

Master de Mathématiques
mention
**Mathématiques pour
l'Informatique Graphique,
et les Statistiques**

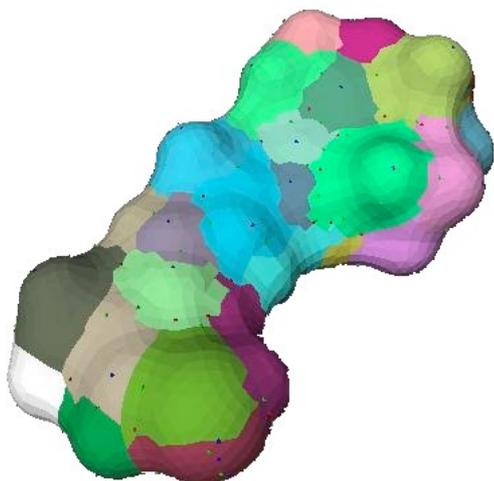
Niveau d'entrée

Première année : BAC + 3 en Mathématiques
Seconde année : BAC + 4 et sur dossier



Objectifs

Former des cadres de profil « ingénieur mathématicien » présentant une double compétence en modélisation mathématique et en informatique scientifique immédiatement valorisable au sein d'une entreprise. Les carrières visées sont celles du secteur tertiaire (banques, assurances, agroalimentaire, pharmacie,...) et du secteur industriel (infographie, CAO, CFAO, contrôle qualité,...).



Programme

Algorithmique et programmation en C++,
Mathématiques pour la géométrie algorithmique et la CAO,
Statistique inférentielle, analyse de données, modélisation
statistique
Probabilités et modélisation probabiliste
Analyse numérique et optimisation
Introduction à l'analyse des algorithmes
Stage en entreprise
Logiciels et bibliothèques disponibles : VisualStudio.Net,
SAS, Splus, R, Matlab, Scilab, Oracle ...

Renseignements

master-migs@u-bourgogne.fr

<http://math.u-bourgogne.fr/MASTERMIGS/index.html>

Objectifs de la formation

L'objectif est de former des cadres de profil « ingénieur mathématicien » présentant une double compétence en modélisation mathématique et en informatique scientifique immédiatement valorisable au sein d'une entreprise.

La formation se fera en étroite collaboration avec les milieux professionnels afin de permettre une intégration rapide et efficace des diplômés. Une bonne maîtrise des techniques informatiques alliée à de solides connaissances en mathématiques et en statistiques permettront aux jeunes diplômés de s'adapter aux besoins et aux évolutions de nombreux secteurs d'activité.

Afin de réaliser ses objectifs, le master MIGS dispose d'une salle d'informatique équipée d'ordinateurs sous Windows XP et Linux ainsi que de nombreux logiciels et bibliothèques : SAS, R, SPlus, VisualStudio.net, Matlab, ...

Débouchés de la formation

La formation débouche sur tous les secteurs de la vie économique : banques et assurances, agroalimentaire, centres R&D des grandes entreprises publiques et privées, sociétés de services, d'audit et de conseil, sociétés de formation,... Sous réserve d'accord du responsable de la formation et du responsable de l'école doctorale concernée, elle peut aussi déboucher sur un doctorat.

Conditions d'admission

En première année : être titulaire d'une Licence de Mathématiques ou d'un diplôme équivalent. Une formation préalable en Probabilités, Statistiques, Analyse numérique (niveau licence) est souhaitable.

En seconde année, la formation est accessible : aux étudiants issus d'une première année de Master, aux titulaires d'une maîtrise de mathématiques, de mathématiques appliquées, de génie mathématique et informatique (IUP), aux élèves d'écoles d'ingénieurs (sous réserve d'accord), à titre exceptionnel, à certains titulaires d'une maîtrise ou d'une première année de Master d'informatique et au titre de la formation continue. L'admission se fait sur examen d'un dossier de candidature et éventuellement d'un entretien.

Diplômes délivrés

La Maîtrise de Mathématiques Mention Ingénierie Mathématiques pour l'Informatique Graphique et les Statistiques est attribuée à tout étudiant ayant validé la première année du Master. Un Master, mention : Mathématiques, spécialité : Mathématiques pour l'Informatique Graphique et les Statistiques est attribuée à tout étudiant ayant validé la seconde année du Master.

Programme de la première année

La première année de Master représente un volume de 530 heures. Les enseignements sont organisés en modules semestriels sauf le module de TP qui est annuel et le stage qui se situe en fin d'année universitaire. Chaque module est capitalisable en ECTS. Il y a 8 modules de MI1 à MI8. Chaque étudiant doit suivre les 6 modules obligatoires MI1, MI2, MI3, MI4, MI5 et MI7 et suivre un module optionnel choisi parmi MI6, MI8, les modules d'une autre mention du Master de mathématiques, un des modules « Synthèse d'image » ou « Traitement d'image » du Master STIC.

La majorité de ces modules est accessible aux étudiants des autres mentions du Master de mathématiques.

Liste des modules

MI1 : Algorithmique et programmation C++ (premier semestre – 8 ECTS)

MI2 : Géométrie pour l'infographie et la CAO (deuxième semestre – 8 ECTS)

MI3 : Théorie des probabilités (premier semestre – 8 ECTS)

MI3bis : Mathématiques appliquées (master QESI) + projet de statistique
(premier semestre – 8 ECTS)

MI4 : Introduction à la statistique (deuxième semestre – 8 ECTS)

MI5 : Optimisation 1 (premier semestre – 8 ECTS)

MI6 : Introduction à l'analyse des algorithmes (deuxième semestre – 8 ECTS)

MI7 : Module annuel de travaux pratiques (annuel – 9 ECTS)

MI8 : Stage en entreprise ou en laboratoire (fin de deuxième semestre – 8 ECTS)

MI9 : Anglais (deuxième semestre – 3 ECTS)

MI10 : (STIC) Synthèse d'images (deuxième semestre – 6 ECTS)

MI11 : (STIC) Traitement d'images (deuxième semestre – 6 ECTS)

Programme des modules de la première année

MI1 : Algorithmique et programmation C++ (Semestre 1 – 8 ECTS – 25 CM, 20 TD, 15 TP)

Motivation : Le but de ce module est de familiariser l'étudiant de mathématiques aux principaux principes de modélisation informatique des données et à leur manipulation dans des algorithmes en vue de résoudre un problème. Ce module comporte une partie théorique décrivant les principaux types de données structurées et les algorithmes les utilisant et une partie consacrée à l'apprentissage de la programmation en C++ et à l'implantation des algorithmes étudiés.

Algorithmique et structures de données

- Manipulation des données brutes
- Tableaux, principaux algorithmes de tri et de recherche dans un tableau
- Listes, piles et récursivité, arbres.

Langage C++

- Notions de base : types, variables et constantes ; syntaxe de base ; fonctions.
- Pointeurs, références, tableaux.
- Introduction à la programmation objet.
- Chaînes de caractères, flux, lecture et écriture dans un fichier.
- Bibliothèque standard.

MI2 : Géométrie pour l'infographie et la CAO (Semestre 2 – 8 ECTS – 30 CM, 32 TD)

Motivation : Les développements récents de l'infographie, de l'imagerie 3D (imagerie médicale et industrielle, jeux vidéo, films, géométrie moléculaire) et de la CAO (Conception Assistée par Ordinateur) nécessitent de bonnes connaissances en mathématiques, notamment en géométrie, et en algorithmique (graphes, géométrie algorithmique, algorithmes probabilistes,...). Ce cours constitue une formation de base dans ce domaine en pleine

expansion. Il est également accessible aux étudiants des autres mentions du Master de mathématiques souhaitant suivre un cours de géométrie des courbes et de surfaces orienté vers les applications.

Contenu :

1. Courbes et surfaces.
2. Eléments de topologie algébrique.
3. Représentation des courbes et surfaces pour la CAO : B-splines, NURBS,...
4. Introduction à la géométrie algorithmique.

MI3 : Théorie des probabilité (Semestre 1 – 8 ECTS – 36 CM, 36 TD)

Motivation : Les probabilités sont à la base de la théorie des processus et des statistiques inférentielles. Ce cours présente les fondements de la théorie, il s'adresse également aux étudiants des autres mentions du Master de Mathématiques. Il est recommandé d'avoir suivi un cours de probabilité de niveau licence

Contenu :

- Transformation de Fourier, fonctions caractéristiques, fonctions génératrices.
- Espaces de probabilités, indépendance.
- Théorèmes de convergence.
- Espérance conditionnelle.
- Martingales.
- Marches aléatoires.

MI3bis : Mathématiques appliquées (master QESI) + projet de statistique (Semestre 1 – 8 ECTS)

Ce module remplace le module MI3 sur décision du responsable du Master dans le cas d'étudiants n'ayant pas une licence de mathématiques. Il consiste en deux parties : la première est la validation du module de mathématiques appliquées de la première année du master Qualité, Environnement et Sécurité dans l'Industrie de l'Université de Bourgogne. Ce module porte sur les statistiques inférentielles. La seconde partie est un travail personnel sur le thème des statistiques.

MI4 : Introduction à la statistique (Semestre 2 – 8 ECTS – 25 CM, 24 TD, 15 TP)

Motivation : Les statistiques sont devenue un outil incontournable dans de nombreux domaines : biologie, médecine, économie ... De plus, de nouveaux besoins apparaissent pour traiter les grosses masses de données (analyse des données, data mining) aussi bien dans le secteur tertiaire que le secteur industriel. Ce cours est une introduction à la théorie des statistiques, il donne les bases théoriques nécessaires à la bonne utilisation des outils statistiques. On présentera aussi des exemples concrets d'applications.

- Statistiques descriptives en dimension un et deux, on insistera sur le point de vue géométrie euclidienne.
- Théorie de l'échantillonnage, estimation, théorie de l'information.
- Théorie des tests statistiques, exemples de tests paramétriques et non paramétriques.

MI5 : Optimisation 1. (Semestre 1 – 8 ECTS – 30CM, 20 TD, 10 TP)

Motivation : le but de ce cours est de décrire et d'étudier les méthodes numériques classiques d'optimisation convexe avec et sans contraintes. On donnera également les bases d'analyse convexe nécessaires à la compréhension et à l'étude de ces méthodes.

Contenu :

- Notions fondamentales d'analyse convexe.
- Méthodes numériques : gradient, gradient conjugué, quasi-Newton, recherche linéaire.
- Conditions d'optimalité en optimisation convexe avec contraintes.
- Dualité lagrangienne.

- Méthodes de pénalisation.
- Méthodes numériques utilisant la notion de dualité.
- Pré-requis : Bonne maîtrise d'algèbre linéaire et de calcul différentiel.

MI6: Introduction à l'analyse des algorithmes (Semestre 2 – 8 ECTS – 30 CM, 32 TD)

Motivation : L'informatique met en jeu des programmes et des systèmes de plus en plus complexes. L'analyse d'algorithmes se donne pour but de caractériser les performances d'algorithmes fondamentaux. Ce cours constitue une introduction aux méthodes mathématiques utilisées dans ce domaine (combinatoire, probabilités, analyse complexe).

Contenu :

- Généralités sur l'analyse des algorithmes.
- Compléments de fonctions holomorphes.
- Eléments d'analyse combinatoire : récurrences, séries génératrices, analyse asymptotique.
- Algorithmes et structures combinatoires : arbres, permutations, chaînes, ...

MI7 : Module annuel de Travaux Pratiques (annuel – 9 ECTS – 20 CM, 55 TP)

Ce module doit permettre à un étudiant (ou à un petit groupe d'étudiant) de travailler sur un problème concret dont la résolution demandera une part d'analyse mathématique et une part de programmation. Suivant la nature du sujet, la partie programmation pourra se faire à l'aide d'un logiciel (Matlab, Maple, SAS,...) ou directement dans un langage de programmation (C, C++).

MI8 : Stage en entreprise ou en laboratoire (fin d'année universitaire – 8 ECTS)

Ce module est constitué au choix d'un travail de recherche personnel sur un thème proposé par un enseignant-chercheur, d'un stage en entreprise ou d'un stage en laboratoire.

MI9 : Anglais (Semestre 2 – 3 ECTS – 25TD)

Ce module est destiné à l'apprentissage de l'anglais à l'usage des scientifiques orientés vers les mathématiques et l'informatique.

MI10 : (STIC) Synthèse d'images (Semestre 2 – 6 ECTS)

Motivation : Ce module est un module du master Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication. Les compétences acquises à l'issue de ce module sont la modélisation des données géométriques, la visualisation en OPEN GL, et des algorithmes de géométrie.

Contenu :

- modélisation géométrique (courbes et surfaces paramétrées et implicites, maillages, polyèdres)
- visualisation en OpenGL
- méthodes de rendu (tampon de profondeur, lancer de rayon, calcul de radiosité par simulation, textures 2D plaquées ou 3D)
- problèmes géométriques connexes : calculs d'intersection, localisation, paramétrisation dans surfaces, requêtes géométriques

MI11 : (STIC) Traitement d'images (Semestre 2 – 6 ECTS)

Motivation : Ce module est également un module du master Sciences et Technologie de la communication. Les compétences acquises à l'issue de ce module sont le traitement numérique des images et la vision par ordinateur.

Contenu :

- systèmes d'acquisition,
- notions de base ;
- qualité d'une image ;
- amélioration d'images ;
- compression d'images ;
- segmentation d'images ;
- morphologie mathématique ;
- notion d'analyse d'image

Programme de la seconde année

Les enseignements se déroulent de début septembre à fin mars (trimestres 1 et 2). Ils sont suivis au troisième trimestre d'un stage professionnel de 4 à 6 mois. L'informatique représente 40 % du volume horaire de l'enseignement. Les étudiants suivent des cours communs au premier trimestre et choisissent 2 options au second. Les cours comprendront des interventions de personnes issues du monde de l'entreprise. Parallèlement à l'enseignement durant les deux premiers trimestres, les étudiants devront réaliser un projet par groupes de 5 ou 6 suivi d'une soutenance.

La formation est d'environ 350 heures plus un stage en entreprise ou en laboratoire de recherche.

L'enseignement est dispensé sous des formes variées : cours, travaux dirigés, travaux pratiques sur des cas concrets, projets, conférences. L'initiative personnelle et le travail en groupe seront encouragés et développés (projet) afin de préparer les étudiants aux méthodes de travail qu'ils rencontreront dans l'entreprise. Le stage en entreprise, véritable expérience professionnelle viendra compléter cette formation.

Afin de lutter contre les risques d'échec, une part des cours des modules pourra être consacrée à la mise à niveau et à l'harmonisation des connaissances des étudiants. Les étudiants seront suivis individuellement pendant toute la durée de leur stage par un responsable universitaire. L'équipe pédagogique restera attentive aux demandes et aux besoins des étudiants tout au long de la formation.

La deuxième année de Master comporte 6 modules obligatoires :

- trois modules d'informatique (trimestres 1 et 2 – $3*6 = 18$ ECTS) : UE1, UE2, UE3,
- un module : Analyse des données (trimestre 1 – 6 ECTS) : UE4,
- un module : Eléments de géométrie algorithmique et de CAO (trimestre 1 – 6 ECTS) : UE5,
- un module : Connaissance de l'entreprise et communication (trimestre 1 et 2 – 4 ECTS) : UE11,

2 modules d'options à choisir parmi :

- un module : Géométrie algorithmique et CAO (trimestre 2 – 6 ECTS) : UE6,
- un module : Modélisation statistique (trimestre 2 – 6 ECTS) : UE7,
- un module : Modélisation probabiliste (trimestre 2 – 6 ECTS) : UE8,
- un module : Optimisation II: Aspects polyédriques et combinatoires.(trimestre 2 – 6 ECTS) : UE9,
- le module « Synthèse d'image et infographie » dans le master STIC : ce choix est recommandé pour les étudiants suivant le module géométrie algorithmique et CAO,
- sous réserve d'accord du responsable de la formation, un module d'une autre mention du Master de mathématiques,

et

- un projet (trimestres 1 et 2 – 5 ECTS),
- un stage en entreprise ou en laboratoire de recherche (fin d'année – 10 ECTS).

Programme des modules de la seconde année

Réalisation de projet

A partir d'un problème concret, éventuellement mal posé, les étudiants doivent travailler par groupes de 5 ou 6 à la réalisation d'un logiciel permettant sa résolution. Les problèmes seront soumis aux étudiants en début de premier trimestre. A la fin de celui-ci, ils effectueront une première « mini-soutenance » pour présenter leur méthode de résolution. Ils s'engageront à ce moment sur un cahier des charges et un délai de réalisation du projet.

La soutenance finale aura lieu à la fin du second trimestre. Elle devra obligatoirement comprendre une démonstration du logiciel réalisé. L'objectif visé est de faire travailler les étudiants en équipe dans des conditions proches de celles qu'ils rencontreront dans leur vie professionnelle.

Stage en entreprise ou en laboratoire de recherche

Chaque étudiant doit effectuer un stage en entreprise ou en laboratoire de recherche (CNRS, INRA, INRIA, ...) d'une durée minimale de 4 mois. Il se déroule après la fin du deuxième trimestre d'enseignements sous réserve de la validation de la majorité des modules d'enseignement. Il s'agit d'une expérience professionnelle à part entière aussi bien pour la recherche du stage (expérience de recherche d'emploi) que pour son déroulement.

Modules d'informatique

Une part importante des cours d'informatique sera consacrée à la mise en œuvre pratique des notions abordées.

- **Module Algorithmique et structures de données (15 CM, 14 TD, 10 TP), UE1,**
 - Arbres, arbres équilibrés, parcours, algorithmes de recherche.
 - Graphes et algorithmes sur les graphes.
 - Exemples de stockages de données : Tables de hachage, B-arbre.
- **Module Programmation C/C++ avancée, programmation orientée objet (10 CM, 10 TD, 15 TP), UE2,**
 - Gestion des erreurs et des exceptions.
 - Bibliothèque standard STL.
 - Efficacité des programmes, complexité.
 - Développement, conception et programmation orientée objet.
 - Utilisation de bibliothèques en C ou en C++.
- **Module Informatique générale (24 CM, 22 TP), UE3,**
 - Introduction aux systèmes de gestion de base de données (6 CM, 6 TP).
 - Introduction au génie logiciel (8 CM).
 - Introduction aux réseaux, Internet, TCP/IP (8 CM).
 - Logiciels de mathématiques et de statistiques : Matlab, Maple, SAS, Statistica (16 TP effectuées dans le cadre des modules correspondants).

Analyse de données (16 CM, 12 TD, 16 TP), UE4,

Les exigences de la modélisation, du perfectionnement, de la qualité et de la sûreté liées aux nouvelles technologies nécessitent une formation solide en statistiques. Le traitement des grosses bases de données disponibles nécessite de nouvelles techniques d'analyse des données.

L'objectif de ce cours est de donner aux étudiants un ensemble de méthodes statistiques d'analyse des données et de présenter leurs champs d'applications. Le programme couvre :

Analyse factorielle des données multidimensionnelles : ACP, AFC, AFCM, AFD. Algorithmes de Classification automatique et Data Mining. Introduction aux arbres de classification et support vector machine.

Éléments de géométrie algorithmique et de CAO (12 CM, 16 TD, 12 TP), UE5,

La modélisation et la représentation d'objets « 3D » est de plus en plus présente dans de nombreux secteurs industriels : CAO, CFAO, jeux, cinéma, industrie pharmaceutique, simulation de toutes les phases de la vie des produits manufacturés, ... Ce cours a pour but de former les étudiants aux techniques de géométrie algorithmique et de CAO largement utilisées par les professionnels. Il s'appuiera sur des problèmes concrets et laissera une large place à la mise en œuvre sur machine des notions abordées. Le programme est le suivant :

- Calculs de centres de gravité, aires, volumes, géométrie euclidienne, transformations.
- Géométrie algorithmique : diagrammes de Voronoi, triangulations de Delaunay, enveloppes convexes et applications à la reconstruction de surface, axe médian.
- Problèmes de robustesse, précision, instabilité numérique.
- Triangulations en 2D et en 3D.
- Introduction au Solid Modeling.

Connaissance de l'entreprise et communication (20 TD + 20 sous forme de conférences), UE11,

- Anglais.
- Economie et marketing, gestion.
- Ressources humaines.

OPTIONS

Géométrie algorithmique et CAO (12 CM, 10 TD, 20 TP), UE6,

Ce cours est la continuation et l'approfondissement du cours « Éléments de géométrie algorithmique et de CAO » du premier trimestre. Il complète la formation dans le domaine et introduit des problèmes à l'interface entre la recherche et les applications industrielles.

- Maillages, reconstruction de surfaces.
- Quadriques : propriétés locales, classification et applications.
- Paramétrisation de surfaces : problèmes de distorsion, plaquage de textures.
- Intersections de surfaces, recollement.
- Informatique graphique, bibliothèques et logiciels graphiques.

Modélisation statistique (12 CM, 12 TD, 16 TP), UE7,

La modélisation statistique est une étape importante dans la description et la prédiction de phénomènes complexes. Ce module a pour objectif de présenter un panorama de modèles statistiques avancés. Ces approches seront illustrées sur des exemples réels et traitées avec le logiciel R :

- Modèle linéaire : estimation, tests, choix de modèles. Données spatiales et krigeage.
- Modèle linéaire généralisé : régression logistique, modèle log-linéaire : tests et choix de modèles.
- Modèles nonparamétriques : GAM, CART, Random Forest.
- Introduction aux séries temporelles (processus ARMA).

Modélisation probabiliste (12 CM, 12 TD, 16 TP), UE8,

Le but de ce cours est d'appliquer et d'approfondir les cours de première année en modélisation en traitant des cas réels et en travaillant sur des données simulées.

- Modèles markoviens
- Simulation de variables aléatoires réelles; méthodes de Monte Carlo et méthodes markoviennes.
- Algorithmes stochastiques.

Optimisation II: Aspects polyédriques et combinatoires. (12 CM, 12TD, 16TP), UE9,

Ce cours a pour but de donner des bases fondamentales pour l'étude et la résolution de problèmes d'optimisation linéaire. Des applications seront données en optimisation combinatoire. Contenu :

- Caractérisation des sommets d'un polyèdre.
- Méthode du simplexe : algorithme primal, dual, méthode révisée.
- Introduction aux méthodes de coupes et aux méthodes de séparation-évaluation.

Pré-requis : Bonne maîtrise d'algèbre linéaire.