

**DESCRIPTIFS DES COURS DU M2 MVA
MATHÉMATIQUES VISION APPRENTISSAGE
2009-2010**

TABLE DES MATIÈRES

Cours Maths/Vision, Trim1	3
<i>Méthodes d'optimisation et application en traitement d'images</i> , JEAN-FRANÇOIS AUJOL ET MILA NIKOLOVA	3
<i>Introduction à l'imagerie numérique</i> , YANN GOUSSEAU ET JULIE DELON	4
<i>Imagerie sous pixellique</i> , LIONEL MOISAN	5
<i>Les filtres itérés d'image et leur lien avec les équations aux dérivées partielles</i> , JEAN-MICHEL MOREL	7
<i>Représentations parcimonieuses, estimation et compression par ondelettes</i> , STÉPHANE MALLAT	8
<i>Vision et reconstruction 3D</i> , RENAUD KERIVEN	9
<i>Reconstruction d'objets et vision artificielle</i> , JEAN PONCE	10
Cours Maths/Apprentissage/Signaux Biologiques, Trim 1	11
<i>Méthodes MCMC et Applications</i> , STÉPHANIE ALLASSONNIÈRE, ERIC MOULINES, GERSENDE FORT	11
<i>Introduction à l'apprentissage statistique</i> , JEAN-YVES AUDIBERT	12
<i>Modèles graphiques probabilistes (réseaux bayésiens)</i> , FRANCIS BACH	13
<i>Apprentissage par Renforcement</i> , RÉMI MUNOS	14
<i>Modèles mathématiques pour les neurosciences</i> , OLIVIER FAUGERAS	15
<i>Acquisition et traitement numérique des images biomédicales (I)</i> , NICOLAS AYACHE ET GRÉGOIRE MALANDAIN	16
<i>Dynamique, contrôle et robotique</i> , KARINE BEAUCHARD, PIERRE ROUCHON	17
Cours Maths/Vision/Audio, Trim 2	18
<i>Méthodes stochastiques pour l'analyse d'images</i> , AGNÈS DESOLNEUX ET JULIE DELON	18
<i>Compressed sensing</i> , YVES MEYER	19
<i>Modèles déformables en analyse d'images et de surfaces</i> , LAURENT COHEN ET GABRIEL PEYRÉ	20
<i>Méthodes variationnelles et statistiques en analyse vidéo</i> , FRANÇOISE DIBOS ET GEORGES KOEPFLER	22
<i>Advanced Mathematical Methods in Computer Vision</i> , NIKOS PARAGIOS	23
<i>Traitement du signal sonore, analyse temps-fréquence</i> , EMMANUEL BACRY	24
<i>Analyse des signaux audio-fréquences</i> , GAËL RICHARD / YVES GRENIER	25
<i>Imagerie satellitaire</i> , JEAN-MARIE NICOLAS, ANDRES ALMANSA, MARINE CAMPEDEL, MICHEL ROUX, FLORENCE TUPIN	26
Cours Maths/Apprentissage/Signaux Biologiques, Trim 2	27
<i>Apprentissage statistique avancé</i> , NICOLAS VAYATIS	27
<i>Prediction, learning, and games</i> , GABOR LUGOSI	28
<i>Méthodes à noyau pour l'apprentissage</i> , JEAN-PHILIPPE VERT	29
<i>Analyse de données et techniques neuronales</i> , MARIE COTTREL	30
<i>Modélisation en neurosciences - et ailleurs</i> , JEAN-PIERRE NADAL	31
<i>Statistical Learning in Computational Biology</i> , DONALD GEMAN	33
<i>Traitement de l'information en biotechnologie : Analyse statistique des données de micro-array</i> , BERNARD CHALMOND	34
<i>Géométrie et espace de formes</i> , JOAN GLAUNES, ALAIN TROUVÉ ET LAURENT YOUNES	35
<i>Analyse et simulation des images biomédicales (II)</i> , NICHOLAS AYACHE, HERVÉ DELINGETTE ET XAVIER PENNEC	36

Imagerie fonctionnelle cérébrale et interface cerveau machine, THÉO PAPADOPOULO, MAUREEN CLERC
ET BERTRAND THIRION

Cours Maths/Vision, Trim1

Méthodes d'optimisation et application en traitement d'images, JEAN-FRANÇOIS AUJOL ET MILA NIKOLOVA

MÉTHODES D'OPTIMISATION ET APPLICATION EN TRAITEMENT D'IMAGES

JEAN-FRANÇOIS AUJOL ET MILA NIKOLOVA

OBJECTIF DU COURS : L'objectif du cours est d'offrir un panorama des algorithmes numériques classiquement utilisés dans les problèmes de traitement d'images.

DESCRIPTIF DU COURS : L'étude commence par la minimisation de fonctionnelles différentiables avec ou sans contraintes. On continue ensuite en présentant les méthodes numériques pour traiter la minimisation de fonctionnelles non différentiables.

L'ensemble du cours sera illustré par des Travaux Pratiques permettant à l'étudiant de se confronter à une vaste gamme de problématiques du traitement d'image (restauration d'images, zoom, déquantification, décomposition d'images, inpainting ...). Ces travaux pratiques seront réalisés avec Matlab.

MODE DE VALIDATION : Examen écrit + comptes rendus de TP

RÉFÉRENCES :

PRÉREQUIS :

LIEN WEB :

INTRODUCTION À L'IMAGERIE NUMÉRIQUE

YANN GOUSSEAU ET JULIE DELON

OBJECTIF DU COURS : Cet enseignement constitue une première approche de l'image numérique et a pour but de sensibiliser les étudiants aux principaux ingrédients de la structure des images (géométrie, texture, couleur, artefacts d'acquisition), ainsi que de leur donner une connaissance des outils les plus classiques de l'amélioration ou de l'analyse des images. Un deuxième objectif du cours est de confronter dans une approche thématique divers outils mathématiques approfondis par ailleurs dans le master (Ondelettes, EDP, approches variationnelles). Ce cours sera aussi souvent que possible illustré par des exemples d'application issus des domaines de l'imagerie aérienne, de la photographie numérique grand public ou de l'archivage du patrimoine culturel.

DESCRIPTIF DU COURS : Plan détaillé du cours :

- (1) Acquisition des images numériques (Y. Gousseau, 3h)
Échantillonnage bidimensionnel, filtrage linéaire, bruit, introduction au débruitage et à la déconvolution.
- (2) Radiométrie (J. Delon, 4h30)
Quantification, contraste, modifications de contraste, introduction aux techniques de transport optimal, espaces couleur, démosaiquage.
- (3) Géométrie
 - Contours et régions dans les images (J. Delon, 4h30)
Détection et rôle des contours (filtrage de Canny et variantes, contours actifs, lignes de niveau), segmentation par zones (méthodes par histogramme, partage et réunion, croissance de régions, Mumford-Shah, Minimum Description Length)
 - Extraction et représentation de formes (Y. Gousseau, 3h)
Extraction de formes paramétriques (moindres carrés, Hough, RANSAC), codage des courbes de Jordan et rôle de la courbure, mise en correspondance de formes.
- (4) Textures (Y. Gousseau, 3h) Outils d'analyse (filtres de Gabor et ondelettes, matrices de cooccurrences, champs de Markov, morphologie mathématique), méthodes de synthèse ad hoc (modèles de réflexion, shot noise, fractals), méthodes de synthèse génériques (ondelettes, méthodes par rééchantillonnage ou copier-coller, désoccultation et inpainting)
- (5) Statistiques des images naturelles et modélisation (Y. Gousseau, 3h) : Non-gaussianité, lois d'échelle, modèles stochastiques pour les images naturelles, décompositions d'images, espaces fonctionnels pour les images.

MODE DE VALIDATION : Projet (rapport et soutenance)

RÉFÉRENCES :

PRÉREQUIS : Analyse de Fourier, probabilités élémentaires

LIEN WEB : <http://www.tsi.enst.fr/~gousseau/MVA>

IMAGERIE SOUS PIXELLIQUE

LIONEL MOISAN

OBJECTIF DU COURS : Alors que beaucoup de modèles mathématiques manipulent les images comme des fonctions de 2 variables réelles, la réalité informatique sous-jacente est plus terre-à-terre, puisque les images numériques ne sont *in fine* que des tableaux de pixels dans la mémoire d'un ordinateur. La problématique du passage du continu au discret (mise en oeuvre numérique des principes mathématiques) et celle du passage du discret au continu (extraction d'informations sous-pixelliques d'une image digitale) sont donc d'une grande importance dans le traitement mathématique des images. L'objectif de ce cours est d'aborder ces questions en allant des résultats classiques (théorie de l'échantillonnage de Shannon, consistance de schémas aux différences finies, ...) jusqu'aux notions les plus récentes, en soulignant au passage certains problèmes encore ouverts actuellement. Le cours sera complété de séances de travaux pratiques, tout aussi essentielles que le cours pour maîtriser les nombreuses questions posées par la mise en relation du discret au continu.

DESCRIPTIF DU COURS : Plan du cours :

1. Formation des images numériques

Principe de la caméra sténopé. Cas de scènes planes. Homographies. Approximation affine. Problématique de la calibration. Paramètres intrinsèques. Distorsions géométriques. Distorsions optiques : diffraction, défocalisation, astigmatisme, coma. Capteurs et échantillonnage. Théorie de Shannon. Interprétation de l'aliasing. Post-aliasing. Cas des capteurs couleur. Problématique du démosaïquage.

2. Interpolation et transformations géométriques sans perte

Interpolation de Shannon. Sinus cardinal discret, FFT. Problématique de la périodisation. Symétrisation et DCT. Décomposition "periodic + smooth". Interpolations directes et indirectes (splines). Unicité des translations sous-pixelliques. Rotations exactes. Zoom : zero-padding contre extrapolation de spectre.

3. Échantillonnage et transformations géométriques avec perte

Échantillonnage : le compromis aliasing-ringing-flou-bruit. Filtrage gaussien, prolates. Approximation. Filtrage zero-aliasing. Compromis flou-ringing. Classification des filtres par SR-curves. Utilisation des SR-filters. Filtrage zero-ringing. Application aux transformations d'image avec perte : réduction, affinités, homographies. Cas des transformations non rigides.

4. Opérateurs locaux

Pixel infinitésimal et opérateurs différentiels. Consistance des schémas aux différences finies. Convergence de certains opérateurs itérés. Implémentations discrètes du filtrage gaussien. Interprétation spectrale des opérateurs locaux. Aliasing. Opérateurs compatibles avec l'interpolation de Shannon. Cas de la variation totale spectrale. Formulation variationnelle des opérateurs locaux.

5. Géométrie sous-pixellique

Décomposition radiométrique-géométrique des images. Manipulations radiométriques : égalisation d'histogramme, estimation d'un changement de contraste. Invariance par changement de contraste et théorie de Shannon. Propriétés et calcul des lignes de niveau. Localisation sous-pixellique.

6. Détection des artefacts du numérique

Mesure de netteté par cohérence globale de phase. Détection du ringing et de l'aliasing.

MODE DE VALIDATION : diverses formes de projets au choix

RÉFÉRENCES :

L. Moisan, *Modeling and Image Processing*, <http://www.mi.parisdescartes.fr/~moisan/mva/>.

G. Blanchet, L. Moisan, B. Rougé, "A linear prefilter for image sampling with ringing artifact control", *proceedings of the International Conference on Image Processing*, vol. 3, pp. 577-580, 2005.

L. Moisan, "How to discretize the Total Variation of an image ?", *proceedings of ICIAM'07, Proc. Appl. Math. Mech.* 7 :1, pp. 1041907-1041908, 2007.

G. Blanchet, L. Moisan, B. Rougé, "Measuring the global phase coherence of an image", *proceedings of the International Conference on Image Processing*, pp. 1176-1179, 2008.

G. Blanchet, L. Moisan, B. Rougé, "A-contrario Ringing Detection and Shannon-Compliant Images", preprint MAP5 n. 2009-10, Université Paris Descartes, 2009.

L. Moisan, "Periodic plus Smooth Image Decomposition", preprint MAP5 n. 2009-11, Université Paris Descartes, 2009.

PRÉREQUIS : Prérequis : analyse, calcul différentiel en dimension finie, notions élémentaires de probabilités.
Connaissances utiles (mais non requises) : analyse de Fourier, distributions, optimisation, bases de géométrie différentielle

LIEN WEB : <http://www.mi.parisdescartes.fr/~moisan/mva/>

Les filtres itérés d'image et leur lien avec les équations aux dérivées partielles, JEAN-MICHEL MOREL

LES FILTRES ITÉRÉS D'IMAGE ET LEUR LIEN AVEC LES ÉQUATIONS AUX DÉRIVÉES PARTIELLES

JEAN-MICHEL MOREL

OBJECTIF DU COURS : Le but du cours est de montrer l'équivalence entre plusieurs filtres d'images classiques et des équations aux dérivées partielles qui en donnent une formulation plus invariante. Le cours permettra de comprendre mieux la nature des filtres linéaires d'images et celle des filtres invariants par changement de contraste. En effet l'analyse par équations aux dérivées partielles permet de démontrer que beaucoup de ces filtres sont en fait équivalents entre eux et une formulation par EDP qui permet d'en définir des implémentations plus invariantes.

DESCRIPTIF DU COURS :

A-Equation de la chaleur: Le modèle. Existence unicité régularité. Preuve du principe que tous les filtres linéaires itérés convergent vers l'équation de la chaleur. Applications : filtres directionnels, détection de bords, de Canny et de Haralick, et quatre algorithmes pour lisser les formes

B-Morphologie mathématique (la partie invariante par contraste): Des images aux ensembles de niveau et réciproquement. Operateurs monotones invariant par contraste et "stack filters", théorie. Application : le tueur d'extrema. Operateurs sup-inf, classification de tous les filtres morphologiques. Erosions et dilations. Filtre médian.

C-Les equation par courbure: Il s'agit d'un mini cours de calcul différentiel adapté au sujet : tangente, normale, courbure, principales courbures d'une surface, et les principales équations par courbure avec leurs invariants : MCM, AMSS.

D-Lien entre les filtres morphologiques et equations par courbure: traitement détaillé du filtre médian, applications.

MODE DE VALIDATION : Pour le contrôle un problème sera proposé mais aussi des projets de lecture ou d'implémentation pour ceux qui préfèrent. Le cours durant trois heures, je m'arrangerai pour traiter deux thèmes distincts chaque séance pour éviter la saturation.

RÉFÉRENCES :

PRÉREQUIS : Les prérequis du cours sont seulement une habitude du raisonnement mathématique et quelques notions élémentaires de calcul différentiel et d'analyse.

LIEN WEB : POLYCOPIE : En anglais. Téléchargeable [ici](#)

Représentations parcimonieuses, estimation et compression par ondelettes, STÉPHANE MALLAT

REPRÉSENTATIONS PARCIMONIEUSES, ESTIMATION ET COMPRESSION PAR ONDELETTES

STÉPHANE MALLAT

OBJECTIF DU COURS : Le but du cours est d'introduire les techniques de représentations parcimonieuses de signaux et d'images, ainsi que la transformée en ondelettes, pour la compression de signaux, le débruitage et la résolution de problèmes inverses.

DESCRIPTIF DU COURS : Le cours commence par l'introduction de représentations parcimonieuses de signaux avec un nombre réduit de paramètres. Cela inclut les techniques d'approximation linéaires et non-linéaires de signaux dans des bases, ainsi que leurs relations avec les théorèmes d'échantillonnage. Les bases orthogonales d'ondelettes et leur algorithme rapide seront présentés, avec leurs applications à la compression d'images, au débruitage et aux problèmes inverses. Pour optimiser les représentations parcimonieuses, nous verrons l'utilisation de dictionnaires redondants ainsi que leur apprentissage, et leur utilisation pour la super-résolution, et pour la séparation de sources. Des séances de travaux pratiques informatiques sur Matlab viendront compléter le cours.

MODE DE VALIDATION : Le cours est validé par un projet final sur un sujet choisit par l'étudiant.

RÉFÉRENCES :

PRÉREQUIS :

LIEN WEB :

Vision et reconstruction 3D, RENAUD KERIVEN

VISION ET RECONSTRUCTION 3D

RENAUD KERIVEN

OBJECTIF DU COURS : La reconstruction tridimensionnelle d'objets à partir de photographies a de nombreuses motivations et applications : robotique, environnements virtuels, cinéma, surveillance, tourisme, aménagement, développement durable, etc. Il s'agit d'un des plus anciens problèmes de vision par ordinateur et n'est pourtant toujours pas résolu. Les mathématiques et l'algorithmique qu'il sollicite sont variées, parmi lesquelles on peut compter : optimisation continue ou discrète, estimation stochastique, optimisation de forme, géométrie algorithmique, calcul différentiel et théorie des graphes. Nous essayerons de comprendre où est en réellement l'état de l'art et quels sont les défis et les questions encore ouvertes.

DESCRIPTIF DU COURS : Séances : Géométrie épipolaire ; Corrélacion, points d'intérêt ; Rectification, stéréobinoculaire ; Estimation de paramètres ; Stéréo multi-vues ; Auto-calibration ; Chaîne complète de photographie 3D, problèmes ouverts.

MODE DE VALIDATION : Exercices ; Examen partiel ; Projet.

RÉFÉRENCES : R. Hartley and A. Zisserman, *Multiple View Geometry in Computer Vision*, Cambridge University Press, March 2004.

PRÉREQUIS :

LIEN WEB : <http://imagine.enpc.fr/~keriven/stereovision/>

Reconstruction d'objets et vision artificielle, JEAN PONCE

RECONSTRUCTION D'OBJETS ET VISION ARTIFICIELLE

JEAN PONCE

OBJECTIF DU COURS : La reconnaissance automatique des objets –et de manière plus générale, l'interprétation de la scène– figurant dans une photographie ou une vidéo est le plus grand défi de la vision artificielle. Ce cours présente les modèles d'images, d'objets, et de scènes, ainsi que les méthodes et algorithmes utilisés aujourd'hui pour affronter ce défi.

DESCRIPTIF DU COURS :

- Caractéristiques visuelles : points d'intérêt, régions affines, invariants, descripteurs Sift
- Détection d'objets et de classes spécifiques : alignement 2D et 3D, méthodes de votes, détection de visages et Adaboost.
- Classification d'images : sacs de caractéristiques visuelles et machines à vecteurs de support, grilles et pyramides, réseaux convolutionnels.
- Aller plus loin : analyse de scène, analyse des activités dans les vidéos.

MODE DE VALIDATION :

RÉFÉRENCES :

- D.A. Forsyth and J. Ponce, "Computer Vision : A Modern Approach", Prentice-Hall, 2003.
- J. Ponce, M. Hebert, C. Schmid, and A. Zisserman, "Toward Category-Level Object Recognition", Lecture Notes in Computer Science 4170, Springer-Verlag, 2007.

PRÉREQUIS :

LIEN WEB :

Cours Maths/Apprentissage/Signaux Biologiques, Trim 1

Methodes MCMC et Applications, STÉPHANIE ALLASSONIÈRE, ERIC MOULINES, GERSENDE FORT

METHODES MCMC ET APPLICATIONS

STÉPHANIE ALLASSONIÈRE, ERIC MOULINES, GERSENDE FORT

OBJECTIF DU COURS : L'objectif de ce cours est de présenter une introduction aux méthodes de simulation et d'optimisation stochastique appliquées au traitement du signal et des images. Ce cours a pour ambition de présenter des méthodes générales de simulation (en particulier, les méthodes de Monte Carlo par Chaînes de Markov et les systèmes de particules en interactions), les méthodes d'approximation stochastique (gradient stochastique, recuit, essaim particulaires) en illustrant leur mise en oeuvre dans des applications réelles : restauration, segmentation, détection. Au-delà des méthodes, le cours présentera de façon synthétique les outils de probabilité essentiels (martingales, chaînes de Markov, vitesse de convergence) qui sous-tendent ces développements.

DESCRIPTIF DU COURS :

- (1) Une introduction aux méthodes de Monte-Carlo et les applications en Signal et en Images.
- (2) Théorie élémentaire des chaînes de Markov : des chaînes à états discrets aux chaînes à états continus ; irréductibilité, apériodicité, récurrence, transience pour les chaînes à états continus ; réversibilité ; liens avec la théorie des opérateurs.
- (3) Méthodes MCMC de base : l'algorithme de Métropolis-Hastings ; réversibilité ; quelques variantes élémentaires : marche aléatoire, échantillonnage indépendant ; liens avec l'algorithme de rejet et l'échantillonnage d'importance ; L'algorithme de Gibbs et les algorithmes hybrides.
- (4) Applications des MCMC en signal et en images [restauration, segmentation, modèles de déformation,...] ; éventuellement, processus spatiaux.
- (5) Convergence et diagnostics de convergence : approche de Lyapounov, vitesse de convergence explicite [couplage], ergodicité, diagnostic de convergence.
- (6) Approximation stochastique : gradient stochastique [Robbins Monro], recuit simulé ; quelques résultats de convergence.
- (7) Couplage simulation / optimisation en signal et en images : calibration des paramètres de champs de Markov partiellement observés, estimation de paramètres de modèles de déformations.
- (8) Méthodes d'échantillonnage d'importance séquentiels ; méthodes de rééchantillonnage ; applications dans un cadre séquentiel.
- (9) Méthodes de filtrage particulaire ; applications en vision.

MODE DE VALIDATION : 50% micro-projet ; 50% examen écrit

RÉFÉRENCES : M. Benaïm. Dynamics of stochastic approximation. In *Séminaire de Probabilités (Strasbourg)*, volume 33, pages 1–68. Springer Verlag, 1999.

A. Benveniste, M. Métivier, and P. Priouret. *Adaptive Algorithms and Stochastic Approximations*, volume 22. Springer, Berlin, 1990. Translated from the French by Stephen S. S. Wilson.

O. Cappé, E. Moulines, and T. Rydén. *Inference in Hidden Markov Models*. Springer, 2005. URL <http://perso.telecom-paristech.fr/~cappe/ihmm/>.

P. Del Moral. *Feynman-Kac Formulae. Genealogical and Interacting Particle Systems with Applications*. Springer, 2004.

M. Duflo. *Random Iterative Models*, volume 34. Springer, Berlin, 1997. Translated from the 1990 French original by S. S. Wilson and revised by the author.

S. P. Meyn and R. L. Tweedie. *Markov Chains and Stochastic Stability*. Springer, London, 1993.

G. O. Roberts and J. S. Rosenthal. General state space Markov chains and MCMC algorithms. *Probab. Surv.*, 1 :20–71, 2004.

C. P. Robert and G. Casella. *Monte Carlo Statistical Methods*. Springer, New York, 2nd edition, 2004.

G. Winkler. *Image analysis, random fields and Markov chain Monte Carlo methods*, volume 27 of *Applications of Mathematics (New York)*. Springer-Verlag, Berlin, second edition, 2003. ISBN 3-540-44213-8.

PRÉREQUIS : Un cours introductif en probabilité et en statistique mathématique [au niveau de "Probability Essentials", J. Jacod and P. Protter et "Mathematical Statistics : Basic Ideas and Selected Topics", Bickel & Doksum]

LIEN WEB :

INTRODUCTION À L'APPRENTISSAGE STATISTIQUE JEAN-YVES AUDIBERT

OBJECTIF DU COURS : Les procédures d'apprentissage statistique ("machine learning" en anglais) utilisent une base de données pour déduire de caractéristiques observées la prédiction d'une caractéristique inconnue. Ces méthodes sont devenues incontournables dans de nombreux domaines (classification et analyse d'images, reconnaissance d'objets, classification de documents textuels (par ex : spam / non spam), diagnostic médical, analyse de séquences génétiques ou de protéines, prédiction du rendement d'actifs financiers ...).

A la frontière entre théorie de l'information, théorie de la complexité, et statistique non paramétrique, la théorie sur laquelle repose ces méthodes propose des concepts efficaces pour l'analyse de l'apprentissage (consistance universelle, vitesse de convergence, capacité d'une classe de fonctions, complexité algorithmique, concentration de la mesure).

L'objectif de ce cours est d'introduire les différentes procédures d'apprentissage génériques (machines à vecteurs supports, méthodes d'agrégation, réseaux de neurones, arbres de décision, ...) et les concepts théoriques et algorithmiques qui les motivent et les justifient.

DESCRIPTIF DU COURS :

- Consistance des algorithmes d'apprentissage
- Les algorithmes génériques et les liens entre eux : SVM, méthodes d'agrégation (AdaBoost et ses variantes), réseaux de neurones, arbres de décision, méthode des plus proches voisins...
- Sur-apprentissage et régularisation
- Capacité de généralisation d'une classe de fonctions de prédiction
- Théorie de Vapnik/Cervonenkis et inégalités de concentration
- Fonctions de perte et optimisation convexe
- Sélection de variables et estimation adaptative

MODE DE VALIDATION : Exercices+TD (30%) + 1 examen (70%)

RÉFÉRENCES :

- R. Duda, P. Hart et D. Stork, *Pattern Classification*, 2nd ed., Wiley, 2000.
- L. Devroye, L. Györfi et G. Lugosi, *A Probabilistic Theory of Pattern Recognition*, Springer-Verlag, 1996.
- V. Vapnik, *The nature of statistical learning theory*, 2nd ed., Springer-Verlag, 1995.
- S. Boucheron, O. Bousquet et G. Lugosi, *Theory of classification : some recent advances*, *ESAIM Probability & Statistics*, 9, 323-375, 2005.
- R. E. Schapire. *The boosting approach to machine learning : An overview*. In *Advanced Lectures on Machine Learning (LNAI 2600)*, 2003.
- P. Viola and M. Jones, *Robust Real-time Object Detection*, *International Journal of Computer Vision*, 57 (2), 137-154, 2004.

PRÉREQUIS : Probabilités (en particulier, convergence en loi, convergence en probabilités, convergence presque sûre, lois/espérances conditionnelles)

LIEN WEB :

MODÈLES GRAPHIQUES PROBABILISTES (RÉSEAUX BAYÉSIENS) FRANCIS BACH

OBJECTIF DU COURS : Ce cours porte sur la modélisation statistique de données complexes multivariées. Il est centré sur le formalisme des modèles graphiques probabilistes (aussi appelés réseaux Bayésiens ou champs de Markov), qui se trouvent à la frontière entre la théorie des graphes et les probabilités. Ce formalisme regroupe un grand nombre de modèles existants (modèle de Markov cachés, filtres de Kalman) et définit la sémantique et les algorithmes d'inférence et d'apprentissage nécessaires pour étendre naturellement ces modèles à des situations plus complexes. Des applications des réseaux Bayésiens à des problèmes de vision, traitement du signal, intelligence artificielle et bioinformatique seront présentées.

Ce cours donne une perspective nouvelle sur de nombreux algorithmes, dont certains sont déjà présentés de manière indépendante dans d'autres cours. Le formalisme et les algorithmes présentés constituent un traitement unifié permettant (1) l'échange d'idées entre ces algorithmes qui proviennent souvent de communautés différentes (par exemple, les modèles de Markov cachés discrets et les filtres de Kalman) et (2) l'application de ces algorithmes aux situations complexes rencontrées en vision, traitement du signal, intelligence artificielle, bioinformatique.

DESCRIPTIF DU COURS : Le cours traitera des sujets suivants :

- Introduction aux modèles graphiques, algorithmes d'élimination
- Méthodes fréquentistes et Bayésiennes
- Classification Linéaire, modèles linéaires et linéaires généralisés
- Estimation de densités, méthodes à noyaux, mixtures
- L'algorithme EM
- Modèles de Markov cachés
- Analyse factorielle
- Filtres de Kalman
- Algorithme des arbres de jonctions
- Algorithmes de simulation (Importance sampling, Gibbs, Metropolis-Hastings)
- Algorithmes variationnels : champs moyen, belief propagation, relaxations convexes
- Applications

MODE DE VALIDATION : Le cours comportera (1) des devoirs à la maison (exercices simples et implantations en Matlab ou en R d'algorithmes d'inférence et d'apprentissage), and (2) une lecture d'articles en fin de cours.

RÉFÉRENCES : Les notes de cours des années précédentes sont disponibles sur le site web du cours.

Class notes from previous years are available on the course web site.

PRÉREQUIS : Au moins un cours de probabilités.

LIEN WEB : <http://www.di.ens.fr/~fbach/courses/fall2008/>

Apprentissage par Renforcement, RÉMI MUNOS
APPRENTISSAGE PAR RENFORCEMENT
RÉMI MUNOS

OBJECTIF DU COURS : Ce cours présente des travaux récents dans le domaine de l'apprentissage par renforcement et la prise de décisions dans l'incertain. Le domaine de l'apprentissage par renforcement donnera l'occasion d'aborder différents thèmes en apprentissage, comme la prise de décisions séquentielles dans les problèmes de décision markoviens, et leur résolution à l'aide d'approximateurs de fonctions, le compromis exploration-exploitation, et l'apprentissage en environnement partiellement observable et en présence d'adversaires.

DESCRIPTIF DU COURS : Ce cours porte sur l'acquisition automatisée de capacités pour la prise de décisions séquentielles en environnement stochastique, partiellement observable et en présence d'adversaires. L'apprentissage par renforcement est un domaine de recherche né d'interactions entre les disciplines intelligence artificielle, neurosciences, et psychologie expérimentale, qui s'est développé en partie grâce à des outils mathématiques en contrôle optimal (programmation dynamique) et en statistiques (algorithmes d'approximation stochastique). Il s'agit actuellement d'un domaine de recherche actif dans la communauté Machine Learning (voir par exemple <http://msrl09.rl-community.org/>, <http://ewrl08.futurs.inria.fr/>). L'objet de l'apprentissage par renforcement est d'apprendre une loi d'action "par l'expérience", c'est à dire à partir de l'observation des échecs ou succès résultants des prises de décisions passées. Les applications sont très variées : robotique autonome, théorie des jeux, recherche opérationnelle, planification, optimisation...

Ce cours couvrira des aspects théoriques de la prise de décisions séquentielles dans l'incertain, en détaillant certaines problématiques importantes. Nous présenterons le cadre des processus de décision markoviens, et leur résolution approchée à l'aide d'approximation de fonctions. Nous étudierons le compromis exploration-exploitation, pour des environnements à la fois stochastiques et en présence d'adversaires, en formulant la notion de regret. Nous étudierons la convergence d'algorithmes itératifs en-ligne vers la solution optimal du problème de prise de décisions.

MODE DE VALIDATION : Essentiellement par projet qui sera soit d'ordre théorique soit d'implémentation algorithmique basé sur un travail bibliographique.

RÉFÉRENCES : Books :

O. Sigaud and O. Buffet editors, *Processus décisionnels de Markov en Intelligence Artificielle*, 2008.

D. Bertsekas and J. Tsitsiklis, *Neuro Dynamic Programming*, 1996

R. Sutton and A. Barto, *Reinforcement Learning, an introduction*, 1998.

N. Cesa Bianchi and G. Lugosi, *Prediction, Learning and Games*, 2006.

PRÉREQUIS :

LIEN WEB : <http://sequel.futurs.inria.fr/munos/master-mva>

MODÈLES MATHÉMATIQUES POUR LES NEUROSCIENCES

OLIVIER FAUGERAS

OBJECTIF DU COURS : Nous présentons dans ce cours quelques outils mathématiques qui interviennent de manière systématique dans de nombreux problèmes de modélisation en neurosciences. Les prérequis sont une bonne connaissance du calcul différentiel et du calcul des probabilités dans le cadre de la théorie de la mesure. Sans trahir la rigueur mathématique, le cours s'efforcera de mettre en valeur l'applicabilité aux neurosciences des concepts présentés. Le cours sera complété par des séances d'exercices et de programmation sous Scilab, Matlab ou Maple.

DESCRIPTIF DU COURS :

Electrophysiologie des neurones: modèles à conductances et leurs réductions, modèles intègre et tire.

Introduction aux systèmes dynamiques: orbites et portraits de phases, variétés invariantes, équivalence de systèmes dynamiques, classification topologique des équilibres, bifurcations et leurs formes normales topologiques, stabilité structurelle.

Bifurcations: déploiement universel et codimension, le pli, la bifurcation de Hopf, la bifurcation pli d'un cycle limite, la bifurcation de Bogdanov-Takens, la bifurcation de Bautin, la fronce.

Application à l'excitabilité neuronale: neurones de classes 1, 2 et 3, neurones intégrateurs et neurones résonateurs, modulation lente.

Le bruit blanc et le mouvement brownien: construction du mouvement brownien, régularité des trajectoires, propriété de Markov. Application à la modélisation du bruit.

Intégrale stochastique: l'intégrale d'Itô, la formule d'Itô.

Equations différentielles stochastiques: définitions, existence et unicité de la solution, équations linéaires. Application aux modèles de neurones intègre et tire.

Compléments: temps d'arrêts et formules de Feynman-Kac, équation de Fokker-Planck. Application à la description de l'évolution du potentiel de membrane neuronal et des statistiques de trains d'impulsions nerveuses.

MODE DE VALIDATION :

RÉFÉRENCES :

- Wulfram Gerstner et W. Kistler, Spiking neuron models, Cambridge University Press, 2002.
- Yuri A. Kuznetsov, Elements of applied bifurcation theory.
- Eugène Izhikevich, Dynamical systems in neuroscience : the geometry of excitability and bursting, MIT Press, 2006.
- Jean-Pierre Françoise, Oscillations en biologie, Springer, 2000.
- Lawrence C. Evans, An introduction to stochastic differential equations, On line lecture notes
- Jean-François Le Gall, Mouvement brownien et calcul stochastique, On line lecture notes

PRÉREQUIS :

LIEN WEB :

Acquisition et traitement numérique des images biomédicales (I), NICOLAS AYACHE ET GRÉGOIRE
MALANDAIN

ACQUISITION ET TRAITEMENT NUMÉRIQUE DES IMAGES BIOMÉDICALES (I) NICOLAS AYACHE ET GRÉGOIRE MALANDAIN

OBJECTIF DU COURS : Les images médicales d'un patient constituent une source cruciale d'information pour l'établissement d'un diagnostic ou la planification d'une thérapie. L'objectif de ce cours est de donner les premières connaissances quant à l'acquisition des différentes modalités d'imagerie médicale, et de présenter des outils de traitement des images adaptés à l'imagerie volumique.

DESCRIPTIF DU COURS :

- Modalités d'imagerie médicale
- Topologie discrète
- Filtrage
- Morphologie mathématique
- Classification et segmentation
- "Snakes", modèles déformables 2D
- Modèles déformables 3D

MODE DE VALIDATION : Examen écrit

RÉFÉRENCES :

PRÉREQUIS :

LIEN WEB :

DYNAMIQUE, CONTRÔLE ET ROBOTIQUE
KARINE BEAUCHARD, PIERRE ROUCHON

OBJECTIF DU COURS : C'est un cours du type "morceaux choisis" compte tenu de l'étendue du domaine couvert par les systèmes dynamiques non linéaires et leur contrôle. Nous exposons ici quelques méthodes mathématiques utiles pour l'analyse et le contrôle de systèmes typiques rencontrés en robotique. Une attention particulière sera portée au pilotage/guidage de robots mobiles ou volants équipés de capteurs inertiels, de caméra et/ou de GPS, avec la prise en compte des symétries (invariance euclidienne ou galiléenne).

DESCRIPTIF DU COURS :

- (1) Systèmes dynamiques et régulateurs.
 - (a) Equations différentielles, point d'équilibre, stabilité asymptotique, exposants et fonction de Lyapounov, invariance de Lasalle.
 - (b) Systèmes invariants, groupe de symétries (robot à roue et drone).
 - (c) Systèmes plans, théorie de Poincaré/Bendixon et régulateurs Proportionnel-Intégral (PI).
 - (d) Robustesse, systèmes lents/rapides et cascade de régulateurs.
 - (e) Systèmes oscillants et moyennisation (recherche de maximum en boucle fermée, boucle à verrouillage de phase (PLL), balançoire et pendule de Kapitsa).
- (2) Feedback, stabilisation, planification et suivi de trajectoires.
 - (a) Stabilisation par feedback et fonctions de Lyapounov contrôlées.
 - (b) Notion de commandabilité, systèmes linéaires et forme normale de Brunovsky.
 - (c) Systèmes différentiellement plats.
 - (d) Invariance et prises en comptes de symétries (suivi invariant pour robot à roue avec remorques).
- (3) Observateurs asymptotiques et filtrage.
 - (a) Notion d'observabilité, observateurs asymptotiques, systèmes linéaires et filtre de Kalman.
 - (b) Symétries et observateurs invariants (fusion de données entre capteurs inertiels et caméras).

MODE DE VALIDATION : Projet (sujet à l'initiative de l'étudiant) ou examen écrit

RÉFÉRENCES :

PRÉREQUIS :

LIEN WEB : <http://cas.ensmp.fr/~rouchon/index.html>

Cours Maths/Vision/Audio, Trim 2

Méthodes stochastiques pour l'analyse d'images, AGNÈS DESOLNEUX ET JULIE DELON

MÉTHODES STOCHASTIQUES POUR L'ANALYSE D'IMAGES

AGNÈS DESOLNEUX ET JULIE DELON

OBJECTIF DU COURS : L'objectif de ce cours est de donner une large introduction aux méthodes stochastiques utilisées en analyse d'images et de signaux : chaînes de Markov, modèles Gaussiens, théorie de l'information, test d'hypothèses, etc. Pour être mises en oeuvre, certaines méthodes nécessitent l'utilisation d'algorithmes adaptés : programmation dynamique, recuit simulé, belief propagation, etc. Ces algorithmes seront décrits dans le cours. Nous aborderons aussi une méthode générale de détection de structures géométriques dans les images, en lien avec un principe de perception visuelle : le principe de Helmholtz. Selon ce principe, toute grande déviation d'une répartition stochastique uniforme engendre une perception. Inversement, "on ne voit rien dans le bruit". Il est étonnant qu'un principe aussi général permette de mener des calculs effectifs de détection de structures dans les images digitales, et que ces seuils correspondent assez bien aux seuils de perception observables chez les humains. Nous essayerons de montrer que c'est pourtant le cas, en traitant les problèmes de détection suivants : alignements dans une image digitale, détection de bords, détection de parallélisme, calcul automatique des points de fuite.

DESCRIPTIF DU COURS : Ce cours comportera une dizaine de séances de 3h chacune. Chaque séance sera divisée en deux parties : d'abord une partie de cours, puis une deuxième partie de travaux dirigés. Un polycopié en anglais sera distribué.

MODE DE VALIDATION : examen écrit

RÉFÉRENCES :

PRÉREQUIS : bases de probabilités

LIEN WEB :

Compressed sensing, YVES MEYER

COMPRESSED SENSING

YVES MEYER

OBJECTIF DU COURS : Nous nous proposons de relier la théorie du compressed sensing aux problèmes posés par l'échantillonnage irrégulier des signaux dont la transformée de Fourier a un support compact.

DESCRIPTIF DU COURS : Le cours débutera par une présentation détaillée du théorème d'échantillonnage de Shannon-Nyquist. Nous étudierons ensuite le cas de l'échantillonnage irrégulier en nous appuyant sur les travaux de H.J. Landau, A. Olevskii et A. Ulanovskii. De nouveaux résultats encore inédits seront alors présentés. Finalement la dernière partie du cours concernera le compressed sensing à la Candès. Nous présenterons lors de la dernière séance les premiers résultats de la mission Herschel.

MODE DE VALIDATION : Soit un examen écrit traditionnel ou un projet.

RÉFÉRENCES :

PRÉREQUIS : Le cours a été suivi avec succès par des étudiants ayant suivi cursus très différents.

LIEN WEB :

MODÈLES DÉFORMABLES EN ANALYSE D'IMAGES ET DE SURFACES

LAURENT COHEN ET GABRIEL PEYRÉ

OBJECTIF DU COURS : Ce cours présente l'utilisation de courbes et de surfaces déformables non-rigides pour l'analyse d'images, de surfaces et de données en grande dimension. Ces surfaces déformables sont contraintes à minimiser une énergie traduisant les *a priori* géométriques de chaque problème. Ce cours propose ainsi un panorama des méthodes variationnelles et des équations aux dérivées partielles utilisées pour manipuler et optimiser ces courbes et surfaces non-rigides. Nous présentons pour différents problèmes la formulation mathématique, les méthodes numériques, l'aspect algorithmique, ainsi que les applications concrètes industrielles. Introduits en 1987, les modèles déformables sont devenus un très large domaine de recherche avec de nombreux champs d'application. A travers ce cours mis à jour régulièrement, nous explorerons l'évolution des idées principales depuis les premiers contours actifs et leurs différentes formulations ou résolutions (Différences finies, Eléments finis, Ensembles de niveau (level sets), Chemins minimaux, Fast Marching), jusqu'au travaux les plus récents, en passant par les approches avec connaissance a priori de forme ou l'extraction de chemins minimaux et les connexions avec les géodésiques sur des surfaces 3D et les graphes en grande dimension.

Les modèles déformables sont devenus des outils incontournables pour résoudre les problèmes de vision par ordinateur comme la segmentation d'images ou la reconstruction de surfaces 3D. Des idées similaires ont émergés récemment en infographie et analyse de données de grande dimension. Dans tous ces domaines, des *a priori* géométriques permettent de contraindre des problèmes difficiles tel que l'optimisation de maillages ou la paramétrisation de collections d'images.

Le cours est assorti de nombreuses illustrations par des applications en imagerie médicale 2D et 3D, aérienne et industrielle, ainsi que des démos sous matlab. Des séances de TP sur machine viendront compléter le cours. Sur la page web du cours

<http://www.ceremade.dauphine.fr/~cohen/mva/>

les étudiants pourront trouver des supports de cours (polycopiés et transparents), les énoncés interactifs des TP (avec figures et code matlab), des articles complétant les détails du cours ainsi que la liste des projets à faire pour valider le cours.

Plusieurs stages, éventuellement poursuivis par une thèse, sont possibles en traitement d'images, au CEREMADE ou en entreprise. Contactez nous assez tôt par courrier électronique en joignant un CV.

DESCRIPTIF DU COURS : **Introduction et Reconstruction avec régularisation (3h)**

- *Segmentation d'images* : algorithmes de croissance de régions ; énergie d'une segmentation.
- *Reconstruction de courbes et surfaces* : régularisation de Tichonov. Equation d'Euler associée à une énergie. Fonctions splines minimisant une énergie.
- *Optimisation numérique* : résolution numérique, algorithmes ; Jacobi, Gauss-Seidel, SOR ...
- *Espace Echelle (Scale Space)* : représentation multiéchelle, équation de la Chaleur, filtrage multiéchelle.
- *Respect des discontinuités* : Diffusion anisotrope ; énergie de Mumford et Shah, Blake et Zisserman ; modèle élastique avec continuité faible.

Modèles déformables élastiques, contours actifs et EDP. (7h + TP 2h)

- *Contours actifs* : énergie "Snakes" ; modèles de poutre, membrane et plaque ; terme région.
- *Discrétisation* : méthodes de différences finies ; méthode des éléments finis.
- *Surfaces Déformables* : théorie ; reconstruction 3D.
- *Extensions* : Modèle de ballon ; évolution de courbes planes par déformation normale.
- *Applications* : imagerie médicale ; imagerie satellitaire.
- *Méthode géométriques* : contours actifs géodésiques ; méthode level sets ; applications en segmentation et reconstruction.
- *A priori de formes* : modèles paramétriques déformables ; modèles actifs de forme et d'apparence (Cootes-Taylor) ; contrainte de forme pour les level sets ; applications (segmentation, stéréo, surfaces à quasi-symétries, ...).

Méthodes géodésiques en 2D et 3D. (8h + TP 4h)

- *Chemins minimaux* : équation Eikonale ; minimum global pour les contours actifs.
- *Propagation de fronts* : algorithme de Dijkstra ; algorithme rapide du "Fast Marching".
- *Application en vision* : Contours multiples ; groupements perceptuel ; segmentation ; reconnaissance de formes.

- *Application en imagerie médicale* : Segmentation rapide interactive pour des contours 2D, et des surfaces 3D. Extraction de structure tubulaires et arborescentes (vaisseaux sanguins, routes) ; Trajectoire optimale pour l'endoscopie virtuelle ;
- *Équation de transport* : surface composée de géodésiques et s'appuyant sur deux courbes ; approche implicite.
- *Extension du Fast Marching* : double propagation de front ; algorithmes heuristiques.

Analyse différentielle et géodésique des surfaces (4h + TP 2h)

- *Traitement discret des surfaces* : complexes simpliciaux ; triangulations.
- *Opérateurs différentiels sur les surfaces* : laplaciens ; application au lissage, à la compression et la paramétrisation de surface.
- *Calculs géodésiques sur des surfaces* : Fast Marching sur une triangulation ; application au remaillage adaptatif.
- *Comparaison de surfaces non-rigides* : aplatissement de surface ; “multidimensional scaling généralisé” ; applications en infographie et en reconnaissance de formes 3D.

MODE DE VALIDATION : Projet ou examen écrit

RÉFÉRENCES :

- Finite element methods for active contour models and balloons for 2-D and 3-D images. Laurent D. Cohen and Isaac Cohen. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, PAMI-15(11), November 1993.
- Global minimum for active contour models : A minimal path approach Laurent D. Cohen and R. Kimmel. in International Journal of Computer Vision, August 1997.
- Minimal Paths and Fast Marching Methods for Image Analysis. Laurent D. Cohen, In Mathematical Models in Computer Vision : The Handbook, Springer 2005.
- A new implicit method for surface segmentation by minimal paths in 3D images. , Roberto Ardon, Laurent D. Cohen and Anthony Yezzi. Applied Mathematics and Optimization, 55(2) :127-144, March 2007.
- Geodesic Methods for Shape and Surface Processing, Gabriel Peyre and Laurent D. Cohen in Advances in Computational Vision and Medical Image Processing : Methods and Applications, Springer, 2009.
- Numerical Mesh Processing, Gabriel Peyré, 2009.
[http ://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00365931/](http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00365931/).

PRÉREQUIS :

LIEN WEB : [http ://www.ceremade.dauphine.fr/~cohen/mva/](http://www.ceremade.dauphine.fr/~cohen/mva/)

Méthodes variationnelles et statistiques en analyse vidéo, FRANÇOISE DIBOS ET GEORGES KOEPFLER

MÉTHODES VARIATIONNELLES ET STATISTIQUES EN ANALYSE VIDÉO

FRANÇOISE DIBOS ET GEORGES KOEPFLER

OBJECTIF DU COURS : Le but est de présenter les principales méthodes utilisées pour l'analyse vidéo.

DESCRIPTIF DU COURS :

Estimation du mouvement: Flot optique : méthodes variationnelles (régularisation quadratique, anisotropique, BV) ; algorithme de Lucas- Kanade ; algorithme de Bouthémy-Odobez.

Segmentation vidéo: Segmentation par contours actifs (optimisation de formes et descripteurs). Implémentation par Graph Cuts. Méthodes de classification de pixels (W4, modèle gaussien adaptatif, mélange de gaussiennes) et post-traitement. Méthode par statistiques à contrario.

Suivi: Points d'intérêt. Les principaux algorithmes utilisés : Algorithme du plus proche voisin ; suivi par mesure de vraisemblance ; filtre de Kalman, Multiple Hypothesis Tracker ; Joint Probabilistic Data Association Filter..

Estimation des profondeurs: Estimation conjointe du mouvement et de la profondeur de la scène. Implémentation par Belief Propagation.

MODE DE VALIDATION : Examen et/ou projet

RÉFÉRENCES : Articles de recherche distribués en cours

PRÉREQUIS : Analyse, probabilités, algèbre linéaire, géométrie différentielle niveau L3

LIEN WEB :

Advanced Mathematical Methods in Computer Vision, NIKOS PARAGIOS

ADVANCED MATHEMATICAL METHODS IN COMPUTER VISION

NIKOS PARAGIOS

COURSE OBJECTIVES : The visual perception task is often associated with the ability of understanding the environment. The most common way to perform this task is through mathematical modeling. In other words, the answer to the perception task refer to the lowest potential of a specifically designed cost function. The definition of this cost function and the estimation of the most appropriate parameter set are very challenging tasks in computer vision. The aim of this class is to study advanced mathematical models for low and mid-level computer vision as well as appropriate minimization techniques : to recover their optimal solutions.

COURSE DESCRIPTION : The class consists of several lectures covering a wide spectrum of problems, like :

- image denoising/inpainting
- model free segmentation : continuous and discrete approaches
- knowledge based segmentation : continuous and discrete approaches
- optical flow estimation/image registration/morphing : parametric and dense models
- motion analysis and tracking moving objects
- feature extraction, feature representations and object recognition
- discrete optimization methods : dynamic programming, linear programming, max flow/min cut, belief propagation networks, etc...

VALIDATION :

REFERENCES : textbook : *The Handbook of Mathematical Models in Computer Vision* Nikos Paragios, Yunmei Chen and Olivier Faugeras (INRIA, France) Springer (2005), ISBN 0387263713, 596 pages, 2005

PREREQUISITES :

WEB LINK :

Traitement du signal sonore, analyse temps-fréquence, EMMANUEL BACRY

TRAITEMENT DU SIGNAL SONORE, ANALYSE TEMPS-FRÉQUENCE
EMMANUEL BACRY

OBJECTIF DU COURS : Ce cours traitera des différentes techniques plus spécifiques au traitement des signaux sonores (parole et/ou musique) et notamment aux analyses temps-fréquence.

DESCRIPTIF DU COURS : Des problèmes liés aussi bien à l'analyse, à la reconnaissance, à la déformation ou à la synthèse des signaux sonores seront abordés. L'enseignement sera organisé en deux parties distinctes : un cours (d'environ 12h) sera d'abord dispensé à la suite duquel les élèves devront réaliser un projet en relation avec le cours.

MODE DE VALIDATION :

RÉFÉRENCES :

PRÉREQUIS :

LIEN WEB :

ANALYSE DES SIGNAUX AUDIO-FRÉQUENCES
GAËL RICHARD / YVES GRENIER

OBJECTIF DU COURS : L'objectif de ce cours est de parcourir plusieurs domaines de l'analyse des signaux audio-fréquences à travers une sélection de thématiques couvrant l'acquisition sonore (Acoustique des salles, prise de sons), l'indexation audio (par exemple pour la recherche par le contenu) et la restitution et la transformation sonore (spatialisation 3D, effets numériques). Il existe naturellement une interaction profonde entre la compréhension physique des phénomènes, leur modélisation mathématique et la finalité applicative. L'un des objectifs de ce cours sera ainsi de faire percevoir cette interaction en présentant ces trois aspects de manière conjointe. Notons que ces domaines donnent lieu actuellement à de nombreux développements dont la plupart touchent même à notre vie quotidienne, dans nos loisirs (musique, home studio, multimedia, home cinema...).

DESCRIPTIF DU COURS : L'enseignement se fait sous forme de leçons, complétées par des travaux pratiques. Ces derniers, réalisés par programmation sous Matlab, permettront à l'étudiant de concrétiser sur des signaux réels ses acquis théoriques. L'un d'eux comporte aussi une séance de mesure en chambre sourde. Le contenu plus précis du cours (18H) est organisé comme suit :

Acoustique des salles (3H cours ; 1,5 H TP): Ce module permettra de comprendre les grands principes et modèles de l'acoustique des salles (propagation, modes propres, modèles de rayons, mesure de réponses impulsionnelles).

Prise et restitution des sons (3H cours): Ce module permettra d'étudier la modélisation des transducteurs électro-acoustiques et leur emploi en prise de sons (microphones, réseaux de microphones) et en sonorisation (haut-parleurs).

Indexation audio (3H cours, 1,5H TP): Ce module permettra de parcourir les principales avancées dans le domaine de l'indexation audio à travers quelques problèmes spécifiques (reconnaissance automatique du genre musical ou des instruments de musique, extraction du rythme musical,...).

Spatialisation sonore (3H de cours ; 3H TP): Ce module sera consacré aux aspects de spatialisation sonore (techniques binaurales et transaurales, holophonie) et aux techniques de génération d'effets numériques (réverbération artificielle).

MODE DE VALIDATION : La note globale sera une moyenne pondérée des notes de travaux pratiques (compte rendu de TP - coefficient 0.2) et de la note obtenue au contrôle des connaissances (coefficient 0.8)

Le contrôle des connaissances sera, suivant le nombre d'élèves inscrits, un oral individuel ou une épreuve écrite. La note de travaux pratiques sera calculée à partir des compte rendus de Travaux Pratiques qui devront être remis au plus tard une semaine après la séance

RÉFÉRENCES :

PRÉREQUIS :

LIEN WEB :

Imagerie satellitaire, JEAN-MARIE NICOLAS, ANDRES ALMANSA, MARINE CAMPEDEL, MICHEL ROUX,
FLORENCE TUPIN

IMAGERIE SATELLITAIRE

JEAN-MARIE NICOLAS, ANDRES ALMANSA, MARINE CAMPEDEL, MICHEL ROUX, FLORENCE TUPIN

OBJECTIF DU COURS : Ce cours a pour but d'une part de donner une vision globale de l'imagerie satellitaire, et d'autre part d'apporter des compléments théoriques sur certains aspects spécifiques à ce type d'imagerie (analyse statistique en imagerie cohérente, données complexes, ...).

DESCRIPTIF DU COURS :

L'imagerie satellitaire est, depuis quelques décennies, un outil majeur pour la surveillance de la Terre. Tant pour le grand public (avec Google Earth) que pour les professionnels (géologues, géomorphologues, spécialistes du couvert végétal, ... avec des images plus spécifiques) cette technique d'observation de la Terre est désormais irremplaçable. Les objectifs de ce cours sont de montrer les spécificités des images de télédétection, tant au niveau des principes de l'acquisition qu'au niveau des traitements envisageables. Parmi les points importants abordés dans ce cours, on peut souligner les suivants :

- Principes d'orbitographie et types d'orbites possibles pour les satellites de télédétection.
- Les capteurs satellitaires (optique et radar) : principes et caractéristiques généraux des images obtenues (résolution, dimension du pixel, caractéristiques géométriques des images).
- l'acquisition des images par les capteurs optiques : échantillonnages (réguliers et irréguliers), principe du Supermode de Spot5.
- Les principes de l'imagerie Radar à Synthèse d'Ouverture (RSO) : notion d'imagerie complexe (chaque pixel a une partie réelle et une partie imaginaire), propriétés de ce type d'image (rééchantillonnage et suréchantillonnage, prise en compte des vortex de phase).
- Les propriétés de l'imagerie cohérente (dans le cas de l'imagerie RSO) : notion de speckle (vu comme un bruit multiplicatif), statistiques du speckle, analyse statistique du speckle avec l'approche des **statistiques de deuxième espèce** (utilisation de la transformée de Mellin), propriétés des texture dans le contexte du bruit multiplicatif.
- le traitement des images RSO. Analyse des filtres spécifiques (Lee, Kuan, Fisher-MAP, ...) liés aux spécificités du bruit multiplicatif. Analyse des filtres spécifiques (découpage en sous bande, SVA) liés au type de données (pixels complexes).
- Une première thématique en imagerie satellitaire : la reconstruction du relief. Approche par imagerie optique (principe de la photogrammétrie) et par imagerie RSO (radargrammétrie et interférométrie).
- Une seconde thématique : les grandes bases d'images satellitaires et la fouille de données.
- Une séance de travaux pratiques permettant de visualiser divers types d'images (visible, infrarouge, hyperspectrales, radar, couple interférométrique) et d'effectuer les traitements vus dans le cours.

MODE DE VALIDATION : La validation consiste en un écrit court (1/2 heure) et une présentation d'un sujet complétant le cours (par exemple, l'analyse d'un nouveau satellite imageur, d'une méthode innovante en traitement d'images appliqué à ce type de données, ...)

RÉFÉRENCES :

PRÉREQUIS :

LIEN WEB :

Cours Maths/Apprentissage/Signaux Biologiques, Trim 2

Apprentissage statistique avancé, NICOLAS VAYATIS

APPRENTISSAGE STATISTIQUE AVANCÉ NICOLAS VAYATIS

OBJECTIF DU COURS : L'objectif premier de ce cours est de sensibiliser les étudiants à la question des critères de performance utilisés en apprentissage statistique (critères objectifs vs. critères d'optimisation). Le deuxième objectif est de relier les développements récents en théorie statistique de l'apprentissage à des approches connues en statistique mathématique (sélection de modèles, méthodes pénalisées).

DESCRIPTIF DU COURS : Chapitre 1. Analyse des méthodes de boosting
Chapitre 2. Versions séquentielles et algorithmes stochastiques
Chapitre 3. Le problème du ranking bipartite

MODE DE VALIDATION : Lecture d'article ou mini-projet. Remise d'un mémoire et exposé oral.

RÉFÉRENCES :

PRÉREQUIS : Notions de probabilités.

LIEN WEB : <http://www.cmla.ens-cachan.fr/Membres/vayatis/teaching.html>

Prediction, learning, and games, GABOR LUGOSI
PREDICTION, LEARNING, AND GAMES
GABOR LUGOSI

COURSE OBJECTIVES : The purpose of this course is to teach some of the modern theory of prediction that has been developed recently in game theory, information theory, computer science, statistics, and mathematical finance.

COURSE DESCRIPTION : The short summary of the course is the following :

- (1) **Sequential prediction :** Prediction using expert advice, Weighted average prediction, Randomized prediction, Prediction under incomplete information : bandit problems, partial monitoring Optimal bounds, Improvement for small losses.
- (2) **Learning in repeated games :** Repeated game playing, Hannan consistency, An asymptotically optimal strategy, A simple "learning" proof of the minimax theorem, Blackwell's approachability theory, Internal regret, correlated equilibrium, and the Hart-Mas-Colell theorem, Calibration.
- (3) **Logarithmic loss :** Sequential probability assignment, Mixture predictors, Gambling in the horse race, data compression, The minimax optimal predictor, Mixture predictors.
- (4) **Sequential investment on the stock market :** Sequential portfolio selection, Constantly rebalanced portfolios, Universal portfolios, Equivalence with prediction under logarithmic loss, Transaction costs.

VALIDATION : Grades will be assigned based on a final project.

REFERENCES : The material of the course is mostly based on the book

N. Cesa-Bianchi and G. Lugosi. Prediction, learning, and games. Cambridge University Press, 2006.

PREREQUISITES :

WEB LINK :

Méthodes à noyau pour l'apprentissage, JEAN-PHILIPPE VERT

MÉTHODES À NOYAU POUR L'APPRENTISSAGE JEAN-PHILIPPE VERT

OBJECTIF DU COURS : De nombreux problèmes réels en apprentissage peuvent être formalisés comme des problèmes statistiques classiques, tels la classification supervisée, la régression ou la réduction de dimension, sur des données qui ne sont cependant pas toujours des vecteurs de nombres réels. Par exemple, les séquences et structures de protéines en bio-informatique, les textes et documents XML en analyse de documents du web, ou les images segmentées en traitement d'image, ont tous des structures particulières qui contiennent de l'information pertinente pour les problèmes statistiques mais qui peuvent difficilement être codées dans des vecteurs de dimension finie.

Les méthodes à noyaux forment une famille d'algorithmes répondant à ces besoins. Elles permettent d'étendre l'utilisation de méthodes statistiques, développées initialement pour l'analyse de données vectorielles, à n'importe quel type de données sans passer par une vectorisation de ces données. Le prix à payer pour cette extension est la nécessité de définir une fonction appelée noyau défini positif entre les données, ce qui est équivalent à plonger implicitement les données dans un espace vectoriel. L'art de construire des noyaux pour différents types de données a connu d'importants progrès ces dernières années, et a abouti à de nombreux algorithmes considérés aujourd'hui comme état de l'art dans de nombreuses applications.

L'objectif de ce cours est de présenter les fondements mathématiques des méthodes à noyaux, ainsi que les principales approches qui ont émergé pour construire des noyaux. La pertinence de ces approches sera illustrée sur différents exemples en bio-informatique et traitement de textes et d'images.

DESCRIPTIF DU COURS : Nous commencerons par une exposition de la théorie des noyaux définis positifs et des espaces de Hilbert à noyaux reproduisants, qui nous permettront d'introduire quelques exemples d'algorithmes à noyaux dont l'analyse en composantes principales à noyaux et les machines à vecteurs de support. Puis nous reviendrons sur le problème de définir des noyaux en présentant les principaux résultats existants sur les noyaux de Mercer et les noyaux de semi-groupes, ainsi que quelques exemples de noyaux pour séquences et pour graphes, empruntés à des applications en bio-informatique, traitement de textes, et analyse d'image.

MODE DE VALIDATION : Devoirs à la maison

RÉFÉRENCES :

- N. Aronszajn, Theory of reproducing kernels, *Transactions of the American Mathematical Society*, 68 :337-404, 1950

PRÉREQUIS : Aucun prérequis n'est nécessaire. Cependant, suivre les cours d'apprentissage du premier semestre (Vayatis, Audibert, Bach) pourra aider à la compréhension.

LIEN WEB : <http://cbio.ensmp.fr/jvert/teaching/2010master>

ANALYSE DE DONNÉES ET TECHNIQUES NEURONALES

MARIE COTTREL

OBJECTIF DU COURS : L'objet de ce cours est de présenter diverses méthodes d'analyses de données classiques et neuronales. Les méthodes classiques (Analyse en Composantes Principales, des Correspondances, Discriminante) sont essentiellement linéaires et se révèlent inadaptées dans certains cas. Les méthodes neuronales (ou connexionnistes) proposent une alternative très intéressante aux méthodes classiques. Elles sont particulièrement utiles pour des données de grande dimension, pour séparer des classes non linéairement séparables, étudier des variables dont les liaisons sont complexes. On étudiera dans le cours deux grands types de modèles neuronaux : le Perceptron Multi-couches (le plus utilisé jusqu'à maintenant) et les cartes de Kohonen (qui ont fait la preuve de leur utilité pour traiter des données économiques et financières). Le cours comporte des parties théoriques et de nombreux exemples. Les étudiants devront réaliser plusieurs projets qui peuvent être de différente nature :

- programmation de certains algorithmes et application à des données réelles
- lecture et analyse d'articles publiés relatifs à des applications économiques ou financières

DESCRIPTIF DU COURS : Début : février (date exacte à préciser, en liaison avec Paris 7). Les projets seront à rendre au cours du semestre.

- Introduction aux réseaux de neurones artificiels. Le perceptron simple, théorème de convergence, l'ADALINE.
- Introduction aux méthodes d'apprentissage des réseaux de neurones. Méthode du gradient et du gradient stochastique.
- Le perceptron multi-couches, l'algorithme de rétro-propagation du gradient, application à la régression non linéaire, aux séries temporelles. Détermination de l'architecture par des méthodes du style stepwise descendant. Exemples.
- Analyse en composantes principales, analyse des correspondances.
- Analyse canonique, analyse discriminante.
- Algorithme de Kohonen, propriétés théoriques.
- Méthodes neuronales pour la réduction de dimension, alternative neuronale de l'analyse en composantes principales, visualisation de données multidimensionnelles.
- Analyse d'un tableau de contingence ou d'une table de Burt, à l'aide de l'algorithme de Kohonen. Algorithmes KOUPLET et KACM. Etude des variables qualitatives.
- Application des méthodes de classification à la prévision de courbes de charges ou de courbes financières.

MODE DE VALIDATION :

RÉFÉRENCES : Pour l'analyse de données classiques :

- Lebart L., Morineau A., Fénelon J.P., (1979) Traitement des données statistiques - Dunod.
- Saporta G., (1990) Probabilités, Analyse des données et Statistique, Technip.
- Lebart L., Morineau A., Piron M., (1995) Statistique exploratoire multidimensionnelle, Dunod.

Pour les modèles neuronaux :

- Blayo F., Verleysen M., (1996) Introduction aux réseaux de neurones artificiels, Col. Que-sais-je ?, PUF
- Haykin S., (1994) Neural Networks : A Comprehensive Foundation, Macmillan.
- Hertz J., Krogh A., Palmer R.G., (1991) Introduction to the Theory of Neural Computation, Reading, MA :, Addison-Wesley.
- Kohonen T., (1995, 1997) Self-Organizing Maps, Vol. 30, Springer
- Oja E., Kaski S., (Eds), (1999) Kohonen Maps, Elsevier
- Deboeck G., Kohonen T., (1998) Visual Explorations in Finance with Self-organizing maps, Springer

PRÉREQUIS :

LIEN WEB :

MODÉLISATION EN NEUROSCIENCES - ET AILLEURS

JEAN-PIERRE NADAL

OBJECTIF DU COURS : Ce cours est une introduction à la modélisation du codage neuronal, des mécanismes d'apprentissage et d'adaptation dans les systèmes naturels (principalement) et artificiels (accessoirement), avec les outils issus de la physique statistique, des statistiques (bayésiennes) et de la théorie de l'information. L'essentiel du cours concerne la modélisation en neurosciences, mais avec aussi des ouvertures sur d'autres thèmes - en particulier les systèmes complexes en sciences sociales.

DESCRIPTIF DU COURS : Principaux thèmes abordés dans le cours :

- Mémoire à court terme
 - "le nombre magique 7 plus ou moins 2" (formule du psychologue Miller, 1956). Notre mémoire à court terme est juste assez bonne pour retenir momentanément un numéro de téléphone composé de 10 chiffres (ou de 5 paires de chiffre). Peut-on comprendre cette faible capacité de la mémoire à court-terme, et son universalité (capacité indépendante du type d'objets mémorisés (chiffres, lettres, mots,...))
 - brisure d'ergodicité : Comment comprendre que, bien que très bruitée, l'activité neuronale puisse rester assez longtemps spécifique d'un stimulus présenté brièvement ?
 - Outils et modèles : Physique Statistique / Champs de Markov Aléatoires (Random Markov Fields) ; "réseaux à attracteurs", limite des réseaux de très grande taille ; Hebb ; modèle de Hopfield. Sujets connexes : physique statistique des systèmes désordonnés (tq. "verres de spins") ; optimisation combinatoire (tq. K-satisfiabilité) ; formation de coalitions (entre pays, entre entreprises), émergence de normes sociales.
- Apprentissage
 - Dans le cervelet, impliqué dans l'apprentissage et le contrôle moteur, les "cellules de Purkinje" sont considérées comme jouant un rôle majeur dans l'apprentissage de séquences motrices. Celui-ci se traduit par des modifications des propriétés ("poids synaptiques") des synapses contrôlant le passage aux cellules de Purkinje des informations fournies par d'autres aires au cervelet. Des expériences indiquent qu'un nombre important - jusqu'à 80% ! - de ces synapses sont silencieuses, ne transmettant aucun signal. Nous verrons que cette observation se comprend si on suppose que, paradoxalement, l'apprentissage est optimisé.
 - Outils et modèles : apprentissage statistique, Perceptron. Sujet connexe : Support Vector Machines (SVM).
- Développement épigénétique et adaptation à l'environnement
 - Juste après la naissance, le système visuel est le siège d'importantes modifications dépendantes des stimuli visuels reçus. Quels principes gouvernent cette « auto-organisation » ? De manière générale, peut-on caractériser la nature de l'adaptation d'un système sensoriel à l'environnement ?
 - Outils et modèles : apprentissage Hebbien non supervisé ; théorie de l'information : information mutuelle (Shannon) ; "infomax" ; égalisation d'histogramme ; réduction de la redondance (Barlow) ; analyse en composantes principales (ACP), analyse en composantes indépendantes (ICA). Sujet connexe : statistique des "images naturelles".
- "Codage par population"
 - Dans les aires sensorielles, on observe souvent des représentations neuronales distribuées, dans lesquelles chaque neurone a une activité spécifique d'une certaine gamme de stimuli. On observe des représentations analogues dans les aires motrices. Chez le rat, par exemple, des cellules codent pour l'orientation de la tête, chacune ayant une réponse maximale pour une valeur particulière de l'orientation ("orientation préférée" de la cellule). En quoi ce type de codage est-il efficace ? Peut-on dire que chaque cellule "code pour son stimulus préféré" (par exemple, l'information sur l'orientation est-elle simplement donnée par l'activité des neurones dont le stimulus préféré est cette orientation) ?
 - Outils et modèles : théorie de l'information : information mutuelle (Shannon), théorie de l'estimation : information de Fisher ; processus de Poisson (comme modèle de neurone émettant des "spikes").
 - Sujet connexe : éthologie. Le paon fait sa cour à la paonne en faisant la roue. Chez certaines espèces d'hirondelles, les mâles ont le plumage rouge au niveau de la gorge, et les femelles préfèrent les mâles ayant le plus beau rouge. Pourquoi ces comportements - et quel rapport avec ce cours ?

MODE DE VALIDATION : Rapport écrit + Oral : présentation d'un article, + réponses à quelques questions sur le cours

RÉFÉRENCES : Références en ligne

PRÉREQUIS : Les concepts et outils issus de la physique statistique et de la théorie de l'information seront introduits au fur et à mesure des besoins.

LIEN WEB : Notes en ligne

Statistical Learning in Computational Biology, DONALD GEMAN

STATISTICAL LEARNING IN COMPUTATIONAL BIOLOGY

DONALD GEMAN

OBJECTIF DU COURS : La génomique est consacrée à l'étude du génome des organismes. Les méthodes modernes d'acquisition de données fournissent de gigantesques tableaux de données dont l'analyse requiert des méthodes statistiques avancées. Ce cours sera construit sur la base de grands problèmes thématiques en génomique. Chaque problème sera abordé en trois phases : nous décrirons tout d'abord le contexte biologique, la nature du problème et ses difficultés ; nous l'inscrirons ensuite dans une problématique générale en apprentissage statistique, pour laquelle nous introduirons les éléments théoriques et algorithmiques dont nous aurons besoin ; finalement, nous retournerons au problème biologique initial et décrirons comment les techniques introduites en permettent la résolution.

DESCRIPTIF DU COURS : Les thèmes biologiques que nous aborderons seront choisis, en fonction du temps disponible, dans la liste qui suit :

- Classification de tumeurs au niveau moléculaire (e.g., reconnaître et différencier certains types de cancer)
- Réseaux géniques de régulation (e.g., apprendre la topologie d'un réseau à partir de « microarrays » ou d'autres sources de données)
- Réseaux de régulation des protéines : modélisation statistique des interactions entre protéines
- Facteurs de transcription et interactions entre protéines et ADN (e.g., découverte de points d'attache pour les facteurs de transcription)
- Prédiction de la fonction de protéines (e.g., à partir des réseaux d'interactions entre protéines)
- Prédiction de l'expression génique à partir de résultats de séquençage

Cela nous permettra d'aborder différents problèmes statistiques et de théorie de l'information comme la classification de données, la construction de graphes de dépendance conditionnelle, l'apprentissage avec données cachées etc.

MODE DE VALIDATION :

RÉFÉRENCES :

PRÉREQUIS :

LIEN WEB :

TRAITEMENT DE L'INFORMATION EN BIOTECHNOLOGIE : ANALYSE STATISTIQUE
DES DONNÉES DE MICRO-ARRAY
BERNARD CHALMOND

OBJECTIF DU COURS : (Le cours n'aura pas lieu en 2009-2010). La technologie récentes des puces ADN permet de mesurer simultanément l'expression de milliers de gènes. Cette technologie a entraîné une très grande effervescence chez les biologistes et les statisticiens. En effet, les données de micro-array apportent des informations cruciales pour comprendre la fonction des gènes. On espère ainsi découvrir des gènes impliqués dans le développement d'un cancer en comparant leurs niveaux d'expression dans des tissus prélevés chez des patients sains et chez des patients malades. Ce cours s'adresse des étudiants ayant un bon niveau de mathématique et de statistique. Une connaissance de base en biologie moléculaire est souhaitable mais pas indispensable. Il est conseillé de suivre les cours de Jean-Yves Audibert et de Jean-Philippe Vert. Les données de micro-array se présentent sous la forme d'un tableau croisé "gènes"×"individus" où contrairement la situation habituelle en statistique, le nombre d'individus est bien plus petit que le nombre de variables (les gènes), rendant pas là difficile l'utilisation des méthodes statistiques d'apprentissage (non supervisé et supervisé) : classification et prédiction. On se posera donc le problème de la construction des modèles dans ce cas.

DESCRIPTIF DU COURS :

- (1) Prédiction d'un état à partir de l'expression des gènes et de leurs interactions (ou : *Régression sur un arbre hiérarchique de classification*).
Mots-clefs : Classification hiérarchique, modèle linéaire avec interactions, validation croisée, information de Fisher, modèle logistique, modèle de survie.
- (2) Extraction de classe d'expressions homogènes (ou : *Analyse en Composante Principale robuste*).
Mots-clefs : sélection de composante robuste, estimation optimale de l'effectif d'une classe, effet de groupage.
- (3) Sélection d'une classe prédictive d'expressions homogènes (ou : *Régression sous contraintes L1/L2*).
Mots-clefs : sélection de variable, pénalisation, effet de groupage.
- (4) Prédiction d'un état et probabilité de classe (ou : *Classification par régression logistique pénalisée*).
Mots-clefs : modèle logistique pénalisé versus SVM.
- (5) Classification d'expression en situation de données non structurées (ou : *Analyse discriminante fonctionnelle*)
Mots-clefs : Représentation spline de profil d'expression et modèle probabiliste, analyse de données fonctionnelle, données manquantes et algorithme EM, alignement, information mutuelle, validation croisée.

MODE DE VALIDATION : Examen : oral sur thème choisi ou mini-projet.

RÉFÉRENCES :

PRÉREQUIS :

LIEN WEB :

GÉOMÉTRIE ET ESPACE DE FORMES

JOAN GLAUNES, ALAIN TROUVÉ ET LAURENT YOUNES

OBJECTIF DU COURS : Ce cours a pour objectif de proposer une exposition introductive d'un point de vue géométrique sur les modèles déformables qui consiste à construire des métriques riemanniennes sur des espaces d'objets (n-uplet de points, courbes, régions binaires, surfaces, champ de tenseurs, images en niveau de gris, mesures, etc) considérés comme des variétés de dimension finie ou infinie à partir de l'étude des déformations infinitésimales naturelles agissant sur ces objets.

DESCRIPTIF DU COURS : Nous montrerons que la construction et l'étude de ces métriques, le calcul effectif des géodésiques dans ces espaces de formes et la compréhension des cartes exponentielles locales sont des questions d'une grande importance théorique et pratique. Nous verrons que ce point de vue géométrique unifie un grand nombre de questions importantes très concrètes : appariements denses à partir de points marqués ou de nuages de points, appariements de variétés, appariements difféomorphique d'images dans le cas de grandes déformations, métamorphoses automatiques entre images et ouvre des voies nouvelles pour la construction de modèles probabilistes de formes.

Si le cours s'attachera principalement à expliquer les outils et les concepts qui sont assez nouveaux dans le cadre du traitement d'images et les algorithmes associés, nous proposerons plusieurs illustrations dans le cadre médical pour l'analyse de la variabilité anatomique.

Le cours sera accompagné de Tps sous Matlab (proposés par Joan Glaunès) et des notes de cours seront distribuées.

MODE DE VALIDATION : Le cours sera validé par une présentation orale d'un ou plusieurs articles. Des exercices écrits et des tps seront proposés tout au long du cours feront l'objet d'une note de type controle continu qui viendra moduler la note finale. Une validation par projet est également possible.

RÉFÉRENCES :

- *An introduction to Differential Manifold and Riemanian Geometry*, W. Boothby.
- *Mathematical Methods of Classical Mechanics*, V.I. Arnold, 1989
- *Metamorphosis through Lie Group action*, A. Trouvé and L. Younes, Found. Comp. Math., 2005
- *The Statistical Theory of Shapes*, C. Small, Springer, 1996
- *Shapes and diffeomorphisms*, Laurent Younes, (à paraître en 2010)

PRÉREQUIS : Les outils mathématiques nécessaires seront introduits au fur et à mesure notamment en ce qui concerne la geometrie riemannienne, les groupes de Lie et la mécanique hamiltonienne.

LIEN WEB :

ANALYSE ET SIMULATION DES IMAGES BIOMÉDICALES (II)

NICHOLAS AYACHE, HERVÉ DELINGETTE ET XAVIER PENNEC

OBJECTIF DU COURS : Les images médicales d'un patient constituent une source cruciale d'information pour l'établissement d'un diagnostic ou la planification d'une thérapie. L'objectif de ce cours est d'étudier des modèles mathématiques et algorithmiques avancés permettant d'extraire des informations d'images volumiques multimodales anatomiques ou fonctionnelles. Ce cours présentera également un certain nombre de modèles géométriques, statistiques, physiques et physiologiques que l'on peut personnaliser pour prédire l'évolution d'une pathologie ou pour planifier ou simuler une thérapie.

DESCRIPTIF DU COURS :

- Introduction et recalage rigide d'images médicales
- Recalage diffeomorphe d'images médicales
- Traitement des images de tenseurs de diffusion
- Statistique sur les variétés différentielles pour l'anatomie computationnelle
- Regularisation de variétés différentielles pour la segmentation d'images
- Modélisation biomécanique pour la simulation de chirurgie
- Modélisation électro-mécanique du coeur et couplage avec l'imagerie cardiaque
- Examen

MODE DE VALIDATION : Etude et présentation d'articles scientifiques complétées par un questionnaire à choix multiple

RÉFÉRENCES :

PRÉREQUIS : Il est recommandé d'avoir suivi le cours du premier semestre "Acquisition et traitement numérique des images médicales"

LIEN WEB :

IMAGERIE FONCTIONNELLE CÉRÉBRALE ET INTERFACE CERVEAU MACHINE
THÉO PAPADOPOULO, MAUREEN CLERC ET BERTRAND THIRION

OBJECTIF DU COURS : Ce cours porte sur l'imagerie cérébrale fonctionnelle par des techniques non-invasives basées soit sur la mesure passive du champ électromagnétique (M/EEG) créé par les courants électriques corticaux provenant de l'activité cérébrale soit sur l'IRM fonctionnelle. L'électroencéphalographie (EEG) et la Magnéto-encéphalographie (MEG) sont des modalités d'imagerie cérébrale qui offrent une excellente résolution temporelle, de l'ordre de la milliseconde. La localisation spatiale au niveau du cortex des événements mesurés est cependant délicate, car elle nécessite la résolution de problèmes inverses mal posés. A l'inverse, l'IRM fonctionnelle offre une excellente résolution spatiale, mais une résolution temporelle de l'ordre de la seconde. L'objectif de ce cours est de présenter l'état de l'art dans le domaine de l'imagerie cérébrale fonctionnelle.

DESCRIPTIF DU COURS :

- (1) Introduction (Research and Clinical Motivations)
- (2) Magneto-electroencephalography models
 - (a) Electromagnetic propagation :
 - Maxwell equations : quasistatic regime, Biot and Savart law.
 - Source models.
 - (b) Geometric modeling of the head.
 - (c) Forward MEEG problem
 - Finite element solution.
 - Boundary element solution.
 - (d) Head conductivity : models and estimation
- (3) Analysis of functional imaging data
 - (a) Designing an Experimental Protocol for Functional Imaging and Statistical Significance of the Results.
 - (b) Functional Magnetic Resonance Imaging
 - (c) Localizing cortical activity
 - De-noising MEEG signals.
 - Inverse problem (MUSIC, Beamforming, Imaging).
 - Validation issues
- (4) Towards Brain Computer Interfaces
 - (a) Communicating through brain activity.
 - (b) Feature extraction.
 - (c) Feature classification.
 - (d) Role of feedback.

MODE DE VALIDATION :

RÉFÉRENCES :

PRÉREQUIS :

LIEN WEB :