

Université Paris-Est Marne-la-Vallée

Maquette Master 2 Informatique

Labex Bezout

Signal, Image, Synthèse.....	3
Objectifs.....	3
Organisation pédagogique.....	3
Responsable de la spécialité.....	3
Présentation du parcours.....	3
Contenu des cours.....	5
Multimédia et Globe Virtuel.....	5
Synthèse d'image et réalité virtuelle.....	5
Géométrie discrète.....	5
Compression d'image.....	6
Représentation et filtrage numérique 1D/2D.....	6
Topologie et géométrie discrète.....	6
Restauration d'images, applications en imagerie médicale.....	7
Moteur Physique pour l'animation et la simulation.....	7
Synthèse d'image avancée.....	7
Systèmes dédiés pour la réalité virtuelle.....	8
Morphologie mathématique.....	8
Vision par ordinateur et réalité virtuelle.....	8
Traitement multi-capteurs et applications en audio.....	9
Transmission de l'information.....	9
Apprentissage	10
Algorithmique, Bio-informatique, Combinatoire.....	11
Objectifs.....	11
Organisation pédagogique.....	11
Responsable de la spécialité.....	11
Présentation du parcours.....	11
Contenu des cours.....	12
Algorithmique et automates.....	12
Combinatoire 2.....	12
Introduction à la Biologie Moléculaire et à l'Evolution Moléculaire.....	13
Partie I.....	13
Partie II.....	13
Génération aléatoire, graphes réguliers et automates infinis.....	14
Transducteurs et codage.....	14
Mots et automates.....	14
Algorithmique des Réseaux d'Interactions Biologiques.....	14
Fonctions spéciales, groupes et ondelettes.....	15
Algèbre de Hopf combinatoires.....	16

Hyperdéterminants et intégrales multiples.....16

Signal, Image, Synthèse

Orientation : recherche et professionnelle

Objectifs

Axes prioritaires de la formation :

- une option centrée sur l'imagerie numérique, allant de l'acquisition/restitution jusqu'à la reconstruction.
- une option centrée sur le traitement du signal et des images, allant de la tomographie en imagerie médicale aux techniques de codage de la voix ou la compression vidéo.

Connaissances et compétences visées :

- dans l'option d'imagerie numérique,
 - architecture des dispositifs matériels,
 - acquisition/restitution
 - analyse et traitement,
 - reconstruction.
- dans l'option du traitement du signal et des images,
 - restauration d'images,
 - codage de la voix,
 - transmission de l'information.

L'enseignement dispensé veillera à établir un bon équilibre entre les aspects recherche et ceux professionnels, en assurant une maîtrise des aspects tant théoriques que logiciels.

Organisation pédagogique

Responsable de la spécialité

Nom : Eric Incerti

Tél. : +33 1 60 95 75 50

Fax : +33 1 60 95 75 57

Courriel : Eric.Incerti@univ-paris-est.fr

Présentation du parcours

Semestre 1

Dénomination des UE	Nb de crédits ECTS	Nb heures de CM	Nb heures de TD
---------------------	--------------------	-----------------	-----------------

UE obligatoires :			
C++ Programmation générique	3	12	12
Synthèse d'images et réalité virtuelle	5	20	20
Géométrie discrète	5	20	20
Compression d'images	3	12	12
Représentation et filtrage numérique 1D/2D	5	20	20
Option Signal, Image, Son			
Restauration d'images, application à l'imagerie médicale	3	16	6
Option Analyse et Synthèse d'Image			
Moteurs physiques pour l'Animation et la simulation	3	12	12
UE mathématiques :	6		

Semestre 2

Dénomination des UE	Nb de crédits ECTS	Nb heures de CM	Nb heures de TD
UE obligatoires :			
Apprentissage	3	16	16
Stage	18		
UE optionnelles Signal, Image, Son			
Traitement multi-capteur et application audio	3	16	6
Transmission de l'information	3	16	6
Théorie de l'information et codage de la parole	3	18	
Morphologie mathématique	3	16	6
UE optionnelles Analyse et Synthèse d'Image			
Synthèse d'images avancée	3	12	12
Système dédié pour la réalité virtuelle	3	12	12

Morphologie mathématique	3	16	6
Vision par ordinateur et réalité virtuelle	3	12	12
Topologie et géométrie discrète	3	16	6

Modalités de choix des UE optionnelles :

3 UE optionnelles parmi celles proposées pour un total de 9 ECTS

Contenu des cours

Multimédia et Globe Virtuel

Ce cours présente quelques principes de la production multimédia appliquée au cas de la représentation numérique de la Terre. Le globe virtuel GoogleEarth servira de support à la production de vues, d'objets 3D et de séquences vidéo. Après avoir brièvement introduit les bases de la géodésie et du traitement d'image, on présentera les techniques de manipulation de GoogleEarth puis la programmation de scripts KML. Un projet final consistera à produire une séquence vidéo mettant en oeuvre les techniques enseignées.

Synthèse d'image et réalité virtuelle

Ce cours présente divers aspects tant fondamentaux qu'applicatifs de l'informatique graphique. Pour cela, ce cours tente de broser un panorama des techniques mais aussi des différents challenges actuels de la synthèse d'image. Plus précisément, nous nous efforçons d'étudier l'articulation entre le modèle topologique, le modèle géométrique et le modèle de rendu permettant la simulation d'un phénomène complexe.

Les exemples concernent aussi bien les descriptions CSG et lancer de rayons, les facettes et la radiosité ou encore les systèmes de particules et la simulation du mouvement.

Des applications sont apportées dans le cadre de la modélisation de phénomènes naturels et l'accent sera une fois de plus mis sur les liens profonds existant entre les propriétés du modèle choisi et l'algorithmique qu'il induit pour rendre les scènes modélisées

Géométrie discrète

La géométrie discrète traite des problèmes de nature géométrique que l'on peut rencontrer dans les espaces discrets (par exemple les grilles régulières à deux ou trois dimensions).

La géométrie algorithmique a pour but de proposer des méthodes efficaces pour résoudre des problèmes géométriques qui s'expriment dans le continu, mais s'implémentent naturellement sur des ordinateurs ne disposant que d'une précision

finie.

Ce cours constitue une introduction à ces deux disciplines, qui sont au coeur des représentations et des logiciels permettant de manipuler et visualiser des objets spatiaux virtuels.

Compression d'image

Ce cours est une présentation des principaux algorithmes, méthodes et standards utilisés en compression d'image. Les formats classiques (GIF, PNG, TIFF, JPEG...) sont étudiés et comparés au travers des algorithmes qui les composent. La structure du cours suit l'évolution de ces techniques : aller vers des taux de compression de plus en plus élevés tout en conservant la meilleure qualité d'image possible.

Compression sans perte

1°) Méthodes généralistes : éléments de théorie de l'information, méthodes entropiques (Huffman, codage arithmétique), méthodes à base de dictionnaire (la classe LZ*)

2°) Compression d'image : décomposition binaire (plans de bits, codes de gray), RLE, QM-Coder (Fax), codage prédictif sans perte.

Compression avec pertes

3°) Dégradation de l'information : quantification scalaire et vectorielle, codage prédictif avec perte.

4°) Codage par transformation : transformations 2D séparables unitaires, Fourier (DFT, FFT), la DCT et la norme JPEG, introduction à la compression par ondelettes et JPEG2000

5°) Introduction à la compression vidéo : compensation de mouvements, codage du son.

Représentation et filtrage numérique 1D/2D

Ce cours vise à fournir un éventail de techniques numériques de filtrage pouvant être appliquées à des données mono-dimensionnelles ou bidimensionnelles.

Après quelques rappels sur la numérisation des signaux (conversions analogique-numérique et numérique-analogique), les notions de transformées de Fourier et transformées en z seront vues dans le contexte de l'étude des filtres numériques 1D.

On s'intéressera ensuite aux opérations de sous-échantillonnage (décimation) et interpolation. Les structures de bancs de filtres bâties à l'aide de ces opérateurs seront introduites et les conditions de reconstruction parfaite seront énoncées. L'intégration de ces bancs de filtres dans des algorithmes d'analyse multirésolution (transformées en ondelettes discrètes) sera étudiée.

L'extension de ces analyses aux images sera effectuée dans le cadre d'opérateurs de traitement séparables.

Le cours sera accompagné de TD réalisés à l'aide du logiciel libre scilab où les notions vues en cours seront illustrées sur des signaux audio et des images.

Topologie et géométrie discrète

Les différents modèles d'objets discrets (graphes, complexes simpliciaux, complexes cellulaires, cartes combinatoires).

- Pavage de l'espace, régions de Voronoï, triangulation de Delaunay.
- Notion de déformation continue.
- Transformations homotopiques (application à la segmentation).

- Surfaces discrètes.
- Homotopie de fonctions discrètes.
- Distances discrètes.

Restauration d'images, applications en imagerie médicale

Les techniques de restauration ont pour objectif de "retrouver"; un objet à partir d'une (ou plusieurs) observation(s) dégradée(s). Ces problèmes prennent la forme d'une déconvolution en microscopie biologique et celle d'une reconstruction en imagerie médicale (IRM, TEP,...).

Beaucoup d'autres domaines sont concernés par ces méthodes (imagerie satellitaire, contrôle non destructif, récupération d'enregistrements anciens,...) mais ces deux applications serviront de supports privilégiés aux méthodes qui seront exposées dans ce cours.

Après une présentation des principaux modèles de dégradation linéaires et des bruits usuels, on se placera le cadre d'une approche variationnelle de ces problèmes, conduisant à la résolution de problèmes d'optimisation. On se limitera à l'étude du cas convexe pour lequel des solutions algorithmiques seront proposées, en mettant l'accent sur les méthodes numériques susceptibles de gérer des problèmes de grande dimension. Des interprétations statistiques (bayésiennes) des fonctions de coûts seront également considérées permettant une interprétation des hyperparamètres apparaissant dans ces problèmes et pour lesquels il est essentiel de disposer de méthodes d'estimation efficaces. Dans les problèmes de déconvolution, les liens existant avec le filtrage de Wiener seront mis en évidence.

Moteur Physique pour l'animation et la simulation

Le terme 'animation' est généralement employé pour des applications ludiques et culturelles (jeux, cinéma, effets spéciaux) alors que le terme 'simulation' indique des applications scientifiques plus rigoureuses et exigeantes.

Néanmoins, de plus en plus, l'animation à recours aux méthodes de la simulation pour 'synthétiser' des phénomènes dynamiques trop complexes à décrire : solide articulés, objets déformables, cassables, liquides, explosions....

Pour synthétiser ces phénomènes, il faut d'une part disposer d'un bon système de modélisation décrivant, sous la forme de systèmes différentiels, des lois physiques élémentaires (dynamique des solides articulés, des corps déformables, des fluides....) et d'autre part d'un moteur de simulation dont le rôle est de produire une résolution numérique de ces systèmes.

Ce cours se déteille pas les aspects 'physiques' des modèles (on se limite quelques lois très simples) mais explore à travers elles les différentes techniques de modélisation/simulation (animatique, éléments finis, différences finies, masses-ressorts, systèmes de particules) en pointant quelques particularités, contraintes et limites propres à l'univers numérique (discret).

C'est sûr ces aspects que se fait la distinction entre 'animation' et 'simulation'.

Synthèse d'image avancée

Ce cours est une découverte des techniques les plus avancées de synthèse d'images.

Nous abordons dans un premier temps les problématiques d'ombrage temps réel autant en ombrage discontinu que continu. On aborde ensuite tous les algorithmes d'illumination globale, qui visent à calculer en profondeur les échanges lumineux

entre toutes les surfaces de la scène : lancer de rayons, suivi de rayons, techniques bi directionnelles avec comparaisons de ces différents algorithmes. Une attention plus particulière est portée sur un algorithme phare d'illumination globale : le photon mapping, décrit en détails et dont on analyse les résultats. Enfin nous abordons la radiosité, méthode de détermination des échanges lumineux diffus dont nous voyons les principes, les équations ainsi que les techniques de résolutions. Une dernière partie concerne les échanges lumineux non plus sur des surfaces mais dans des volumes, appelé milieu participants.

Systemes dédiés pour la réalité virtuelle

Un certain nombre d'algorithmes sont mis en oeuvre dans les systemes pour la réalité virtuelle et notamment des algorithmes pour la perception, la reconstruction d'objets et d'environnements 3D ainsi que l'acquisition temps réel de mouvements. Ces algorithmes complexes doivent souvent être exécutés rapidement pour permettre des interactions homme machine réalistes. Il faut donc une forte puissance de calcul pour implanter ces algorithmes.

L'objectif de ce cours est d'appréhender la conception d'architectures dédiées permettant l'implantation matérielle de tels algorithmes (acquisition, traitement et visualisation). Cela passe par l'études des méthodes d'accélération des calculs et des principaux composants matériels disponibles aujourd'hui pour améliorer les performances de ces systemes.

Ce cours s'appuiera sur une mise en oeuvre de techniques d'optimisation de l'implantation d'algorithmes sur des architectures aussi bien à base de processeur RISC, VLIW (par exemple le DSP TMS 320c6711) que de circuits reconfigurables (FPGA).

Morphologie mathématique

Ce cours présente les notions majeures de la morphologie mathématique: présentation de la méthode, (relations de type ensembliste), filtrage morphologique (opérations croissantes et idempotentes, analyse multiéchelle), connexion ensembliste (extraction d'objets, maxima, dynamique, etc.), squelettes, ligne de partage des eaux.

Vision par ordinateur et réalité virtuelle

Initialement motivée par les applications à la robotique, la vision par ordinateur voulait doter les machines d'une vision semblable à celle de l'homme. En particulier, il semblait indispensable de disposer d'une information tridimensionnelle sur les objets qui entourent le robot, que ce soit pour éviter les obstacles comme pour les reconnaître ou les saisir. Les sonars ou plans lasers étant trop lents ou trop peu précis, seul la méthode utilisée par l'homme parut adaptée: la stéréo-vision, qui permet de voir en relief avec plusieurs yeux. C'était le seul moyen pour rendre un robot autonome. Aujourd'hui, les applications principales de la vision par ordinateur ne sont plus robotiques : reconnaissance des formes, télédétection, contrôle industriel, imagerie médicale, imagerie satellite, etc. De manière plus surprenante, de nombreuses applications voient le jour en réalité virtuelle et en trucage vidéo: mélanger images de synthèses et images réelles nécessite l'extraction d'informations 3D à partir du réel.

Traitement multi-capteurs et applications en audio

Les traitements multi-capteurs interviennent dans de nombreux dispositifs d'informatique embarquée, et dans de nombreuses applications parmi lesquelles le radar, le sonar, la radio astronomie, les radio-communications (en émission et en réception), la géophysique, le biomédical, etc.. Dans ce module, on s'intéressera d'abord aux techniques qui permettent de réaliser l'imagerie, ou la cartographie d'un milieu continu. Dans un second temps, on abordera les problèmes complémentaires de localisation de sources, où il s'agit de positionner un ensemble de sources d'émission à partir des données recueillies sur un réseau de capteurs. Les principes de traitement et les algorithmes associés seront illustrés lors d'une séance de travaux pratiques où l'on étudiera la localisation de sources caractérisées par un modèle de propagation circulaire. Un autre aspect du traitement multi-capteurs est la possibilité d'opérer une "séparation de sources". Sur ce thème, on décrira le problème général de séparation (aveugle) de sources, les techniques fondées sur les statistiques d'ordre supérieur, sur l'utilisation de fonctions de contraste, et les principes de l'analyse en composantes indépendantes. Ces techniques seront illustrées sur un exemple de séparation de sources audio.

Transmission de l'information

Le premier chapitre du cours sera consacré aux modulations linéaires, où sera mis l'accent sur les filtres de mise en forme (critères de Nyquist) d'une part et, d'autre part, où seront présentées les techniques de réception optimales sur le canal gaussien. Quelques calculs de probabilités d'erreurs sont présentés à cette occasion.

Le deuxième chapitre sera une introduction très rapide au codage correcteur d'erreur et au théorème de capacité de Shannon. En particulier, on calculera la capacité d'un canal gaussien.

Le troisième chapitre concernera la réception des modulations linéaires dans les canaux de Rayleigh, en commençant par les canaux non sélectifs en fréquence, et en terminant par les canaux à trajets multiples. L'importance des techniques de diversité sera particulièrement soulignée.

Le quatrième chapitre abordera plus brièvement les modulations multiporteuses; les raisons qui président à leur introduction seront mises en évidence.

Au cours du cinquième et dernier chapitre, on présentera les systèmes multi-antennes en commençant par mettre en évidence leurs apports potentiels en terme de capacité. Nous présenterons les codes spatio-temporels les plus simples.

Théorie de l'information et codage de la parole

Après un rappel de la théorie classique de Shannon, nous présenterons les extensions à un paramètre de l'entropie de Shannon (entropies de Rényi et Tsallis) et leurs liens avec la physique statistique (physique nonextensive, multifractales). Certaines connections entre la théorie de l'information et les statistiques seront ensuite abordées : on présentera le calcul de bornes sur des problèmes de détection, les problèmes d'estimation et l'information de Fisher. On s'intéressera ensuite au principe du maximum d'entropie : justifications, distributions à maximum d'entropie, utilisation en inférence et applications, par exemple en reconstruction de données. La théorie de l'information permet d'établir, et utilise, un certain nombre d'inégalités, qui seront ensuite décrites et illustrées. Enfin, on

s'intéressera au problème d'estimation des quantités d'information (méthodes plugin et calcul sur des graphes notamment). Différents concepts de théorie de l'information sont illustrés sur le problème de la modélisation et du codage de la parole.

Apprentissage

L'apprentissage ("machine learning" en anglais) est une discipline scientifique récente, à l'intersection de plusieurs disciplines scientifiques : mathématiques appliquées, statistiques et informatique. Les objectifs de l'apprentissage sont l'optimisation, le contrôle et la modélisation de systèmes complexes à partir d'exemples.

Ces objectifs généraux englobent les applications à de nombreux types de données différentes.

La finalité de la discipline de l'apprentissage étant de dégager des théories et techniques génériques permettant des avancées dans chacun des domaines d'applications, comme la classification et l'analyse d'images, de vidéos et de sons, l'analyse de données économiques et financières, ou l'analyse de séquences, textes et documents. Dans ce cours, l'accent sera mis sur les applications en imagerie.

Algorithmique, Bio-informatique, Combinatoire

Orientation : recherche et professionnelle

Objectifs

Le parcours « Algorithmique, bioinformatique et Combinatoire » est spécifiquement un parcours orienté recherche. Il permet la poursuite en doctorat, notamment dans les équipes de recherche du Labex Bezout.

Organisation pédagogique

Responsable de la spécialité

Nom : Sylvain Lombardy

Tél. : +33 1 60 95 77 41

Fax : +33 1 60 95 75 57

Courriel : Sylvain.Lombardy@univ-paris-est.fr

Présentation du parcours

Semestre 1

Dénomination des UE	Nb de crédits ECTS	Nb heures de CM
UE obligatoires :		
Algorithmique et automates	4	24
Combinatoire 2	4	24
Introduction à la biologie moléculaire et à l'évolution moléculaire	4	24
Option Algorithmique et Bioinformatique		
Génération aléatoire, graphes réguliers, automates infinis	3	18
Transducteur et codage	3	18
Mots et automates	3	18
Algorithmique des réseaux d'interaction biologique	3	18
Option Combinatoire		
Fonctions spéciales, groupes et ondelettes	6	36
Algèbre de Hopf	6	36

combinatoire		
UE mathématiques :	6	

Le **second semestre** consiste en un stage de recherche crédité de 30 ECTS.

Contenu des cours

Algorithmique et automates

L'objectif du cours est de présenter des algorithmes sur les automates finis et les structures pour index. Ce cours est divisé en deux parties de même volume.

La première partie du cours concerne l'utilisation des automates dans la recherche de motifs. Après avoir rappelé les notions élémentaires de combinatoire des mots (bords, périodes), on étudiera la construction efficace d'outils fondamentaux pour la recherche de motifs: le trie des suffixes, ainsi que des représentations plus compactes, comme l'automate des suffixes; ce sera l'occasion d'aborder des algorithmes spécifiques aux automates acycliques. Pour conclure cette partie, on introduira des notions de dynamique symbolique, telles que les mots interdits minimaux, les codes et codes circulaires.

La seconde partie présente des algorithmes classiques mais avancés sur les automates finis. On s'intéressera d'abord à la minimisation, la minimisation des automates déterministes dans un premier temps, l'unicité de l'automate minimal, les différents algorithmes de minimisation, puis la réduction des automates non déterministes à l'aide des notions de morphisme et de revêtement. Ensuite, on examinera les algorithmes de synthèse d'automates à partir d'expressions rationnelles : Thompson, Positions, Standard, Dérivées et on étudiera les relations entre les résultats de ces différents algorithmes.

Combinatoire 2

Introduire les idées fondamentales de la combinatoire algébrique. On montrera comment des questions élémentaires de combinatoire des mots amènent à introduire diverses structures (fonctions quasi-symétriques, tableaux de Young, fonctions symétriques, etc.) et algorithmes (Robinson-Schensted-Knuth), et on illustrera ces méthodes sur un exemple substantiel (la règle de Littlewood-Richardson).

L'objectif du cours est d'introduire et de motiver quelques objets fondamentaux de la combinatoire algébrique moderne. On commencera par

L'algorithme de Robinson-Schensted, que l'on motivera par le problème du calcul de la longueur d'un sous-mot croissant maximal d'un mot sur un alphabet ordonné. L'étude des propriétés combinatoires de cet algorithme conduira naturellement à la notion de fonction de Schur, et à l'exposé des notions fondamentales de la théorie des représentations des groupes. On montrera ensuite comment diverses algèbres non commutatives récemment introduites permettent de donner une preuve simple de la célèbre règle de Littlewood-Richardson pour la multiplication des fonctions de Schur, et on en donnera diverses applications, par exemple au calcul des caractères du groupe symétrique.

Introduction à la Biologie Moléculaire et à l'Evolution Moléculaire

Ce cours est divisé en deux parties de même volume.

Partie I

L'objectif est de permettre aux étudiants de comprendre les problèmes actuels que peuvent se poser les biologistes qui utilisent des techniques d'étude à grande échelle (séquençage et annotation des génomes, mécanismes d'évolution des génomes, génomique comparative et évolutive) et de mettre en lumière les problèmes informatiques sous-jacents (algorithmique, gestion de masses de données) grâce à une bonne compréhension des analyses biologiques réalisées.

On rappelle d'abord des notions de bases de biologie (Réplication, Transcription, Traduction et Régulation de l'expression), les principes de l'évolution moléculaire (structures des gènes, substitutions de nucléotides, duplications de gènes, familles multigéniques, transposition, transfert horizontal etc..) On s'intéresse ensuite au séquençage des génomes et à la régulation de l'expression génique : épigénétique et par les petits ARN non codants (miRNA et SiRNA).

Partie II

La génomique comparée étudie les similitudes structurelles entre les génomes, afin de mettre en évidence des organisations fonctionnelles de gènes ou de séquences communes, ou bien des relations phylogénétiques entre espèces.

Les approches classiques en génomique comparée intègrent à l'heure actuelle l'ordre des gènes, car l'information portée par celui-ci est loin d'être négligeable. Dans ce contexte, les génomes sont représentés par des permutations signées et il s'agit de transformer une permutation signée en une autre par un nombre minimum d'opérations (scénario d'évolution parcimonieux) ou de mesurer la similarité entre deux permutations signées. Nous aborderons dans ce cours les principales opérations: renversements et transpositions pour le calcul d'un scénario d'évolution parcimonieux et nombre de points de cassures et nombre d'intervalles communs pour mesurer la similarité entre deux génomes.

Génération aléatoire, graphes réguliers et automates infinis

La description d'une famille d'objets ou de séquences ne donne pas toujours une façon simple d'engendrer aléatoirement et uniformément des objets ou séquences de cette famille. On présente dans ce cours diverses méthodes de génération aléatoire : méthode récursive, générateurs de Boltzmann. Ces méthodes s'appuient sur une bonne compréhension de la manière dont ces familles sont engendrées, via en particulier l'étude de leurs séries génératrices.

La seconde partie du cours traite de graphes et automates ayant un ensemble dénombrable de sommets et de présentation finie. On montre comment les automates à pile, qui reconnaissent les langages algébriques, sont descriptibles dans ce contexte. On étudiera les extensions des graphes et automates finis aux graphes et automates réguliers: propriétés de fermeture, algorithmes de cheminement, arbre couvrant régulier,...

Transducteurs et codage

Une première partie traite de la modélisation des canaux de transmission, des erreurs que peuvent subir les messages envoyés dans ces canaux. On étudiera les algorithmes de codage de canal, qu'on analysera au moyen de la notion d'entropie. On modélisera ces contraintes sous forme de systèmes dynamiques symboliques; on étudiera en particulier les systèmes de type fini et les systèmes sofiques.

La seconde partie du cours portera sur les transducteurs, c'est-à-dire les automates avec sortie qui interviennent en codage, mais aussi en linguistique. On verra comment les composer, décider si la relation qu'un transducteur réalise est une fonction et, le cas échéant, si cette relation peut être réalisée par un transducteur déterministe en entrée séquentiel, lettre-à-lettre, et la possibilité de minimiser ces représentations. On étudiera comment extraire une fonction à partir d'une relation réalisée par transducteurs.

Mots et automates

Le cours porte sur les codes à longueur variable et les automates finis. Une attention spéciale sera portée aux aspects liés aux applications en codage et compression. On considérera en particulier les codes préfixes optimaux (algorithmes de Huffman, Garsia-Wachs et Itai), codes synchronisés, codes bifixes, codes pour sources contraintes, et codes pour canaux contraints.

Algorithmique des Réseaux d'Interactions Biologiques

L'objectif de ce cours est d'introduire quelques aspects algorithmiques de la comparaison et de l'analyse des réseaux d'interaction de protéines (RIP). Dans une première partie, des techniques algorithmiques sont introduites pour la recherche de pathways (chemins) dans les RIP. La seconde partie concerne la

comparaison de RIP et considère plusieurs modélisations permettant d'aborder ces problèmes sous des angles différents.

Cet enseignement ne nécessite aucun pré-requis en biologie.

La relation entre génotype (ensemble des gènes) et phénotype (ensemble des caractères observés) est complexe. Une des voies qui se développe actuellement est l'étude systématique des interactions entre les molécules présentes dans une cellule. Ces interactions peuvent être directes (interactions physiques de protéines) ou indirectes (un facteur de transcription régule un autre gène). Si on considère toutes ces interactions, on parle de réseau d'interactions (chaque sommet représente une protéine et deux sommets sont connectés s'il existe une interaction directe ou indirecte entre les deux protéines). Dans ce contexte, la recherche de motifs dans un réseau d'interactions a pour but d'identifier des parties importantes dans ces grands réseaux.

Le contenu du cours est orienté algorithmique. Les objectifs de ce cours sont: (1) de comprendre les principaux concepts des réseaux d'interactions, (2) de donner un panorama des différentes approches pour analyser les réseaux d'interactions et (3) d'introduire des techniques algorithmiques (essentiellement de complexité paramétrée) pour la recherche de motifs dans les réseaux d'interactions.

Le cours est organisé en 9 séances de 2 heures chacune et débutera par une mise à niveau en complexité (NP-complétude, approximation et complexité paramétrée). La recherche de motifs et la comparaison de deux réseaux d'interactions seront ensuite abordées. Une attention particulière sera portée tout au long de ce cours à la technique dite du "color coding".

Fonctions spéciales, groupes et ondelettes

La combinatoire algébrique a de nombreux rapports avec la théorie des représentations des groupes. Le but de ce cours est de familiariser les étudiants avec cette théorie en expliquant de manière détaillée, et à partir de zéro, quelques exemples fondamentaux comme les séries de Fourier sphériques et les ondelettes. Ce cours peut être un complément utile pour les étudiants souhaitant se spécialiser en image ou traitement du signal.

Les fonctions symétriques de Schur, introduites dans le cours précédent, jouent un rôle central dans la combinatoire moderne, et admettent de nombreuses variantes ou généralisations, en particulier les polynômes de Macdonald. Les applications de ces diverses fonctions proviennent du fait qu'elles sont interprétables comme fonctions sphériques zonales attachées à certains groupes. Le cours a pour objet de présenter une introduction à ces questions, en particulier les fonctions sphériques classiques, et les diverses fonctions spéciales qui apparaissent avec les groupes les plus simples. On étudiera ainsi la fonction Gamma, associée au groupe affine de la droite, qui conduira lui-même à la théorie des ondelettes. L'étude de l'oscillateur

harmonique quantique conduira aux polynômes d'Hermite, au groupe de Heisenberg et aux ondelettes de Gabor. Une seconde partie présentera des applications des ondelettes en traitement d'images et de signaux. Ce cours pourra être suivi avec profit par les étudiants d'autres filières.

Algèbre de Hopf combinatoires

Il a été découvert récemment que bon nombre d'algorithmes classiques (parfois aussi simples que le tri par bulles ou l'insertion dans un arbre binaire de recherche) pouvaient s'interpréter dans un formalisme algébrique moderne. Cette interprétation conduit à une présentation extrêmement simple d'une bonne partie de la combinatoire classique, et trouve des applications dans des domaines variés.

Hyperdéterminants et intégrales multiples

Les hyperdéterminants sont des généralisations des déterminants à des tableaux multidimensionnels. Leur définition remonte au XIXème siècle, mais leur étude a été rapidement abandonnée à cause de la complexité des calculs. Avec l'augmentation régulière de la puissance de calcul des ordinateurs, on commence à être en mesure d'expérimenter sur ces objets et d'en découvrir des propriétés. C'est d'autant plus intéressant qu'on sait les utiliser pour exprimer diverses quantités (par exemples des intégrales) importantes en physique mais actuellement incalculables.