

## SEMESTRE 7\_4e ANNEE MA

# Présentation

---

## 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...

# Infos pratiques

---

## Lieu(x)

 Toulouse

## Éléments de modélisation statistique

# Présentation

## Description

Programme (contenu détaillé) :

- Tests non paramétriques : fonction de répartition empirique, test de Kolmogorov d'adéquation, tests de comparaison de deux échantillons (Kolmogorov-Smirnov et test de Wilcoxon), tests de normalité (Kolmogorov et Shapiro-Wilk),
  - Tests du khi-deux d'ajustement, d'adéquation à une famille de loi, d'indépendance et d'homogénéité,
  - Modèle linéaire : estimation des paramètres (modèle régulier et singulier sous contraintes d'identifiabilité), intervalle de confiance pour les paramètres, intervalle de confiance pour la réponse moyenne, intervalle de prédiction, test de Fisher de sous-modèle, sélection de variables.
- Régression linéaire, ANOVA à un et deux facteurs, ANCOVA,
- Planification expérimentale : plans fractionnaires, continus et mixtes. Plans optimaux.
  - Modèle linéaire généralisé : inférence statistique, sélection de variables.
- Régression logistique, modèle log-linéaire.

## Objectifs

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

- L'utilisation de tests statistiques pour l'ajustement, l'indépendance ou la comparaison de deux populations
- Les caractéristiques d'un modèle linéaire et d'un

modèle linéaire généralisé, et leur utilisation pour la modélisation statistique

L'étudiant devra être capable de :

- Choisir une procédure de test adaptée au problème posé
- Construire les tests statistiques non paramétriques pour l'ajustement, l'adéquation à une famille de lois, l'indépendance ou la comparaison de deux populations
- Choisir le bon type de modèle linéaire ou modèle linéaire généralisé adapté à un problème donné
- Estimer les paramètres d'un modèle linéaire et d'un modèle linéaire généralisé
- Utiliser des tests statistiques pour valider ou invalider des hypothèses sur les modèles linéaires et modèles linéaires généralisés
- Mettre en place une stratégie de sélection de variables
- Réaliser une analyse statistique complète sur des jeux de données réelles à l'aide d'un modèle linéaire et/ou d'un linéaire généralisé

## Pré-requis nécessaires

Probabilités et statistique (I2MIMT31)  
Statistique (I3MIMT15)

## 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...

# Infos pratiques

---

## Lieu(x)

 Toulouse

## Optimisation

# Présentation

## Description

Programme (contenu détaillé) :

- Éléments d'analyse convexe: convexité, semi-continuité inférieure, notion de sous-différentiel, éléments d'analyse pour l'algorithmie (fonctions à gradient Lipschitz, forte convexité, conditionnement)
- Conditions d'optimalité (conditions de Karush Kuhn Tucker, conditions suffisantes de second ordre)
- Dualité Lagrangienne
- Algorithmes pour l'optimisation différentiable sans contrainte et lien avec les EDO : généralités sur les méthodes de descente, algorithmes du gradient, algorithmes de Newton et quasi-Newton. Etude de convergence et vitesse de convergence en fonction de la géométrie des fonctions à minimiser.
- Algorithmes pour l'optimisation différentiable avec contrainte : SQP, méthodes de pénalisation, Lagrangien augmenté.
- Optimisation convexe : comment la convexité permet d'améliorer les vitesses de convergence des algorithmes.
- Algorithmes inertiels, accélération de Nesterov. Algorithmes de sous-gradient. Notion d'opérateur proximal, régularisation de Moreau, algorithmes proximaux. Méthodes de splitting: algorithme Forward Backward et accélération à la Nesterov (FISTA). Etude de convergence et vitesse de convergence sur la classe des fonctions convexes.

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

- Les conditions d'existence et d'unicité des solutions d'un problème d'optimisation (optimisation différentiable sous contrainte, optimisation convexe non différentiable).
- Les conditions d'optimalité: points de Karush Kuhn Tucker dans le cas différentiable avec contraintes, CNS d'optimalité en optimisation convexe sans contrainte.
- Le principe de la dualité: dualité Lagrangienne, dualité de Fenchel-Rockafellar
- Les algorithmes de type gradient et Newton, et leurs résultats de convergence, les algorithmes classiques de l'optimisation sous contrainte:
- Le principe général des algorithmes inertiels: accélération des algorithmes de gradient, généralisation au cas composite.

L'étudiant.e devra être capable de :

- Interpréter le comportement d'un algorithme comme discrétisation d'un système dynamique.
- Identifier des classes de problèmes d'optimisation et proposer des algorithmes adaptés en fonction de la géométrie des fonctions à minimiser.
- Mettre en œuvre et calibrer numériquement ces algorithmes.

## Pré-requis nécessaires

Bases du calcul différentiel et de l'algèbre linéaire.

Cours d'optimisation de 3ème année MIC

## Objectifs

## 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...

## Infos pratiques

---

### Lieu(x)

 Toulouse

## EDP2

# Présentation

## Description

Modélisation par EDP (équations non linéaires et en une dimension d'espace)

1. Ecologie, Dynamique des populations, Epidémiologie (modèles de réaction-diffusion)
2. Trafic Routier, Ecologie (feux de forêt) (modèles de transport non linéaires)
3. Phénomènes ondulatoires (équations elliptiques)

Problèmes elliptiques : analyse et simulation

1. Formulation variationnelle : solutions faibles, dérivée faible, espaces de Sobolev
2. Méthode des éléments finis (en dimension 1 d'espace) : méthode de Galerkin, éléments P1 et P2, convergence et estimation d'erreur, propriétés qualitatives.

Problèmes hyperboliques : analyse et simulation

1. Méthode des caractéristiques, Solutions Faibles, chocs en temps fini, principe du maximum
2. Méthode des volumes finis (en dimension 1 d'espace) : schémas centrés, décentrés, principe du maximum discret, méthodes d'ordre 1 et 2.

## Objectifs

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

- Les principaux modèles d'EDP pour la modélisation de phénomènes en biologie, épidémiologie, écologie,

physique et sciences de l'ingénieur.

- Les notions de dérivée faible et solutions faibles et les formulations variationnelles associées
- Les méthodes des éléments finis et des volumes finis : formulation, implémentation et convergence

L'étudiant.e devra être capable de :

- Écrire une formulation variationnelle d'un problème d'équations elliptiques
- Mettre en œuvre une méthode d'éléments finis en une dimension d'espace
- Résoudre des équations de transport scalaire par méthode des caractéristiques.
- Mettre en œuvre une méthode de volumes finis pour les équations hyperboliques en une dimension d'espace

Liste des compétences :

- 1\_1 Maîtriser les concepts mathématiques et les outils calculatoires de l'ingénieur
- 1\_3 Mettre en place un raisonnement scientifique rigoureux et développer la capacité d'abstraction
- 2\_1 Maîtriser les outils fondamentaux de l'ingénieur mathématicien
- 2\_2 Mettre en œuvre et valider des modèles mathématiques avancés et des solutions numériques adaptées
- 3\_1 Formuler et modéliser des problèmes notamment dans les systèmes complexes

## Pré-requis nécessaires

Cours Équations différentielles ordinaires : modélisation par EDO, existence de solutions, étude qualitative, simulation numérique (convergence, stabilité, ordre de convergence)

Cours Introduction EDP1 (équations linéaires, résolution

explicite, méthode des différences finies)

---

## 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...

## Infos pratiques

---

### Lieu(x)

 Toulouse

## Probabilités avancées

# Présentation

## Description

Programme (contenu détaillé) :

- Espérance conditionnelle, filtration, martingale, surmartingale et sous-martingale, théorèmes de décomposition de Doob, d'arrêt, variation quadratique, inégalités maximales, théorèmes de convergence, loi des grands nombres et théorème central limite pour les martingales, estimation paramétrique par maximum de vraisemblance dans des modèles markoviens.
- Présentation des algorithmes de type Robbins-Monro et liens avec résultats classiques (Loi des Grands Nombres), Lemme de Robbins-Siegmund, Théorèmes de convergence de Robbins-Monro, Applications à différents problèmes (algorithme du bandit, quantile, quantification, Régression linéaire en grande dimension).
- Estimation de paramètres dans un modèle ARMA Gaussien.
- Algorithmes Stochastiques de Robbins Monro

## Objectifs

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

- Le conditionnement, la filtration de l'information, les propriétés principales des martingales ainsi que quelques-unes de ses utilisations en modélisation.
- La mise en oeuvre d'algorithmes stochastiques de type Robbins-Monro.

L'étudiant devra être capable de :

- Calculer une espérance conditionnelle, montrer qu'un

processus aléatoire est une martingale, utiliser les théorèmes de décomposition de Doob, d'arrêt et de convergence des martingales, en particulier pour l'estimation paramétrique par maximum de vraisemblance.

- Construire et étudier la convergence d'algorithmes d'optimisation de type descente de gradient « randomisée », mettre en application sur des exemples (quantile, quantification optimale,...)

## Pré-requis nécessaires

Probabilités et statistiques (2MIC S4)  
Probabilités et Analyse de Données (3MIC S5)  
Compléments de probabilités (3MIC-MA S5)

## 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...

## Infos pratiques

### Lieu(x)

 Toulouse



# Calcul haute performance, Outils et méthodes de développement informatique

## Présentation

---

### Description

Programme (contenu détaillé) :

#### HPC

- Calcul de valeurs propres pour des grands systèmes (2 CM, 1 TP)
- Architecture des machines : unités de calcul et typologie (CPU, GPU et autres), hiérarchie de la mémoire cache, réseaux d'interconnexion, principes de localité spatiale et temporelle, vectorisation, etc ...
- Parallélisation : degrés de parallélisme (loi d'Amdahl, scalabilité, etc.), paradigme à mémoire partagé avec OpenMP, paradigme à mémoire distribuée avec MPI, principes de réduction, de data race, etc ... (4 CM, 3 TP)

#### Outils et méthodes informatiques

- Outils et méthodes de développement informatique : projet souhaitablement interdisciplinaire mettant en œuvre une logique de gestion de projet informatique : méthodes et outils de gestion de projet agile, méthodes et outils de génie logiciel (conception et production orientée objet, algorithmique avancée), outils collaboratifs, outils d'aide à la programmation, outils d'intégration continue. L'acquisition des connaissances nécessaires à la mise en œuvre des outils et méthodes se fera en autoformation à travers une série de micromodules fournis (méthode agile, Monday, Teams, Trello, GitLab, Linter, Mattermost, Jira, etc.). (1TP, 1 projet tutoré)

## Objectifs

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

- Concepts généraux de gestion de projet et de développement informatique collaboratif
- Concepts généraux du calcul haute performance avec techniques de parallélisation.
- L'approximation de Galerkin d'un problème aux valeurs propres, les espaces de Krylov et la procédé d'Arnoldi

L'étudiant.e devra être capable de :

- Structurer un projet de développement informatique selon ses principales dimensions et une méthode agile : organisation et comitologie, dimensionnement, planification, sprints et jalons principaux, chaîne d'outils de développement collaboratif et d'intégration continue, communication, documentation
- Connaître le vocabulaire du calcul haute performance et de connaître les éléments de base de la parallélisation.
- Mettre en œuvre la méthode d'Arnoldi pour le calcul de valeurs propres extrêmes d'une matrice

## Pré-requis nécessaires

- Langages de programmation C et Python.
- Méthode de Krylov : Méthode de la puissance et méthode QR (2A)
- Informatique : algorithmique de base, langages de programmation

## 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...

## Infos pratiques

---

### Lieu(x)

 Toulouse

## Qualité Santé et Environnement

### Présentation

---

#### Description

Programme (contenu détaillé) :

- QSE spécifique : Maîtrise statistique des procédés (MSP) ; Notions de métrologie ; capacité d'un procédé ; cartes de contrôle ; le système MSP dans l'entreprise.
- Sécurité et santé au travail : notions de risques, évaluation, prévention, protection.
- Notions de sécurité informatique : bases de la cryptographie ; certificats électroniques ; protocole https ; signature digitale.

#### Objectifs

---

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

- Les principaux concepts et outils « qualité »
- Les principes et les enjeux de la santé et de la sécurité au travail
- Les principaux concepts de la sécurité informatique

L'étudiant.e devra être capable de :

- Intégrer les aspects Qualité, Sécurité, Environnement dans l'analyse des problèmes et le développement des solutions

#### Pré-requis nécessaires

---

Pour la partie maîtrise statistique des procédés, le

cours de Probabilités et Statistique de 2MIC et le cours de Statistique inférentielle de 3MIC.

#### 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...

#### Infos pratiques

---

##### Lieu(x)

 Toulouse

## Reading Seminar (ou CBL)

# Présentation

## Description

Programme (contenu détaillé) :

Au cours du Reading Seminar, les étudiant.e.s travailleront sur différentes ressources bibliographiques (articles de recherche, livres, ressources numériques) afin de préparer le projet Recherche Innovation du S8. Leur objectif sera de comprendre en profondeur certains résultats mathématiques ou de reproduire certaines expériences numériques proposées dans les articles. Ils produiront une synthèse expliquant leur travail de manière pédagogique et selon un cahier des charges précis (résumé, citations, éléments de preuves, énoncé de résultats, production de graphiques).

## Objectifs

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

- Principes et fonctionnement d'un environnement de travail collaboratif
- Conduite de projet (PERT, GANTT, WBS)
- Autoévaluation des résultats obtenus en regard des objectifs.

L'étudiant.e devra être capable de :

- Produire une synthèse des résultats d'un article de recherche
- Effectuer une recherche bibliographique pertinente pour approfondir la compréhension d'un résultat mathématique (théorique ou numérique)
- Travailler de manière collaborative en petit groupe

- Utiliser les outils collaboratifs bibliographiques et numériques

L'étudiant devra être capable de :

- 1) Mettre en œuvre numériquement la FFT et comprendre le résultat d'une FFT.
- 2) Faire le traitement d'un signal ou d'une image via la FFT.

## 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...

## Infos pratiques

### Lieu(x)

 Toulouse

## Finance

### Présentation

---

#### Description

Le diagnostic financier : Analyse du Bilan. Equilibre financier. Analyse du Compte de Résultat. La capacité d'autofinancement. Ratios.

Décision d'investissement : les Flux Nets de Trésorerie et critères de choix avec ou sans actualisation basés sur la rentabilité économique d'un investissement.

#### Objectifs

---

Être capable de porter un jugement critique sur la santé financière d'une entreprise et d'apprécier la rentabilité d'un investissement.

#### Pré-requis nécessaires

---

Cours de gestion financière de 3<sup>°</sup>A (connaissance des états financiers de l'entreprise, Bilan et compte de résultats)

### 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...

### Infos pratiques

---

#### Lieu(x)

 Toulouse

# Stratégie d'entreprise responsable

## Présentation

---

### Description

Les ressources du module de stratégie d'entreprise responsable sont 100% en ligne dans Moodle

Les grands axes étudiés sont les suivants :

Réflexion sur l'ingénieur de demain

Définitions, enjeux et limites de la stratégie d'entreprise conventionnelle

La connaissance des marchés

Concevoir et développer une offre durable

Construire une politique de prix juste

Élaborer une communication responsable et efficace

### Objectifs

---

A la fin de ce cours, les étudiants seront capable de :

- Réaliser un diagnostic du marché et de l'entreprise pour prendre des décisions et se fixer des objectifs stratégiques
- Mobiliser les connaissances sur le marché pour mettre

en œuvre un plan d'action stratégique responsable au regard des enjeux écologiques, économiques et sociétaux.

### 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...

### Infos pratiques

---

#### Lieu(x)

 Toulouse

LV2

# Présentation

---

## 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...

## Infos pratiques

---

### Lieu(x)

 Toulouse

## APS (Activités physiques et sportives)



ECTS  
1 crédits



Volume horaire

## Présentation

---

### 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...

## Infos pratiques

---

### Lieu(x)

 Toulouse