



MASTER MMI

BILAN 2004 à 2007



1- Finalité de la formation

1.1. Spécialités de ce master

Une spécialité :

- « *Optimisation, Modélisation et Calcul* », spécialité recherche.

1.2. Domaine scientifique

Deux domaines scientifiques :

- Informatique ;
- Mathématiques.

1.3. Historique

Situation du master dans les cycles Galilée

Il n'existait pas dans les cursus antérieurs de l'Institut Galilée de formation proposant une double compétence en informatique et en mathématiques. C'est l'accent mis sur cette double compétence et l'équilibre qui en découle qui motiva, au moment du passage au LMD, le développement d'une formation spécifique *Mathématiques-Informatique*.

Ce master s'adresse aux étudiants des licences mention *informatique, mathématiques et mathématiques et informatique appliquées à l'économie* (MIEF), en particulier pour les diplômés de l'institut Galilée, en proposant un cursus de première année qui constitue une prolongation naturelle de ces trois licences.

Enfin, la seconde année du master est ouverte aux élèves ingénieurs des filières *Ingénierie Logicielle* (ILOG) et *Mathématiques appliquées et Calcul Scientifique* (MACS) de la formation d'ingénieurs de l'Institut Galilée (ISPG), permettant à ceux-ci la poursuite d'un double cursus aménagé.

Antécédents formations Galilée

Bien que n'étant pas la reformulation au format LMD d'un cursus "maîtrise *plus* DEA/DESS" existant, le master *Mathématiques et Informatique* regroupe et rapproche deux parcours d'algorithmique et de mathématiques appliquées qui étaient antérieurement proposés dans notre institut :

- maîtrise d'*Informatique* et DEA *Intelligence Artificielle et Optimisation Combinatoire* (IAOC), LIPN ;
- maîtrise d'*Ingénierie Mathématique* (MIM) et DEA d'*Analyse Numérique*, LAGA.

Il a permis également d'intégrer d'autres compétences des deux laboratoires concernés qui n'étaient pas représentés dans les anciennes filières :

- l'axe de recherche *Combinatoire* du LIPN ;
- l'axe *Probabilités et Statistiques* du LAGA.

Interactions avec d'autres formations Galilée

Le master compte de nombreuses mutualisations avec les masters Galilée et la formation d'ingénieur :

- master *informatique* (première année) ;
- master *matériaux et mécanique* (première année) ;

- master *mathématiques* (première et seconde années) ;
- formation d'ingénieurs, filière ILOG (première année) ;
- formation d'ingénieurs, filière MACS (première et seconde années).

Convention avec des masters d'autres universités

Liste des conventions avec des masters externes :

- Université de Marne-la-Vallée, mention *informatique*, spécialité *science informatique* ;
- Université Pierre et Marie Curie, mention *mathématiques et applications*, spécialité *mathématiques de la modélisation* ;
- Université Paris-Dauphine, mention *Aide à la décision et Recherche Opérationnelle*, spécialité *Modélisation, Optimisation, Décision, Organisation* ;
- Université Paris Vincennes-Saint-Denis, mention *informatique-mathématiques*.

Au jour d'aujourd'hui, seules les conventions avec les Universités Pierre et Marie Curie (Paris 6) et Paris Vincennes-Saint-Denis (Paris 8) sont effectives : le master, d'une part envoie ses étudiants suivre des options à Paris 6 (via la convention MACS-P 6) et, d'autre part, reçoit des étudiants de Paris 8.

2- **Cursus tel qu'il a été habilité****Détail des UE par semestre**

Dans les tableaux qui suivent, les heures sont données en heures effectives de présence devant les étudiants.

Année M1						
Semestre S1						
UE	Intitulé	CM	TD	TP	_	ECTS
UE fond	Remise à niveau Informatique <i>ou</i> Mathématiques	18			18	2
	Optimisation combinatoire 1	18	18		36	4
	Modèles aléatoires ¹	18	18		36	4
	Algorithmique parallèle et distribuée	18	18		36	4
3 UE de parcours parmi	Bases de données	18	18		36	4
	Calcul formel	18	18		36	4
	Analyse fonctionnelle et EDPs ²	18	18		36	4
	Statistique exploratoire multidimensionnelle ³	18	18		36	4
	Analyse numérique ⁴	18	18		36	4
UE culturelles	Culture générale 1 (Anglais / TEC)	39			39	4
Semestre S2						
UE	Intitulé	CM	TD	TP	_	ECTS
UE fond	Outils opératoires d'analyse d'algorithmes ⁵	18	18		36	4
	Optimisation ⁶	18	18		36	4
	Modélisation – étude de cas	18	18		36	4
	Travail d'études et de recherche			58,5	58,5	6
3 UE de parcours parmi	Algorithmes randonneurs et complexité ⁷	18	18		36	4
	Vibration, diffusion : méthodes numériques adaptées	18	18		36	4
	Décisions statistiques	18	18		36	4
	Théorie des jeux	18	18		36	4
UE culturelles	Culture générale 2 (Anglais / TEC)	39			39	4

1 Intitulé initial : « Phénomènes aléatoires ».

2 Intitulé initial : « Problèmes elliptiques : théorie et méthode ».

3 Intitulé initial : « Analyse de données, statistiques descriptives ».

4 Intitulé initial : « Mise en œuvre des méthodes numériques pour les EDP ».

5 Intitulé initial : « Outils combinatoires d'analyse d'algorithmes ».

6 Intitulé initial : « Optimisation continue ».

7 Intitulé initial : « Théorie et classes de complexité ».

Année M2						
Semestre S3						
UE	Intitulé	CM	TD	TP	_	ECTS
UE fond.	Optimisation combinatoire 2	18	18		36	5
1 UE de parcours parmi	Équations différentielles stochastiques ⁸	18	18		36	5
	Contrôle optimal	18	18		36	5
4 UE de parcours parmi	Méthodes avancées en optimisation combinatoire	24			24	4
	Combinatoire analytique	24			24	4
	Calcul haute performance ⁹	24			24	4
	Calcul formel exact et approchés ¹⁰	24			24	4
	Aide à la décision	24			24	4
	Apprentissage statistique	24			24	4
	Calcul stochastique et modèles pour la finance	24			24	4
	UE au choix dans d'autres masters					4
UE culturelles	Culture générale 3 (Anglais / Formations européennes)	39			39	4
Semestre S4						
UE	Intitulé	CM	TD	TP	_	ECTS
UE fond.	Stage					30

3- Coursus en fonctionnement (année de référence 2006-2007)

3.1 Tableau des enseignements

Dans les tableaux qui suivent, les mutualisations sont indiquées pour information dans l'intitulé des UE¹¹ ; les volumes horaires correspondants à ces mutualisations sont soulignés. La colonne "Obl" indique les enseignements obligatoires (X).

8 Intitulé initial : « Processus stochastique ».

9 Intitulé initial : « Décomposition de domaines ».

10 Intitulé initial : « Calcul symbolique, fonctions spéciales, symétries »

11 MI = master *informatique*, MM = master *mathématiques*, MateMeca = master *matériaux et mécanique*, MACS = formation d'ingénieurs *mathématiques appliquées et calcul scientifique*, ILOG = formation d'ingénieurs *ingénierie logicielle*.

Année M1 - Semestre 1									
Intitulé		Obl	Enseignant	Statut	Labo	CM	TD	TP	_
Remise à niveau ¹²	Mathématiques	X	Y. Hu	PR	LAGA	18			18
	Informatique		D. Weissenbacher	ATER	LIPN	18			18
Optimisation combinatoire 1 [+ MI, ILOG2]		X	G. Plateau	PR	LIPN	<u>18</u>	<u>18</u>		48
			S. Toulouse	MCF	LIPN			<u>12</u>	
Modèles aléatoires [+ MM]		X	F. Russo	PR	LAGA	<u>18</u>			51
			I. Kruk	Mon.	LAGA		18		
			L. Allenbach	IU	LAGA			15	
Algorithmique parallèle et distribuée [+ MI]		X	C. Lavault	PR	LIPN	<u>18</u>			36
			V. Ravelomanana	MCF	LIPN		18		
Calcul formel [+MI]		X	G. Duchamp	PR	LIPN	<u>18</u>			36
			V. Ravelomanana	MCF	LIPN		<u>18</u>		
Bases de données [+MI]			C. Rouveïrol	PR	LIPN	<u>18</u>			43,5
			S. Guerif V. Mogbil	MCF	LIPN		<u>13,5</u>	<u>12</u>	
Statistique exploratoire multidimensionnelle			L. Allenbach	IU	LAGA	18	18		36
Analyse numérique [+MateMeca]			M. Balabane	PR	LAGA	<u>18</u>	18		36
Analyse fonctionnelle et EDPs ¹³					LAGA	18	18		36
Anglais / TEC		X	Selon groupe			19,5	19,5		39

12 Selon le cursus antérieur de l'étudiant, la remise à niveau Mathématiques ou la remise à niveau Informatique est obligatoire.

13 Cet enseignement n'a pas ouvert en 2006-2007.

Année M1 - Semestre 2								
Intitulé	Obl	Enseignant	Statut	Labo	CM	TD	TP	_
Outils opératoires d'analyse d'algorithmes	X	G. Duchamp	PR	LIPN	18			36
		V. Ravelomanana	MCF	LIPN		18		
Optimisation [+MM]	X	O. Lafitte	PR	LAGA	<u>18</u>			36
		E. Audusse	MCF	LAGA		18		
Modélisation – étude de cas	X	O. Lafitte	PR	LAGA	12	3		36
		M. Tajchmann	CEA			15		
		J.M. Martinez	CEA		3			
		G.B. Michel	CEA		3			
Travail d'études et de recherche ¹⁴	X	Selon étudiant				8		24
Algorithmes randonneurs et complexité ¹⁵		C. Tollu	MCF	LIPN	18			36
		C. Lavault	PR	LIPN			18	
Analyse appliquée ¹⁶				LAGA	18	18		36
Décisions statistiques [+MM]		Y. Hu	PR	LAGA	<u>25,5</u>			50
		M. Ben Alaya	MCF	LAGA		19,5		
		L. Allenbach	IU	LAGA			15	
Théorie des jeux		D. Rosenberg	MCF	LAGA	18	18		36
Méthode des éléments finis [+MateMeca] ¹⁷		M. Balabane	PR	LAGA	<u>18</u>	18		36
Anglais / TEC	X	Selon groupe			19,5	19,5		39

14 Les TER représentent 8 heures ETD par encadrement du point de vue des départements, 58,5 heures du point de vue de l'étudiant.

15 Cet enseignement n'a pas ouvert en 2006-2007.

16 Cet enseignement n'a pas ouvert en 2006-2007.

17 Cet enseignement n'a pas été pris en option en 2006-2007.

Année M2 - Semestre 3									
Intitulé		Obl	Enseignant	Statut	Labo	CM	TD	TP	_
Optimisation combinatoire 2		X	G. plateau	PR	LIPN	18	18		36
18	Équations différentielles stochastiques	X	F. Russo	PR	LAGA	18	18		36
	Contrôle optimal [+MACS]		C. Basdevant	PR	LAGA	<u>18</u>	18		36
Méthodes avancées en optimisation combinatoire			S. Toulouse	MCF	LIPN	24			24
			L. Létocart	MCF	LIPN				
			A. Nagih (Metz)	PR	LIPN				
Combinatoire analytique			C. Lavault	PR	LIPN	24			24
			V. Ravelomanana	MCF	LIPN				
			C. Banderier	CR	LIPN				
Calcul haute performance			L. Halpern	PR	LAGA	24			24
			J. Ryan	PAST	LAGA				
Calcul formel exact et approchés			G. Duchamp	PR	LIPN	24			24
			C. Tollu	MCF	LIPN				
			F. Toumazet (IUT V)	MCF	LIPN				
Aide à la décision			L. Létocart	MCF	LIPN	24			24
			L. Alfandari (Essec)	MCF	LIPN				
Apprentissage statistique			E. Khun	MCF	LAGA	24			24
Calcul stochastique et modèles pour la finance [+MACS]			F. Russo	PR	LAGA	24			24
Modélisation mathématique pour le traitement des images			F. Dibos	PR	LAGA	24			24
Calcul pseudodifférentiel et applications ¹⁹ [+P6]			F. Planchon	PR	LAGA	<u>24</u>			24
Équations de la chaleur et Schrödinger semilinéaires ²⁰ [+P6]			F. Weissler	PR	LAGA	<u>24</u>			24
UE au choix dans d'autres masters									
Culture générale 3 (Anglais / Formations européennes)		X	Selon groupe			19,5	19,5		39

18 L'un des deux enseignements "Équations différentielles stochastiques" et "Contrôle optimal" doit être suivi.

19 Cet enseignement a lieu à Paris 6.

20 Cet enseignement a lieu à Paris 6.

3.2 Contenu des enseignements

Année M1 - Semestre 1

Remise à niveau

Suivant le cursus antérieur de l'étudiant : programmation avancée (programmation orientée objet, structures de programmes, structures de données) ou outils de base de probabilités et d'analyse.

Optimisation combinatoire 1

Convexité, théorèmes généraux, algorithme primal du simplexe, algorithme dual du simplexe, dualité, post-optimisation (analyse de sensibilité et paramétrisation).

Modèles aléatoires

Rappels de probabilités, fonction génératrice des moments ; propriété de Markov. Probabilités de transition ; lois invariantes et lois limites. Exemples de chaînes de Markov (marches aléatoires, modèles génétiques, files d'attente, chaînes de branchement, chaîne de naissance ou de mort. États transients, états récurrents. Temps et probabilité d'absorption. Temps moyen de première visite et de récurrence.

Algorithmique parallèle et distribuée

1. Introduction à l'algorithmique parallèle.

Modèles de PRAM ; notions d'algorithme parallèle et de leurs mesures de complexité (temps et espace-mémoire) ; applications à divers algorithmes parallèles fondamentaux.

2. Introduction à l'algorithmique distribuée.

Modèles de Systèmes distribués ; notions d'algorithme distribué et de leurs mesures de complexité (communication, temps, mémoire).

3. Algorithmes distribuée (exclusion mutuelle, élection, routage, etc.), conception et analyse de complexité au pire et en moyenne :

- sur diverses topologies de réseaux (anneau, réseau complet, réseau quelconque, etc.) ;
- sous les hypothèses et propriétés fondamentales d'un réseau (synchrone ou asynchrone, centralisé ou anonyme, existence d'information structurelle).

4. Exemples divers d'algorithmes distribués probabilistes et d'analyse de leur complexité au pire et en moyenne (en communication, en temps, en mémoire).

5. Introduction aux réseaux mobiles.

Calcul formel

Apprentissage d'un langage de calcul scientifique (Mathematica) ; Quelques techniques de résolution des problèmes numériques ; Evaluation des performances (précision/efficacité) d'une méthode de calcul.

Bases de données

Modèle relationnel : différence entre SGBD et fichiers, schéma, instance, contraintes, bases de données, notions de requêtes, vue et mise à jour, langage de requêtes : algèbre relationnelle, SQL, mise à jour des vues, rapport avec les entrepôts de données.

Modèle entité association : entité, association, diagramme E-A, contraintes, algorithme de transformation d'un diagramme E-A en schéma relationnel.

Statistique exploratoire multidimensionnelle

Description unidimensionnelle de données : médiane, moyenne, mode, étendue, intervalle interquartile, variance et écart-type. *Description bidimensionnelle* et mesures de liaison entre variables : coefficient de corrélation, matrice de corrélation. *Description multidimensionnelle* de données : analyse en composantes principales, analyse discriminante, analyse des correspondances, analyse des données temporelles et évolutives, analyse des données sensorielles, scoring.

Analyse numérique

Méthodes pour passer d'une EDP à un code informatique. Méthodes d'éléments finis et stockage des matrices creuses. Equations elliptiques et équations d'évolution. Méthodes multigrilles et calcul adaptatif.

Culture générale S1 : Techniques d'expression et de communication

Le projet professionnel à court et long terme. La connaissance de l'entreprise (analyse des sites WEB des entreprises et des offres de stages). Le bilan des compétences et du stage d'exécution. La recherche du stage immersion et du stage de fin d'études : analyse des annonces, rédaction des lettres de motivation et CV, préparation et simulation d'entretien de recrutement. La négociation. La rédaction du rapport de stage.

Culture générale S1 : Anglais

Entraînement systématique à la compréhension orale et à la prise de parole en continu (exposé, analyse personnelle argumentée).

Traitement de l'information à partir de messages oraux et écrits de plus en plus complexes et orientés vers le domaine "sciences et technologie" (émissions de radio, de télévision, extraits de films, articles de presse).

Recherche documentaire dans la presse scientifique et sur internet.

Une approche interculturelle est développée dans une perspective d'ouverture à l'international.

Année M1 - Semestre 2Outils opératoires d'analyse d'algorithmes

Séries génératrices, combinatoire énumérative, modèles combinatoires pour les algorithmes. Construction d'objets (grammaires, diagrammes dérivés). Suites et équations de récurrence : méthodes algébriques et analytiques de résolution.

Optimisation

Optimisation avec ou sans contraintes : convexité, lagrangien, dualité, points selles. Algorithmes pour l'optimisation sans contrainte : gradient, gradient conjugué, gradient conjugué non linéaire, régions de confiance, ... Algorithmes pour l'optimisation avec contraintes : Algorithmes de projection, Uzawa, ...

Modélisation : étude de cas

Ce cours partagé entre un intervenant industriel et un intervenant universitaire mènera l'étude complète d'un problème de conception ou de calcul tant dans ses aspects fondamentaux que dans ses aspects de mise en œuvre effective. Ce cours comprendra une initiation au génie logiciel.

Théorie des jeux

Dans ce cours on étudiera la notion de jeu : un jeu est une situation d'interaction où les gains de chaque agent dépendent des actions qu'il choisit mais aussi du choix des autres agents. Le concept de solution le plus connu est celui d'équilibre de Nash qui sera défini et étudié.

On examinera le cas particulier des jeux à somme nulle et la notion de valeur qui est plus précise dans ce contexte que celle d'équilibre de Nash.

La suite du cours sera consacré à des extensions et des raffinements : cas des jeux où les joueurs peuvent disposer d'une information privée sur le jeu, et utilisation optimale de cette information; cas où le jeu est défini par un arbre et relation entre l'équilibre de Nash et l'induction rétrograde.

Au cours du semestre on examinera des exemples d'applications des concepts étudiés en particulier dans des contextes économiques.

La méthode des éléments finis

Formulations variationnelles. Méthodes de Ritz et Galerkin. Méthode des éléments finis : approximation, mise en œuvre. Étude de cas. Utilisation de logiciels industriels.

Algorithmes randonneurs et complexité

Rappels sur les modèles de calcul ; classes PSPACE, P et NP ; hiérarchies déterministes dans PSPACE ; classes probabilistes ; approximabilité et problèmes NP-difficiles ; complexité algébrique (modèle de Blum-Shub-Smale). Applications dans les réseaux informatiques.

Processus stochastiques

Conditionnement (espérance conditionnelle, lois conditionnelles). Vecteurs Gaussiens. Martingales à temps discret. Introduction aux modèles financiers discrets. Étude complète du modèle de Cox-Ross-Rubinstein.

EDP et distributions

Introduction à la théorie des distributions. Convolution, régularisation, distributions sur un ouvert. Distributions tempérées, transformation de Fourier et lien avec les espaces de Sobolev. Application à la résolution des équations aux dérivées partielles linéaires : laplacien, équation de la chaleur, équation des ondes.

Décisions statistiques

Problème d'estimation : estimateur, risque quadratique, statistique exhaustive, modèle exponentiel. *Construction d'estimateurs* : estimateur de substitution, estimateur bayésien, maximum de vraisemblance, information de Fisher et inégalité de Cramer-Rao. *Vecteurs Gaussiens* : loi χ^2 ; Théorème de Student, théorème de Cochran. *Intervalle et Région de confiance*. *Tests d'hypothèses* : lemme de Neyman-Pearson, test du rapport de vraisemblance, famille à rapport de vraisemblance monotone, tests UPP, théorème de Lehmann, test de comparaison. Tests du χ^2 , test d'ajustement.

Culture générale S2 : Techniques d'expression et de communication

La communication dans l'équipe de projet: le management d'une équipe, la motivation et la délégation, la conduite de réunions, la gestion des conflits.

Simulation d'entretien en français et en anglais avec un consultant spécialisé dans le recrutement

Culture générale S2 : Anglais

Les supports oraux et écrits sont orientés autour de deux axes :

- le champ d'étude large de l'étudiant (documentation scientifique, conférences) ;
- le domaine professionnel (introduction au monde de l'entreprise).

La compréhension et l'expression orales sont privilégiées par des mises en situation visant à tester la capacité à interagir (l'anglais au téléphone, résolution de problèmes, participation à

un projet). À partir de scénario “réalistes” les étudiants seront fortement incités à la prise de parole et à la production d'écrits (comptes-rendus, courriers divers présentation de travaux).

Année M2 - Semestre 3

Optimisation combinatoire 2

Résolution approchée (heuristiques, métaheuristiques), relaxations (continues, lagrangiennes, agrégées), algorithmes de réduction, résolution exacte (recherche arborescente, programmation dynamique, approche polyédrale).

Équations différentielles stochastiques

Processus de Poisson : Processus aléatoires à temps continu. Processus de comptage. Processus de Poisson et loi exponentielle. Processus de Poisson et loi uniforme. Nombre d'événements pendant un intervalle aléatoire. Processus de Bernoulli. Processus de Poisson composé. Phénomènes d'attente. Classification des systèmes d'attente. Le système d'attente M/M/1. Processus de naissance et de mort. Système à plusieurs stations M/M/s. M/M/infini. Croissance de populations. Processus markovien à saut. Définition et construction par les temps interarrivées. Equation de Chapman-Kolmogorov. Le générateur infinitésimal. Mesure invariante. Comportement asymptotique. Processus de naissance et de mort. Files d'attente. Processus régénératifs. Définition. Lemme de Wald. File d'attente G/G/1.

Contrôle optimal

Commande optimale de systèmes dynamiques. Principe du minimum de Pontryaguine. Programmation dynamique de Bellman. Equations d'Hamilton-Jacobi-Bellman. Contrôle des équations aux dérivées partielles.

Méthodes avancées en optimisation combinatoire

Problèmes de grandes tailles (génération de colonnes, branch-and-price, décompositions de Benders et de Dantzig-Wolfe, applications aux problèmes de planification, d'emploi du temps et de synthèses des réseaux de télécommunications), problèmes de multiflot (branch-and-cut, cas polynomiaux, application au dimensionnement de réseaux de télécommunications), optimisation non linéaire en nombres entiers (modèles quadratiques et fractionnaires, résolutions directes, approches par linéarisation), optimisation et satisfaction (résolution du problème de satisfaction d'une expression logique (SAT), satisfaction hiérarchique des contraintes).

Combinatoire analytique

Les thèmes abordés dans ce cours incluent des exemples concrets issus de données informatiques et de l'algorithmique parallèle et/ou distribuée. En particulier, on étudiera des algorithmes classiques (tri, recherche, ...) et des structures de données (arbres, graphes, cartes, tas, ...).

Calcul haute performance

Méthodes de Schwarz pour un opérateur elliptique. Conditions d'interface pour les méthodes sans recouvrement. Méthodes de joints.

Calcul formel (exact et approché)

- Calcul symbolique : combinatoire et informatique, lien avec la physique et les sciences de la nature, positionnement par rapport aux autres formes de calcul automatisé.
- Problèmes d'indexation et de rangement (“*ranking and unranking problem*”).
- Fonctions rationnelles : automates et applications à la simulation et à la génération

aléatoire.

- Fonctions élémentaires, spéciales et symétriques.
- Opérateurs.
- Traitement informatique des calculs sur les fonctions et applications aux autres sciences : simulation en finance, calcul symbolique en physique, dans les sciences de l'ingénieur et en informatique.

Aide à la décision

Modélisation monocritère : gestion de production et de planification ; problèmes de localisation ; ordonnancement. Programmation multiobjectif : modélisation des préférences ; construction de familles de critères ; optimisation combinatoire ; méthodes d'aide multicritère à la décision.

Modélisation mathématique pour le traitement des images

1. Méthodes variationnelles et EDP.

- Présentation des formulations variationnelles usuelles pour la segmentation, la restauration et la détection de mouvement (Mumford-Shah, Osher-Rudin, Weickert-Schnoer).
- Régularisation L2, L1, anisotropique.
- Optimisation de formes : application aux contours actifs géodésiques.

2. Analyse multirésolution et ondelettes.

Cadre mathématique, exemples d'ondelettes, interprétation des coefficients d'une image dans une base d'ondelettes; application à la compression, la restauration et la détection de contours.

Apprentissage statistique

Estimation à partir de données, Minimisation du risque empirique (ERM), Consistance de l'approche ERM, Dimension VC, Minimisation du risque structurel (SRM), Machines à Vecteurs de Support (SVM), hyperplan séparateur optimal, cas non séparable, SVM comme classificateur, SVM multi-classes, SVM comme régresseur, Arbres de décision, Modèles stochastiques, propriétés de Markov, modèles de Markov cachés (HMM), apprentissage, reconnaissance.

Calcul stochastique et modèles pour la finance

Motivations venant de l'analyse et de la finance. Rappels sur le conditionnement, sur les vecteurs gaussiens. Mouvement brownien, martingales et bruit blanc. Intégrale stochastique et calcul d'Itô: formule d'Itô, de Girsanov et représentation des martingales browniennes. Equations différentielles stochastiques. Description du modèle de Black-Scholes. Evaluation et couverture d'une option européenne. Propriété de Markov et générateur infinitésimal d'une diffusion. Options américaines dans le modèle de Black-Scholes. Modèles de taux d'intérêt.

Calcul pseudodifférentiel et applications

Outils de base de l'analyse microlocale : symboles associés aux opérateurs différentiels et leurs propriétés en liaison avec les opérateurs (composition. Régularité des solutions d'une équation elliptique à coefficients variables (généralisation de l'équation de Laplace). Équations de type hyperbolique ('équation des ondes), et leurs propriétés (estimations d'énergie, flot hamiltonien, propagation des singularités, dispersion). Lien avec l'analyse harmonique (via les correspondances symboles/noyaux et les opérateurs d'intégrale singulière) et la théorie cinétique (où les équations sont naturellement posées sur l'espace des phases position/vitesse).

Équations de la chaleur et Schrödinger semilinéaires

Propriétés des solutions de l'équation de la chaleur semi-linéaire et de l'équation de Schrödinger semi-linéaire On présentera les principaux résultats concernant certaines questions qui se posent dans les mêmes termes pour ces deux équations. On insistera notamment sur la comparaison de l'état de l'art pour ces deux problèmes et des idées qui sont mises en oeuvre. En particulier, on abordera les thèmes suivants :

1. existence et unicité de solutions, problème de Cauchy ;
2. explosion en temps fini, comportement asymptotique à l'instant d'explosion ;
3. comportement asymptotique des solutions globales ;
4. solutions auto-similaires et solutions asymptotiquement auto-similaires.

Culture générale S3 - Formations européennes

- Les formations européennes.
- Les systèmes de recherches scientifiques.
- Les technopôles liées à la recherche au niveau européen.

Culture générale S3 - Anglais

Les supports oraux et écrits sont orientés autour de trois axes :

- Les compétences de communication liées à l'emploi : savoir-faire et compétences répondant à la recherche de stage (CV, lettre de motivation, simulations d'entretiens d'embauche).
- Les compétences de communication liées à la vie universitaire et la recherche : production d'écrits et de présentations orales (résumés de conférences, rédactions d'articles courts, "abstracts", présentations orales de travaux).

Une approche interculturelle sensibilise l'étudiant à une perspective d'échanges et d'insertion professionnelle dans des équipes multilingues.

3.3 Synthèse des modifications depuis l'habilitation

Les modifications réalisées depuis l'habilitation consistent principalement en l'ajout d'enseignements (essentiellement, ajout d'UE d'analyse en S3 pour le double cursus MACS et réorganisation de l'enseignement de probabilités), ainsi qu'en le réaménagement pédagogique de certains contenus.

Réaménagement des UE en M1

- Les 2 UE optionnelles « *Analyse fonctionnelle et EDPs* » de S1 et « *Vibration, diffusion : méthodes numériques adaptées* » de S2 sont remplacées par les 3 UE optionnelles « *Analyse hilbertienne et de Fourier* » de S1 (depuis 2007-2008 seulement), « *Méthode des éléments finis* » de S2 et « *EDP et distribution* » (préalablement intitulée « *Analyse appliquée* ») de S2.
- En 2007-2008, l'UE obligatoire « *Modèles aléatoires* » est recomposée en trois UE, « *Modèles aléatoires 1* » (obligatoire S1), « *Modèles aléatoires 2* » (optionnelle S2) et « *Processus stochastiques* » (optionnelle S2).

Le détail des contenus des unités concernées par ces substitutions est donné ci-suit (toutes des UE ont un même volume horaire de 18-19,5h CM + 18-19,5h TD).

Analyse

[- S1] Analyse fonctionnelle et EDPs

Analyse Hilbertienne, espaces de Sobolev, formule de Green, théorème de trace. Propriétés des équations elliptiques, formulations variationnelles, théorème de Lax-Milgram. Méthodes d'éléments finis.

[- S2] Vibration, diffusion : méthodes numériques adaptées

Spectre des opérateurs elliptiques, application aux vibrations des membranes et plaques. Équation de la chaleur et processus de diffusion. Méthodes numériques adaptées.

[+ S1] Analyse hilbertienne et de Fourier

Compléments sur les espaces de Hilbert. Bases hilbertiennes, séries de Fourier. Théorème de Riesz, dualité. Opérateur adjoint, opérateurs auto-adjoints, unitaires, normaux. Diagonalisation des opérateurs auto-adjoints compacts, applications. Transformation de Fourier dans L^1 et dans L^2 . Convolution.

[+ S2] EDP et distributions

Introduction à la théorie des distributions. Convolution, régularisation, distributions sur un ouvert. Distributions tempérées, transformation de Fourier et lien avec les espaces de Sobolev. Application à la résolution des équations aux dérivées partielles linéaires : laplacien, équation de la chaleur, équation des ondes.

[+ S2] La méthode des éléments finis

Formulations variationnelles. Méthodes de Ritz et Galerkin. Méthode des éléments finis : approximation, mise en œuvre. Étude de cas. Utilisation de logiciels industriels.

Probabilités

[- S1] Modèles aléatoires

Chaînes de Markov (à espace d'états discret et temps discret) : propriété de Markov. Exemples : chaîne à deux états, marches aléatoires, modèles d'Ehrenfest pour la diffusion, modèles génétiques, files d'attente, chaînes de branchement, chaîne de naissance ou de mort. États transients, états récurrents. Temps et probabilité d'absorption. Lois invariantes, stationnarité; et lois limites. Conditionnement : Espérance et probabilité conditionnelle dans le cadre général. Indépendance conditionnelle.

[+ S1] Modèles aléatoires 1

Rappels de probabilités, fonction génératrice des moments ; propriété de Markov. Probabilités de transition ; lois invariantes et lois limites. Exemples de chaînes de Markov (marches aléatoires, modèles génétiques, files d'attente, chaînes de branchement, chaîne de naissance ou de mort. États transients, états récurrents. Temps et probabilité d'absorption. Temps moyen de première visite et de récurrence.

[+ S1] Modèles aléatoires 2

Existence d'une loi invariante limite, périodicité (pour une chaîne de Markov). Algorithme de Metropolis, processus de Bernoulli, processus de Poisson et relation avec les files d'attente.

[+ S2] Processus stochastiques

Conditionnement (espérance conditionnelle, lois conditionnelles). Vecteurs Gaussiens. Martingales à temps discret. Introduction aux modèles financiers discrets. Etude complète du modèle de Cox-Ross-Rubinstein.

Ajout d'UE en M2 (depuis 2006-2007)

- Modélisation mathématique pour le traitement des images.
- Calcul pseudodifférentiel et applications.
- Équations de la chaleur et Schrödinger semilinéaires.

Le détail des contenus des unités concernées est donné ci-suit.

[+ S3] Modélisation mathématique pour le traitement des images

1. Méthodes variationnelles et EDP.
 - Présentation des formulations variationnelles usuelles pour la segmentation, la restauration et la détection de mouvement (Mumford-Shah, Osher-Rudin, Weickert-Schnoer).
 - Régularisation L2, L1, anisotropique.
 - Optimisation de formes : application aux contours actifs géodésiques.
2. Analyse multirésolution et ondelettes.

[+ S3] Calcul pseudodifférentiel et applications

Outils de base de l'analyse microlocale : symboles associés aux opérateurs différentiels et leurs propriétés en liaison avec les opérateurs (composition). Régularité des solutions d'une équation elliptique à coefficients variables (généralisation de l'équation de Laplace). Équations de type hyperbolique (équation des ondes), et leurs propriétés (estimations d'énergie, flot hamiltonien, propagation des singularités, dispersion). Lien avec l'analyse harmonique (via les correspondances symboles/noyaux et les opérateurs d'intégrale singulière) et la théorie cinétique (où les équations sont naturellement posées sur l'espace des phases position/vitesse).

[+ S3] Équations de la chaleur et Schrödinger semilinéaires

Propriétés des solutions de l'équation de la chaleur semi-linéaire et de l'équation de Schrödinger semi-linéaire. On présentera les principaux résultats concernant certaines questions qui se posent dans les mêmes termes pour ces deux équations. On insistera notamment sur la comparaison de l'état de l'art pour ces deux problèmes et des idées qui sont mises en oeuvre. En particulier, on abordera les thèmes suivants :

1. existence et unicité de solutions, problème de Cauchy ;
2. explosion en temps fini, comportement asymptotique à l'instant ;
3. comportement asymptotique des solutions globales ;
4. solutions auto-similaires et solutions asymptotiquement auto-similaires.

Autres réaménagements

- (S1) - L'UE « *Calcul formel* », qui était à l'origine optionnelle, est devenue obligatoire.
- (S1) - L'UE « *Optimisation combinatorie 1* » a été enrichie de 12 heures de travaux pratiques.

4- Flux étudiants

4.1 Flux global pour la mention

4.2 Flux pour la spécialité "Optimisation, Modélisation et Calcul"

Puisque la spécialité est unique, les flux sont identiques à ceux de la mention.

Tableau des flux :

	2004 / 2005	2005 / 2006	2006 / 2007	2007 / 2008
Inscrits M1	16	19	12	13
Diplômés M1	07	09	03	
Inscrits M2	-	14	12	12
Diplômés M2	-	06	08	

En complément, nous donnons le détail des demandes de dossier d'inscription par année :

		Demandes de dossier	Dossiers acceptés	Inscrits	dont		Reçus
					MACS	ILOG	
M2	2005-2006	85	29	14	4	0	6
	2006-2007	67	24	12	2	2	8
M1	2004-2005	??	26	16	-	-	7
	2005-2006	64	34	19	-	-	9
	2006-2007	43	20	12	-	-	3

5- Dotations en moyen

5.1 Nombre total d'heures d'enseignement en M1 en 2006-2007

Heures au total (ETD) :	898,75	
Heures supplémentaires (ETD) ²¹ :	186,50	(97,5h Anglais/TEC, 89h dépt. math.)
Heures mutualisées (ETD) ²² :	302,25	
Heures non dépensées (ETD) :	138,50	(TD fusionnés, UE non ouvertes)

5. Nombre total d'heures d'enseignement en M2 en 2006-2007

Heures au total (ETD) :	543,75	
Heures supplémentaires (ETD) ²³ :	048,75	(100% Anglais/TEC)
Heures mutualisées (ETD) ²⁴ :	135,00	

21 Sous réserve de confirmation de la part des départements concernés.

22 Borne inférieure du nombre d'heures mutualisées ; nombre exact sous réserve de confirmation quant à l'absence de mutualisation des TD-TP pour les UE mutualisées MACS, MM, MateMeca.

23 Sous réserve de confirmation de la part des départements concernés.

24 Borne inférieure du nombre d'heures mutualisées ; nombre exact sous réserve de confirmation quant à l'absence de mutualisation des TD-TP pour les UE mutualisées MACS.

5.3 Budget de fonctionnement du M1 en 2006-2007**budget M1 2006 :** 1250 euros**budget M1 2007 :** 1200 euros**5.4 Budget de fonctionnement du M2 en 2006-2007****budget M2 2006 :** 4323 euros**budget M2 2007 :** 2760 euros**5.5 Ressource taxe d'apprentissage en 2006-2007**

Pas de ressource issue de la taxe d'apprentissage.

6- Insertion professionnelle des diplômés 2006**6.1 Diplômés M2****6.2 Nombre de diplômés sondés****6.3 Nombre des sondés ventilés entre catégories professionnelles***Information non disponible.*²⁵ Néanmoins, nous pouvons fournir les informations suivantes :

Nombre de diplômés	6
Poursuite en thèse	4 (2 MENRT Galilée, 1 bourse régionale Valenciennes, 1 bourse CEA)
Poursuite d'études en M2 pro	1 (poste ingénieur à l'issue du stage M2 pro Paris 9)
Emploi	1 (poste ingénieur à l'issue du stage MMI)

7- Insertion professionnelle des diplômés 2007**7.1 Diplômés M2****7.2 Nombre de diplômés sondés****7.3 Nombre des sondés ventilés entre catégories professionnelles***Information non disponible.*²⁶ Néanmoins, nous pouvons fournir les informations suivantes :

Nombre de diplômés	8
Poursuite en thèse	4 (2 MENRT Galilée, 1 bourse CEA, 1 IFP)
Poursuite d'études en M2 pro	3 (2 M2 EID Galilée, 1 M2 pro Paris 9)
Inconnu ²⁷	1

25 En l'absence d'enquête menée sur le devenir des étudiants du master mathématiques et informatique, ou de retour sur cette enquête.

26 En l'absence d'enquête menée sur le devenir des étudiants du master mathématiques et informatique, ou de retour sur cette enquête.

27 En l'attente d'information complémentaire.

8- Investissement du(es) laboratoire(s) dans la formation

8.1 LAGA, Daniel Barski

Une des missions d'un laboratoire, universitaire et CNRS, de recherche en mathématiques comme le LAGA est de valoriser et transmettre son savoir-faire, ses connaissances et ses contributions scientifiques. Cette valorisation et cette transmission peuvent avoir lieu au niveau recherche ou au niveau professionnel.

Au niveau recherche la transmission a lieu par des thèses, des post-doc, des invitations, des conférences, des séminaires. Au niveau professionnel elle a lieu par des masters, des thèses, des contrats. Un master adossé au laboratoire est un point de passage obligé pour au moins une partie des doctorants du laboratoire, une autre partie des doctorants proviendra d'étudiants formés ailleurs et, inversement, le master forme des étudiants qui seront doctorants ailleurs. Le master adossé à un laboratoire est aussi un enseignement professionnel pour des cadres dans l'industrie et les services. Dans tous les cas le master est le marche-pied pour former des étudiants aux techniques développées dans le laboratoire.

Il est donc indispensable pour un laboratoire comme le LAGA tourné à la fois vers les mathématiques fondamentales et les applications de s'adosser à un ou plusieurs masters, afin de disposer d'un vivier de doctorants, de pouvoir exporter des doctorants dans d'autres laboratoires, et de former des cadres au fait des applications des mathématiques qui y sont développées.

Doctorats en cours au LAGA issus du master MMI :

- Nadia Belaribi (promotion 2007), Allocataire-Moniteur, directeur de thèse Francesco Russo ;
- Yohan Penel (promotion 2007), boursier CEA, directeur de thèse Olivier Lafitte.

Six stages de Master 2 ont par ailleurs été encadrés par des membres du LAGA sur les promotions 2005-2006 et 2006-2007.

8.2 LIPN, Christophe Fouqueré

I) Implication du laboratoire

Le Laboratoire d'Informatique de l'Université Paris-Nord (LIPN, UMR 7030) poursuit ses recherches en automatisation du raisonnement autour de ses axes forts, l'Optimisation Combinatoire, l'Informatique Fondamentale et l'Intelligence Artificielle en s'appuyant sur les compétences de ses membres dans quatre équipes (en 2007, 57 chercheurs et enseignants-chercheurs permanents, une centaine de membres au total) :

- “*Optimisation Combinatoire et Algorithmique Distribuée*” (OCAD), où sont abordés des problèmes liés à l'optimisation en nombres entiers, la satisfaction et l'optimisation des systèmes de contraintes, la combinatoire et l'algorithmique pour les systèmes parallèles et distribués.
- “*Logique, Calcul et Raisonnement*” (LCR), dont les intérêts se sont recentrés essentiellement sur la logique linéaire et ses applications en informatique, les spécifications de systèmes et l'aide à la modélisation, et la combinatoire algébrique.
- “*Apprentissage Artificiel et Applications*” (A3), qui développent des méthodes d'apprentissage innovantes en réponse à de nombreux besoins applicatifs.
- “*Représentation des Connaissances et Langage Naturel*” (RCLN), qui a pour objectif d'améliorer les techniques de représentation de la sémantique des langues à la fois pour

obtenir une meilleure adéquation des modèles formels et pour développer des outils efficaces d'accès à l'information textuelle.

Le Master (Sciences, Technologie, Santé) mention Mathématiques-Informatique offre une spécialité particulièrement importante au travers de deux des quatre équipes. La spécialité est en effet ancrée sur les domaines de l'optimisation, de l'algorithmique et de l'étude des structures de calcul. Les deux premiers points correspondent au contour de l'équipe OCAD (14 permanents), le troisième point est à cheval entre les équipes OCAD et LCR (correspondant à 4 permanents). Ces domaines sont des points forts du laboratoire depuis sa création il y a une vingtaine d'années, ceci nous a amené à procéder régulièrement à des recrutements (un poste de professeur est ainsi à pourvoir dans le domaine de l'Optimisation Combinatoire pour la rentrée 2008).

II) Mémoires et thèses de la mention Mathématiques-Informatique effectuées au LIPN

Note : les chiffres font référence au DEA et au DESS pour la période antérieure au quadriennal actuel

a) Thèses en cours

Année de début de thèse	2007	2006	2005	2004	2003
Provenant de la mention	1	3	2	0	1
Total	5	10	8	4	3

b) Thèses soutenues

Année de fin de thèse	2007	2006	2005	2004	2003
Provenant du DEA de P13 dans ce domaine	2	2	2	0	1
Total	4	8	4	3	4

c) Stages de master 2

Année de stage	2007	2006	2005	2004
Provenant du master (ou DEA)	3	7	6	2
Total	13	21	11	9

9- Synthèse

9.1 Coût vs. profit pour l'Institut Galilée

Comme l'illustrent bien les propos des directeurs des laboratoires qui en sont les porteurs, le master *mathématiques et informatiques* participe activement à l'essor de la recherche à Galilée (cinq thèses en cours sur seulement deux promotions de master 2), mais aussi à l'échange avec d'autres laboratoires (Université de Valenciennes, IFP, CEA) : il propose donc une formation à la recherche de qualité, sur des domaines prisés *aussi* à l'extérieur de Galilée.

Notons également que le double cursus qui est proposé en M3 aux élèves ingénieurs des filières MACS et ILOG constitue un argument non négligeable de vente de l'école d'ingénieurs pour ces filières, mise en comparaison à d'autres écoles qui ne proposent pas de telle spécialisation recherche en dernière année.

Enfin, malgré un ratio nombre d'heures d'enseignement sur nombre d'étudiants relativement élevé, le coût total de la formation en termes d'heures d'enseignement est significativement diminué par un effort effectif et constant de mutualisation.

9.2 Analyse des flux

Si l'apport du master en termes de recherche est indéniable, on pourrait en revanche regretter la relative faiblesse des flux. Lors de la précédente campagne d'habilitation, les flux prévisionnels annoncés s'élevaient à 20 étudiants, en M1, comme en M2 ; or, nous tournons à l'heure actuelle avec des effectifs proches de la douzaine dans les 2 années. Cette estimation se basait sur les chiffres suivants des années scolaires 2002-2003 et 2003-2004, qui concernent d'une part les formations se situant en amont de master, d'autre part les formations existantes pour lesquelles le master *Mathématiques et Informatique* pouvait constituer (du moins pour certaines orientations des étudiants au sein de ces formations) une alternative :

		2002-2003	2003-2004
Inscrits dans les licences en amont	Licence Informatique	39	58
	Licence Mathématiques	41	45
Inscrits dans les formations antérieures niveau M1	MST M2EFI	16	14
	Maîtrise Mathématique	21	14
	Maîtrise Informatique	32	39
	Maîtrise MIM	12	18
Inscrits dans les formations antérieures niveau M2	DEA Informatique IAOC	36	28
	DEA Analyse numérique	06	03

Où M2EFI et MIM désignent respectivement les maîtrises *Sciences et techniques Modèles Mathématiques de l'économie et de la finance internationales* et *Ingénierie mathématique*.

Les flux réels sont donc en-dessous des estimations faites. Nous essayons d'en comprendre les raisons :

- La surestimation des flux d'entrée s'explique en grande partie par le contexte général de diminution des effectifs en sciences. Les chiffres 2006-2007 des flux sortants L3 Galilée illustrent malheureusement ce phénomène :

	Inscrits	Reçus
Informatique	35	27
Mathématiques	29	12
MIEF	??	??

- Il est faux de dire que la première année du master constitue une prolongation naturelle de la licence informatique (pour illustration, en 2006-2007, on a vu le départ en cours d'année pour le MI1 d'une étudiante pourtant brillante issue de la L3 info) : on s'est donc en partie trompé sur le public visé, ou ce public n'a pas eu la possibilité de se former en L3 en totale adéquation avec le programme de master 1, ou encore le contenu pédagogique des UE de première année est mal adapté.
- Le manque de cohésion réelle entre les enseignants de mathématiques et les enseignements d'informatique, face à un public nécessairement mixte (formation d'origine à composante variable mathématiques et informatique), explique en grande partie la relative faiblesse du taux de réussite.
- Le nombre quasi anecdotique des demandes de dossier provenant des L3 Galilée (de l'ordre de 2-3% depuis 2005-2006 !) fait apparaître un manque évident de communication auprès de nos propres étudiants.
- Le départ des étudiants moteurs du M1 vers les formations d'ingénieurs (notamment MACS et Télécommunications : deux départs en 2006-2007), de même que la poursuite d'étude des diplômés de M2 dans des masters 2 professionnels (1 cas en 2005-2006, 3 cas en 2006-2007), soulignent un défaut de professionnalisation lisible et/ou effective de la formation telle qu'elle est proposée aujourd'hui.

Ces quelques remarques montrent la nécessité d'améliorer significativement les points suivants :

- la communication, notamment à Galilée, et à l'adresse des L3 MIEF ;
- l'articulation du master avec les mentions L3 de Galilée (UE pré-requises, rendre effective en L3 la possibilité de prise d'option de mathématiques à informatique et vice-versa avec recommandation d'UE pour le master) ;
- l'articulation du master avec les formations d'ingénieurs de Galilée, notamment, en informatique, d'un point de vue pédagogique (complémentarité et accessibilité des UE) ainsi qu'organisationnel (les 2 ingénieurs ILOG inscrits en 2006-2007 ont dû abandonner) ;
- la lisibilité du master, en direction des étudiants comme des professionnels, par la définition claire de ses objectifs (vocation, définition de parcours, débouchés) ;
- la visibilité du master, en l'inscrivant clairement dans l'offre francilienne des masters qui sont à l'interface des mathématiques et de l'informatique (quelle spécialisation, quelle originalité).