PROGRAMME INGÉNIEUR

2022-2023

2e année / 3e année

Option Disciplinaire

Mathématiques et Applications

OD MATHAPPLI

RESPONSABLE DU PROGRAMME

Anthony NOUY

INGÉNIEUR - OD MATHAPPLI

1er Semestre

Unité d'Enseignement	Crédits ECTS	Parcours	Acronyme	Libellé
UE 73 / 93	12	Tronc commun	AH APST1 PROBA	Analyse Hilbertienne Apprentissage statistique Probabilités
		Parcours Statistique et Science des Données	STAT1	Statistique 1
		Parcours Analyse et Probabilités Numériques	ANNUM1	Analyse numérique
UE 74 / 94	13	Tronc commun	MNP P1MATHAPPLI PRSTO	Méthodes numériques probabilistes Projet 1 Processus stochastiques
		Parcours Statistique et Science des Données	SDR STAT2	Science des données avec R Statistique 2
		Parcours Analyse et Probabilités Numériques	ANEDP ANNUM2	Equations aux dérivées partielles Analyse numérique avancée

2e Semestre

Unité d'Enseignement	Crédits ECTS	Parcours	Acronyme	Libellé
UE 103 / 83	14	Tronc commun	APST2 P2MATHAPPLI QI	Apprentissage statistique avancé Projet 2 Quantification d'incertitudes
		Parcours Statistique et Science des Données	BAYES FAS	Méthodes bayésiennes et modèles hiérarchiques Fondements de l'apprentissage statistique
		Parcours Analyse et Probabilités Numériques	MBS MODST	Modélisation pour la biologie et la santé Modélisation stochastique

Analyse Hilbertienne [AH]

Responsable(s) du cours : Françoise FOUCHER / Joseph VIOLA

Objectifs

À l'issue de cette unité d'enseignement, l'étudiant
- connaît les exemples standards d'espaces de Banach de dimension infinie (en particulier lp et Lp), manipule différentes topologies sur ces espaces ;
- détermine si une application linéaire est continue ;
- manipule les notions de géométrie qu'apportent les espaces de Hilbert, en particulier la notion de projection ;
- fait la différence entre convergence forte et convergence faible dans les espaces de Hilbert ;
- manipule des distributions simples ;
- calcule des limites aux sens des distributions, dérive au sens des distributions ;
- donne des exemples de fonctions dans les espaces de Sobolev ;
- calcule la dérivée faible.

Plan de l'enseignement

1. Espaces vectoriels normés en dimension quelconque. Espace de Banach. Exemple des espaces lp et Lp. Continuité des applications linéaires entre evn. Théorème du point fixe.
2. Espace de Hilbert, projection sur un convexe complet, bases hilbertiennes. Gram-Schmidt, représentation de Riesz, Lax-Milgram.
3. Convergence faible dans les espaces de Hilbert.
4. Introduction aux distributions et aux espaces de Sobolev.

Bibliographie

- Cours d'Analyse, Jean-Michel Bony, Editions de l'Ecole Polytechnique, 2001.
- E. Lieb and M. Loss, Analysis, AMS graduate studies in maths (2001)
- Claude Zuily, Eléments de distributions et d'équations aux dérivées partielles. Dunod (2002)
- Cours en ligne de Isabelle Gallagher: http://www.math.jussieu.fr/~gallagher/chap3.pdf

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	14 hrs	16 hrs	0 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD MATHAPPLI

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 73 / 93

Apprentissage statistique [APST1]

Responsable(s) du cours : Bertrand MICHEL

Objectifs

Ce cours est une introduction à l'apprentissage statistique.
Objectifs :
- compréhension de la problématique de l'apprentissage statistique
- compréhension des méthodes standards
- pratique avec les libraires standards de Python

Plan de l'enseignement

- introduction à l'apprentissage statistique
- rappels de statistique
- méthodes usuelles en classification
- méthodes CART et Forêts aléatoire
- Introduction au Deep Learning

Bibliographie

- The Elements of Statistical Learning, Data Mining, Inference, and Prediction. Trevor HastieRobert TibshiraniJerome Friedman, 2009 Springer.
- Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow
by Aurélien Géron, O'Reilly 2017.

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	14 hrs	0 hrs	18 hrs	0 hrs	0 hrs

INGÉNIEUR - OD MATHAPPLI

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 73 / 93

Probabilités [PROBA]

Responsable(s) du cours : Nicolas PETRELIS

Objectifs

Au terme de cette unité d'enseignement, l'étudiant
- met en oeuvre les trois principaux théorèmes d'intégrations (Beppo-Lévy, Convergence dominée et Fubini) dans des calculs d'intégrales ou des calculs de limites ; il résout le même exercice d'intégrations de différentes manières, lorsque cela est possible ;
- calcule la loi d'une variable aléatoire construite à l'aide d'autres variables aléatoires dont on connait la loi jointe (méthode de la fonction muette) ;
- illustre l'indépendance d'une famille de variables aléatoires à l'aide des fonctions caractéristiques ;
- en présence d'une suite de variables aléatoires, il identifie ses différents modes de convergence et sa limite ; il explique la spécificité de la convergence en loi par rapport aux autres modes de convergence ;
- en présence d'une suite de vecteurs aléatoires, il identifie ses différents mode de convergence et applique le lemme de Slutsky pour passer d'une convergence des coordonnées à une convergence du vecteur lui-même ;
- il démontre la validité des méthodes de simulations de variables aléatoires étudiées en cours (acceptation-rejet, pseudo-inverse de la fonction de répartition), et il met en oeuvre ces méthodes pour construire un modèle probabiliste et l'étudier sur ordinateur ;
- explique la nécessité d'établir la convergence presque sûre des algorithmes et estimateurs, au vu de la difficulté d'illustrer la convergence en probabilité.

Plan de l'enseignement

- Rappels et fondement : théorie de la mesure et de l'intégration (théorèmes admis). Espaces probabilisés, variables aléatoires, fonction de répartition, calcul de lois.
- Indépendance de variables aléatoires, lien avec les fonctions caractéristiques. Exemple de l'algorithme d'acceptation rejet.
- Convergence de variables aléatoires : presque sûre (loi forte des grands nombres), en probabilité, en norme Lp.
- Utilisation de l'uniforme intégrabilité pour prouver des convergences L1.
- Convergence en Loi : Théorème Centrale Limite, Lemme de Slutsky, Lemme de Skorokhod, Méthode Delta.

Bibliographie

Barbe-Ledoux : Probabilités (EDP-sciences)

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	14 hrs	16 hrs	0 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD MATHAPPLI

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 73 / 93

Statistique 1 [STAT1]

Responsable(s) du cours : Bertrand MICHEL

Objectifs

Introduction aux concepts statistiques basiques, étude des propriétés asymptotiques des estimateurs.

Étude du modèle linéaire.

Plan de l'enseignement

- Modèle statistique
- Inférence statistique : Méthode des moments, Maximum de vraisemblance, delta-méthode, propriétés asymptotiques.
- Région de confiance.
- Modèle linéaire

Bibliographie

B. Cadre, C. Vial. 2012. Statistique mathématique - Master 1 et Agrégation, Ellipse.

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	16 hrs	14 hrs	0 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD MATHAPPLI

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 73 / 93

Analyse numérique [ANNUM1]

Responsable(s) du cours : Françoise FOUCHER

Objectifs

- Connaitre les différentes classes d'équations (EDP linéaires) et les équations modèles (chaleur stationnaire et non stationnaire, transport, ondes)
- Savoir construire un schéma aux différences finies, et étudier ses propriétés de consistance, stabilité et convergence
- Savoir mettre en œuvre une résolution numérique sur ordinateur
- Savoir analyser des résultats, quantifier les erreurs

Plan de l'enseignement

- EDP et modèles mathématiques
- Equation de la chaleur stationnaire, méthode des différences finies, consistance, stabilité et convergence
- Equation de la chaleur (non stationnaire), schémas explicites et implicites de différences finies
- Equation de transport, courbes caractéristiques, schémas de différences finies
- Equation des ondes

Bibliographie

- Grégoire Allaire. « Analyse numérique et optimisation ». Ellipses, 2005.
- Ionut DANAILA, Pascal JOLY, Sidi Mahmoud KABER, Marie POSTEL. « Introduction au calcul scientifique par la pratique ». Dunod, Sciences Sup, 2005.
- Daniel EUVRARD. « Résolution numérique des équations aux dérivées partielles ». Masson, 3ème édition, 1994.
- Mark H. HOLMES. « Introduction to numerical methods in differential equations ». Springer, 2007.
- Randall J. LEVEQUE. « Finite difference methods for ordinary and partial differential equations ». SIAM, 2007.
- Brigitte LUCQUIN. « Equations aux dérivées partielles et leurs approximations ». Ellipses, 2004.
- Bijan MOHAMMADI, Jacques-Hervé SAIAC. « Pratique de la simulation numérique ». Dunod, 2003.
- Lionel SAINSAULIEU. « Calcul scientifique ». Dunod, Sciences Sup, 2000.
- Eleuterio F. TORO. « Riemann solvers and numerical methods for fluid dynamics ». Springer, 3ème édition, 2010.

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	14 hrs	16 hrs	0 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD MATHAPPLI

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 74 / 94

Méthodes numériques probabilistes [MNP]

Responsable(s) du cours : Anthony NOUY

Objectifs

Au terme de cette Unité d'Enseignement, l'étudiant utilise les méthodes stochastiques élémentaires pour estimer des quantités s'exprimant sous la forme d'une espérance mathématique. Ceci signifie que d'une part il met en oeuvre une méthode de simulation pour générer un échantillon ou une chaîne de Markov permettant d'estimer la quantité visée et d'autre part qu'il évalue la précision de sa méthode. Enfin, il propose et implémente des approches aléatoires pour résoudre des problèmes du calcul scientifique et des sciences des données qui ne pourraient être traités en des temps raisonnables par des méthodes classiques d'algèbre linéaire numérique.

Plan de l'enseignement

La première partie de ce cours porte sur les principales méthodes de simulation de variable aléatoire : générateurs de suites pseudo aléatoires, méthode d'inversion, méthode de rejet. Le cours présente ensuite les méthodes de type Monte Carlo, les méthodes de réduction de variance et les méthodes de Monte-Carlo par Chaîne de Markov.
Le dernier volet du cours traite des méthodes d'algèbre linéaire numérique randomisée pour les problèmes de grande dimension. Il y sera présenté les principes des méthodes d'échantillonnage parcimonieux et de projection aléatoire, et leurs applications à la réalisation d'opérations algébriques, la factorisation de matrice, la résolution de problèmes de moindres carrés et la compression de données.

Bibliographie

- J. E. Gentle. Random number generation and Monte Carlo methods. Springer Science & Business Media, 2006.
- Rubinstein, R. Y., & Kroese, D. P. (2016). Simulation and the Monte Carlo method (Vol. 10). John Wiley & Sons.
- S. Boucheron, G. Lugosi, and P. Massart. Concentration inequalities: A nonasymptotic theory of independence. Oxford university press, 2013.
- R. Vershynin. High-dimensional probability: An introduction with applications in data science, volume 47. Cambridge University Press, 2018.
- Martinsson, P., & Tropp, J. (2020). Randomized numerical linear algebra: Foundations and algorithms. Acta Numerica, 29, 403-572.

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	14 hrs	0 hrs	16 hrs	0 hrs	2 hrs

Projet 1 [P1MATHAPPLI]

Responsable(s) du cours : Anthony NOUY

Objectifs

L'objectif de ce cours est d'approfondir et/ou d'appliquer sur des cas pratiques les notions vues dans les différents enseignements de l'option Mathématiques et Applications.

Les projets sont choisis parmi une liste de projets de recherche académique ou industrielle liés aux activités de recherche de l'équipe enseignante.

Plan de l'enseignement

Bibliographie

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	1	0 hrs	0 hrs	0 hrs	32 hrs	0 hrs

Processus stochastiques [PRSTO]

Responsable(s) du cours : Philippe CARMONA

Objectifs

Le but de ce cours est de décrire les processus stochastiques qui sont couramment utilisés dans la modélisation mathématique de phénomènes aléatoires qui évoluent au cours du temps (ou dans l'espace). Nous étudierons les processus de base, montrerons comment ceux-ci interviennent dans la modélisation de système, et enfin résoudrons quelques problèmes, la plupart du temps liés aux théorèmes limites.

Compétences acquises : Établir un modèle mathématique simple, voire simplifié, d'un système complexe aléatoire. Illustrer les propriétés de ce modèle en démontrant des propriétés à horizon fini et asymptotiques et en interprétant ces propriétés sur des simulations de processus aléatoires.

Plan de l'enseignement

1. Processus de Poisson et renouvellement
2. Chaînes de Markov
3. Martingales

TD/TP : simulation de processus complexes, illustration de théorèmes limites.

Bibliographie

1. R. Durrett "Essentials of stochastic Processes", Series: Springer Texts in Statistics, 2nd ed., 2012
ISBN-10: 1461436141
2. H. TIJMS. "A First Course in Stochastic Models",
Wiley, 2nd edition, 2003.
ISBN-10: 047149880
3. E. Pardoux. "Processus de markov et applications", Collection: Sciences Sup, Dunod 2007. EAN13 : 9782100512171

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	14 hrs	10 hrs	6 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD MATHAPPLI

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 74 / 94

Science des données avec R [SDR]

Responsable(s) du cours : Aymeric STAMM

Objectifs

Ce cours vise à donner les outils nécessaires pour débuter l'analyse de données avec R en utilisant les suites de librairie les plus récemment développées au coeur de la communauté des utilisateurs de R. Le cours est divisé en deux parties.

Dans un premier temps, une introduction à R est proposée sur les 15 premières heures, pour apprendre le langage, la gestion des données et l'analyse de données exploratoire. Dans cette première partie, l'accent est mis sur la pratique avec 10h de TP pour seulement 5h de CM.

La seconde partie fait un focus sur comment faire de la modélisation avec R. Autrement dit, une fois que nous avons établi que nous souhaitions analyser nos données avec une certaine approche (que ce soit par un test d'hypothèses, une régression linéaire, une analyse en composantes principales ou un clustering), comment utiliser R pour s'éviter les calculs à la main ? Dans cette optique, nous (re)verrons les hypothèses derrière chacune de ces méthodes statistiques (10h de CM). Nous utiliserons R pour (i) nous aider dans les parties calculatoires et (ii) nous aider à valider les hypothèses de nos modèles (5h de TP).

Plan de l'enseignement

Gestion de données et analyse de données exploratoire avec R

Introduction à la tidyverse, un ensemble de packages qui fonctionnent tous ensemble comme un écosystème avec la même philosophie, la même grammaire et les memes structures de données afin de donner la meilleure expérience possible a l' utilisateur pour les tache de manipulation de données et d'analyses exploratoires.
Visualisation avec la librairie ggplot2.
Manipulation des jeux de données avec la librairie dplyr: sélection de variables ou d'observation, construction de résumés statistiques, ajout de variables dérivées, fusion de plusieurs jeux de données, tri par valeurs de certaines variables.
Transformation des jeux de données avec la librairie tidyr.
Gestion des différents types de variables: numériques (base R), chaines de caractères (stringr), facteurs (forcats), date/heure (hms, lubridate).
Utilisation optimale des listes et des variables-listes avec la librairie purrr.
Rédaction et automatisation de rapports et création de présentations interactives avec Quarto.

Modélisation avec R

Tests d'hypotheses.
Régression linéaire.
Extraction consistante des informations essentielles d'un modèle donné avec la librairie modelr.
Analyse en composantes principales.
Clustering par partitionnement et hiérarchique.
Introduction aux tidymodels, un ensemble de packages dédié à la modélisation et au machine learning. Ces packages partagent ici aussi la même philosophie, la même grammaire et les memes structures de donnéess, dans la lignée de la tidyverse.

Bibliographie

https://www.tidyverse.org
https://ggplot2-book.org
https://r4ds.had.co.nz
https://www.rstudio.com/resources/cheatsheets/
https://www.tidymodels.org

https://www.tmwr.org
https://quarto.org

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	15 hrs	0 hrs	15 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD MATHAPPLI

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 74 / 94

Statistique 2 [STAT2]

Responsable(s) du cours : Mathieu RIBATET

Objectifs

Acquérir les bases théoriques sur 3 pans précis de la statistique : les statistiques Bayésiennes, les séries temporelles et les statistiques non paramétriques. Être en mesure de les utiliser sur des jeux de données variés.

Plan de l'enseignement

Ce cours comporte 3 chapitres indépendants :

- Statistiques Bayésiennes : rappel sur les modèles statistiques paramétriques, modèle statistique Bayésien, définition des loi a priori, marginale et a posteriori, notion de lois a priori non informatives, loi a priori conjuguées, loi prédictive, intervalles de crédibilités et loi prédictive a posteriori, estimateur Bayésien.

- Séries temporelles : définition d'une série temporelle, notion de stationnarité forte et faible, stationnarisation d'une série, fonction d'auto-correlation (partielle), processus auto-régressif et de moyenne mobile, extension aux séries ARMA jusqu'aux séries SARIMA, identification des ordres d'un SARIMA, rappel sur l'estimateur du maximum de vraisemblance et test, prédiction.

- Statistiques non paramétriques : définition d'un modèle statistique non paramétrique, estimation non paramétrique de la densité, définition d'un noyau, estimateur de Parzen-Rosenblatt, étude de l'impact du noyau et de la fenêtre, propriété asymptotique de Parzen-Rosenblatt, validation croisée, si le temps le permet, extension à la régression non paramétrique via l'estimateur de Nadaraya-Watson.

Bibliographie

- Statistiques Bayésiennes :

M. K. Cowles. Applied Bayesian Statistics with R and OpenBugs Examples. Springer Texts in Statistics. Springer-Verlag, 2013.

J. A. Hartigan. Bayes Theory. Springer Series in Statistics. Springer-Verlag, 1983.

C.P. Robert. The Bayesian Choice: A Decision-theoretic Motivation. Springer Texts in Statistics. Springer-Verlag, 2007.

- Séries temporelles :

P.J. Brockwell and R.A. Davis. Time Series: Theory and

Methods. Springer Series in Statistics. Springer, 2009.

P.J. Brockwell and R.A. Davis. Introduction to Time Series and Forecasting. Springer Texts in Statistics. Springer International Publishing, 2016.

Robert Shumway and David Stoffer. Time Series Analysis and Its Applications With R Examples, volume 9. 01 2011.

- Statistique non paramétrique :

B. W. Silverman. Density Estimation for Statistics and Data Analysis. Chapman & Hall, 1996.

A. B. Tsybakov. Introduction to Nonparametric Estimation. Springer Series in Statistics. Springer, 2009.

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	16 hrs	14 hrs	0 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD MATHAPPLI

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 74 / 94

Equations aux dérivées partielles [ANEDP]

Responsable(s) du cours : Mazen SAAD

Objectifs

L'objectif de ce cours est de fournir les principaux outils d'analyse mathématique des EDP issues de modèles de la physique et de la mécanique. Pour cela, nous fournissons des théorèmes classiques fondamentaux pour une justification rigoureuse des approches variationnelles pour les équations elliptiques. On s'attache aussi à la méthode des caractéristiques pour d'équations de transport.

Plan de l'enseignement

1. Compléments en analyse fonctionnelle, distribution
2. Espace de Sobolev : injection, trace
3. Formulation variationnelle des équations elliptiques : Dirichlet, Neumann, Fourier, Périodique, Transmission
5. Solutions exactes d'EDP par la méthode des caractéristiques
4. Équations d'évolution linéaires : caractère bien posé, principe du maximum
5. Projet

Bibliographie

- JM GILSINGER, M.JAI. Eléments d'analyse fonctionnelle, Fondements et application de l'ingénieur. Presses Polytechniques et universitaires romandes
- H. BREZIS. Analyse fonctionnelle, Théorie et applications. Masson.
- B. Lucquin. EDP et leurs approximations. Mathématiqes à l'université, ellipses.
- L. C. Evans. Partial Differential Equations, Garduate Studies in Mathematics, Volume 19, AMS.
-Raviart, Thomas, Introduction à l'analyse numérique des équations aux dérivées partielles, 1998

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	18 hrs	12 hrs	0 hrs	0 hrs	2 hrs

Analyse numérique avancée [ANNUM2]

Responsable(s) du cours : Marie BILLAUD

Objectifs

L'objectif de cours est de donner aux étudiants les fondements théoriques et l'analyse mathématique de méthodes d'approximation variationnelles pour des problèmes aux limites simples (équations d'advection-diffusion-réaction, équation d'advection). Nous nous focaliserons en particulier sur la mise en oeuvre des éléments finis et une introduction à la méthode des bases réduites.

Plan de l'enseignement

1. Rappels d'analyse fonctionnelle et problèmes coercifs (Lax-Milgram)
2. Méthode de Galerkin (Céa, Strang, ..)
3. Eléments finis (Interpolation, éléments finis, maillage, erreur)
4. Problèmes non coercif (BNB) et limitations des EF
5. Méthode des bases réduites (problème dépendant d'un paramètre)

Mise en oeuvre avec Freefem++ (http://www.freefem.org/ff++/) et Python

Bibliographie

[1] Raviart, T., Thomas, J.-M., Introduction a l’analyse numerique des equations aux derivees partielles, Dunod (2004)
[2] Brezis, H.,Analyse Fonctionnelle, Dunod (2005)
[3] Ern, A., Guermond, J.-L., Theory and practice of finite elements, Springer (2004)
[4] Haasdonk, B., Reduced Basis Methods for Parametrized PDEs – A Tutorial Introduction for Stationary and Instationary Problems (2014)

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	14 hrs	12 hrs	4 hrs	0 hrs	2 hrs

Apprentissage statistique avancé [APST2]

Responsable(s) du cours : Bertrand MICHEL

Objectifs

Étude et pratique des algorithmes classiques et avancés en apprentissage statistique.

Plan de l'enseignement

SVM et méthodes à noyau

Boosting

Deep Learning (RNNs, NLP et Autoencodeurs)

Apprentissage par rencorcement

Bibliographie

- The Elements of Statistical Learning, Data Mining, Inference, and Prediction. Trevor HastieRobert TibshiraniJerome Friedman, 2009 Springer.
- Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow
by Aurélien Géron, O'Reilly 2017.
- Deep Learning de Ian Goodfellow , Yoshua Bengio , Aaron Courville. 2016.

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	14 hrs	0 hrs	18 hrs	0 hrs	0 hrs

Projet 2 [P2MATHAPPLI]

Responsable(s) du cours : Anthony NOUY

Objectifs

L'objectif de ce cours est d'approfondir et/ou d'appliquer sur des cas pratiques les notions vues dans les différents enseignements de l'option Mathématiques et Applications.

Les projets sont choisis parmi une liste de projets de recherche académique ou industrielle liés aux activités de recherche de l'équipe enseignante.

Plan de l'enseignement

Bibliographie

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	2	0 hrs	0 hrs	0 hrs	48 hrs	0 hrs

INGÉNIEUR - OD MATHAPPLI

2e année / 3e année - 2e Semestre - UE 103 / 83

Quantification d'incertitudes [QI]

Responsable(s) du cours : Anthony NOUY

Objectifs

L'objectif de ce cours est d'introduire les notions de base et outils mathématiques pour la modélisation et la quantification des incertitudes dans les sciences prédictives et l'ingénierie, et de comprendre les fondements des méthodes numériques pour la résolution des modèles stochastiques ou paramétriques.

Compétences acquises: outils de modélisation probabiliste des incertitudes, méthodes de propagation d'incertitudes, méthodes d'estimation d'événements rares, méthodes d'optimisation robuste, outils d'analyse de sensibilité, méthodes d'approximation et de réduction de modèle

Plan de l'enseignement

- Introduction à la quantification d'incertitudes
- Modélisation probabiliste
- Méthodes de Monte-Carlo et application à l'estimation d'événements rares
- Méthodes d'analyse de sensibilité et méthodes spécifiques
- Méthodes d'optimisation robuste
- Approximation de modèles: éléments de théorie d'approximation, méthodes d'interpolation, méthodes d'apprentissage, réduction de modèle

Bibliographie

- Ghanem, R., Higdon, D., & Owhadi, H. (Eds.). (2017). Handbook of uncertainty quantification (Vol. 6). New York: Springer.
- Rubinstein, R. Y., & Kroese, D. P. (2016). Simulation and the Monte Carlo method (Vol. 10). John Wiley & Sons.
- DeVore, R. A., & Lorentz, G. G. (1993). Constructive approximation (Vol. 303). Springer Science & Business Media.

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	24 hrs	0 hrs	8 hrs	0 hrs	0 hrs

INGÉNIEUR - OD MATHAPPLI

2e année / 3e année - 2e Semestre - UE 103 / 83

Méthodes bayésiennes et modèles hiérarchiques [BAYES]

Responsable(s) du cours : Mathieu RIBATET

Objectifs

Ce cours fait suite au chapitre "Introduction aux statistiques Bayésienne" du cours STAT2. L'objectif étant de familiariser l'élèves aux échantillonneur de type Monte Carlo par Chaines de Markov (MCMC) et leur mise en oeuvre sur des modèles plus complexes (notamment hiérarchique). L'élève devra être capable de faire une analyse Bayésienne complète en partant des calculs mathématiques sur feuille, sa mise en oeuvre logicielle, et finalement faire l'inférence.

Plan de l'enseignement

- Rappels sur les statistiques Bayésiennes : loi a priori, a posteriori, prédictive
- comportement asymptotique de la loi a posteriori
- Objectif des algorithmes de types MCMC
- Nécessité de l'élagage et de la période de chauffe
- Noyaux de proposition usuels
- Mise en oeuvre pratique
- Echantillonneur de Gibbs
- Mise en oeuvre
- Modèles hiérarchiques et graphe acyclique orienté
- Application sur modèles complexes
- Si le temps le permet, modèle de mélange

Bibliographie

M. K. Cowles. Applied Bayesian Statistics with R and OpenBugs Examples. Springer Texts in Statistics. Springer-Verlag, 2013.

J. A. Hartigan. Bayes Theory. Springer Series in Statistics. Springer-Verlag, 1983.

C.P. Robert. The Bayesian Choice: A Decision-theoretic Motivation. Springer Texts in Statistics. Springer-Verlag, 2007.

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	14 hrs	16 hrs	0 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD MATHAPPLI

2e année / 3e année - 2e Semestre - UE 103 / 83

Fondements de l'apprentissage statistique [FAS]

Responsable(s) du cours : Bertrand MICHEL

Objectifs

Ce cours présente quelques approches mathématiques de l'apprentissage statistique et du machine learning.

L'objectif principal du cours est de construire des garanties statistiques sur des algorithmes de prédiction, sous la forme de bornes de risque.

Plan de l'enseignement

- Problématique de l'apprentissage statistique
- Minimisation empirique du risque
- Dimension de Vapnick-Chervonenkis
- RKHS
- Statistique en grande dimension : analyse des algorithmes de type Lasso.

Bibliographie

Introduction to High-Dimensional Statistics By Christophe Giraud, 2015 by Chapman and Hall/CRC .

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	16 hrs	14 hrs	0 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD MATHAPPLI

2e année / 3e année - 2e Semestre - UE 103 / 83

Modélisation pour la biologie et la santé [MBS]

Responsable(s) du cours : Mazen SAAD

Objectifs

Ce cours est consacré à l'étude de la méthode des volumes finies pour l'approximation des équations de Keller-Segel intervenant en biologie pour modéliser la chimiotaxie. Il s'agit de proposer des schémas numériques convergent sur des maillages généraux.
La chimiotaxie est le mouvement dirigé d'organismes vivants en réponse aux gradients chimiques. Le modèle de chimiotaxie le plus populaire a été proposé par Keller-Segel, c'est
un modèle de dynamique des populations décrivant l'évolution spatio-temporelle de la densité
cellulaire et de la concentration chimiotactique. Ce modèle donne lieu à un système parabolique et sera le fil conducteur de ce cours. On donnera quelques exemples concrets sur la propagation de virus comme le VIF (Virus d'Immuodéficience Féline), sur la régénération osseuse ou sur l'évolution des tumeurs solides (cancer du sein, glioblastome).
cancer su sein,
Ensuite, on présente le schéma volumes finis sur un maillage orthogonal et les outils de base d'analyse discréte. Enfin, un schéma numérique combinant la méthode des éléments finis et la méthode des volumes finis est construit pour approcher les solutions d'une équation de convection-diffusion. La construction de ce schéma et son analyse de convergence sont étendus au système de Keller-Segel.

Plan de l'enseignement

1. Modèles en dynamique de populations, modèle de Keller-Segel :
Modèles épidémiologiques (SIR, grippe, gastro, VIF),
Modèle de Keller-Segel en chimiotaxie,
Modèle de régénération osseuse,
Modèle de propagation de tumeurs solides
2. Schéma volumes finies sur un maillage orthogonal pour une équation de diffusion
3. Discrétisation d'une équation de transport sur un maillage triangulaire
4. Méthode combinée éléments finis/volumes finis pour une équation de convection-diffusion
5. Méthode combinée éléments finis/volumes finis pour le système de Keller-Segel

Bibliographie

[1] Eymard, Gallouet, Herbin: Finite volume method, hal-02100732
[2]Murray J.D.: Mathematical Biology I: An Introduction, Interdisciplinary Applied Math; Springer
[3] Murray J.D.: Mathematical Biology II: Spatial Models and Biomedical Applications, Interdisciplinary Applied Mathematics; Springer
[4] A.M. Turing: The chemical basis of Morphogenesis. 1952
[5]L.C. Evans: Partial Differential Equations.} Graduate Studies in Math., V 19, AMS
[

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	18 hrs	8 hrs	4 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD MATHAPPLI

2e année / 3e année - 2e Semestre - UE 103 / 83

Modélisation stochastique [MODST]

Responsable(s) du cours : Antonio FALCO / Marie BILLAUD

Objectifs

Dans ce cours nous présentons les outils pour la description de modèles stochastiques en temps continu et de leur relation avec les équations aux dérivées partielles. Nous discuterons également des méthodes numériques pour la simulation de tels processus. En particulier, cela nous permettra de revisiter les stratégies de résolution numérique pour les équations aux dérivées partielles (EDP) en adoptant une vision probabiliste .
Ces outils seront illustrés sur des modèles issus de la physique, économie et de la biologie par exemple.

Plan de l'enseignement

1. Mouvement brownien : généralités sur les processus, définition du mouvement brownien, simulation
2. Intégrale stochastique et processus de Ito : Théorème de Girsanov
3. Equations différentielles stochastiques : généralités sur les EDS, solutions fortes, processus de diffusion, intégration numérique (Euler Maruyama, Milstein), convergence
4. Représentation probabiliste des EDP : équation de la chaleur et mouvement brownien, représentation de Feynman Kac des EDP

Bibliographie

[1] F. Comets, T. Meyre, Calcul stochastique et modèles de diffusion, Dunod, 2015
[2] E. Gobet, Méthodes de Monte-Carlo et processus stochastiques : du linéaire au non linéaire, Editions de l'école polytechnique, 2013
[3] P.E. Kloeden, E. Platen, Numerical Solution of Stochastic Differential Equations, Springer Verlag, 1999
[4] G. Lord, C. Powell, T. Shardlow, Introduction to computational stochastic PDEs, 2010
[5] D. Nualart and E. Nualart, Introduction to Malliavin Calculus: Institute of Mathematical Statistics. Textbooks, Series Number 9, Cambridge University Press, 2018
[6] G. D Pratto, Introduction to Stochastic Analysis and Malliavin Calculus, 2014

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	18 hrs	12 hrs	0 hrs	0 hrs	2 hrs