



www.u-picardie.fr

**UFR DES SCIENCES**  
Département de Mathématiques  
33 rue Saint-Leu  
80039 AMIENS CEDEX 1



sciences  
technologie santé

**L.A.M.F.A.**  
**Laboratoire Amiénois de Mathématique Fondamentale et Appliquée**

**ANALYSE APPLIQUÉE ET MODÉLISATION**

**Année universitaire 2017-2018**

***MASTER SCIENCES ET TECHNOLOGIE***

**MENTION :**

**MATHÉMATIQUES**

**SPÉCIALITÉ :**

**ANALYSE APPLIQUÉE ET MODÉLISATION**

**Responsable de la spécialité :**

**Alberto FARINA, Professeur.**  
**Alberto.Farina@u-picardie.fr**

La spécialité "Analyse Appliquée et Modélisation" remplace et prolonge le **DEA Analyse Appliquée** et le **DESS MAI**.

La spécialité "Analyse Appliquée et Modélisation" a pour vocation de proposer aux étudiants une formation de haut niveau en mathématiques appliquées et applications des mathématiques.

Les compétences acquises auront trait à la modélisation, l'analyse numérique des équations aux dérivées partielles, le calcul scientifique, le traitement de signal, les probabilités et la théorie ergodique.

Elle vise à former des diplômés capables d'une part d'assurer un service pointu de veille technologique et d'autre part de mettre en œuvre ou créer les outils mathématiques et algorithmiques les plus adaptés à des problèmes variés de modélisation et de simulation.

Il prépare aux métiers d'ingénieur mathématicien (Aéronautique, traitement du signal et de l'image, secteur bancaire...). Le Master pourra se poursuivre par le biais d'une thèse.

Le Master 2 est ouvert aux titulaires d'une Maîtrise de mathématiques, d'une MIM (maîtrise d'ingénierie mathématique) ou d'un diplôme équivalent.

Il accepte des étudiants salariés au titre de la formation continue.

Le Master 1, non présenté ici, est ouvert aux titulaires d'une Licence de mathématiques.

L'équipe d'accueil de la mention est le **LAMFA**, Laboratoire Amiénois de Mathématique Fondamentale et Appliquée, UMR 7352 du CNRS.

**Dossier de préinscription :** Université de Picardie Jules Verne  
UFR des Sciences  
Mme Valérie Lagache  
Master Mention Mathématiques  
Spécialité Analyse Appliquée et Modélisation  
33 rue Saint-Leu, 80039 Amiens Cedex 1

Secrétariat du département de mathématiques :  
[valerie.lagache@u-picardie.fr](mailto:valerie.lagache@u-picardie.fr)  
tel : 03 22 82 75 01

Les dossiers de préinscription sont à envoyer avant le **1 septembre 2018**.

#### MODALITÉS DE CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

Une UE est validée par le biais d'un examen ou d'un projet.  
Évaluation du **stage** par un rapport écrit et une soutenance orale devant jury.  
Le stage est obligatoire.



**L.A.M.F.A.**  
**Laboratoire Amiénois de Mathématique Fondamentale et Appliquée**

UE OBLIGATOIRES

**Anglais Scientifique en Situation**  
**Conduite de projets**

A.H. Fan  
M. Asch

UE MAJEURES (Deux à choisir parmi trois)

**Approximation numérique, Calcul Scientifique et Modélisation**  
**et applications à la mécanique des fluides ou au contrôle non destructif**

J.P. Chehab, V. Martin

**EDP et Traitement de données biologiques et modélisation**

A. Farina, O. Goubet, J.-P. Chehab

**Théorie Ergodique,**  
**Modélisation stochastique, processus et formalisme thermodynamique**

A.H. Fan, E. Janvresse

UE OPTIONNELLES

**Dynamiques différentiables**

S. Petite

**Modélisation multi-échelle pour la science des matériaux.**

A. Franco, J.-P. Chehab,  
C. Frayret, B. Noris

**L.A.M.F.A.**  
**Laboratoire Amiénois de Mathématique Fondamentale et Appliquée**

**Approximation numérique, Calcul Scientifique et Modélisation  
et applications à la mécanique des fluides  
ou au contrôle non destructif**

**10 ECTS**

**Intervenants** : Jean-Paul CHEHAB (LAMFA), Véronique MARTIN (LAMFA).

**Programme indicatif** :

**Approximation des EDP**

Différences finies : Rappels et compléments, formalisme d'opérateurs, Schémas compacts, Solveurs rapides

Eléments finis : Formulation variationnelle, approximation variationnelle abstraite, méthodes de Galerkin. Interpolation dans  $R^N$ , Espaces d'éléments finis, construction et mise en œuvre, théorie de l'erreur. Exemples : problèmes aux limites elliptiques (Dirichlet, Neumann), problème de Stokes.

Introduction aux méthodes spectrales : généralités sur les polynômes orthogonaux, Legendre, Fourier

**Méthodes numériques pour le Calcul Scientifique**

Ce cours présente quelques techniques numériques et leurs mise en œuvre à l'aide de logiciels de calcul scientifique modernes. On abordera notamment les méthodes efficaces de résolution de grands systèmes linéaires et non linéaires (méthodes directes, de Krylov, préconditionnement, méthodes de type Newton). Les illustrations seront effectuées avec Matlab pour la partie algorithmique ; FreeFem++ sera utilisé pour la résolution par éléments finis d'EDP elliptiques et paraboliques, linéaires ou non.

**Bibliographie** :

- C. Bernardi et Y. Maday Approximations spectrales de problèmes aux limites elliptiques. Springer
- F. Brezzi et M. Fortin, mixed and hybrid finite elements methods, Springer 1991.
- A. Ern et J.-L. Germond "Théorie et pratique de éléments finis", Springer 2004
- B. Lucquin, O. Pironneau, Introduction au calcul scientifique, Masson, 1996.
- A. Quarteroni, Sacchi, Saleri, Calcul Scientifique, Springer
- A. Quarteroni, A. Valli, Numerical Approximation of PDE, Springer
- Stoer et Burlich "introduction to numerical analysis" , 2ed., Springer, 1993



**L.A.M.F.A.**  
**Laboratoire Amiénois de Mathématique Fondamentale et Appliquée**

**EDP, Traitement de données biologiques et modélisation**

**10 ETCS**

**Intervenants :** Alberto FARINA, Olivier GOUBET, Jean-Paul CHEHAB

**Programme indicatif :**

**Equations aux Dérivées Partielles et Calcul des Variations.**

Existence, propriétés qualitatives et aspects géométriques de solutions d'équations et de systèmes d'équations aux dérivées partielles non-linéaires de type elliptique et parabolique.

**Bibliographie :**

- S.P. Harbison, G.L. Steele Jr., C: A reference manual, Prentice-Hall, 1987.  
L. C. Evans, Partial differential equations, Graduate studies in Mathematics, 19, AMS, Providence, RI, 1988  
D. Gilbarg, N.S. Trudinger, Elliptic partial differential equations of second order, reprint of the 1998 edition, classics in Mathematics, Springer-Verlag, Berlin, 2001.  
O. Kavian, Introduction à la théorie des points critiques et applications aux problèmes elliptiques, Mathématiques et applications (Berlin), 13, Springer-Verlag, Paris, 1993.

**Traitement de données biologiques et modélisation :**

L'objectif est d'étudier des modèles pour des systèmes biologiques et l'analyse de données issues des expériences en biologie - les 2 thèmes sont liés par l'estimation des paramètres. Le module sera divisé en 3 parties :

1. Analyse des données (15h)
2. Construction des modèles (25h)
3. Estimation des paramètres (10h)

**1 Analyse des données**

Avec l'arrivée des grandes masses de données (le "big data") issues des appareils de mesure de toutes sortes, la nécessité de les analyser devient urgente

1. Introduction : les quatre identificateurs de "big data" (1h)
2. Les méthodes d'apprentissage non-supervisé : analyse en composantes principales, clustering (8h)

3. Les méthodes d'apprentissage supervisé : régression, SVM. (6h)

## 2 Construction des modèles

De nombreuses classes de modèles mathématiques existent pour décrire un système biologique. Nous nous intéresserons ici aux modèles en compartiments et leur formalisation sous forme de systèmes dynamiques.

1. Le principe des modèles en compartiments (2h)

2. Les modèles de populations en interaction (10h)

3. Les modèles de réseau de régulation cellulaire (12h)

## 3 Estimation de paramètres

Les paramètres inconnus d'un modèle biologique peuvent être estimés par des méthodes déterministes et/ou par des méthodes statistiques

1. Techniques d'optimisation : régression linéaire et non linéaire, ... (2h)

2. Estimation bayésienne (6h)

3. Filtres de kalman (2h)

## **Bibliographie :**

G. Saporta, Probabilités, Analyse de Données et Statistique , Technip, 1990.

M. DeGroot, M. Schervish, Probability and Statistics , Addison Wesley, 2002.

Spiegel, Murray et Larry Stephens, Statistique : Cours et problèmes, 3ème édition, Série Schaum/McGraw Hill. 2000.

James, Witten, Hastie, Tibshirani, Introduction to Statistical Learning with R . Springer 2013.



**L.A.M.F.A.**  
**Laboratoire Amiénois de Mathématique Fondamentale et Appliquée**

**Théorie Ergodique, Modélisation stochastique, processus et formalisme thermodynamique.**

**10 ECTS**

**Intervenants** : Ai Hua FAN (LAMFA) , Elise JANVRESSE (LAMFA)

**Modélisation stochastique, processus et formalisme thermodynamique.**

Il s'agit d'une introduction à la modélisation stochastique basée sur des outils discrets (chaînes de Markov, chaînes d'ordre infini), des outils continus (mouvement brownien) et sur le formalisme thermodynamique, adapté de la mécanique statistique aux systèmes dynamiques. Des applications pourront être développées en rapport avec des problèmes venant de la physique, de la chimie et de la biologie. Avoir suivi le cours de théorie ergodique est conseillé pour suivre cette option (mais pas obligatoire).

**Bibliographie** :

- N. Bouleau, Processus stochastiques et applications, Hermann 1988.
- K.L. Chung et R.J. Williams, Introduction to stochastic integration, Birkhauser 1990.
- I. Karatzas et S. Shreve, Brownian motion and stochastic calculus, Springer 1987.
- D. Lamberton et B. Lapeyre, Introduction au calcul stochastique appliqué à la finance.
- B. Oksendal, Stochastic differential equations, an introduction with applications, Springer-Verlag, 4<sup>th</sup> ed., 1995.
- A.D. Wentzell, A course in the theory of stochastic processes, McGraw-Hill, 1981.

**Théorie ergodique et dynamique symbolique**

- Systemes dynamiques topologiques et mesurés. Définitions et exemples.
- Mesures invariantes, opérateur de Perron.
- Récurrence.
- Théorèmes ergodiques de Birkhoff et de Von Neumann,
- Mélanges et caractérisation.
- Entropies topologique, de Bowen, et mesuré.
- Dimension de Hausdorff
- Principe variationnel.

Dynamique symbolique. Sous-shifts de type fini.  
Théorème de Ruelle-Perron-Frobenius.  
Sous-shifts d'entropie nulle.

**Bibliographie :**

- A. Katok, B. Hasselblatt, Introduction to the Modern Theory of Dynamical Systems, (Encyclopedia of Mathematics and Its Applications, No 54), Cambridge Univ Pr (Pap Txt), 1997.
- G.H. Choe, Computational Ergodic Theory Series, Algorithms and Computation in Mathematics, Vol. 13, Springer 2005, Approx. 460 p. 500 illus., Hardcover.
- Dajani, Karma; Kraaikamp, Cor, Ergodic theory of numbers, Carus Mathematical Monographs, 29. Mathematical Association of America, Washington, DC, 2002. x+190 pp.
- M.G. Nadkarni, Basic Ergodic Theory, Series, Birkhauser Advanced Texts, 1998.
- W. Parry, Topics in Ergodic Theory, Cambridge University Press.
- K. Petersen, Ergodic Theory.
- M. Pollicott; Yuri, Michiko, Dynamical Systems and Ergodic Theory, (London Mathematical Society Student Texts , No 40), Cambridge Univ Pr, (Pap Txt), 1998.
- P. Walters, An Introduction to Ergodic Theory, Series Graduate Texts in Mathematics, Vol. 79, 1981, hardcover





**L.A.M.F.A.**  
**Laboratoire Amiénois de Mathématique Fondamentale et Appliquée**

**Dynamiques Différentiables**

**5 ECTS**

**Intervenants :** Samuel PETITE (LAMFA)

**Objectif** La théorie classique des systèmes dynamiques est née d'un constat d'échec : on ne peut pas résoudre explicitement les équations différentielles, et on a donc intérêt, d'après Poincaré, à les étudier qualitativement. Dans cette optique, on s'intéressera aux comportements asymptotiques qualitatifs des solutions d'équations différentielles ordinaires (EDO) dans un ouvert de  $\mathbb{R}^n$  : vers quoi tend une solution ? que se passe-t-il si l'on commet une petite erreur dans les conditions initiales ?... Pour ce faire, nous étudierons tout d'abord les dynamiques sur des espaces très simples comme l'intervalle et le cercle. Puis nous nous intéresserons aux comportements des solutions d'EDO dans le plan et près des singularités dans  $\mathbb{R}^n$ . Finalement, nous regarderons comment varient ces comportements si l'on commet une petite erreur dans l'équation différentielle (étude des phénomènes de bifurcation). Le cours est auto-contenu. Le module de théorie ergodique n'est pas obligatoire pour suivre cette option, mais il peut représenter un plus, pour bien comprendre les notions.

**Bibliographie :**

V. Arnol'd, Ordinary differential equations, Berlin Heidelberg New York : Springer 1992, 334 p.  
A. Katok, B. Hasselblatt, Introduction to the Modern Theory of Dynamical Systems,  
(Encyclopedia of Mathematics and Its Applications, No 54), Cambridge Univ Pr (Pap Txt), 1997.  
M.W. Hirsch, S. Smale : Differential Equations, Dynamical Systems, and Linear Algebra,  
Academic Press, 1974.  
J. Hubbard, B. West, Équations différentielles et systèmes dynamiques , Éd. Cassini, Paris.  
P. Walters, An Introduction to Ergodic Theory, Series Graduate Texts in Mathematics, Vol. 79,  
1981,  
hardcover



**L.A.M.F.A.**  
**Laboratoire Amiénois de Mathématique Fondamentale et Appliquée**

***Modélisation multi-échelle pour la science des matériaux.***

**5 ECTS**

**Intervenants :** Alejandro F. FRANCO , Christine FRAYRET (LRCS), Jean-Paul CHEHAB ,  
Benedetta NORIS (LAMFA)

**Résumé :**

Le développement de méthodes théoriques pour corréler les propriétés chimiques et structurales des matériaux dans les dispositifs de stockage d'énergie est d'une importance cruciale pour une interprétation cohérente des données expérimentales et pour leur optimisation.

Des modèles multi-échelles (équations aux dérivées partielles) sont présentés permettant de décrire la dynamique macroscopique à partir de la structure quantique (Density Functional Theory) en passant par la formation des différentes phases (phase field, kinetic monte-carlo).

**Bibliographie :**

[1] Sören Bartels, Numerical Methods for Nonlinear Partial Differential Equations, Springer Series in Computational Mathematics, 2015

[2] A.A. Franco, M.L. Doublet and W.G. Bessler, Physical Multiscale Modeling and Numerical Simulation of Electrochemical Devices for Energy Conversion and Storage, Springer-Verlag 2016.  
Nonlinear dispersive equations, NFS-CBMS 106, Regional conferences in Mathematics, 2006.
