

5th YEAR APPLIED MATHEMATICS

Introducing

Description

Évaluation

L'évaluation des acquis d'apprentissage est réalisée en continu tout le long du semestre. En fonction des enseignements, elle peut prendre différentes formes : examen écrit, oral, compte-rendu, rapport écrit, évaluation par les pairs...

Practical info

Location(s)

 Toulouse

High Dimensional and Deep Learning (HDDL)

Introducing

Description

Program (detailed contents):

This course is dedicated to deep learning methods for processing complex data such as signals, images or sequential data (time series or textual data). It also covers methods for anomaly detection, especially in functional data.

* Convolutional neural networks: convolutional layer, pooling, dropout, architecture of convolutional networks (ResNet, Inception), transfer learning, applications to signal and image classification and object detection.

* Encoder-decoder, variational auto-encoder, generative adversarial networks.

* Functional decomposition on Spline, Fourier, wavelet or functional PCA bases: cubic splines, penalized least squares criterion, Fourier bases, wavelet bases, application in non-parametric regression, linear and non-linear estimators by thresholding, links with the LASSO method.

* Anomaly detection, Main algorithms: One Class SVM, Random Forest, Isolation Forest, Local Outlier Factor. Applications to anomaly detection for functional data.

* Recurrent networks (RNN, LSTM) for the analysis of sequential data.

Objectives

At the end of this module, the student will have understood and be able to explain (main concepts):

- The use of deep learning algorithms (convolutional neural networks) for the classification of complex data (signals, images) in high dimension with estimation of the prediction error
- The main algorithms for signal or image classification
- Dimension reduction methods for complex data
- Anomaly detection algorithms
- Recurrent neural networks for the study of sequential data
- The use of convolutional networks for object detection in images

The student will be able to:

- Adjust deep neural networks for signal or image classification.
- Apply anomaly detection algorithms.
- Use recurrent neural networks for time series prediction
- Implement and optimize deep learning algorithms on real data using Python libraries.

Necessary prerequisites

Elements of Statistical Modeling (4MA)

Machine Learning (4MA)

Introduction to Python

Software for statistics (R,Python)

Évaluation

L'évaluation des acquis d'apprentissage est réalisée en continu tout le long du semestre. En fonction des enseignements, elle peut prendre différentes formes : examen écrit, oral, compte-rendu, rapport écrit, évaluation par les pairs...

Practical info

Location(s)

 Toulouse

Metamodelling

Introducing

Description

Program (detailed contents):

- * Introduction: computer experiments and metamodeling. Examples.
- * Metamodeling with Gaussian process (GP) and kriging. a) Probabilistic and functional (RKHS) interpretation of the approximation problem. b) Simulation of GPs. c) Customization of covariance models. Physically informed GPs.
- * Design of computer experiments. a) Initial designs: focus on space-filling designs. b) Adaptive methods. Example of Bayesian optimisation.
- * Uncertainty quantification. a) Uncertainty propagation. b) Global sensitivity analysis: focus on the ANOVA decomposition (Sobol-Hoeffding decomposition).
- * Case study.

Objectives

At the end of this module, the student will have understood and be able to explain (main concepts):

- * Metamodeling for optimization / uncertainty quantification of a computer code, with a limited computational budget
- * Gaussian processes
- * Kernel customization to account for external knowledge
- * Design of computer experiments
- * Global sensitivity analysis

The student will be able to:

At a theoretical level, to do computations for:

- * covariance kernels and Gaussian process
- * ANOVA decomposition, Sobol indices

At a practical level, to perform the complete methodology for analyzing a computer code

- * design of experiments
- * metamodel construction / evaluation
- * application to optimization / uncertainty quantification

Necessary prerequisites

Gaussian vectors (Complements of Probability, 3rd year)

Évaluation

L'évaluation des acquis d'apprentissage est réalisée en continu tout le long du semestre. En fonction des enseignements, elle peut prendre différentes formes : examen écrit, oral, compte-rendu, rapport écrit, évaluation par les pairs...

Practical info

Location(s)

 Toulouse

RI Project

Introducing

Description

The student will work on an open problem in applied science and will implement the four major skills of the engineer in applied mathematics

- Reformulate a user need to produce a problem that can be treated mathematically
- Analyze and design a digitally implementable solution to the mathematical problem posed
- Implement the digital solution to make it a demonstrator
- Use the technical and digital solution to produce a decision support tool (a study or a calculation code) meeting user needs

Objectives

The student will be able to:

- Interact with a specialist or engineer from another discipline.
- Organize collaborative work in small groups.
- Define the framework and specifications of an original mathematical modeling problem.
- Conduct the necessary bibliographic research to solve the problem.
- Develop the deterministic and/or stochastic model adapted to its resolution.
- Implement its numerical resolution.
- Report in writing and orally on the results obtained.

Necessary prerequisites

Applied Mathematics L3/M1-M2

Évaluation

L'évaluation des acquis d'apprentissage est réalisée en continu tout le long du semestre. En fonction des enseignements, elle peut prendre différentes formes : examen écrit, oral, compte-rendu, rapport écrit, évaluation par les pairs...

Practical info

Location(s)

 Toulouse

Image

Introducing

Description

Program (detailed contents):

Main difficulties for students:

Differentiable optimization.

Optimality conditions.

Gradient descent.

Link with ODEs

Non differentiable optimization.

Sub-gradient.

Proximal operator

Forward-Backward algorithm.

Advanced algorithms

FISTA

Douglas-Rachford

Fenchel conjugate

Primal Dual Algorithms

Objectives

At the end of this module, the student will have understood and be able to explain (main concepts):

- Modeling an image processing problem as an optimization problem.
- The notions of proximal operators, Fenchel conjugate, algorithm convergence rate.

The student will be able to:

- Understand and know how to use the different convex optimization algorithms.
- Know how to use neural networks to perform different image processing tasks.

Necessary prerequisites

Convex Optimization, Fourier Analysis, wavelets and Python

Évaluation

L'évaluation des acquis d'apprentissage est réalisée en continu tout le long du semestre. En fonction des enseignements, elle peut prendre différentes formes : examen écrit, oral, compte-rendu, rapport écrit, évaluation par les pairs...

Practical info

Location(s)

 Toulouse

Data Assimilation

Introducing

Description

- Basics tools to solve inverse problems (including examples): least-squares (linear, non-linear), regularization.

- Data Assimilation principles (variational, sequential).

- Bayesian analysis.

- Equivalences between the BLUE: Kalman filter, the MAP and VDA in the Linear-Quadratic-Gaussian case.

- A first application to model identification in experimental mechanics: (i) computation of the measures from image registration and (ii) data assimilation to calibrate constitutive laws.

- Optimal control of ODEs. Linear-Quadratic case, maximum principle, Hamiltonian.

Small practical: optimal control of a vehicle trajectory.

- Optimal control of PDEs. Gradient computation, adjoint model, optimality system.

- Variational Data Assimilation (steady-state case, unsteady case). Algorithms (3D-VAR, 4D-Var, variants).

- Examples, practical aspects.

- DA by Physics Informed Neural Networks (PINNs).

Practical (marked): estimation of river bathymetry from water surface measurements (problem arising in spatial hydrology).

Ocean circulation modelling

- Fluid mechanics at the planetary scale, Equilibrium solutions

- Shallow water equations: derivation and description of wave propagation. Applications: Gravity waves, Poincaré Waves, Kelvin Waves

- Quasi-Geostrophic equations: derivation and description of wave propagation. Applications: Rossby Waves, Gulf Stream.

Objectives

- Standard basic tools to analyze and solve inverse problems.

- How to fuse measurements (datasets) and PDE-based models.

- Set up the optimal control of a system (ODEs and PDEs).

- Compute the gradient of a model output (cost function) in large dimensional cases by the adjoint method.

- Set up a control-like algorithm to identify uncertain parameters and/or calibrate the model (Variational Data Assimilation, 4D-Var).

- Explain the links and differences between VDA, filters

(Kalman etc) and Bayesian estimations.

- Explain what is a Physics Informed Neural Network (PINN).

- Carry out the non dimensionalization of a system of PDE, use correctly physical units in a PDE system.

- Carry out the analysis of the dynamics around equilibrium of PDE system with dispersion relations.

Necessary prerequisites

Differential calculus, numerical optimisation, bases of functional analysis and mechanical models, the few classical PDE models (weak forms and FE schemes is a plus), Python programming.

Évaluation

L'évaluation des acquis d'apprentissage est réalisée en continu tout le long du semestre. En fonction des enseignements, elle peut prendre différentes formes : examen écrit, oral, compte-rendu, rapport écrit, évaluation par les pairs...

Practical info

Location(s)

 Toulouse

IA Frameworks (AIF)

Introducing

Description

Programme (contenu détaillé) :

Ce cours vise à familiariser les étudiants avec les différents outils et applications du machine learning qu'ils seront amenés à utiliser dans leur carrière professionnelle. Les participants auront l'opportunité de développer leurs compétences en matière de partage de code et de déploiement de modèles entraînés en production.

- Introduction à Pytorch
- Introduction à Git
- Mise en production avec Docker
- Traitement du langage
- Systèmes de recommandations
- Détection d'anomalies
- Prédiction conforme
- Interprétabilité en machine learning

En somme, ce cours permettra aux étudiants de développer une expertise technique dans le domaine du machine learning, ainsi que les compétences nécessaires pour utiliser ces outils dans un contexte professionnel. Les connaissances acquises seront applicables dans de nombreuses industries et aideront les étudiants à répondre aux besoins de leurs futurs employeurs en matière de développement et de mise en œuvre de solutions basées sur le machine learning.

Objectives

A la fin de ce module, l'étudiant.e devra avoir compris et pourra expliquer (principaux concepts) :

- Apprentissage automatique
- Ecriture de scripts Python
- Utilisation de Git
- Utilisation de Docker
- Systèmes de recommandation
- Détection d'anomalies
- Prédiction conforme
- Traitement automatique du langage
- Méthodes d'attributions

L'étudiant.e devra être capable de :

- Écrire des scripts pour entraîner des systèmes de décision
- Déployer ses modèles dans un environnement de production
- Construire des systèmes de recommandation intelligents.
- Traiter de la donnée textuelle.
- Utiliser des techniques d'interprétation des décisions fournies par les systèmes de machine learning.

Necessary prerequisites

Apprentissage Machine, Deep Learning
Langages, Python

Évaluation

L'évaluation des acquis d'apprentissage est réalisée en continu tout le long du semestre. En fonction des enseignements, elle peut prendre différentes formes : examen écrit, oral, compte-rendu, rapport écrit, évaluation par les pairs...

Practical info

Location(s)

 Toulouse

Stochastic Calculus

Introducing

Description

Program (detailed content):

- Continuous-time stochastic processes and martingales. Introduction to stopping times.
- Construction of Brownian motion and the stochastic integral, followed by the derivation of Itô's formula.
- Introduction to stochastic differential equations (SDEs) and derivation of the Fokker-Planck equations.
- Solving a parabolic equation using a solution of an SDE.
- Solving a Dirichlet problem using Brownian motion.
- Girsanov's theorem.
- Ergodicity of Markov processes.
- Maximum likelihood estimation of parameters in an SDE.

Objectives

At the end of this module, the student should have understood and be able to explain (main concepts):

- The Brownian motion, as well as the Wiener integral and Itô's formula.
- The relationship between a stochastic differential equation and its Fokker-Planck equation.
- The formulation of a solution to a parabolic or elliptic PDE using a suitably chosen stochastic process.
- The maximum likelihood estimation of parameters in a stochastic differential equation.

The student should be able to:

- Perform stochastic calculus by applying Itô's formula.
- Implement numerical methods for solving a parabolic or elliptic equation using a probabilistic approach based on solutions of stochastic differential equations.
- Use Girsanov's theorem combined with the ergodicity results of Markov processes to estimate parameters via maximum likelihood in stochastic differential equations.

Necessary prerequisites

Complements of Probability (3A), Advanced Probability (4A).

Évaluation

L'évaluation des acquis d'apprentissage est réalisée en continu tout le long du semestre. En fonction des enseignements, elle peut prendre différentes formes : examen écrit, oral, compte-rendu, rapport écrit, évaluation par les pairs...

Practical info

Location(s)

 Toulouse

Lifetime Analysis

Introducing

Description

Program (detailed contents):

- Survival distributions: specific functions, usual laws for durations
- The notion of censoring and truncation
- Parametric estimation
- Non-parametric estimation of the survival function and the hazard function (Kaplan-Meier, Nelson-Aalen)
- Adequacy to a probability law and study of the heterogeneity between subgroups
- Parametric regression models
- The semi-parametric Cox model: estimation and model validation
- Applications in the field of reliability or survival analysis

Objectives

By the end of this module, the student should have understood and be able to explain (main concepts):

- the usual probability laws for modeling survival data
- the notion of censoring and truncation in data
- parametric, non-parametric, and semi-parametric estimation of a survival function

The student will be able to:

- statistically analyze right-censored data with the R software
- estimate a survival function through parametric, non-

parametric, and semi-parametric approaches

- test the adequacy to a law or the equality of two survival distributions for censored data
- model and test the effect of covariates on lifespan

Necessary prerequisites

- Inferential Statistics (PO 3MIC)
- Elements of Statistical Modeling (4MA)

Évaluation

L'évaluation des acquis d'apprentissage est réalisée en continu tout le long du semestre. En fonction des enseignements, elle peut prendre différentes formes : examen écrit, oral, compte-rendu, rapport écrit, évaluation par les pairs...

Practical info

Location(s)

 Toulouse

Social Psychology & Ethics

Introducing

Description

Key concepts in social psychology, including group dynamics, decision-making processes, conflict management, social influence, stereotypes, conditions of submission to authority, active minorities, psychosocial risks (PSR) and quality of life at work (QWL). In short, these concepts will be explored using concrete examples and professional and intercultural scenarios in an ethical approach to 21st century engineering and socio-ecological issues.

Objectives

Analyse group situations using concepts from social psychology

Understand interpersonal relations in professional and intercultural situations

Reflect more deeply on the socio-ecological issues at stake in their professional careers

Identify the ethical dimensions of these situations and know how to argue one's position

Sharpen critical thinking, decentring and self-reflection: meta-cognition

Necessary prerequisites

None

Évaluation

L'évaluation des acquis d'apprentissage est réalisée en continu tout le long du semestre. En fonction des enseignements, elle peut prendre différentes formes : examen écrit, oral, compte-rendu, rapport écrit, évaluation par les pairs...

Practical info

Location(s)

 Toulouse

Team Management

Introducing

Description

Key topics related to team management : recruitment, work motivation, total compensation, employee evaluation, management styles (leadership), conflict management, professional relations (social dialogue), HR flexibility and employment contracts, training, workforce and skills management, career management.

Objectives

The student should be able to:

- Identify and understand information related to human resources within a company
- Analyze a team management situation using a theoretical framework
- Propose and justify managerial solutions

Necessary prerequisites

None

Évaluation

L'évaluation des acquis d'apprentissage est réalisée en continu tout le long du semestre. En fonction des enseignements, elle peut prendre différentes formes : examen écrit, oral, compte-rendu, rapport écrit, évaluation par les pairs...

Practical info

Location(s)

 Toulouse

Physical Education

Introducing

Description

Évaluation

L'évaluation des acquis d'apprentissage est réalisée en continu tout le long du semestre. En fonction des enseignements, elle peut prendre différentes formes : examen écrit, oral, compte-rendu, rapport écrit, évaluation par les pairs...

Practical info

Location(s)

 Toulouse

Professional Project

Introducing

Description

Évaluation

L'évaluation des acquis d'apprentissage est réalisée en continu tout le long du semestre. En fonction des enseignements, elle peut prendre différentes formes : examen écrit, oral, compte-rendu, rapport écrit, évaluation par les pairs...

Practical info

Location(s)

 Toulouse

Qualitative Approach

Introducing

Description

Évaluation

L'évaluation des acquis d'apprentissage est réalisée en continu tout le long du semestre. En fonction des enseignements, elle peut prendre différentes formes : examen écrit, oral, compte-rendu, rapport écrit, évaluation par les pairs...

Practical info

Location(s)

 Toulouse

Quantitative Approach

Introducing

Description

Évaluation

L'évaluation des acquis d'apprentissage est réalisée en continu tout le long du semestre. En fonction des enseignements, elle peut prendre différentes formes : examen écrit, oral, compte-rendu, rapport écrit, évaluation par les pairs...

Practical info

Location(s)

 Toulouse

Designing for safety

Introducing

Description

Évaluation

L'évaluation des acquis d'apprentissage est réalisée en continu tout le long du semestre. En fonction des enseignements, elle peut prendre différentes formes : examen écrit, oral, compte-rendu, rapport écrit, évaluation par les pairs...

Practical info

Location(s)

 Toulouse

Process Safety

Introducing

Description

Évaluation

L'évaluation des acquis d'apprentissage est réalisée en continu tout le long du semestre. En fonction des enseignements, elle peut prendre différentes formes : examen écrit, oral, compte-rendu, rapport écrit, évaluation par les pairs...

Practical info

Location(s)

 Toulouse

Functional Safety

Introducing

Description

Évaluation

L'évaluation des acquis d'apprentissage est réalisée en continu tout le long du semestre. En fonction des enseignements, elle peut prendre différentes formes : examen écrit, oral, compte-rendu, rapport écrit, évaluation par les pairs...

Practical info

Location(s)

 Toulouse

Structural Safety

Introducing

Description

Évaluation

L'évaluation des acquis d'apprentissage est réalisée en continu tout le long du semestre. En fonction des enseignements, elle peut prendre différentes formes : examen écrit, oral, compte-rendu, rapport écrit, évaluation par les pairs...

Practical info

Location(s)

 Toulouse

Toxic risks

Introducing

Description

Évaluation

L'évaluation des acquis d'apprentissage est réalisée en continu tout le long du semestre. En fonction des enseignements, elle peut prendre différentes formes : examen écrit, oral, compte-rendu, rapport écrit, évaluation par les pairs...

Practical info

Location(s)

 Toulouse

Training period 5th year

Introducing

 Toulouse

Description

16 to 26-week internship in a company whose main field of activity is civil engineering.

Objectives

The aim of this internship is to position the student as a working engineer, and to validate the skills acquired during the course. To this end, the student will develop a particular theme during the internship, which will be the subject of a dissertation (entitled technical dissertation).

The problem will be defined by mutual agreement between the company and the INSA tutor.

Évaluation

L'évaluation des acquis d'apprentissage est réalisée en continu tout le long du semestre. En fonction des enseignements, elle peut prendre différentes formes : examen écrit, oral, compte-rendu, rapport écrit, évaluation par les pairs...

Practical info

Location(s)

Training period 4th year

Introducing

Description

Internship period must last between 8 and 16 weeks
Internship period can be done in France or in a foreign country
Internship period can be done in an enterprise or a laboratory
Student job must concern theoretical knowledge learned in the department (physics, materials, electronics, instrumentation, ...)

Objectives

Goals of internship are :

- Get a professional experience in enterprise or laboratory
- apply theoretical knowledges
- produce a scientific work

Necessary prerequisites

Theoretical knowledge of Genie Physique 4th year program

Évaluation

L'évaluation des acquis d'apprentissage est réalisée en continu tout le long du semestre. En fonction des enseignements, elle peut prendre différentes formes : examen écrit, oral, compte-rendu, rapport écrit, évaluation par les pairs...

Practical info

Location(s)

 Toulouse