ingénieur.

Prérequis : niveau de Master M1 en mathématiques

Thèmes abordés : Le cours propose une introduction aux méthodes d'adaptation utilisées dans le contexte de la simulation numérique. Y seront plus spécifiquement abordés les aspects relatifs aux étapes de pré-traitement (maillages, triangulations) et de post-traitement (estimateurs d'erreur, visualisation) de la résolution numérique de problèmes formalisés par des EDP. Le cours développera des aspects théoriques et numériques.

Un projet numérique (facultatif), à réaliser en binôme, est proposé aux étudiants.

NM492 Méthodes mathématiques pour les problèmes inverses (6 ECTS) (2⁰ semestre)

Professeurs : Laurent Bourgeois et Houssein Haddar (ce cours aura lieu a l'Ecole Polytechnique)

mel :

url :

Objectifs de l'UE :

Prérequis : niveau de Master M1 en mathématiques

Thèmes abordés : Le cours s'intéressera aux différentes questions mathématiques et numériques que soulève la résolution de problèmes inverses rencontrés dans nombre de domaines : imagerie, contrôle non destructif, géophysique...

La caractéristique principale des problèmes inverses est le défaut de continuité de la solution par rapport aux données. Une partie du cours portera sur les problèmes inverses linéaires, on y introduira d'abord les méthodes de régularisation linéaires puis on étudiera particulièrement les stratégies de régularisation adaptées aux problèmes de traitement d'image. L'autre partie du cours portera sur la résolution de problèmes inverses non linéaires, comme par exemple celui de la détermination d'une géométrie (un défaut, une inclusion, un réservoir, ...) à partir de la connaissance de mesures (solutions du problème direct). On analysera dans un premier temps les questions relatives à l'identifiabilité et la stabilité. Nous étudierons ensuite trois grandes familles de méthodes numériques pour la résolution de tels problèmes.

Les cours se dérouleront sur 12 séances de 2h, et couvriront : Problèmes inverses : méthodes de régularisations linéaires ; Introduction aux méthodes non-linéaires. Reconstruction d'images, de formes, de processus discontinus ; La variation totale. Définition, propriétés. Problèmes de minimisation, existence, régularité, méthodes numériques ; Problèmes inverses non-linéaires en électromagnétisme (diffusion, diffraction) ; Méthodes numériques pour certains problèmes non-linéaires.

NM495 Advanced boundary element methods for wave propagation (6 ECTS) (2⁰ semestre)

Professeurs : T. Abboud (ce cours aura lieu a l'Ecole Polytechnique)

mel :par url :

Objectifs de l'UE :

Prérequis : niveau de Master M1 en mathématiques

NM 496 Modèles hyperboliques d'écoulements complexes dans le domaine de l'énergie (6 ECTS) (2⁰ semestre)

Professeurs : E. Godlewski et Jacques Sainte-Marie

mel : godlewski@ann.jussieu.fr

url :

Objectifs de l'UE :

Prérequis : niveau de Master M1 en mathématiques

Thèmes abordés : Le but de ce cours est d'étudier les modèles d'écoulements de fluides complexes décrits par des EDP hyperboliques dans les contextes de l'énergie hydraulique, de l'exploitation des hydrocarbures des réacteurs nucléaires. On abordera notamment les écoulements à surface libre, les écoulements en milieu poreux et les écoulements diphasiques. Leur étude sera effectuée à la fois d'un point de vue théorique et du point de vue de l'approximation numérique.

Rappels sur le système de la dynamique des gaz compressible (gaz parfait polytropique) et sur les propriétés classiques des systèmes hyperboliques (vitesses des ondes, entropie, problèmes de Riemann) ainsi que sur les schémas numériques volumes finis uni- et multi-dimensionnels (Godunov, HLL, Roe) et les propriétés importantes (stabilité, positivité...) et quelques notions concernant les conditions limites.

Energie hydraulique. On s'intéresse dans cette partie aux écoulements d'eau à surface libre, entrant en jeu en situation de rupture de barrages hydroélectriques, mais aussi pour la modélisation de l'océanographie cotière et le transport de polluant. Equations de Saint-Venant, prise en compte de la topographie, de la rugosité du sol. Méthodes numériques adaptées (splitting, schéma préservant l'équilibre, l'asymptotique).

Exploitation des hydrocarbures. Plusieurs modèles d'écoulements de fluides (eau, hydrocarbures) dans des milieux poreux sont étudiés. On mettra notamment l'accent sur la prise en compte de la perméabilité du milieu, qui pourra éventuellement tre discontinue. Equation de Buckley Leverett. Modèles d'écoulement en milieu poreux, milieux à perméabilité variable. Lois de conservation à flux discontinu, schémas numériques associés.

Écoulements diphasiques compressibles. Cette dernière partie est dédiée à l'étude de modèles décrivant l'évolution de mélange de fluides (eau et hydrocarbure par exemple) ou de phases différentes d'un même fluide (eau liquide et vapeur d'eau). Ce type d'écoulements intervient dans les conduites pétrolières et dans les circuits d'eau des réacteurs nucléaires. Modèles multicomposants ; transition de phase ; modèles homogènes (HEM, HRM) ; modèles moyennés (drift flux, bifluide, Baer-Nunziato). Problème de perte d'hyperbolicité ; problème lié à la non conservativité. Modèles de relaxation.

NM497 Estimations a posteriori pour des calculs efficaces et contrôle d'erreurs (6 ECTS) (2⁰ semestre)

Professeurs : M. Vohralik

mel : vohralik@ann.jussieu.fr

url :

Objectifs de l'UE :

Prérequis : niveau de Master M1 en mathématiques

Thèmes abordés : La simulation numérique est devenue un outil de base pour l'approximation des phénomènes variés dans les domaines des sciences, de l'ingénierie et de la médecine entre autres. Les deux questions primordiales à se poser sont :

Quelle est l'erreur dans le résultat final d'une simulation numérique ?

Comment effectuer la simulation de façon efficace pour arriver à un résultat d'une bonne qualité pour un prix (temps de calcul, utilisation de la mémoire) le plus petit possible ?

C'est la théorie des estimations a posteriori qui permet de donner/suggérer des réponses à ces questions. Ce cours présente ses grands principes pour des problèmes modèles. Un cadre abstrait unifié est développé. Des applications aux méthodes des éléments finis, volumes finis, éléments finis mixtes et éléments finis de Galerkin discontinu sont données.

NM500. Agent-based models of tissue organisation (3 ECTS) (2nd semestre)

Professeur : Dirk Drasdo

mel : Dirk.Drasdo@inria.fr

url : <http://www-c.inria.fr/bang/DD/drasdo.html>

Objectifs de l'UE : The students will learn about different agent-based models to quantitatively model tissue organisation and tumor growth processes, including the molecular regulatory scale, the cell scale and the multi-cellular scale of centimeters.

Prérequis : Ideally knowledge about stochastic processes

Thèmes abordés : We will discuss the following topics :

Cellular automaton models

Lattice-free individual-cell-based models

Multi-scale models : multi-cellular models in which each cell includes an explicit description of intracellular regulation core modules (signal transduction pathways).

large scale continuum descriptions for selected agent-based models

The models will be developed using data from selected biological/medical applications : liver regeneration, tumor growth, selected problems in developmental biology and directly compared to experimental data.

NM503. Contrôle en dimension finie et infinie (6 ECTS) (2nd semestre)

Professeur : Emmanuel Trélat

mel : emmanuel.trelat@upmc.fr

url : <http://www.ljll.math.upmc.fr/~trelat/>

Objectifs de l'UE : Il s'agit de proposer différentes méthodes pour étudier les systèmes de contrôle modélisés soit par des équations différentielles ordinaires, soit par des équations aux dérivées partielles. L'accent sera mis sur l'importance des non linéarités.

Prérequis : Quelques notions élémentaires sur les équations différentielles ordinaires et les équations aux dérivées partielles, ainsi que les notions classique d'analyse fonctionnelle.

Thèmes abordés : Un système de contrôle est un système dynamique sur lequel on peut agir à l'aide d'une commande (ou contrôle). Il y a deux problèmes fondamentaux pour ces systèmes : le problème de la contrôlabilité et le problème de la stabilisation. Pour le premier problème on se demande si, étant donnés deux "états" du système, on peut trouver une commande permettant de faire passer le système du premier état au second. Pour le problème de la stabilisation, il s'agit de construire une rétroaction ou feedback qui stabilise un point d'équilibre souvent instable en l'absence du contrôle (balai que l'on essaie de maintenir à la verticale sur son doigt). On étudiera ces deux problèmes pour des systèmes modélisés par des équations différentielles ordinaires ou par des équations aux dérivées partielles. On présentera de nombreuses applications à des systèmes physiques.

NM 512. Coloration et graphes parfaits (2^o semestre)

Professeur : H. Bruhn-Fujimoto

mel : bruhn@math.jussieu.fr

url : <http://www.math.jussieu.fr/~bruhn/>

Objectif de l'UE : Donner une introduction aux problèmes de coloration et à la théorie des graphes parfaits

Prérequis : théorie des graphes

Thèmes abordés : Coloration des sommets : théorème des quatre couleurs, bornes supérieures et inférieures du nombre chromatique, complexité. Coloration des arêtes :

théorèmes de Knig et Vizing. Graphes parfaits : théorèmes fort et faible des graphes parfaits, algorithme de coloration, polytope des stables.

NMxyz. Méthode numériques pour les EDP paramétriques et stochastiques en grandes dimensions (2nd semestre)

Professeur : Albert Cohen
mél : cohen@ann.jussieu.fr

Objectifs de l'UE :

Prérequis :

Thèmes abordés :

NMxyz. Optimisation convexe : performance, complexité et applications. (6 ECTS) (2nd semestre)

Professeur : A. d'Aspremont (ce cours aura lieu à l'Ecole Polytechnique)

mél : alexandre.daspremont@m4x.org

url : <http://www.cmap.polytechnique.fr/aspremon>

Objectifs de l'UE : Etude de la complexité de classes de problèmes convexes et d'algorithmes de performance optimale. Applications à l'approximation de problèmes combinatoires et en apprentissage statistique, imagerie, jeux, etc...

Prérequis : NM412 Optimisation continue

Thèmes abordés : Algorithmes du premier ordre de performance optimale. Régularité et classes de complexité. Optimisation stochastique. Régularisation déterministe et stochastique. Algorithmes de localisation, projections alternées, ellipsoïde, centre analytique. Résolution d'inégalité variationnelles. Approximation de problèmes combinatoires. Bornes d'approximations par méthodes probabilistes. Applications l'estimation parcimonieuse, au filtrage collaboratif (NETFLIX), à la sélection de covariance, aux jeux matriciels, à la reconstruction de molécules, etc...

MMxyz. Modélisation directe et indirecte en hémodynamique (2nd semestre)

Professeur : Jean-Frédéric Gerbeau
mél : jean-frederic.gerbeau@inria.fr

Objectifs de l'UE : Simulation numérique des écoulements sanguins

Prérequis :

Thèmes abordés :

Ce cours abordera quelques problèmes rencontrés en simulation numérique des écoulements sanguins. Une hiérarchie de modèles sera présentée :

- modèles tri-dimensionnels de portions d'artère, incluant des effets d'interaction fluide-structure entre la paroi des vaisseaux et l'écoulement du sang ;
- modèles mono-dimensionnels hyperboliques, permettant en particulier l'étude de la propagation d'ondes de pression dans un réseau artériel.
- modèles zéro-dimensionnels pour une représentation globale du système cardiovasculaire, incluant des mécanismes de contrôle et de régulation.

Dans chaque cas nous mettrons l'accent sur des difficultés numériques d'intérêt général, dont la compréhension dépasse le cadre de l'hémodynamique (algorithmes de couplage multiphysique, conditions aux limites, estimation de paramètres partir de mesure, etc.)

NM xyz L'équation de Schrödinger en optique non linéaire (2nd semestre)

Professeur : David Lannes
mél : David.Lannes@ens.fr

url :

Objectifs de l'UE :

Prérequis : niveau de Master M1 en mathématiques

Thèmes abordés : L'équation de Schrodinger intervient dans de nombreux contextes physiques (mécanique quantique, théorie des vagues, ferromagnétisme, optique non linéaire, etc.). C'est également une équation mathématique qui a été extrêmement étudiée, mais pour laquelle subsistent de nombreuses questions ouvertes. L'objectif de ce cours sera : 1) De comprendre comment l'équation de Schrodinger joue un rôle pour la description des solutions rapidement oscillantes de systèmes hyperboliques (les lasers de fortes puissances rentrent dans ce cadre mathématique puisqu'ils s'agit d'ondes électromagnétiques de haute fréquence solutions des équations de Maxwell). 2) D'étudier mathématiquement

les principales propriétés mathématiques de cette équation en insistant sur la formation de singularités dont on décrira les mécanismes. 3) De relier ces singularités mathématiques à des phénomènes physiques (autofocalisation) et de proposer des variantes de l'équation de Schrödinger permettant de "traverser" la singularité et donc de décrire ce qui se passe après l'autofocalisation. 4) D'énoncer un certain nombre de problèmes ouverts sur l'équation de Schrödinger et ses variantes en mettant en relief les difficultés escomptées et l'intérêt physique qu'apporterait une réponse à ces problèmes.

Dans chaque cas nous mettrons l'accent sur des difficultés numériques d'intérêt général, dont la compréhension dépasse le cadre de l'hémodynamique (algorithmes de couplage multiphysique, conditions aux limites, estimation de paramètres à partir de mesure, etc.)

MMxyz. Calculus of variations and variational convergence (1er semestre)

Professeur : Antonin Chambolle (ce cours aura lieu à l'Ecole Polytechnique)

mel : antonin.chambolle@cmap.polytechnique.fr

<http://www.cmap.polytechnique.fr/~antonin>

Objectifs de l'UE : introduction aux problèmes de calcul des variations, avec application notamment en mécanique des milieux continus.

Prérequis : analyse fonctionnelle : espaces de Hilbert, Banach, Sobolev, un peu de convexité.

Thèmes abordés : minimisation d'énergie, existence, problèmes de semi-continuité notamment en mécanique. Convergence variationnelle (ou Γ -convergence) : transition de phase, passage discret-continu. Flots de gradients, Rupture.

MNxyz Problèmes inverses : analyse mathématique et résolution numérique (2nd semestre)

Laurent Bourgeois et Houssein Haddar (ce cours aura lieu à l'Ecole Polytechnique)

Objectif de l'UE Le cours s'intéressera aux différentes questions mathématiques et numériques que soulève la résolution de problèmes inverses rencontrés dans nombre de domaines : tomographie, imagerie, contrôle non destructif, géophysique...

La caractéristique principale des problèmes inverses est le défaut de continuité de la solution par rapport aux données. Une partie du cours portera sur les problèmes inverses linéaires, on y introduira d'abord les méthodes de régularisation linéaires puis on étudiera plus particulièrement les problèmes de Cauchy mal posés. Les questions de prolongement unique et de stabilité seront notamment abordées. L'autre partie du cours portera sur la résolution de problèmes inverses non linéaires, comme par exemple celui de la détermination d'une géométrie (un défaut, une inclusion, un réservoir, ...) à partir de la connaissance de mesures (surfiques). On analysera en particulier deux grandes familles de méthodes numériques pour la résolution de tels problèmes : les méthodes d'optimisation non linéaires et les méthodes d'échantillonnage (méthode de factorisation).

Thèmes abordés. Les cours se dérouleront sur 12 séances de 2h, et couvriront :

- Problèmes inverses : prototypes et exemples
- Régularisation de problèmes mal posés linéaires
- Problème de Cauchy mal posé : prolongement unique, stabilité et méthodes de résolution
- Problèmes inverses non linéaires et méthodes d'optimisation
- Méthode de factorisation appliquée au problème de tomographie

MN xyz. Analyse de modèle de croissance de tumeurs (6 ECTS) (2nd semestre)

Professeur : Benoît Perthame

mel : benoit.perthame@upmc.fr

<http://www.ljll.math.upmc.fr/~perthame/>

Objectifs de l'UE : Cette UE présentera quelques aspects de la modélisation mathématique des cancers en s'appuyant sur des aspects applicatifs et en abordant les questions mathématiques qu'ils posent.

Prérequis : Bases sur les systèmes différentiels, les équations paraboliques et leurs solutions faibles, bases d'analyse fonctionnelle

Thèmes abordés : 1. Quelques aspects des cancers et de leur traitement sur des systèmes différentiels (quiescence, angiogenèse, immunothérapies)

2. Modèles spatiaux d'invasion de type Hele-Shaw (sphéroïdes)

3. De l'échelle de la cellule à la limite vers les modèles de type Hele-Shaw

4. Modèles multiphasiques

5. Cycle cellulaire et populations structurées

6.7 Responsables et sites

Le responsable de cette spécialité est

Fabrice Béthuel

et l'adresse du site web est <http://www.ljll.math.upmc.fr/MathModel/>

Les responsables des parcours :

-parcours AN&EDP : Fabrice Béthuel, site <http://www.ljll.math.upmc.fr/anedp/>

-parcours OJME : Sylvain Sorin, site <http://www.ljll.math.upmc.fr/ojme/>

-parcours MathsInfo : Frédéric Hecht, site <http://www.ljll.math.upmc.fr/minfo/>

-parcours MASBM : Luis Almeida, site <http://www.ljll.math.upmc.fr/mbio/>

Secrétariat :

Francelise Hardoyal

mel : francelise.hardoyal@upmc.fr

Campus Jussieu, bureau 15-25, 1.07 - tél. : 01 44 27 51 14

Chapitre 7

Master 2, Spécialité Ingénierie mathématique

7.1 Objectifs et descriptions

Le but de cette spécialité qualifiée de *professionnelle* est de former des mathématiciens appliqués de haut niveau, ayant, outre les qualités associées habituellement à une formation solide en mathématiques, une réelle maîtrise de l'outil informatique, les rendant aptes à intervenir dans le monde de l'entreprise ou des services.

7.2 Débouchés professionnels

Une compétence double et un stage de quatre mois minimum en entreprise donnent accès à des débouchés variés dans les secteurs utilisant la modélisation, la simulation numérique, l'estimation ou la prévision (R&D dans l'industrie, SSII, Banque, Assurance). Les meilleurs étudiants peuvent aussi continuer en thèse, le plus souvent en mathématiques appliquées, en milieu universitaire, dans un centre de recherche (comme l'IFP) ou dans l'industrie (thèse Cifre). Les débouchés du parcours IFMA (Ingénierie Financière et Modèles Aléatoires) sont plus spécifiquement les banques, les compagnies d'assurance et les sociétés de services informatiques spécialisées dans la gestion des instruments financiers.

La liste des stages effectués ces dernières années, consultable sur les sites des formations, atteste de la réalité de l'insertion de cette spécialité dans ces différents secteurs professionnels.

7.3 Organisation

Le master Ingénierie mathématique propose deux parcours assez différenciés. Chaque parcours est assez contraint, et ne permet que peu de (voire aucun) choix dans les enseignements suivis. Les deux parcours ont une structure en UE identique (précisons qu'actuellement, l'enseignement de probabilités-statistiques proposé en MPE est commun avec IFMA). Un cours obligatoire d'Anglais est commun aux

deux cursus, il est assuré par le Département de langues qui offre aussi la possibilité d'un entraînement au Toeic (l'inscription au Toeic est prise en charge par le département de Master pour les étudiants ayant atteint le niveau requis). Un cycle de conférences hebdomadaires de présentation de l'entreprise est organisé, les intervenants extérieurs sont proposées alternativement par chaque parcours, elles sont ouvertes à tous les étudiants de la spécialité.

Parcours MPE

Le parcours *Mathématiques Pour l'Entreprise* (MPE) (ex-Dess de mathématiques appliquées), est assez encadré. Les étudiants ont le choix entre deux sous-parcours,

- Analyse numérique, calcul scientifique et mécanique (des fluides et des solides),
- Analyse numérique, calcul scientifique et probabilités, statistiques.

L'unité Analyse numérique-calcul scientifique est commune à ces deux filières. Les cours du premier semestre dans ces filières sont obligatoires au premier semestre (septembre-janvier). Les étudiants suivent des cours théoriques dans chaque matière et effectuent des projets. Un cours d'informatique scientifique et des travaux pratiques d'implémentation numérique permettent la mise en œuvre effective de méthodes numériques (Programmation en C, C++ et Matlab). Des cours spécialisés en février (projet avancé en C++, Java, optimisation discrète (recherche opérationnelle), VBA, code Fluent), choisis suivant les filières, permettent d'ouvrir encore le domaine de compétences ou de se préparer au stage. Un cours obligatoire d'Anglais fait partie du cursus.

L'unité d'insertion professionnelle est enseignée de façon spécifique à ce parcours. Elle permet aux étudiants une meilleure connaissance des débouchés et leur fournit de bons outils d'insertion (rédaction du CV, préparation au stage, recherche d'un premier emploi).

Les étudiants effectuent à partir de mars un stage long d'au moins quatre mois (mais le plus souvent six mois) en entreprise. Pendant le stage, ils ne suivent plus de cours et sont complètement insérés dans l'entreprise. Des exposés de mi-stage sont organisés ainsi qu'une soutenance finale devant un jury, avec rédaction d'un rapport, ce qui complète leur expérience professionnelle.

Parcours IFMA

Le parcours *Ingénierie financière et modèles aléatoires* (IFMA) a été créé en 2006 pour répondre à une demande, les débouchés dans le secteur bancaire pour des étudiants formés aux mathématiques financières étant actuellement très bons. Ce nouveau parcours a pour objectif de former des ingénieurs mathématiciens ayant une triple compétence en calcul stochastique et finance mathématique, informatique et statistiques. Le parcours prépare à l'évaluation et à la gestion quantitative des risques aléatoires tant du point de l'analyse stochastique que de leur traitement statistique et numérique.

La présence à tous les cours du parcours est obligatoire. Les deux unités fondamentales du premier semestre (septembre - janvier) regroupent les cours de base de la formation qui permettent d'acquérir les outils mathématiques et numériques

nécessaires en finance quantitative. Les autres unités de spécialisation complètent cette formation : anglais, programmation en C++, en VBA et insertion professionnelle composée de cours donnés par des professionnels de la finance sur des sujets pointus.

Les étudiants effectuent à partir de mars un stage long d'au moins quatre mois (mais le plus souvent six mois) en entreprise. Pendant le stage, ils ne suivent plus de cours et sont complètement insérés dans l'entreprise.

7.4 Publics visés, prérequis

Cette spécialité s'adresse à des titulaires d'une première année de Master de Mathématiques (composante mathématiques appliquées souhaitée) ou de Mécanique (pour le parcours MPE-mécanique), ou de titres équivalents. Le parcours IFMA (Ingénierie Financière et Modèles Aléatoires) s'adresse à des candidats ayant déjà une formation en probabilités de niveau M1. Admission sur dossier.

7.5 Description des UE

Unités proposées au parcours MPE

NM502. UE - Analyse numérique - Calcul scientifique (12 ECTS) (semestre S3)

Professeurs : Pascal Frey, Edwige Godlewski, Frédéric Hecht, Marie Postel, François-Xavier Roux.

Intervenants extérieurs : Xavier Juvigny (ingénieur de recherche à l'Onera), Jacques Portès (ingénieur de recherche au Cnrs)

mel : edwige.godlewski@upmc.fr

Objectifs de l'UE : Donner les bases mathématiques et informatiques nécessaires pour la résolution et la simulation numérique des problèmes industriels ou du monde de l'entreprise modélisés par des systèmes d'équations aux dérivées partielles (EDP).

Prérequis : Connaissances de bases en analyse numérique (matricielle et approximation des EDO), connaissance d'un langage de programmation, connaissances de base en approximation des EDP souhaitées.

Thèmes abordés : problèmes variationnels, analyse numérique des EDP, méthodes de discrétisation (différences finies, éléments finis, volumes finis), maillages ; méthodes d'optimisation (méthodes de gradient, méthodes stochastiques). Langages de programmation et logiciels pour la simulation numérique (C, C++, Matlab), algorithmique, calcul parallèle, différentiation automatique. Une importance particulière est accordée aux séances de travaux pratiques et aux projets informatiques (projet d'optimisation avec matlab ; C, C++, MPI).

NM503. Probabilités - Statistiques (12 ECTS) (semestre S3)

Unité constituée de 4 petites unités choisies parmi les enseignements suivants (proposés au parcours IFMA dans les UE NM521 et NM522) :

Modèles aléatoires

Professeur : Olivier Bardou
mel : olivier.bardou@gdfsuez.com

Objectifs : Introduire les outils probabilistes nécessaires à la modélisation et le traitement de l'incertain dans les problèmes rencontrés dans l'industrie (économétrie, gestion de stocks, optimisation stochastique, réseaux de télécommunications).

Prérequis : Notions de base en probabilités, une initiation aux chaînes de Markov est souhaitable.

Thèmes abordés : Différents modèles Markoviens à temps discret et à temps continu, applications aux chaînes contrôlées et aux chaînes cachées, techniques de simulations.

Calcul stochastique

Professeur : Julien Berestycki
mel : julien.berestycki@upmc.fr
url : <http://proba.jussieu.fr/~berest>

Objectifs de l'UE : Introduction au calcul stochastique.

Prérequis : Notions de base en probabilités et martingales à temps discret.

Thèmes abordés : Mouvement brownien, intégrale stochastique, EDS, lemme d'Itô et de Girsanov, Feynman-Kac, introduction au contrôle stochastique.

Méthodes de Monte-Carlo

Professeur : Vincent Lemaire
mel : vincent.lemaire@upmc.fr
url : <http://www.proba.jussieu.fr/~lemaire>

Objectifs de l'UE : Méthodes de Monte-Carlo pour l'évaluation des produits dérivés.

Prérequis : Notions de base en probabilités, finance mathématique et calcul stochastique.

Thèmes abordés : Partie I. Généralités sur les méthodes de Monte-Carlo et Quasi-Monte Carlo (différents modes de simulation, réduction de variance, notion de discrédance et de dimension effective). Partie II. Méthodes de Monte-Carlo en finance (discrétisation de processus de diffusion, approximation de pay-offs complexes, calcul de grecques).

Analyse des données et modèles linéaires

Professeur : Bertrand Michel
mel : bertrand.michel@upmc.fr
url : <http://www.lsta.upmc.fr/michelb.html>

Objectifs : Fournir les outils statistiques de l'analyse des données multidimensionnelles et de la régression. Introduction à l'utilisation de logiciels statistiques.

Prérequis : Probabilités (vecteurs Gaussiens, lois de chi-deux, de Student, etc.), algèbre linéaire.

Thèmes abordés : Modèle linéaire, analyse en composantes principales, analyse discriminante, régression logistique, utilisation de SAS.

Séries temporelles et filtrage

Professeur :

mel :

url :

Objectifs : Fournir les outils statistiques pour l'estimation et la prévision.

Prérequis : Probabilités (vecteurs Gaussiens, lois de chi-deux, de Student, etc.), algèbre linéaire.

Thèmes abordés : Vecteurs aléatoires du second ordre et vecteurs gaussiens. Prévision linéaire. Modèle de Kalman. Séries temporelles et ARMA.

Marchés financiers et évaluation d'options en marché complet

Professeur : Mathieu Rosenbaum

mel : mathieu.rosenbaum@upmc.fr

Objectifs : Introduction à la couverture de produits dérivés et à la gestion de portefeuille en marchés complets dans les modèles de diffusions browniennes.

Prérequis : Notions de base en calcul stochastique (mouvement brownien, lemme d'Itô, lemme de Girsanov, EDS).

Thèmes abordés : Introduction aux marchés financiers, modèle de Black-Scholes généralisé, couverture-évaluation et lien avec les EDP, modèles de taux.

NM504. UE - Mécanique (12 ECTS) (semestre S3)

Professeurs : Arnault Monavon, Philippe Druault, Cristian Dascalu.

Intervenants extérieurs : Mickaël Abbas, Emmanuel Boyère, Josselin Delmas (ingénieurs-chercheurs EDF - R&D).

mel : arnault.monavon@upmc.fr, philippe.druault@upmc.fr

Objectifs de l'UE : Apporter les connaissances nécessaires à la modélisation, à la conception de programmes, à l'utilisation et au développement de grands codes de calcul de mécanique des solides et des fluides.

Prérequis : Il est souhaitable que le cursus suivi comporte une initiation aux thèmes fondamentaux pour la mécanique des milieux continus, solides et fluides.

Thèmes abordés : Initiation à la mécanique des milieux continus : cinématique, déformations, efforts intérieurs (approche classique), bilans, lois de conservation.

Mécanique des solides : formulation thermodynamique des lois de comportement, méthodes de résolution de problèmes de diffusion, de thermo-élasticité linéaire, de viscoélasticité linéaire et de plasticité parfaite.

Mécanique des fluides : phénomènes de diffusion, couche limite dynamique et thermique (convection forcée et naturelle). Notions sur les écoulements turbulents : formalisme de Reynolds, outils de mesures, simulations numériques, caractérisation des mouvements tourbillonnaires en écoulement turbulent.

Une grande place est réservée aux travaux encadrés sur des sujets applicatifs, par exemple : refroidissement d'une fibre optique, hydrodynamique des filets de pêche, mouvements tourbillonnaires en écoulement de couche de mélange plane, reconstruction-analyse des mouvements tourbillonnaires (krigeage ; Décomposition Orthogonale aux valeurs Propres, Estimation Stochastique ; réalisation d'un projet en Matlab).

Résolution avec des codes de calcul utilisés dans l'industrie : réalisation d'un projet sur le code_Aster.

NM506. UE - Projet C++ ou parallélisme (3 ECTS) (semestre S4)

Professeur : Frédéric Hecht

mel : frederic.hecht@upmc.fr !

url : <http://www.ljll.math.upmc.fr/~hecht>

Objectifs de l'UE : Mener à bien un projet de calcul scientifique en C++ en utilisant les "bibliothèques" de calcul scientifique disponibles sur internet.

Prérequis : Des connaissances de base en programmation, notamment en C, et en analyse numérique des edp.

Thèmes abordés : Résolution d'EDP par des méthodes de type éléments finis, résolution de systèmes linéaires ou de problèmes de valeurs propres, visualisation graphique (OpenGL/GLUT). Installation et utilisation de certains logiciels du domaine public (ARPACK, UMFPACK, SuperLU, ...), sous Unix.

NM508. UE - Recherche opérationnelle (3 ECTS) (semestre S4)

Professeur : Eric Balandraud

mel : balandraud@math.jussieu.fr

Objectifs de l'UE : Présenter un certain nombre d'outils mathématiques utilisés dans des modèles d'aide à la décision.

Prérequis : Connaissances de base en algèbre linéaire.

Thèmes abordés : techniques mathématiques de la Recherche Opérationnelle : introduction à la théorie des graphes ; problèmes du plus court chemin dans un graphe ; algorithme de Bellman. Applications aux problèmes d'ordonnancements : méthode potentiel-tâche et méthode PERT. Applications à la programmation dynamique. Programmation linéaire : algorithme du simplexe. Projet informatique sur le problème du voyageur de commerce.

NM507. UE - Java (3 ECTS) (semestre S4)

Professeur : Nicolas Lantos (ingénieur de recherche à l'Onera)

Objectifs de l'UE : initiation au langage Java et à l'ingénierie logicielle. Introduction de quelques outils logiciels nécessaires à l'élaboration efficace de logiciels de qualité.

Prérequis : Connaissances de base en programmation.

Thèmes abordés : Java, ingénierie logicielle, gestion de version, environnement de développement logiciel avancé, programmation orientée objet (POO), test unitaire.

NM509. UE - Initiation au code Fluent (3 ECTS) (semestre S4)

Professeur : Philippe Parnaudeau (ingénieur de recherche au Cnrs)

mel : parnaudeau@ann.jussieu.fr

Objectifs de l'UE : Acquérir une initiation au code de calcul Fluent ainsi qu'à son mailleur associé Gambit, logiciels largement utilisés dans l'industrie. Réaliser des simulations complexe 3D allant de la construction du maillage avec Gambit à la résolution des équations de la mécanique des fluides puis au post-traitement avec Fluent.

Prérequis : mécanique des fluides, équations de Navier Stokes, schémas numériques.

Thèmes abordés : L'UE est plus particulièrement destinée aux étudiants ayant choisi l'option mécanique. La première partie du cours est consacrée à une présentation générale du code Fluent à travers des exemples 2D ou 3D élémentaires. La seconde partie consiste en la rédaction d'un projet sur un thème applicatif impliquant la résolution des équations de Navier Stokes (sous de nombreux régimes possibles), par exemple, la simulation d'un écoulement autour d'un véhicule, autour de bâtiments, dans une pièce, dans des artères, etc.

NM502. UE - Logiciels de bureautique (3 ECTS) (semestre S4)

Professeur : Maryse Pelletier

mel : Maryse.Pelletier@lip6.fr

Objectifs de l'UE : Assurer une formation aux techniques de programmation, aux outils logiciels de gestion de bases de données.

Prérequis : Connaissances de base en programmation.

Thèmes abordés : Utilisation de Visual Basic (Excel), exemples appliqués en économie.

NXIP1. UE - Atelier Insertion Professionnelle (3 ECTS) (semestre S3)

Professeur : Marie Postel

mel : marie.postel@upmc.fr

url : <http://www.ljll.math.upmc.fr/~postel/>

Objectifs de l'UE : Connaissance de l'entreprise. Soutien pour la recherche et la conduite du stage. Construire son projet professionnel. L'UE s'articule autour de cinq ateliers et une conférence entreprise hebdomadaire au premier semestre ainsi qu'une journée mi-stage en mai.

Thèmes abordés : Les différents métiers, en particulier d'ingénieur, et les secteurs, fonctions et profils associés ; la place de ces différents métiers dans une entreprise.

Enjeux du stage. Identifier les entreprises. Explorer des missions possibles en entreprise. Proposer des compétences à l'entreprise.

CV, lettre de motivation, préparation à l'entretien. Conseils pour la conduite du stage.

NM504. UE - Stage ingénierie long (24 ECTS) (semestre S4)

Professeur : Marie Postel

mel : postel@ann.jussieu.fr

url : <http://www.ljll.math.upmc.fr/~postel/>

Objectifs de l'UE :

Cette expérience professionnelle, la première de cette ampleur par la durée et le niveau des tâches effectuées, est essentielle pour l'insertion ultérieure des étudiants dans le marché du travail. Elle est très valorisante et leur permet aborder la recherche du premier emploi avec un bagage scientifique et professionnel consistant. Pour les étudiants qui effectuent un stage de qualité en centre de recherche, elle peut éventuellement leur donner la possibilité d'obtenir une bourse de thèse pour continuer le travail de recherche appliquée initié pendant le stage.

Thèmes abordés : Immersion totale dans l'entreprise (banque, assurance, sociétés de conseil, SSII) ou dans un centre de recherche public (CEA, IFP, INRIA, ONERA) ou du secteur industriel (automobile, aéronautique, BTP, énergie, télécom, transport). Suivi pédagogique assuré par un enseignant de la formation, réunion à mi-stage, rédaction d'un rapport, soutenance officielle.

NXAN1. UE - Anglais (3 ECTS) (semestre S3)

L'enseignement est assuré par le département de langues.

Unités proposées au parcours IFMA

NM521. Méthodes numériques et finance (12 ECTS) (semestre S3)

Professeurs : Vincent Lemaire, Mathieu Rosenbaum, Raphaël Roux, Emmanuel Schertzer.

mel : vincent.lemaire@upmc.fr

<http://www.proba.jussieu.fr/~lemaire/>,

Objectifs de l'UE : Cette UE est constituée de 4 cours (comptant chacun l'équivalent de 3 ECTS) : deux cours de mathématiques financières et finance de marché, un cours de méthodes de Monte-Carlo, un cours de méthodes numériques. Les objectifs de cette UE sont de donner les bases théoriques et les outils nécessaires à la pratique et aux métiers de la finance de marché.

Prérequis : Notions de base en probabilités, finance mathématique et calcul stochastique.

Thèmes abordés : Les thèmes abordés dans les différents cours sont :

- Marchés financiers et valuation d'options en marchés complets : Introduction à la couverture de produits dérivés et à la gestion de portefeuille en marchés complets dans les modèles de diffusions browniennes, modèle de Black-Scholes généralisé, lien avec les EDP.
- Finance avancée : gestion du risque et marchés incomplets : Modèles de la courbe des taux, modèles de volatilité locale, modèles de volatilité stochastique, options exotiques, risque de défaut, modèles de crédit, marchés incomplet.
- Méthodes de Monte-Carlo : Partie I : Généralités sur les méthodes de Monte-Carlo et Quasi-Monte carlo (différents modes de simulation, réduction de variance, notion de discrédance et de dimension effective). Partie II : Méthodes de Monte-Carlo en finance (discrétisation de processus de diffusion, approximation de pay-offs complexes, calcul de grècques).
- Méthodes numériques déterministes : Etude des méthodes de résolution numériques des EDP apparaissant en finance et contrôle stochastique. Méthode d'évaluation d'option par arbres.

NM522. Probabilités et statistiques (12 ECTS) (semestre S3)

Professeurs : Olivier Bardou, Julien Berestycki, Bertrand Michel, Stéphane Gaïffas

mel : julien.berestycki@upmc.fr, bertrand.michel@upmc.fr,

stephane.gaiffas@upmc.fr

url : <http://www.lsta.upmc.fr/gaiffas.php>

<http://proba.jussieu.fr/~berest>

<http://www.lsta.upmc.fr/michelb.html>

Objectifs de l'UE : Cette UE est constituée de 4 cours : Calcul Stochastique, Modèles Aléatoires, Analyse des données et modèles linéaires, Séries temporelles. Ces cours donnent les bases mathématiques et statistiques nécessaires aux applications financières.

Prérequis : Probabilités (vecteurs Gaussiens, lois de chi-deux, de Student, etc.), Martingales à temps discret, Notions de base en chaînes de Markov, algèbre linéaire.

Thèmes abordés : Les thèmes abordés dans les différents cours sont :

- Calcul stochastique : Mouvement brownien, intégrale stochastique, EDS, lemme d'Itô et de Girsanov, Feynman-Kac, introduction au contrôle stochastique.
- Modèles aléatoires : Différents modèles Markoviens à temps discret et à temps continu, applications aux chanes contrôlées et aux chanes cachées, techniques de simulations. Introduire les outils probabilistes nécessaire à la modélisation et le traitement de l'incertain dans les problèmes rencontrés dans l'industrie (économétrie, gestion de stocks, optimisation stochastique, réseaux de télécommunications).
- Analyse des données et modèles linéaires : Modèle linaire, analyse en composantes principales, analyse discriminante, régression logistique, utilisation de SAS.
- Séries temporelles et filtrage : Outils statistiques pour l'estimation et la prévision. Vecteurs aléatoires du second ordre et vecteurs gaussiens. Prévision linéaire. Modèle de Kalman. Séries temporelles et ARMA.

NMxxx. Programmation en C/C++ (3 ECTS) (semestre S3)

Professeurs : Damien Simon

mel : damien.simon@upmc.fr

Thèmes abordés : Programmation en C/C++ : syntaxe du C/C++, programmation orientée objets, classes, héritage, polymorphisme, redéfinition et surcharge, Standart Template Library, Design Pattern.

NM523. Programmation avancée des outils en bureautique et bases de données (Excel, VBA, SQL) (3 ECTS) (Semestre S3)

Professeur :

mel :

Objectifs de l'UE : Assurer une formation appliquée sur Excel, à la programmation en VBA et SQL et à l'insertion de routines écrites en C++.

Prérequis : Notions de base en C/C++.

Thèmes abordés : Utilisation d'Excel et programmation en Visual Basic. Bases de données, SQL. Intégration d'exécutables programmés en C++.

NMxxx. Nouveaux outils numériques déterministes et probabilistes pour le pricing d'option (3 ECTS) (semestre S4)

Professeur : Benedikt Wilbertz

Possibilité de suivre ce cours de CUDA (18h) de la spécialité Probabilité et Finance du master.

NXIP1. UE - Insertion Professionnelle (3 ECTS) (semestre S3-S4)

Professeur : Vincent Lemaire

mel : vincent.lemaire@upmc.fr

url : <http://www.proba.jussieu.fr/~lemaire/>

Objectifs de l'UE : Cette unité s'organise en partie autour d'exposés hebdomadaires présentés par un binôme d'étudiants devant le reste de la formation. Les exposés sont alternativement des revues de presse économique et financière, et des exposés préparés avec vidéo-projecteur sur un sujet choisi par le binôme. Ces séances ont pour but de former les étudiants à l'économie financière à partir de l'actualité ainsi que d'améliorer leurs techniques de présentation.

Thèmes abordés :

Formation des prix, des taux, crise financière, mécanismes d'endettement, sources de risques, normes de Bâle, nouvelles technologies dans le trading...

Conjointement à ces séances, des conférences professionnelles (bi-mensuelles) sont organisées sur les deux semestres.

Cette unité comprend également des enseignements assurés par des professionnels :

- Interprétation du smile en terme de risk

Intervenant : Didier Faivre (Calyon)

mel : didier.faivre@calyon.com

Objectifs : Pratique de l'évaluation de produits de taux avancée

Prérequis : Modèles de taux, calcul stochastique, finance mathématique

Thèmes abordés : CMS, nape de volatilité, smile, mesures de risque

- Comodities et Energy derivatives

Intervenant : Olivier Bardou (Analyste Gdf-Suez et LPMA)

mel : olivier-aj.bardou@gdfsuez.com

Objectifs : Comprendre quels fondamentaux économiques influencent l'évolution des marchés des matières premières, notamment les énergies. Identifier les risques de marchés auxquels doivent faire face les acteurs. Apprendre à construire des modèles de prix pertinents pour la gestion des risques de marché. Mettre en oeuvre des méthodes de pricing pour les actifs physiques et financiers.

Prérequis : Les étudiants doivent avoir suivi un cours de processus aléatoires et de mathématiques financières. Ils doivent connaître les principes de la valorisation et de la couverture dans le modèle de Black-Scholes. Des notions de contrôle stochastique sont un plus.

Thèmes abordés :

- Présentation des marchés des matières premières, en particulier des marchés des énergies
- Modèles de diffusion pour la dynamique des prix spot et à terme des énergies
- Outils de contrôle des risques (typologie des risques, mesures de risque)
- Valorisation des produits dérivés financiers sur sous-jacent énergie (options d'échange notamment)
- Valorisation des actifs physiques (actifs de production d'électricité, contrats d'approvisionnement, stockages)
- Similarités et différences entre les marchés des matières premières et les marchés monétaires

- **Options de change**

Intervenant : Adrien Bourgerie (Analyste - Thomson Reuters)

NM514. UE - Stage ingénierie long (24 ECTS) (Semestre S4)

NXAN1. UE - Anglais (3 ECTS) (Semestre S3)

L'enseignement est assuré par le département de langues.

7.6 Responsables et sites

Responsable de la spécialité : Edwige Godlewski

<http://www.ljll.math.upmc.fr/IngMath/>

Responsables des parcours :

- parcours MPE : Edwige Godlewski et Marie Postel

<http://www.ljll.math.upmc.fr/MPE/>

- parcours IFMA : Julien Berestycki et Vincent Lemaire

<http://www.proba.jussieu.fr/IFMA/>

Secrétariat : Francelise Hardoyal

mel : francelise.hardoyal@upmc.fr

Campus Jussieu, 15-25, 1er étage, bureau 1.07 - tél. : 01 44 27 51 14

Chapitre 8

Master 2, Spécialité Statistique

8.1 Objectifs et descriptions

La spécialité Statistique du Master se situe dans la continuité du DEA de Statistique, qu'elle a remplacé en 2004-2005.

Cette spécialité vise à former des statisticiens de haut niveau, par le biais d'une double formation :

1. Théorique, au travers d'un enseignement adapté constitué à la fois de cours et de travaux pratiques informatiques ;
2. Appliquée, dans le cadre de stages, par le contact direct, au sein d'entreprises et de laboratoires, avec des problèmes concrets de statistique appliquée.

La spécialité Statistique s'appuie sur le Laboratoire de Statistique Théorique et Appliquée (LSTA) de l'Université Paris 6, qui constitue son laboratoire d'accueil. Plusieurs autres laboratoires, institutions ou entreprises collaborent étroitement avec le LSTA dans le cadre de la spécialité, notamment par l'accueil d'étudiants stagiaires. Il s'agit en particulier :

- du LPMA [Laboratoire de Probabilités et Modèles Aléatoires, Université Paris 6] ;
- de l'INRETS [Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité] ;
- de l'INAPG [Institut National Agronomique Paris-Grignon] ;
- de l'INT [Institut National des Télécommunications] ;
- de l'IGN [Institut Géographique National] ;
- de Sanofi-aventis ;
- de la Snecma ;
- de EDF, GDF et la SNCF...

8.2 Débouchés professionnels

La spécialité Statistique peut déboucher sur une insertion professionnelle, directement à l'issue de la spécialité. La nature des filières professionnelles concernées par

ces débouchés est double, et comprend principalement :

1. Des emplois industriels faisant appel à des statisticiens de haut niveau. Un très vaste ensemble de secteurs sont concernés : instituts financiers, banques, assurances, industrie des télécommunications, industrie chimique et pétrolière, pharmacie et médecine, entreprises de distribution, sociétés d'informatique, de conseil et de gestion, etc.). Une grande partie des emplois correspondants sont pourvus par les étudiants choisissant de s'insérer directement dans la vie active à l'issue du Master. Une part plus limitée concerne des étudiants poursuivant ultérieurement leurs études par un doctorat.
2. Des emplois de chercheurs, à l'Université, au C.N.R.S. ou dans d'autres organismes de recherche publics ou privés. Ces débouchés concernent principalement les étudiants préparant une thèse de doctorat à la suite du Master.

Dans cette optique, le souci constant de l'équipe pédagogique est d'assurer à la fois des débouchés immédiats, pour les étudiants limitant strictement leur scolarité au Master, et des débouchés à plus long terme, pour ceux qui prévoient de poursuivre un cursus doctoral complet incluant la thèse.

Comme en témoigne le vaste choix d'UE (Unités d'Enseignement) proposées aux étudiants, la spécialité Statistique dispense une formation adaptée au caractère spécifique de la Statistique, qui nécessite la double expérience du traitement de données d'observation et la maîtrise des outils mathématiques correspondants. Toutefois, afin d'assurer aux étudiants la plus grande ouverture sur les disciplines voisines (qu'elles soient mathématiques ou qu'elles relèvent de disciplines plus appliquées), le cursus offre de nombreuses possibilités d'ouverture sur des cours optionnels extérieurs.

8.3 Organisation

Chaque étudiant concourt pour 60 ECTS annuels, qui se décomposent de la façon suivante :

1. 24 ECTS pour 4 UE (une UE=6 ECTS), dites *fondamentales*.
2. 6 ECTS pour 2 UE (une UE=3 ECTS), dites *de spécialisation*.
3. 3 ECTS pour 1 UE de *langue ou d'insertion professionnelle* (selon les années).
4. 21 ECTS pour un *stage* ou un *mémoire obligatoire*.
5. 6 ECTS pour 2 UE (une UE=3 ECTS), à choisir parmi une liste pouvant évoluer d'année en année.

En outre, afin de favoriser la formation par la recherche, les étudiants sont invités à suivre l'un des deux séminaires suivants :

1. Séminaire du LSTA.
2. Groupe de travail Biostatistique et qualité de vie.

Les enseignements sont répartis au sein de trimestres séparés. Les examens ont lieu à l'issue de chaque UE. Des rattrapages sont organisés pour les étudiants n'ayant pas obtenu de notes satisfaisantes.

8.4 Publics visés, prérequis

L'admission au sein de la spécialité Statistique s'effectue après examen du dossier de candidature par une commission pédagogique constituée des principaux responsables. La spécialité s'adresse :

1. Aux étudiants issus de l'Université Paris 6 ayant validé les ECTS de première année du Master ;
2. Aux étudiants issus de formations de niveau jugé équivalent.

Le niveau normal d'admission se situe à la fin d'une 1ère année de master ou de son équivalent (ancienne maîtrise de mathématiques, pures ou appliquées, MAF, MIM, MASS ou formation de niveau comparable, française ou étrangère, correspondant, par exemple, à celle d'un ingénieur diplômé ou en fin d'études). Il est conseillé d'avoir des notes suffisantes (voire une mention) dans les matières liées à la statistique ou pouvant être considérées comme indispensables (principalement, statistique, probabilités, analyse et informatique). Il est demandé aux étudiants de posséder un bon niveau de base en probabilités et en analyse, ainsi qu'une compétence minimale en informatique appliquée (connaissance d'un langage de programmation tel que C++, Fortran, Turbo-Pascal, ou équivalent, expérience des logiciels, etc.)

Les élèves diplômés, ou en fin d'études, de l'ISUP [Institut de Statistique de l'Université de Paris], l'ENSAE, l'ENSAI, ou des principales grandes écoles d'ingénieurs, seront, en principe, admis, sous réserve d'un examen individuel de leur dossier, et des places disponibles.

8.5 Description des UE

UE OBLIGATOIRES

→ 4 UE FONDAMENTALES

NM200. Modèle linéaire (6 ECTS) (1^{er} semestre)

Professeur : D. Pierre-Loti-Viaud

mel : daniel.pierre-loti-viaud@upmc.fr

Objectifs de l'UE : Acquérir les notions fondamentales concernant le modèle linéaire.

Prérequis : Notions fondamentales de Probabilités et Statistique.

Thèmes abordés : 1. Modèle linéaire unidimensionnel et multidimensionnel, présentation. 2. Modèle exponentiel, modèle linéaire généralisé et modèle linéaire gaussien. 3. Vecteurs gaussiens et lois dérivées, lois de Fisher, lois de Wilks. 4. Estimations pour la moyenne et la variance, théorème de Gauss-Markov. 5. Propriétés des estimateurs, lois limites, ellipsoïdes de confiance. 6. Tests du rapport des vraisemblances maximales, test de Wilks, de Hotteling. 7. Exemples : échantillon, comparaison de deux populations. 8. Estimation des paramètres de la moyenne, régression, analyse de la variance et de la covariance. 9. Autour du modèle linéaire gaussien.

NM201. Processus empiriques (6 ECTS) (1^{er} semestre)

Professeur : P. Deheuvels

mel : paul.deheuvels@upmc.fr

url : <http://www.lsta.upmc.fr/deheuvels.html>

Objectifs de l'UE : Ce cours se veut principalement constituer une introduction avancée à la théorie des processus empiriques en vue des applications statistiques pour des variables aléatoires réelles.

Prérequis : Notions fondamentales de Probabilités et Statistique.

Thèmes abordés :

1. Statistiques d'Ordre et de Rang.
2. Outils Probabilistes et Statistiques de Base.
3. Principes d'invariance - Lois limites fonctionnelles
4. Processus empiriques locaux.
5. Processus empiriques spéciaux.
6. Processus empiriques indexés par des fonctions ou des ensembles.

NM202. Statistique non-paramétrique de processus à temps continu (6 ECTS) (1^{er} semestre)

Professeur : D. Bosq

mel : denis.bosq@upmc.fr

url : <http://www.lsta.upmc.fr/bosq.html>

Objectifs de l'UE : Acquérir les connaissances fondamentales pour l'étude non paramétrique des processus à temps continu.

Prérequis : Notions fondamentales de Probabilités et Statistique.

Thèmes abordés :

- Processus à temps continu, diffusions et calcul stochastique.
- Processus linéaires fonctionnels. Théorie. Applications à la Statistique des Processus à temps continu.
- Estimation et prévision non paramétrique : cas discret, cas continu.

NM203. Statistique fondamentale, modèles paramétriques (6 ECTS) (1^{er} semestre)

Professeur : D. Pandaveine

Objectifs de l'UE : Etude approfondie de modèles paramétriques.

Prérequis : Notions fondamentales de Probabilités et Statistique.

Thèmes abordés :

I. Exhaustivité. Théorème de Halmos-Savage. Théorème de Rao-Blackwell. Statistiques exhaustives minimales, libres, ancillaires, complètes. Familles exponentielles.

II. Estimation ponctuelle. Estimation sans biais ; Théorème de Lehmann-Scheffé ; Statistiques U. Estimation équivariante.

III. Tests d'hypothèses. Lemme de Neyman-Pearson généralisé. Tests sans biais ; tests semblables ; tests à structure de Neyman. Tests invariants. Tests maximin.

→ 2 UE de SPÉCIALISATION

NM204. Informatique et langage de programmation (3 ECTS) (1^{er} semestre)

Professeur : A. Valibouze

mel : annick.valibouze@upmc.fr

url : <http://www-calfor.lip6.fr/~avb/index.html>

Objectifs de l'UE : Former l'élève à la programmation et non pas l'apprentissage d'un langage unique, en l'occurrence le langage C. Il permettra d'aborder facilement des langages de programmation différents du C.

Prérequis : Notions fondamentales en informatique.

Thèmes abordés : 1. Système UNIX et réseaux de communication (Internet) 2. Présentation générale de la programmation. 3. Portées et comportement des variables. Illustration avec le C. 4. Description du fonctionnement d'un programme à l'exécution : empilement, dépilement, statique, dynamique 5. Les pointeurs en général et en C. Les structures de données dynamiques (listes, arbres,). 6. Préprocesseur C et programmation partagée (Makefile) 7. Qu'est-ce que c'est que bien (mal) programmer ? Modularité, choix des structures de données, clarté des programmes, espace temps, espace mémoire,...

NM205. Statistique appliquée et logiciel SAS (3 ECTS) (1^{er} semestre)

Professeur : G. Saint-Pierre

mel : guillaume.saintpierre@lpc.fr

Objectifs de l'UE : Donner la capacité aux étudiants d'accéder aux outils basiques de la statistique appliquée. L'évaluation du cours se fait sur un projet de 20 pages analysant au moins deux programmes en SAS.

Prérequis : Notions fondamentales en informatique et probabilités statistiques.

Thèmes abordés : Partie théorique : 1. Familles de lois de probabilité discrètes et continues 2. Vecteurs aléatoires, théorème limite central, principe delta 3. Mise en oeuvre des méthodes d'estimation paramétrique 4. Mise en oeuvre des méthodes d'estimations empiriques 5. Estimation sur des données tronquées et classées.

Partie pratique : 1. Introduction à SAS 2. Etape DATA et procédures statistiques, analyse statistique élémentaire 3. Bibliothèque de programmes SAS 4. Récupération de données sous SAS, recherche sur Internet 5. Transformations de tableaux de données 6. Procédures graphiques de SAS, encapsulage des graphiques dans un fichier 7. Préparation du projet SAS.

→ 1 UE d'OUVERTURE (langue ou insertion professionnelle, 3 ECTS).

→ 1 UE de stage (21 ECTS).

UE OPTIONNELLES (3 ECTS chacune), 2 UE à choisir dans la liste suivante, ou toute UE de la spécialité Probabilités du Master, de la spécialité Modélisation Aléatoire du Master Mathématiques et Informatique de l'Université PARIS 7, de l'ENSAE, de l'ENSAI et de l'ISUP, sous réserve d'accords préalables des responsables concernés et de compatibilité thématique :

NM207. Méthodes issues de la théorie de l'information, applications aux statistiques (3 ECTS) (2^e semestre)

Professeur : M. Broniatowski

mel : michel.broniatowski@upmc.fr

url : <http://www.lsta.upmc.fr/Broniatowski/index.html>

Objectifs de l'UE : Utilisation de résultats de théorie de l'information en statistique.

Prérequis : Notions fondamentales de Probabilités et Statistique.

Thèmes abordés : Cette année le cours aura pour thème divergences entre lois de probabilité et choix de critère Statistique. La première partie du cours présente quelques outils statistiques classiques.

Plan : 1. Outils généraux : processus empiriques fonctionnels, Théorème de Glivenko Cantelli, Théorème central limite. 2. Eléments de théorie de l'information 3. Dualité pour des fonctionnelles convexes. 4. Statistique paramétrique et choix de critère. 5. Optimisation sous contrainte de forme. 6. Exposés faits par les étudiants autour de la théorie de l'information et des divergences.

NM209. Bootstrap, rééchantillonnage et applications (3 ECTS) (2^e semestre)

Professeur : A. Guilloux

mel : agathe.guilloux@upmc.fr

url : <http://www.lsta.upmc.fr/guilloux.php>

Objectifs de l'UE : Introduire la notion de bootstrap, maîtriser les techniques de rééchantillonnage afin d'améliorer la qualité des méthodes statistiques lorsqu'il y a peu d'observations.

Prérequis : Notions fondamentales de Probabilités et Statistique.

Thèmes abordés : Ce cours a pour but d'introduire la méthode du bootstrap, développée par Bradley Efron en 1979, et dont l'efficacité est intimement liée aux développements de l'outil informatique. Son principe, à la fois simple et révolutionnaire, salué parfois comme "la plus importante idée nouvelle en statistique des trois ou quatre dernières décennies", reprend en fait des idées plus anciennes (jackknife, validation croisée,). Le bootstrap s'appuie sur le fait de pouvoir, en rééchantillonnant dans les données proprement dites, estimer les caractéristiques du phénomène aléatoire qui a engendré ces données. De nombreuses applications pratiques avec résultats de simulations à l'appui seront exposées.

NM210. Statistique des extrêmes (3 ECTS) (2^e semestre)

Professeur : G. Haiman

mel : georges.haiman@upmc.fr

Objectifs de l'UE : Maîtriser les notions fondamentales pour l'étude des observations extrêmes.

Prérequis : Notions fondamentales de Probabilités et Statistique.

Thèmes abordés : 1. Lois limites extrêmes pour les suites i.i.d. : Théorème de Khinchine, lois max-stables, domaines d'attraction et CNS d'appartenance à ces domaines, propriétés de Poisson des excédences de niveaux élevés. 2. Maximas de suites

stationnaires : conditions de mélange spécifiques, types de lois limites pour les suites stationnaires, suites i.i.d. associées et domaines d'attraction, le cas particulier des suites gaussiennes, convergence du processus ponctuel des excédences. 3. Extrêmes de processus stationnaires en temps continu : Théorème des types de lois limite, le cas particulier des processus gaussiens, "up-crossings" et processus ponctuel associé.

NM211. Statistiques de processus de Poisson et diffusion (3 ECTS) (2^e semestre)

Professeur : Y. Kutoyants

mel : kutoyants@univ-lemans.fr

url : http://www.univ-lemans.fr/sciences/statist/pages_persos/kuto.html

Objectifs de l'UE : Approfondir l'étude des processus de Poisson et des processus de diffusion ergodiques.

Prérequis : Notions fondamentales de Probabilités et Statistique.

Thèmes abordés : Sur les processus de Poisson :

- Intégrale stochastique
- Estimation paramétrique
- Bornes inférieures (Cramer-Rao, Van Trees, Hajek le Cam)
- Comportement asymptotique des estimateurs du maximum de vraisemblance bayésiens et de la distance minimale.
- Estimation non paramétrique.

Diffusion : étude des mêmes problèmes pour des processus de diffusion ergodiques.

NM213. Analyse des données (3 ECTS) (1^{er} semestre)

Professeur : F. Rossi

mel : fabrice.rossi@apiacoa.org

url : <http://apiacoa.org/>

Objectifs de l'UE : Maîtriser les méthodes d'analyse de données qui font partie des connaissances de base pour les étudiants du Master de Statistique aussi bien pour les applications que d'un point de vue conceptuel.

Prérequis : Notions fondamentales de Probabilités et Statistique.

Thèmes abordés : L'accumulation de données dans les entreprises et dans les laboratoires de recherche implique des méthodes d'analyse adaptées aux grands volumes de données. Si la problématique classique (estimation, tests d'hypothèses) peut rester pertinente, elle n'est plus la seule : le problème est d'extraire l'information utile dans un très grand ensemble de données et de la résumer. ("Data mining"). Sont abordés : 1. Data mining et apprentissage 2. Méthodes de réduction de dimension (composantes principales, correspondances, classification) 3. Discrimination, classement : méthodes géométriques et probabilistes d'analyse discriminante, régression logistique, arbres de décision, scoring, SVM, mesures de performance.

NM214. Estimation fonctionnelle : le point de vue L^1 (3 ECTS) (2^e semestre)

Professeur : D. Louani

mel : djamal.louani@upmc.fr

url : <http://www.lsta.upmc.fr/louani.html>

Objectifs de l'UE : Développer les techniques de l'estimation fonctionnelle dans L^1 .

Prérequis : Notions fondamentales de Probabilités et Statistique.

Thèmes abordés : 1- Rappels sur les distances : variation totale, espaces L^p , espaces de Hellinger, information de Kullback-Leibler. 2- Estimation de la densité, propriétés élémentaires : histogrammes, noyau, séries orthogonales. 3- Consistance, vitesse de convergence et stabilité relative des estimateurs à histogrammes, à noyau, et par la méthode des séries orthogonales. Résultats minimax. Choix du paramètre de lissage. Etude du cas de données dépendantes. 4- Normalité asymptotique des estimateurs à histogrammes et à noyau. 5- Grandes déviations pour les estimateurs à histogrammes et à noyau, efficacité des tests d'ajustement basés sur les L1-erreurs des estimateurs de densités.

NM216. Traitement d'images et télédétection (3 ECTS) (2^e semestre)

Professeur : A. Hillion, W. Pieczynski

mel : alain.hillion@enst.bretagne.fr, wojciech.pieczynski@int-evry.fr

Objectifs de l'UE : Le but du cours est de présenter, de façon unitaire, les différents modèles stochastiques utilisés en imagerie satellitaire et les différentes méthodes statistiques de classification.

Prérequis : Notions fondamentales de Probabilités et Statistique.

Thèmes abordés : 1. Les modèles d'image : - De la réalité à l'image numérique. - Modélisation de l'image numérique par superposition de champs stochastiques. - Notions d'homogénéité dans l'image. 2. Les algorithmes de reconnaissance : - De l'image numérique à la carte thématique (Rappels et compléments sur la théorie de la décision) - Algorithmes globaux, algorithmes contextuels. 3. Application à la reconnaissance et au filtrage des images radar (à ouverture synthétique) : - Modélisation du speckle. Etude des lois de probabilité des images radar. - Filtrage de bruit multiplicatif. - Classification contextuelle. 4. Compléments et problèmes ouverts - Modélisations floues. Fusion de données.

NM217. Agrégation et classification des données (3 ECTS) (2^e semestre)

Professeur : J-F. Marcotorchino, P. Michaux

mel : jeanfrancois.marcotorchino@thalesgroup.com, pierre-michaux@wanadoo.fr

Objectifs de l'UE : Décrire de nouvelles méthodes d'analyse de données multicritères telles que "Data Mining" et "Business Intelligence".

Prérequis : Notions fondamentales de Probabilités et Statistique.

Thèmes abordés : Analyse de données à l'échelle industrielle, centrée sur la résolution de problèmes économiques, industriels et de marketing, utilisant des méthodes et des algorithmes à très hautes performances pouvant prendre en compte des millions d'éléments à analyser. Ces méthodes sont actuellement très recherchées dans les domaines de la "gestion de la relation client" et "l'analyse du Web sur Internet", et les entreprises proposent des offres dans différents secteurs associés. Plusieurs étudiants de cette option ont pu trouver des postes de "spécialistes en Data Mining".

Au niveau théorique, le cours revient sur l'origine de ces méthodes : travaux incomplets du Marquis de Condorcet, version actuelle "Data Mining," résultats de K-J. Arrow.

NM220. Actuariat et assurance vie (3 ECTS) (2^e semestre)

Professeur : S. Rousseau

mel : sylvain.rousseau@towersperrin.com

Objectifs de l'UE : Assimiler les bases de l'actuariat appliqué au secteur de l'assurance vie.

Prérequis : Notions fondamentales de Probabilités et Statistique.

Thèmes abordés : 1- Fondements techniques : économie de l'assurance, mathématiques financières élémentaires, capitalisation et actualisation, probabilité de survie et aléa viager. 2- Lois de mortalité : Taux de mortalité, méthodes de lissage, makehamisation, table de mortalité. 3 - Mathématique de l'assurance vie : probabilités sur plusieurs têtes, temps continu, assurance en cas de vie et de décès, assurance mixte et contre assurance... 4- Tarification : prime unique et prime périodique, chargements rationnels, méthode des assurances dommages. 5- Prévisions techniques : provisions mathématiques, zilmérisation, capital sous risque. 6- Réassurance : réassurance proportionnelle et non proportionnelle, choix optimum, calculs sur les extrêmes.

NM222. Filtrage statistique et applications (3 ECTS) (2^e semestre)

Professeur : F. Desbouvries

mel : francois.desbouvries@int-evry.fr

Objectifs de l'UE : Présenter le filtrage statistique dans le cadre de modèles stochastiques dynamiques Markoviens, applications en automatique, traitement du signal, communications numériques, économétrie et génomique.

Prérequis : Notions fondamentales de Probabilités et Statistique.

Thèmes abordés : - Filtrage de Wiener. - Filtrage de Kalman. Modèles stochastiques dynamiques et représentation d'état. Problèmes de filtrage, prédiction, interpolation. Implantations pratiques : filtre "information", algorithmes à factorisation, algorithme de Chandrasekhar. Estimation des paramètres. Extension des hypothèses (non linéaire, non gaussien) : filtrage étendu, somme de gaussiennes, échantillonnage d'importance séquentiel et filtrage particulière ; - Chaînes de Markov cachées. Restauration bayésienne du signal, estimation de paramètres, restaurations non supervisées ; - Arbres de Markov cachés, arbres de Markov couple et triplet, réseaux bayésiens couple et triplet.

NM223. Statistique actuarielle non vie. (3 ECTS) (2^e semestre)

Professeur : D. Pierre-Loti-Viaud.

mel : daniel.pierre-loti-viaud@upmc.fr

Objectifs de l'UE : Acquérir les notions fondamentales de l'actuariat non vie.

Prérequis : Notions fondamentales de Probabilités et Statistique.

Thèmes abordés : 1- Concepts de base, probabilité de ruine, premier exemple de mutualisation du risque. 2- Approximation d'un portefeuille, modèle individuel et

collectif, principe de calcul de prime, ordre sur les risques. 3- Fréquence de sinistres, 4- Mélange de lois et système de bonus-malus. 5- Coût de sinistres. 6- Modèle collectif et lois composées. 7- Approximations de la probabilité de ruine. 8- Segmentation de portefeuille, modèles multiplicatifs et théorie de la crédibilité. 9- Modèles en temps continu, probabilité de ruine, comparaison avec le cas discret.

NM224. Statistique des données de survie (3 ECTS) (2^e semestre)

Professeur : P. Saint Pierre, O. Lopez

mel : philippe.saint_pierre@upmc.fr, olivier.lopez0@upmc.fr

url : <http://www.lsta.upmc.fr/psp.html>,

<http://www.lsta.upmc.fr/lopez.html>

Objectifs de l'UE : Présentation des principaux modèles de l'analyse des durées de vie.

Prérequis : Notions fondamentales de Probabilités et Statistique.

Thèmes abordés : 1. Spécificité des données de survie (censure, troncature...)

2. Estimation non paramétrique (estimateur de Kaplan-Meier, Nelson-Aalen...)

3. Modèles de régression semi-paramétriques (modèle de Cox)

4. Estimation paramétrique par maximum de vraisemblance.

5. Comparaison de deux ou plusieurs courbes de survie.

Les étudiants choisiront de se tourner vers des applications en biostatistique et/ou actuariat.

NM227. Mathématiques financières (3 ECTS) (2^e semestre)

Professeur : M. Debersé

mel : marc.deberse@sungard.com

Objectifs de l'UE : Acquérir les notions fondamentales de mathématiques financières.

Prérequis : Notions fondamentales de Probabilités et Statistique.

Thèmes abordés : 1. Rappels : courbes des taux, actifs financiers, portefeuille, stratégie, autofinancement, arbitrage, AOA, marché complet, modèle binomiale de Cos, probabilité risque neutre. 2. Mouvement Brownien : intégrale stochastique, martingales. 3. Processus de Ito : Formule de Ito, équations différentielles stochastiques. 4. Modèles de Black et Sholes : prime de risque, théorème de Girsavov, représentation des martingales browniennes, Harrison-Pliska, option européenne, options sur change et sur futur. 5. Modèles de taux d'intérêt : modélisation des fonctions de perturbation, les taux terme en cas d'invariance du chemin suivi, processus auto-régressif d'ordre 1. 0-coupons, option sur obligation, modèle de Heath-Jarrov-Morton.

NM228. Statistique des modèles mixtes (3 ECTS) (2^e semestre)

Professeur : M. Mesbah

mel : mounir.mesbah@upmc.fr

url : <http://www.lsta.upmc.fr/mesbah.html>

Objectifs de l'UE : Maîtriser les connaissances fondamentales pour l'étude des modèles mixtes.

Prérequis : Notions fondamentales de Probabilités et Statistique.

Thèmes abordés : 1. Du modèle linéaire à effets fixes au modèle mixte : variance dans un modèle mixte équilibré, méthode de Henderson, REML, utilisation des logiciels statistiques. 2. Du modèle linéaire à effets fixes au modèle linéaire généralisé : estimation et test, algorithme de Newton-Raphson, de Fisher. 3. Et au modèle linéaire généralisé à effets mixtes : estimation, quadrature de Gauss, EM Algorithme, Algorithmes stochastiques. 4. Modèles à variables latentes : analyse factorielle, modèles structurels pour variables latentes, modèles de Réponse qualitatives, régression. 5. Equations d'Estimation Généralisées : approche marginale, méthode de Liang et Zeger. 6. Modèles à effets aléatoires ou modèles bayésiens ?

NM229. Apprentissage statistique (3 ECTS) (2^e semestre)

Professeur : G. Biau

mel : gerard.biau@upmc.fr

url : <http://www.lsta.upmc.fr/biau.html>

Objectifs de l'UE : Acquérir les concepts et méthodes statistiques de l'apprentissage, dont l'importance s'est considérablement accrue au cours de la dernière décennie.

Prérequis : Notions fondamentales de Probabilités et Statistique.

Thèmes abordés : L'apprentissage désigne un vaste ensemble de méthodes et d'algorithmes permettant d'extraire l'information pertinente de données ou d'apprendre des comportements à partir d'exemples. Les applications de ce paradigme sont très nombreuses : recherche d'informations dans de grands ensembles de données (textes, d'images), biologie (reconstruction des réseaux génétiques, puces ADN)... Nous développerons essentiellement le cas de la classification binaire, qui a pour objectif de déduire d'un nombre fini d'observations indépendantes une "classification" de l'espace en deux domaines. Après définition d'un cadre théorique rigoureux, nous verrons comment réaliser cette estimation, quelle précision en attendre.

NM544. Fiabilité et statistique industrielle (3 ECTS) (2^e semestre)

Professeur : M. Broniatowski

mel : michel.broniatowski@upmc.fr

url : <http://www.lsta.upmc.fr/Broniatowski/index.html>

Objectifs de l'UE : Acquérir les concepts et méthodes avancés en fiabilité.

Prérequis : Notions fondamentales de Probabilités et Statistique.

Thèmes abordés : Fiabilité structurelle, classes de systèmes ; lois de probabilité adaptées à la fiabilité, taux de panne ; stabilité des lois sous formation de systèmes ; processus de Poisson homogènes et inhomogènes ; modèles de choc et approximation par processus de Poisson ; aspects statistiques : utilisation de la régression logistique ; processus de vie et de mort ; modèles de maintenance ; événements rares et méthodes numériques ; méthodes FORM et SORM ; importance sampling et splitting ; valeurs extrêmes et loi des petits nombres ; régression quantile ; exposés de cas pratiques.

8.6 Responsable et site

Responsable : Paul Deheuvels, Professeur à l'Université Paris 6,

Co-Responsable et contact : Gérard Biau, Professeur à l'Université Paris 6,
gerard.biau@upmc.fr

Secrétariat : Mme Lamart, Mail : lamart@ccr.jussieu.fr

Tél : 01 44 27 85 62 Fax : 01 44 27 33 42.

Adresse : Université Paris 6, 4 place Jussieu, Tour 15-25, 2ème étage
75005 Paris.

Chapitre 9

Le Master de Mathématiques et la Mobilité Internationale

9.1 Objectifs et descriptions

Nous partons d'un constat simple : les débouchés professionnels sont accrus pour les étudiants se présentant avec une première expérience internationale durant leur cursus universitaire. Les entreprises ont souvent des contacts internationaux et cherchent à bénéficier de l'expérience internationale des étudiants qu'elles prévoient d'employer. Par ailleurs, dans l'éducation nationale, enseigner en classe européenne est une tâche gratifiante et enrichissante. Quant à la recherche en mathématiques, elle s'appuie sur des collaborations internationales depuis fort longtemps. Pour les étudiants de Master il s'agit aussi d'enrichir leur cursus d'une expérience culturelle différente, de découvrir d'autres systèmes d'enseignement, d'autres visions des mathématiques ou bien d'autres sujets.

Le système LMD, grâce à l'introduction des ECTS et des semestres, a permis de structurer les échanges internationaux qui sont maintenant simples à organiser et s'appuient sur une offre variée. L'UPMC a par ailleurs mis en place une politique volontariste pour conseiller et accompagner les étudiants dans leur démarche de mobilité (http://www.upmc.fr/fr/international/mobilite_etudiante.html). Ce site est le premier à consulter pour organiser sa mobilité.

9.2 Les programmes Erasmus et M^2BP^2

L'UPMC dispose d'un réseau très dense d'accords Erasmus qui couvre la plupart des pays d'Europe. Les échanges sont particulièrement actifs avec l'Allemagne (Bonn, Berlin, Munich...), l'Espagne, la Grande-Bretagne, l'Italie. Cette liste n'est pas limitative et le coordinateur pédagogique benoit.perthame@upmc.fr est chargé d'aider l'étudiant dans le choix d'une université d'accueil une fois qu'il a établi, avec son tuteur, son profil, ses motivations et son programme d'étude. Pour en savoir plus consulter http://www.upmc.fr/fr/international/mobilite_etudiante/partez_en_europe_avec_erasmus.html.

Afin de faciliter les choix scientifiques le Master de Mathématiques propose

également un Programme International de Master M^2BP^2 . Ce programme offre des conditions matérielles facilitées aux étudiants décidant de passer un semestre ou une année entière à la ‘Universität Bonn’ ou à la ‘Universidad Autonoma de Madrid’. À Bonn, les cours de niveau Master sont enseignés en anglais selon la règle européenne : il suffit qu’un étudiant le demande au premier cours.

Au niveau M1, l’étudiant trouvera dans ces deux universités un ensemble de cours de haut niveau sur des thématiques très proches de celles enseignées à l’UPMC. Il pourra ainsi organiser sa mobilité internationale dans des conditions simplifiées en bénéficiant d’une reconnaissance par un complément de diplôme. Le décalage des années universitaires en Allemagne permet aussi d’envisager un ‘semestre d’été’ à Bonn (avril–juillet).

Au niveau M2, l’étudiant pourra organiser, selon sa spécialité, un parcours spécifique à décider avec le responsable de sa spécialité ou son tuteur.

9.3 Les accords internationaux

L’UPMC propose également des accords avec de nombreuses universités en dehors du périmètre européen. Les plus actifs concernent

- L’Amérique avec les accords MICEFA et TASSEP qui couvrent de nombreuses destinations en Amérique du Nord. Des accords spécifiques sont aussi signés avec diverses université d’Amérique du Sud et du Nord, par exemple The University of Chicago et Brown University aux niveaux L3 et M. Pour en savoir plus http://www.upmc.fr/fr/international/mobilite_etudiante/partez_etudier_aux_usa_avec_la_micefa.html.
- L’Asie où des accords d’échanges sont signés avec Singapour, Taiwan.
- Un accord spécifique avec la Shanghai Jiao Tong University est spécifique aux mathématiques, spécialité Mathématiques de la modélisation voir <http://math.sjtu.edu.cn/index.shtm>

9.4 BIMM : Biologie Informatique Modélisation Mathématique

En partenariat avec l’*Université Libre de Bruxelles* ce PIM interdisciplinaire s’appuie sur l’expérience de différents centres de recherche de l’UPMC et de ses partenaires internationaux en bioinformatique, biomathématique et modélisation pour proposer une formation liée aux enjeux de la biologie et de la médecine qui engendrent des besoins nouveaux à l’interface avec l’informatique et les mathématiques : analyses de données complexes, outils de modélisation approfondis.

L’étudiant s’inscrit au master de mathématiques. Au premier semestre de M1 l’étudiant suit les UE couplées de 6ECTS chacune : Systèmes dynamiques discrets et continus en biologie et médecine (Master de Mathématiques) et Algorithmes sur les graphes et arbres en bioinformatique (BIM). Il la complète par une unité du Master de Mathématiques (à choisir avec le responsable pédagogique) et l’unité de langue.

Au second semestre de M1, l'étudiant suit les unités (6ECTS chacune) 'Modèle mathématiques en neurosciences' et 'Statistiques en bioinformatique et algorithmes sur les séquences' et les complète par des unités de Mathématiques choisies avec son responsable pédagogique.

Des parcours spécifiques permettent de poursuivre en M2 : Mathématiques Appliquées à la Biologie et à la Médecine du master de Mathématiques (page 76) (Modélisation et Probabilité).

9.5 Responsables et sites

- Responsable pédagogique de la mobilité : benoit.perthame@upmc.fr

- M^2BP^2 : lerouxf@math.jussieu.fr (Frédéric Le Roux)

http://www.upmc.fr/fr/international/programmes_internationaux_de_master/programmes_internationaux_de_master/master_mathematiques.html

- *BIMM*

site : http://www.upmc.fr/fr/international/programmes_internationaux/programmes_internationaux_de_master/bioinformatique_biomathematiques_et_modelisation.html

Responsable : benoit.perthame@upmc.fr

Chapitre 10

Spécialité Éducation et formation, section CAPES

10.1 Objectifs et description

Cette spécialité prépare au métier de professeur de mathématiques dans le second degré en alliant formation disciplinaire et formation professionnelle.

Elle permet aux étudiants :

- de préparer les concours du CAPES et du CAFEP dans de bonnes conditions ;
- d'acquérir, d'approfondir et de consolider un large spectre de connaissances mathématiques, toutes exigibles d'un futur enseignant ;
- de se préparer à leur futur métier en particulier à l'aide d'unités de didactique, de stages et d'ateliers de pratiques professionnelles proposés dès le M1 en partenariat avec l'IUFM de Paris.

10.2 Organisation

Niveau M1 : 60 ECTS

4 UE de mathématiques de 9 ECTS,

1 stage de recherche sous forme de TER (6 ECTS),

18 ECTS à obtenir avec

1 UE d'utilisation pédagogique des TICE (3 ECTS)

1 UE de stage (6 ECTS)

1 UE à option : Physique pour l'enseignement des mathématiques ou Anglais pour l'enseignement des mathématiques ou TICE 2 (3 ECTS),

1 UE d'histoire des sciences mathématiques (3 ECTS),

1 UE de didactique (3 ECTS).

Passerelles. Les étudiants inscrits dans la spécialité *Éducation et formation* pourront suivre des *UE fondamentales* du M1 de mathématiques. Ceci doit laisser la possibilité à un étudiant engagé dès le M1 dans la spécialité *Éducation et formation* de changer d'orientation.

Niveau M2 : 60 ECTS

2 UE de mathématiques de 12 ECTS chacune,

2 UE de préparation à l'oral de mathématiques de 6 ECTS chacune,

24 ECTS à obtenir avec

1 UE à option : Physique pour l'enseignement des mathématiques ou Anglais pour l'enseignement des mathématiques ou Usage de la langue française dans l'enseignement des mathématiques ou TICE 2 (3 ECTS),

1 UE d'histoire des sciences mathématiques (3 ECTS),

1 UE de didactique (3 ECTS),

1 UE pour la préparation à la deuxième partie de l'épreuve sur dossier, et le stage en établissement (15 ECTS).

L'évaluation des étudiants, au niveau M1 comme au niveau M2, sera faite par des modes adaptés à la préparation à un concours et comportera notamment des colles et des concours blancs.

10.3 Liste et description des UE

Rappelons tout d'abord quelques éléments quantitatifs.

Une UE de 12 ects : environ 120 heures d'enseignement pour les étudiants.

Une UE de 9 ects : environ 100 heures d'enseignement pour les étudiants.

Une UE de 6 ects : environ 50 heures d'enseignement pour les étudiants.

Une UE de 3 ects : environ 20 heures d'enseignement pour les étudiants.

Liste des UE

La partie proprement mathématique de cette spécialité comporte 42 ECTS sur 60 en M1 et 36 ECTS sur 60 en M2, soit un ratio de

$$\frac{42 + 36}{120} = 65\%,$$

très proche des deux tiers souhaités.

TAB. 10.1 – Liste des UE pour le M1, Spécialité Formation et éducation

INTITULÉ	SEMESTRE	CODE	ECTS
Algèbre et géométrie 1	1	MME01	9
Analyse et probabilités 1	1	MME02	9
Algèbre et géométrie 2	2	MME09	9
Analyse et probabilités 2	2	MME10	9
TER (travaux d'étude et de recherche, stage de recherche)	2	MM045	6
Option : Physique... ou Anglais... ou TICE 2	1	MME08 MME07 MME06	3
Techniques informatiques de communication pour l'enseignement (TICE 1)	1	MME03	3
Stage en établissement	2	MME12	6
Histoire des sciences mathématiques 1	1	MME04	3
Enseigner les mathématiques en collège et en lycée 1 (Didactique 1)	1	MME05	3
TOTAL			60

TAB. 10.2 – Liste des UE pour le M2, Spécialité Formation et éducation

INTITULÉ	SEMESTRE	CODE	ECTS
Algèbre et géométrie 3	1	NME01	12
Analyse et probabilités 3	1	NME02	12
Préparation à l'oral de mathématiques 1	2	NME05	6
Préparation à l'oral de mathématiques 2	2	NME06	6
Option : Physique... ou Anglais... ou TICE 2 ou Français...	1	MME08 MME07 MME06 NME04	3
Histoire des sciences mathématiques 2	1	NME03	3
Enseigner les mathématiques en collège et en lycée 2 (Didactique 2)	2	NME07	3
Connaissance du système éducatif, pédagogie et stage	2	NME08	15
TOTAL			60

Description des UE

MME01. Algèbre et géométrie 1 (9 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Leonardo Zapponi

mel : leonardo.zapponi@upmc.fr

<http://www.math.jussieu.fr/~zapponi>

Objectifs de l'UE : L'objectif est d'acquérir, d'approfondir et de consolider un spectre très large de connaissances mathématiques aussi bien en géométrie, algèbre, arithmétique, qui sont toutes exigibles d'un futur enseignant. Il s'agira bien entendu d'établir les liens profonds qui unissent tous ces domaines des mathématiques et de présenter aussi leur histoire et les relations qui ont toujours existé avec les autres sciences (physique et biologie en particulier). Cela permettra à l'étudiant de prendre du recul, de réorganiser ses connaissances et de les relier entre elles.

Prérequis : Licence de mathématiques.

Thèmes abordés : ensembles, groupes, anneaux, corps, algèbre linéaire.

MME02. Analyse et probabilités 1 (9 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Laurent Lazzarini

mel : laurent.lazzarini@upmc.fr

<http://people.math.jussieu.fr/~lazzarin/>

Objectifs de l'UE : L'objectif est d'acquérir, d'approfondir et de consolider un spectre très large de connaissances mathématiques en analyse, probabilités et statistique, qui sont toutes exigibles d'un futur enseignant. Il s'agira bien entendu d'établir les liens profonds qui unissent tous ces domaines des mathématiques et de présenter aussi leur histoire et les relations qui ont toujours existé avec les autres sciences (physique et biologie en particulier). Cela permettra à l'étudiant de prendre du recul, de réorganiser ses connaissances et de les relier entre elles.

Prérequis : Licence de mathématiques, et une unité de probabilités (LM231 ou LM345 ou LM390).

MME09. Algèbre et géométrie 2 (9 ECTS) (2nd semestre)

Professeur : Éric Balandraud

mel : eric.balandraud@upmc.fr

<http://people.math.jussieu.fr/~balandraud/PageEric.html>

Objectifs de l'UE : Cette unité est la suite de celle du premier semestre. En outre, 3 concours blancs seront organisés et accessibles aux étudiants de M2 non admissibles à l'écrit du concours et souhaitant repréparer l'écrit au plus tôt.

Prérequis : Licence de mathématiques.

MME10. Analyse et probabilités 2 (9 ECTS) (2nd semestre)

Professeur : Arnaud Chadozeau

mel : arnaud.chadozeau@paris.iufm.fr

Objectifs de l'UE : Cette unité est la suite de celle du premier semestre. En outre, 3 concours blancs seront organisés et accessibles aux étudiants de M2 non admissibles à l'écrit du concours et souhaitant repréparer l'écrit au plus tôt.

Prérequis : Licence de mathématiques, et une unité de probabilités (LM231, LM345 ou LM390).

MM045.Travail Encadré de Recherche, Stage de recherche (6 ECTS) (2nd semestre)

Professeur : Yvon maday

mel : yvon.maday@upmc.fr

<http://www.ann.jussieu.fr/~maday/>

Objectifs de l'UE : Les étudiants auront à préparer un TER comme ceux du master de mathématiques, selon les mêmes modalités, mais les sujets seront adaptés à leur parcours professionnel.

MME03.TICE 1 (3 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Thierry Marchand

mel : thierry.marchand@upmc.fr

<http://lutes.upmc.fr/c2i/marchand/>

Objectifs de l'UE : Dans cette unité, l'étudiant apprend à utiliser, dans le cadre de son futur enseignement dans le secondaire, les calculatrices graphiques, programmables, des logiciels de géométrie dynamique, tableurs, etc. L'utilisation des TICE dans l'enseignement des mathématiques est un objectif affirmé et permanent dans l'ensemble des programmes du collège et du lycée. En mathématiques, l'apprentissage de la calculatrice commence dès l'école primaire au niveau du calcul numérique. Cet apprentissage est poursuivi au collège et au lycée avec des compétences plus diversifiées (programmation, graphique, statistiques), en parallèle avec l'utilisation de l'informatique. Le développement de ces compétences fait partie des programmes. L'objectif est ici de permettre aux étudiants de maîtriser les différentes fonctions des calculatrices graphiques et programmables (TI ou Casio) et de savoir utiliser sur ordinateurs des logiciels spécifiques (géométrie dynamique tableur, voir liste des logiciels autorisés à l'oral du CAPES) pour une utilisation dans le cadre de la résolution de problèmes mathématiques. Au cours des deux séances de synthèse, sont testées les capacités des étudiants à utiliser la calculatrice et les logiciels sur ordinateur au travers de résolutions de problèmes.

MME06. TICE 2 (3 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Thierry Marchand

mel : thierry.marchand@upmc.fr

<http://lutes.upmc.fr/c2i/marchand/>

Objectifs de l'UE : L'objectif est de permettre aux étudiants d'acquérir une partie des compétences du C2i, niveau 2 enseignant, en particulier celles relevant des domaines B1 (réseau avec l'utilisation des outils de travail collaboratif), B2 (Conception et préparation de contenus d'enseignement et de situations d'apprentissage) et B3 (Mise en œuvre pédagogique) en liaison avec l'UE NME08. Les étudiants s'entraîneront à utiliser les logiciels au programme de l'oral du CAPES de mathématiques. Ils apprendront par ailleurs à utiliser les ressources numériques pour l'enseignement : bases d'exercices en ligne (Euler, Mathenpoche), classes WIMS. Ils

seront conduits à manipuler différents outils (tableau numérique, plateforme de cours en ligne, boîtiers de réponses) lors d'une production collective, par petits groupes.

Prérequis : compétences du C2i niveau 1.

MME07. Anglais pour l'enseignement des mathématiques (3 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Renaud Chorlay

mel : renaud.chorlay@paris.iufm.fr

Objectifs de l'UE : Modes d'enseignement des mathématiques en anglais au collège et au lycée. Conformément aux objectifs de l'enseignement DNL (Discipline Non Linguistique), une place centrale sera accordée à la maîtrise de la langue et à l'oral. Cette unité optionnelle, proposée aussi en option en M2, prépare à la certification complémentaire DNL (ouverte aux enseignants titulaires).

Prérequis : un test d'anglais pourra conditionner l'inscription à cette unité.

Thèmes abordés : Appropriation du lexique relatif à la classe et au milieu scolaire. Notions sur le système scolaire britannique.

Appropriation du lexique relatif aux notions mathématiques : nombres, formules, géométrie, algèbre, probabilités et statistiques, argumentation et raisonnement.

Conception de séquences d'enseignement en langue anglaise.

Connaissance des ressources pédagogiques (manuels scolaires britanniques, sites, ressources pour les enseignants, banques de problèmes ouverts).

Connaissance du cadre institutionnel français relatif aux sections européennes et à la DNL.

MME04. Histoire des sciences mathématiques 1 (3 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Alexandre Guilbaud

mel : alexandre.guilbaud@upmc.fr

Objectifs de l'UE : Après une chronologie d'ensemble de l'évolution des mathématiques, on se penchera sur l'expérience mathématique dans quatre domaines : l'arithmétique et l'algèbre, la géométrie, l'analyse, les mathématiques appliquées, avec comme objectif, l'étude de la manière dont on a conçu, développé, utilisé des concepts comme celui de nombre, d'espace, de fonction, d'applications, à différentes époques... L'étude d'extraits de textes originaux (éventuellement traduits) sera une composante importante des modules, car elle seule permet de bien appréhender l'évolution de ces notions fondamentales dans leur contexte et de mettre en valeur les liens entre théorie et pratique en mathématiques.

MME05. Enseigner les mathématiques en collège et en lycée 1 (3 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Michèle Déprez

mel : michele.deprez@paris.iufm.fr

Objectifs de l'UE : Il s'agit de sensibiliser les étudiants aux difficultés d'apprentissage et à l'analyse d'erreur par une approche épistémologique des notions. On abordera la question de la transposition entre les savoirs mathématiques et les savoirs enseignés au collège et au lycée, la notion de progressions sur le cycle d'un

thème donné. On s'intéressera à l'évolution des programmes, à la comparaison de séquences à partir de l'analyse de manuels. Des séquences d'enseignement seront élaborées étayant les différentes démarches d'enseignement.

Thèmes abordés : Enseignement de l'arithmétique, de l'algèbre et de la géométrie au collège, liens avec l'unité TICE 1, liaison école-collège.

MME12. Stage en établissement (6 ECTS) (2nd semestre)

Professeur : Michèle Déprez

mel : michele.deprez@paris.iufm.fr

Objectifs de l'UE : Il est important que les étudiants fassent un stage dès le M1. Ce stage commencera en S1 (pour permettre la reconversion éventuelle en fin de S1) mais sera évalué en S2. Il s'agira d'un stage filé, les étudiants iront successivement en collège, lycée, lycée professionnel, en zep ou pas.

Ce stage comprendra un volet "enquête et observation" où les étudiants iront dans un établissement à la rencontre des différents acteurs afin de mieux en comprendre le rôle.

Il comprendra également deux volets "pratique accompagnée", l'un se déroulant en collège et le second en lycée ; ces deux volets seront étayés par des séances d'analyse de pratique professionnelle, encadrés par le titulaire de la classe et un enseignant formateur. Présent dans la classe d'un professeur, l'étudiant suivra la vie d'une classe durant plusieurs semaines. Il pourra ainsi progressivement développer des compétences d'analyse de séquences d'enseignement, mener une première réflexion sur la gestion d'une classe, se familiariser aux différents thèmes abordés au collège et au lycée, et voir de quelle façon ils sont déclinés aux différents niveaux.

L'étudiant sera également sensibilisé à l'importance de développer des partenariats extérieurs : participation à la *Fête de la Science*, utilisation des ressources du *Palais de la Découverte*, organisation de rallyes, etc.

MME08. Physique pour l'enseignement des mathématiques (3 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Damien Simon

mel : damien.simon@upmc.fr

<http://www.nsup.org/~dsimon/>

Objectifs de l'UE : Permettre au futur professeur de mathématiques d'utiliser ses connaissances de Licence en physique pour illustrer son cours, et de réfléchir sur la nécessaire articulation des différentes disciplines scientifiques, et la mise en œuvre des thèmes de convergence au collège et des TPE au lycée : mouvement des planètes, étude du pendule. . .

Cette unité optionnelle est proposée aussi en option en M2.

NME01. Algèbre et géométrie 3 (12 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Emmanuel Ferrand

mel : emmanuel.ferrand@upmc.fr

<http://www.math.jussieu.fr/~ferrand/>

Objectifs de l'UE : L'unité se compose de deux sous-unités de 9 et 3 ECTS respectivement. L'objectif de la première qui se déroulera jusqu'à l'écrit du concours,

est de :

- renforcer l'efficacité des candidats dans les épreuves écrites, par un entraînement intensif à une rédaction rigoureuse, claire et précise des raisonnements mathématiques ;
- apprendre, sur chaque thème, les "grands classiques", les exercices incontournables que l'on retrouve avec une forte probabilité dans des sujets de concours (exemple : théorie des polynômes orthogonaux) ;
- revoir les notions les plus délicates du programme d'algèbre et géométrie, combler les lacunes mises à jour par la pratique ci-dessus. Mais il ne s'agira que de compléments de cours, car toutes les notions auront été couvertes en profondeur en M1.

Après l'écrit du concours, les étudiants apprendront à concevoir des progressions et des séquences d'enseignement sur les différents thèmes abordés au collège et au lycée, dans le but de commencer à préparer la partie disciplinaire de l'oral 2.

Prérequis : Master Éducation et Formation première année.

NME02. Analyse et probabilités 3 (12 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Béatrice de Tilière

mel : beatrice.de_tiliere@upmc.fr

<http://proba.jussieu.fr/~detiliere/>

Objectifs de l'UE : L'unité se compose de deux sous-unités de 9 et 3 ECTS respectivement. L'objectif de la première qui se déroulera jusqu'à l'écrit du concours, est de :

- renforcer l'efficacité des candidats dans les épreuves écrites, par un entraînement intensif à une rédaction rigoureuse, claire et précise des raisonnements mathématiques,
- apprendre, sur chaque thème, les "grands classiques", les exercices incontournables en analyse, probabilités et statistique, que l'on retrouve avec une forte probabilité dans des sujets de concours.
- revoir les notions les plus délicates du programme d'en analyse, probabilités et statistique, combler les lacunes mises à jour par la pratique ci-dessus. Mais il ne s'agira que de compléments de cours, car toutes les notions auront été couvertes en profondeur en M1.

Après l'écrit du concours, l'unité préparera à la première épreuve d'oral du concours, sous la forme par exemple de compléments de cours réinvestis par les étudiants sous forme de leçons.

Prérequis : Master Éducation et Formation première année.

NME03. Histoire des sciences mathématiques 2 (3 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Alexandre Guilbaud

mel : alexandre.guilbaud@upmc.fr

Objectifs de l'UE : Après des rappels mettant l'accent sur l'histoire de l'enseignement des notions étudiées en M1, le cours sera organisé autour d'exposés par les étudiants. Ces exposés seront destinés à préparer l'utilisation d'une perspective historique et culturelle dans les épreuves orales du CAPES.

Prérequis : avoir suivi le cours "Histoire des sciences mathématiques 1", ou à défaut, un cours d'introduction à l'histoire des mathématiques.

**NME07. Enseigner les mathématiques en collège et en lycée 2 (3 ECTS)
(2nd semestre)**

Professeur : Françoise Bourhis-Lainé

mel : bourhis-laine@paris.iufm.fr

Objectifs de l'UE : Cette unité repose sur l'analyse d'exercices et la conception de séquences d'enseignement en lien avec l'analyse, les probabilités et les statistiques dans les programmes du secondaire. Elle se fera en lien étroit avec les unités disciplinaires et l'histoire des sciences ; elle donnera lieu à des éclairages didactiques, on abordera la question de la transposition entre les savoirs mathématiques et les savoirs enseignés au collège et au lycée. Des séquences d'enseignement seront élaborées étayant les différentes démarches d'enseignement. On prendra en compte la gestion de la différenciation.

Prérequis : avoir suivi l'unité "Enseigner les mathématiques en collège et en lycée 1".

Thèmes abordés : enseignement de l'analyse, des statistiques et des probabilités, pluridisciplinarité, liaison troisième-seconde, et Terminale-Post baccalauréat, lien avec l'unité TICE 2.

**NME08. Connaissance du système éducatif, pédagogie et stage (15 ECTS)
(2nd semestre)**

Professeurs : Anne Bilgot et Françoise Bourhis-Lainé

mel : anne.bilgot@paris.iufm.fr - bourhis-laine@paris.iufm.fr

Objectifs de l'UE : L'unité se découpe en deux sous-unités.

Connaissance du système éducatif (1/5).

Cette unité a pour objectif d'apporter aux étudiants les connaissances nécessaires sur les institutions du système éducatif, sur les différents acteurs et leurs rôles ainsi que sur le public des élèves. L'étudiant apprend ce qu'est agir en fonctionnaire de l'État de façon éthique et responsable, à organiser le travail en classe, à prendre en compte la diversité des élèves, à évaluer ces derniers, à travailler en équipe, à coopérer avec les parents et les différents partenaires de l'établissement, à se former et innover... L'unité sera composée de conférences et d'analyses de situations avec des interventions de professeurs de terrain. Par ailleurs, des conférences assurées par un professeur de droit administratif seront proposées aux étudiants, ainsi que des conférences abordant la partie juridique préparant au C2i2e. L'unité prépare à la partie non disciplinaire de l'oral 2 du concours.

Stage et mémoire professionnel (4/5).

L'unité propose un stage de pratique accompagnée, organisé par l'IUFM de Paris. Les étudiants travaillent en collaboration avec le professeur titulaire de la classe pour concevoir et mettre en œuvre des séances d'apprentissage. Ces séances sont préparées et suivies d'un travail d'analyse portant à la fois sur les contenus enseignés et la démarche suivie ainsi que sur la gestion de la classe. Le travail d'accompagnement peut comporter des moments de travail individuel ou en groupe restreint. Il comprend une aide à la détermination d'un sujet de mémoire. Les étudiants seront en binôme.

Production écrite personnelle, le mémoire professionnel associe une problématique pédagogique à des éclairages théoriques, enrichis de l'expérience acquise par l'étudiant au cours de son stage. Le mémoire professionnel fait l'objet d'une soutenance orale

individuelle devant un jury. La soutenance comprend un exposé de l'étudiant et un entretien avec le jury. Chaque étudiant bénéficie d'un suivi par un directeur de mémoire qui encadre et facilite son travail.

NME04. Usage de la langue française dans l'enseignement des mathématiques (3 ECTS) (1er semestre)

Professeur : Françoise Bourhis-Lainé

mel : bourhis-laine@paris.iufm.fr

Objectifs de l'UE : Partant du constat que les difficultés des élèves et des futurs professeurs face à un problème de mathématiques proviennent souvent d'un problème de français, cette unité proposera un travail à la fois sur l'usage de la langue française pour l'étudiant en situation d'enseignement (expression claire et précise adaptée à ses interlocuteurs) mais aussi un travail de repérage des lieux de difficulté pour les élèves dans la compréhension et l'usage du vocabulaire scientifique. Un des objectifs sera aussi d'élaborer des séances d'enseignement visant au développement de l'expression orale et écrite des élèves (débat scientifique, argumentation, démonstrations...)

NME05. Préparation à l'oral de mathématiques 1 (6 ECTS) (2nd semestre)

Professeur : Laurent Lazzarini

mel : laurent.lazzarini@upmc.fr

<http://people.math.jussieu.fr/~lazzarin>

Objectifs de l'UE : Cette unité prépare à la première épreuve d'oral du concours, sous la forme de leçons présentées par les étudiants.

NME06. Préparation à l'oral de mathématiques 2 (6 ECTS) (2nd semestre)

Professeur : Jacques Ligeret

mel : jacques.ligeret@orange.fr

Objectifs de l'UE : Les étudiants concevront des progressions et des séquences d'enseignement sur les différents thèmes abordés au collège et au lycée. En plus du choix des activités, une réflexion sera menée sur leur mise en œuvre. Cette unité prépare à la partie disciplinaire de l'oral 2 du concours.

10.4 Responsable et site

Emmanuel Ferrand sera le responsable de la spécialité *Éducation et formation*.

e-mail : emmanuel.ferrand@upmc.fr

site : <http://www.master.math.upmc.fr/edu>

Emmanuel Ferrand sera le responsable de la deuxième année et Alain Kraus de la première.

Secrétariat : Mme Juliette Rasa

juliette.rasa@upmc.fr Bureau C106 - Tél. 01 44 27 54 49

Le site du master de mathématiques : <http://www.master.math.upmc.fr>

Chapitre 11

Spécialité Éducation et Formation, section Agrégation

11.1 Objectifs

La préparation à l'agrégation de mathématiques a un triple objectif : consolider les connaissances acquises par les étudiants jusqu'en M1, en couvrant un large spectre des mathématiques ; préparer les étudiants à passer dans les conditions les plus favorables le concours de l'agrégation de mathématiques ; les former au métier d'enseignant, tant en lycée qu'en classes préparatoires.

Il s'agit, pour les étudiants non déjà titulaires d'un M2, d'une formation diplômante : le jury délibérera suffisamment tôt pour permettre la délivrance du Master Education et formation aux lauréats avant la publication de la liste d'admissibilité à l'agrégation.

11.2 Débouchés professionnels

Insertion professionnelle

Enseignement des mathématiques dans les lycées, classes préparatoires, premières années de l'enseignement supérieur.

Poursuite d'études

Doctorat : carrière de chercheur dans des entreprises ou de grands organismes de recherche, carrière universitaire d'enseignant-chercheur.

11.3 Organisation

La préparation à l'agrégation de mathématiques se déroule en un an, en deuxième année du Master Education et Formation. Elle comprend :

— une solide préparation aux épreuves d'écrit, couvrant l'essentiel du programme d'algèbre, de géométrie et d'analyse du concours ; ces cours sont complétés par des travaux dirigés et par des interrogations individuelles (colles) permettant de s'assurer que les notions essentielles ont été bien assimilées ;

— une préparation à l’oral, consistant d’une part en des cours ou leçons présentées par les enseignants, d’autre part en des leçons confiées aux étudiants, mais dont le plan est préparé en concertation avec les enseignants pour en améliorer la qualité ;
— une préparation aux options Probabilités, Calcul Scientifique, Algèbre et Calcul formel, incluant des travaux pratiques sur ordinateur, et également des présentations de texte confiées aux étudiants.

— l’organisation régulière d’épreuves écrites (concours blancs), et d’oraux blancs, permettant aux étudiants de se confronter aux conditions réelles du concours.

Une série de conférences préparatoires à l’épreuve : “Agir en fonctionnaire de l’Etat et de façon éthique et responsable” sera proposée. Enfin les étudiants pourront, au cours de leur année, obtenir le certificat de compétences en langues (CLES2) et le certificat de compétences en informatique et Internet (C2I2E) requis en cas de succès au concours pour pouvoir être nommés fonctionnaires stagiaires. Noter qu’une circulaire parue en début d’année institue que l’épreuve de langues de M1 réussie sans compensation dispense du CLES2.

11.4 Publics visés, prérequis

La sélection des candidats admis à la préparation à l’agrégation se fait sur dossier. Une formation solide en mathématiques, du niveau de la première année de Master de mathématiques de l’UPMC ou d’un Capes de mathématiques est exigée.

11.5 Liste et description des UE de la section

INTITULÉ	SEMESTRE	CODE	ECTS
Préparation à l’écrit d’algèbre	1	————	15
Préparation à l’écrit d’analyse	1	————	15
Préparation à l’oral d’algèbre	2	————	9
Préparation à l’oral d’analyse	2	————	9
Préparation à l’oral d’option	2	————	12
TOTAL			60

Les cours sont communs à tous les étudiants, qu’ils soient dispensés ou non de la validation du M2 Éducation et Formation.

11.6 Déroulement du concours

Les candidats intéressés sont invités à prendre connaissance des rapports du Jury de l’agrégation de Mathématiques : <http://agreg.org/Rapports/index.html>, qui décrivent parfaitement les modalités du concours.

Le programme actualisé de l'agrégation de Mathématiques est disponible sur le site du Ministère de l'Éducation Nationale : <http://www.education.gouv.fr/pid63/siac2.html> (suivre programmes des concours du second degré de la session 2013).

11.7 Responsable et site

Responsable de la section Préparation à l'agrégation :

Pierre-Vincent Koseleff (koseleff@math.jussieu.fr)

Secrétariat : Mme Nicole Abrahamian

nicole.abrahamian@upmc.fr Bureau C104 - Tél : 01 44 27 53 38

Site de la préparation à l'agrégation : http://www2.master.math.upmc.fr/fr/educ_formation/section_agregation.html

Site du Master de mathématiques : <http://www.master.math.upmc.fr>

Chapitre 12

Renseignements administratifs

12.1 Services pratiques

Services pratiques

<p>Service de la scolarité centrale : Paiement des droits universitaires, délivrance de la carte d'étudiant, délivrance des diplômes Université Pierre et Marie Curie - Paris 6 - Service de la Scolarité 4, place Jussieu 75252 Paris cedex 05</p> <p>scolaritecentrale@upmc.fr</p>	<p>http://www.upmc.fr/fr/formations/inscriptions_scolarite.html</p>
<p>Bureau des bourses Scolarité centrale tel : 01 44 27 33 10</p>	<p>http://www.upmc.fr/fr/vie_des_campus/bourse_s.html</p>
<p>Etudier à l'étranger 1^{er} étage – bureau 107 – Parvis - Bâtiment scolarité Tél. : + 33 (0)1 44 27 73 49 Fax : + 33 (0)1 44 27 26 80</p>	<p>http://www.upmc.fr/fr/international/mobilite_et_udiante.html</p>
<p>Accueil et accompagnement des étudiants handicapés BAT 41 – Rez-de-chaussée - pièce 16 - Boîte courrier 146 4, place Jussieu 75252 PARIS CEDEX O5 Relais handicap santé 01 44 27 75 15 & 46 31</p>	<p>http://www.upmc.fr/fr/vie_des_campus/handicap.html</p>
<p>Médecine préventive SUMPPS Barre 54/64 RdC - boîte courrier 193 4, Place Jussieu 75252 PARIS Cedex 05 smp6@upmc.fr 01 40 51 10 00</p>	<p>http://www.upmc.fr/fr/vie_des_campus/sante_et_solidarite/sumpps.html</p>
<p>Information et orientation C.A.I.O. Tour 53/54 au 1er étage 4, Place Jussieu 75252 Paris cedex 05 caio@upmc.fr Tel 01 44 27 33 66 ou 39 70</p>	
<p>Bibliothèques Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu Tour 53/43 - 5ème étage - boîte courrier 192 4, Place Jussieu 75252 PARIS Cedex 05</p>	<p>http://www.upmc.fr/fr/universite/bibliotheque.html</p>

12.2 Imprimés

Imprimés

<p>Demande d'annulation d'inscription / Demande de remboursement des droits universitaires S'adresser à la scolarité administrative de votre département de formation</p>	<p>http://www.upmc.fr/fr/formations/inscriptions_scolarite/annulation_d_inscription.html</p>
<p>Demande de diplôme Licence ou Master obtenu en 2008, un courrier est adressé à chaque diplômé l'informant de la mise à disposition au bureau de la scolarité centrale. Munissez-vous d'une pièce d'identité. Si vous ne pouvez pas vous déplacer, téléchargez le document suivant : demande de diplômes Licence, Master ou autres</p>	<p>http://www.upmc.fr/fr/formations/inscriptions_scolarite/demande_de_diplome_notes.html</p>
<p>Demande de transfert pour l'UPMC Vous avez obtenu un avis favorable à votre acte de candidature et venez d'une autre université téléchargez le formulaire d'arrivée</p>	<p>http://www.upmc.fr/modules/resources/download/default/d_formation/d_scol/transfertarrivee.pdf http://www.upmc.fr/contributor/resources/download/default/formation/inscriptions_scolarite/20082009_transfertarrivee.pdf http://www.upmc.fr/fr/formations/inscriptions_scolarite/demande_de_transfert.html</p>
<p>Demande de transfert vers un autre établissement Vous quittez l'UPMC pour un autre établissement téléchargez le formulaire de départ</p>	<p>http://www.upmc.fr/modules/resources/download/default/d_formation/d_scol/transfertdepart.pdf http://www.upmc.fr/fr/formations/inscriptions_scolarite/demande_de_transfert.html</p>
<p>Demande de relevés de notes Adressez vous à votre scolarité de mention. Scolarité administrative du master sciences et technologies mention mathématiques et applications</p>	

12.3 Scolarité

Scolarité

Maison de la Pédagogie

Responsable administrative du master	Faouzia BESSEDDIK faouzia.besseddik@upmc.fr bureau C110 - tél. 01 44 27 37 56
Inscriptions administratives Master 1 et 2	Amina HAMADI amina.hamadi@upmc.fr bureau C112 - tél. 01 44 27 74 33
Inscriptions pédagogiques Master 1	Mathilde BESNARD mathilde.besnard@upmc.fr bureau C112 - tél. 01 44 27 37 56
Télé-Sciences 6 - Formations Ouvertes et A Distance	Bruno DEHAINAULT bruno.dehainault@upmc.fr bureau B114 - Tél. 01 44 27 62 34
Master 2 Education et Formation section agrégation	Nicole ABRAHAMIAN nicole.abrahamian@upmc.fr Bureau C104 - Tél : 01 44 27 53 38
Master1 et 2 Education et Formation section CAPES	Juliette RASA juliette.rasa@upmc.fr Bureau C106 - Tél. 01 44 27 54 49

UFR de Mathématiques

Master 2 Spécialité « Mathématiques fondamentales »	Laurence DREYFUSS laurence.dreyfuss@upmc.fr Tour 15-25 1 ^{er} étage - bureau 109 – Tél. 01 44 27 85 45
Master 2 Spécialité « Statistiques »	Louise LAMART louise.lamart@upmc.fr Tour 15-25 2 ^{ème} étage bureau 26 – Tél. : 01 44 27 85 62
Master 2 Spécialités « Probabilité et modèles aléatoires » et « probabilités et finance »	Josette SAMAN josette.saman@upmc.fr Tour 16-26 1 ^{er} étage bureau 08 – Tél. : 01 44 27 53 20
Master 2 Spécialités « Mathématiques de la modélisation » et « Ingénierie mathématique »	Francelise LACRAMPE lacrampe@ann.jussieu.fr Tour 15-25 1 ^{er} étage bureau 107 – Tél. : 01 44 27 51 14

Les informations concernant votre scolarité (horaires et salles de cours, résultats d'examens) sont disponibles sur les tableaux d'affichage dans les couloirs des différents secrétariats pédagogiques.

Les autres (modification d'un cours, absence d'un enseignant, etc.) sont envoyées par courrier électronique (adresse mail de l'Université - nom@etu.upmc.fr)

Adresse Postale administration du master de mathématiques :: Université Pierre et Marie Curie - Département du master de mathématiques et applications - Case Courrier 202 - 4, place Jussieu - 75252 Paris Cedex 05 =

12.4 Inscription

Inscriptions

Les inscriptions se font en **deux étapes** distinctes et successives. Elles sont **obligatoires** pour pouvoir se présenter aux examens.

L'inscription administrative : délivrance de la carte d'étudiant par la Scolarité centrale.

L'inscription pédagogique : choix du parcours et des unités d'enseignements (UE) auprès des Secrétariats Pédagogiques.

Inscription administrative

Prérequis

Obtention de la Licence de mathématiques.

Unités d'enseignements « isolées »

L'inscription administrative en UE isolées de M1 est conditionnée à l'accord du responsable de la formation. Elle est proposée à des étudiants qui ne souhaitent pas obtenir le Master mais seulement se spécialiser dans un domaine, ou qui n'ont pas encore obtenu la Licence. **Le nombre d'ECTS est limité à 24 pour l'année universitaire.**

Les étudiants inscrits en Licence et qui obtiendraient les 180 ECTS à la fin du 1er semestre du L3 pourront s'inscrire pour le 2e semestre à un contrat de 30 ECTS de M1 avec l'accord du responsable de M1.

Pour faire la demande d'inscription en UE isolées, Vous devrez fournir la [fiche d'inscription](#)

(http://www.upmc.fr/fr/formations/inscriptions_scolarite/inscription_en_uei.html)

remplie et signée à votre scolarité administrative, accompagnée des pièces justificatives suivantes : copie du dernier diplôme obtenu, copie de la dernière carte d'étudiant en votre possession (inscription en université française), copie d'une pièce d'identité, 1 photo

Dérogation de titre

Elle s'adresse aux étudiants titulaires d'un diplôme autre que la Licence de Mathématiques ou la Licence de Mathématiques -Informatique.

Etudiants des grandes écoles

Ils pourront également postuler au master 1 parallèlement à leur seconde année d'école.

Demande de transfert

Elle s'adresse à des étudiants titulaires de la Licence de Mathématiques ou de la Licence de Mathématiques et Informatique obtenue dans une université française autre que l'Université Pierre et Marie Curie. Après avoir obtenu un avis favorable à votre acte de candidature téléchargez le [formulaire d'arrivée](#)

http://www.upmc.fr/modules/resources/download/default/d_formation/d_scol/transfert_arrivee.pdf

Etudiants ayant obtenu des modules, certificats ou unités d'enseignement dans une université autre que l'université Pierre et Marie Curie

Ils peuvent éventuellement obtenir une dispense d'UE en déposant une demande auprès du Secrétariat pédagogique, avant le 30 Septembre 2012.

Inscriptions en master 1

- étudiants déjà inscrits à l'Université Pierre et Marie Curie, remplir obligatoirement l'acte de candidature sur le site : <https://enligne.upmc.fr/scolarite>
- Etudiants inscrits dans une autre université française en 2011/2012, Etudiants étrangers hors pays adhérents procédure CEF PASTEL, Etudiants en formation à distance, Etudiants étrangers de l'espace économique européen,

La procédure d'inscription à l'UPMC pour l'année 2012/2013 sera ouverte le **6 avril 2012** à l'adresse suivante.

http://www.upmc.fr/fr/formations/inscriptions_scolarite/inscription_2012.html

Inscriptions en master 2

Ne sont pas concernés par cette procédure les étudiants étrangers adhérents à la procédure CEF Pastel

Les étudiants qui souhaitent préparer le Master 2 **doivent obligatoirement** faire **acte de candidature** sur le site de l'Université Pierre et Maris Curie à l'adresse suivante :

http://www.upmc.fr/fr/formations/inscriptions_scolarite/inscription_2012.html

Puis ils devront se connecter sur le site des différentes spécialités qu'ils auront choisies pour télécharger les dossiers pédagogiques à faire parvenir à chacun des secrétariats de la mention mathématiques et applications

Master 2 spécialité mathématiques fondamentales	http://www.master.math.upmc.fr/mathfond/
Master 2 spécialité probabilités et modèles aléatoires	http://www.proba.jussieu.fr/master2/master2.html
Master 2 spécialité probabilités et finance	http://www.master-finance.proba.jussieu.fr/
Master 2 spécialité mathématiques de la modélisation	http://www.ljll.math.upmc.fr/MathModel/
Master 2 spécialité ingénierie mathématique	http://www.ljll.math.upmc.fr/IngMath/
Master 2 spécialité statistiques	http://www.lsta.upmc.fr/index.php?main=master
Master Education et formation niveau 1 et 2 –CAPES	http://www2.master.math.upmc.fr/fr/educ_formation/section_capes.html
Master Education et formation niveau 2 – AGREGATION	http://www2.master.math.upmc.fr/fr/educ_formation/section_agregation/contacts.html

Inscription à la formation ouverte et à distance

Les formations de master 1 et 2 peuvent être également proposées dans le cadre de l'enseignement à distance. Elles s'adressent à tous les étudiants ne pouvant assister aux cours. Complément d'informations à l'adresse suivante : <http://www.telescience6.upmc.fr/>

Inscription au programme d'échanges Erasmus-Socrates

Pendant le cycle du Master, il est possible d'effectuer une mobilité dans le cadre du programme d'échanges ERASMUS-SOCRATES pour un semestre ou une année académique. Pour plus d'informations s'adresser : **Bureau de la mobilité**-Campus Jussieu-Tour centrale-2eme étage.

http://www.upmc.fr/fr/international/mobilite_etudiante.html

La mobilité peut également s'effectuer en dehors de l'Union Européenne (USA, Japon, Québec, Amérique latine, etc.) s'adresser alors au Service des Relations internationales : 01.44 27.73.49.

<http://www.upmc.fr/fr/international.html>

Inscription pédagogique

Elle conditionne l'inscription aux examens. Elle se fait auprès des secrétariats pédagogiques de la mention et des différentes spécialités. Chaque étudiant devra choisir 2 contrats dans l'année, 1 par semestre d'examens. Pour chaque Unité d'Enseignement, il est organisé 2 sessions d'examen Pour l'inscription au 1^{er} semestre, se munir de la carte d'étudiant 2012-2013 et d'une photo

