

## ANNEE 5 – 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

# Apprentissage en grande dimension et apprentissage profond



ECTS



Volume horaire  
40h

## Présentation

### Description

Programme (contenu détaillé) :

Ce cours est dédié aux méthodes d'apprentissage profond pour le traitement de données complexes telles que des signaux, des images ou des données séquentielle (séries temporelles ou données textuelles).

\* Réseaux de neurones convolutionnels : couche convolutionnelle, pooling, dropout, architecture des réseaux convolutionnels (ResNet, Inception), transfert d'apprentissage, applications à la classification de signaux et d'images et à la détection d'objets.

\* Encoder-décoder, Auto-encoder variationnels, apprentissage auto-supervisé, apprentissage contrastif, tâches pretexte.

\* Réseaux récurrents (RNN, LSTM) pour l'analyse de données séquentielles.

\* Transformers pour le traitement du langage naturel.

- L'utilisation des algorithmes d'apprentissage profond (réseaux de neurones convolutionnels) pour la classification de données complexes (signaux, images) en grande dimension avec estimation de l'erreur de prédiction
- Les principaux algorithmes de classification de signaux ou d'images
- Les méthodes de réduction de dimension pour des données complexes
- Les réseaux de neurones récurrents pour l'étude de données séquentielles
- L'utilisation des réseaux convolutionnels pour la détection d'objets dans des images
- Les transformers et leur application au traitement du langage naturel.

L'étudiant.e devra être capable de :

- Ajuster des réseaux de neurones profonds pour la classification de signaux ou d'images.
- Utiliser des réseaux de neurones récurrents et des transformers pour le traitement du langage naturel.
- Mettre en œuvre et optimiser les algorithmes d'apprentissage profond sur des données réelles à l'aide de bibliothèques Python.
- Mener des expériences afin de comparer une série de modèles et en choisir le plus approprié pour une tâche donnée.
- Choisir et interpréter les métriques les plus courantes afin d'évaluer les différentes architectures de réseaux de neurones.

### Objectifs

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

### Pré-requis nécessaires

Éléments de Modélisation statistique  
Machine Learning  
Introduction aux logiciels R et 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...

## Infos pratiques

---

### Lieu(x)

 Toulouse

## Métamodélisation

# Présentation

## Description

Programme (contenu détaillé) :

- \* Introduction : analyse de grands codes de calculs, métamodélisation. Exemples.
- \* Modélisation par processus gaussiens (PG) et krigeage. a) Vision probabiliste et fonctionnelle (RKHS) du problème d'approximation. b) Simulation de PG. c) Personnalisation de noyaux de covariance. PG informé par la physique.
- \* Planification d'expériences numériques. a) Plans initiaux : focus sur les plans remplissant l'espace. b) Méthodes adaptatives. Exemple de l'optimisation bayésienne.
- \* Quantification d'incertitudes. a) Propagation d'incertitudes. b) Analyse de sensibilité globale : focus sur la décomposition ANOVA (décomposition de Sobol-Hoeffding)
- \* Étude de cas.

## Objectifs

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

- \* La métamodélisation pour optimiser / quantifier les incertitudes d'un grand code de calcul, avec un budget de calcul limité
- \* Les processus gaussiens
- \* La personnalisation de noyaux de covariances pour intégrer des informations métier
- \* La planification d'expériences numériques

- \* L'analyse de sensibilité globale

L'étudiant.e devra être capable :

Au plan théorique, de faire des calculs pour :

- \* noyaux de covariance et processus gaussiens
- \* décomposition ANOVA, indices de Sobol

En pratique, de mettre en œuvre la démarche complète d'analyse d'un code de calcul :

- \* planification d'expériences,
- \* construction / évaluation d'un métamodèle,
- \* application à l'optimisation / quantification d'incertitude

## Pré-requis nécessaires

Vecteurs gaussiens (Compléments de probabilités, PO 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

## Projet RI

# Présentation

## Description

L'étudiant travaillera sur un problème de mathématiques appliquées et mettra en oeuvre les quatre grandes compétences de l'ingénieur(e) mathématicien(ne):

- Reformuler un besoin utilisateur pour en produire un problème qu'on peut traiter mathématiquement
- Analyser et concevoir une solution implémentable numériquement au problème mathématique posé
- Implémenter la solution numérique pour en faire un démonstrateur
- Exploiter la solution technique et numérique pour produire un outil d'aide à la décision (une étude ou un code de calcul) répondant au besoin utilisateur

## Objectifs

L'étudiant.e devra être capable de :

- Interagir avec un spécialiste ou un ingénieur d'une autre discipline
- Organiser le travail collaboratif en petit groupe
- Définir le cadre et le cahier des charges d'un problème original de modélisation mathématique
- Conduire les recherches bibliographiques nécessaires à sa résolution
- Développer le modèle déterministe et / ou stochastique adapté à sa résolution
- Mettre en oeuvre sa résolution numérique
- Rendre compte par écrit et à l'oral des résultats obtenus

Liste des compétences :

- 1\_3 Mettre en place un raisonnement scientifique rigoureux et développer la capacité d'abstraction
- 1\_6 Avoir la capacité de trouver l'information pertinente, de l'évaluer et de l'exploiter
- 2\_2 Mettre en oeuvre et valider des modèles mathématiques avancés et des solutions numériques adaptées
- 3\_2 Résoudre, de manière analytique ou systémique, un problème posé (décomposer, hiérarchiser, mobiliser des ressources...)
- 3\_3 Être capable d'utiliser des outils numériques génériques (ENT, programmation, travail collaboratif...)
- 4\_1 Maîtriser la communication écrite et orale en entreprise (rapports; compte rendus, synthèse, présentations orales....) en plusieurs langues

## Pré-requis nécessaires

Mathématiques Appliquées 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...

## Infos pratiques

## Lieu(x)



## Image



ECTS



Volume horaire  
36h

## Présentation

déconvolution, l'inpainting, la génération d'images.  
Comprendre l'intérêt du couplage entre les algorithmes  
d'optimisation et les réseaux de neurones

## Description

Programme (contenu détaillé) :

Rappels sur les algorithmes d'optimisation dans un  
cadre non différentiable (FB et FISTA)

Introduction au transport optimal : application au  
transfert de style et de couleur.

Introduction à l'utilisation des VAE pour le débruitage  
et l'inpainting.

Méthodes Plug and Play et Algorithme Unrolling :  
application à la reconstruction d'images.

Modèles de diffusion et flow Matching.

## Pré-requis nécessaires

- Bases de l'algèbre linéaire.
- Principaux algorithmes et principes d'optimisation
- Notions élémentaires en probabilités et statistiques
- Bases en 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...

## Objectifs

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

Modéliser d'un problème de traitement d'image sous  
forme de problème d'optimisation.

Comprendre les notions d'opérateurs proximaux, de  
vitesse de convergence d'algorithme.

Comprendre et savoir utiliser les différentes  
algorithmes d'optimisation convexe.

Savoir utiliser des réseaux de neurones pour réaliser  
différentes tâches de traitement des images tels que le  
transfert de couleur et transfert de style, la

## Infos pratiques

### Lieu(x)

Toulouse

## Assimilation de données

# Présentation

## Description

-Outils de base pour résoudre les problèmes inverses (avec exemples) : moindres carrés (linéaires, non linéaires), régularisation.

-Principes de l'assimilation de données (variationnelle, séquentielle).

-Analyse bayésienne.

-Équivalences entre le filtre BLUE-Kalman, le MAP et l'assimilation variationnelle dans le cas linéaire-quadratique-gaussien.

-Application à l'identification de modèles en mécanique expérimentale : (i) calcul des mesures à partir de l'enregistrement d'images et (ii) assimilation de données pour calibrer les lois constitutives.

-Contrôle optimal des EDO. Cas linéaire-quadratique, principe du maximum, hamiltonien.

Petit TP : contrôle optimal de la trajectoire d'un véhicule.

-Contrôle optimal des EDP. Calcul du gradient, modèle adjoint, système d'optimalité.

-Assimilation variationnelle des données (cas stationnaire et instationnaire). Algorithmes (3D-VAR, 4D-Var, variantes).

- Exemples, aspects pratiques.

- AD par réseaux neuronaux informatisés par la physique (PINN).

- TP : estimation de la bathymétrie d'une rivière à partir de mesures de la surface de l'eau (problème issu de l'hydrologie spatiale).

Modèles de circulation océanique

-Equations de la mécanique des fluides en géosciences, Solutions d'équilibre

-Equations en eaux peu profondes: dérivation, étude de la propagation des ondes. Applications: ondes de gravité, ondes de Poincaré, ondes de Kelvin

-Equations quasi-géostrophiques: dérivation, propagation des ondes. Applications: Gulf Stream, ondes de Rossby.

## Objectifs

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

-Les outils de base pour analyser et résoudre des problèmes inverses.

- Comment fusionner les mesures (ensembles de données) et des modèles basés sur des EDP.

- Mettre en place le contrôle optimal d'un système (sur base d'EDO et EDPs).

- Calculer le gradient d'une sortie de modèle (fonction coût) dans des cas de grande dimension (méthode de l'adjoint).

- Mettre en place un algorithme de type contrôle pour identifier les paramètres incertains et/ou calibrer un modèle (assimilation variationnelle, 4D-Var).



- Expliquer les liens et les différences entre l'assimilation variationnelle des données, les filtres (Kalman, etc.) et les estimations bayésiennes.

- Expliquer ce qu'est un réseau neuronal informatisé par la physique (PINN).

- Ecrire l'adimensionnement d'un système d'EDP, et maîtriser l'usage des unités présentes dans un système d'EDP

- Mener une étude de la dynamique d'un système d'EDP linéarisé à l'aide de calculs de relations de dispersion

L'étudiant.e devra être capable de :

- Mettre en place la chaîne complète pour réaliser l'identification des paramètres ou la calibration d'un modèle par assimilation variationnelle des données (4D-Var).

- Mettre en place un PINN pour atteindre les mêmes objectifs que ci-dessus.

## Infos pratiques

---

### Lieu(x)

 Toulouse

---

## Pré-requis nécessaires

Calcul différentiel, optimisation numérique, bases de l'analyse fonctionnelle et des modèles de mécaniques, modèles classiques d'EDP (formes faibles et schémas EF sont un plus), programmation 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...

# Mécanique Fluide et Structures



ECTS



Volume horaire  
36h

## Présentation

### Description

Programme (contenu détaillé) :

Partie 1 : Mécanique des fluides

- CM 1-3: Equations de la dynamique des fluides parfaits compressibles : établissement des équations, ondes acoustiques, ondes de choc, relations de Rankine-Hugoniot, conditions aux limites, pression totale et température totale
- TD 1 : Ondes acoustiques dans un gaz parfait
- TD 2 : Tuyère de Laval & Application à la propulsion fusée
- CM 4-6 : Principes généraux de la méthode des volumes finis pour la mécanique des fluides compressibles. Problème de Riemann (cas linéaire, cas de la dynamique des gaz parfaits). Solveurs de Riemann approchés
- TD 3 : Préparation au TP Volumes Finis
- TP 1-2 : Programmation sous PYTHON de la méthode des volumes finis appliquées aux équations de la dynamique des gaz parfaits

Partie 2 : Mécanique des structures

Modélisation numérique des structures minces (6,25h : 3CM + 2TD)

- Construction d'un modèle poutre à partir de l'élasticité solide 3D
- Formulation variationnelle, lien avec la minimisation d'énergie et résolution par la méthode des éléments finis.

Lien CAO-calcul (9,25h : 3CM + 1TD + 2TP)

- Notions de base de représentation des géométries en CAO.
- Analyse isogéométrique : éléments finis splines.
- Application pour le calcul de modèles de poutre.

### Objectifs

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

Quelques modélisations avancées en mécanique des fluides et des structures permettant d'aller vers des applications complexes telles que :

- Décrire la dynamique des fluides compressibles
- Comprendre ce qu'est une onde de choc, une onde de détente, une onde acoustique dans un fluide
- Le calcul de structures de type coque
- L'utilisation des données de la CAO pour le calcul de structures

L'étudiant.e devra être capable de:

- Résoudre de façon approchée un problème de Riemann
- Connaître et savoir appliquer la méthode des volumes finis pour calculer la solution numérique des équations de la dynamique des fluides parfaits compressibles
- Formuler et résoudre par la méthode des éléments finis des modèles de poutres.
- Appréhender une technique de calcul avancée basée sur la représentation géométrique en CAO (éléments finis isogéométriques NURBS)

---

## Pré-requis nécessaires

Ce cours vient compléter et approfondir les notions de base du cours de S8 intitulé : « Modèles et méthodes numériques pour la mécanique des fluides et des structures ». La maîtrise des bases du cours de S8 comme pré-requis est donc fortement conseillé.

---

## 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

## IA Frameworks

# Présentation

## 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.

## Objectifs

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

- Apprentissage automatique
- Écriture 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.

## Pré-requis nécessaires

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...

# Infos pratiques

---

## Lieu(x)

 Toulouse

## Calcul Stochastique

# Présentation

## Description

Programme (contenu détaillé) :

- Processus stochastiques à temps continu et martingales. Introduction aux temps d'arrêts.
- Construction du mouvement brownien et de l'intégrale stochastique puis dérivation de la formule d'Itô.
- Introduction aux équations différentielles stochastiques (EDS) puis dérivation des équations de Fokker-Planck.
- Résolution d'une équation parabolique à l'aide d'une solution d'EDS.
- Résolution d'un problème de Dirichlet à l'aide du mouvement brownien.
- Théorème de Girsanov.
- Ergodicité des processus de Markov.
- Estimation par maximum de vraisemblance de paramètres issus d'une EDS.

## Objectifs

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

- Le mouvement brownien ainsi que l'intégrale de Wiener et la formule d'Itô.
- La relation entre une équation différentielle stochastique et son équation de Fokker-Planck.
- La formulation d'une solution d'EDP parabolique ou elliptique à l'aide d'un processus stochastique bien choisi.
- L'estimation par maximum de vraisemblance de paramètres dans une équation différentielle

stochastique.

L'étudiant(e) devra être capable de :

- Faire du calcul stochastique en mettant en œuvre la formule d'Itô.
- Mettre en œuvre numériquement la résolution d'une équation parabolique ou elliptique à l'aide d'une méthode probabiliste basée sur des solutions d'équations différentielles stochastiques.
- Utiliser le théorème de Girsanov combiné aux résultats d'ergodicité des processus de Markov afin d'estimer des paramètres par maximum de vraisemblance dans des équations différentielles stochastiques.

## Pré-requis nécessaires

Compléments de probabilités (3A), Probabilités avancées (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...

## Infos pratiques

## Lieu(x)



## Durée de vie

# Présentation

## Description

Programme (contenu détaillé) :

- Les distributions de survie : fonctions spécifiques, lois usuelles pour les durées
- La notion de censure et troncature
- Estimation paramétrique
- Estimation non paramétrique de la fonction de survie et de la fonction de risque (Kaplan-Meier, Nelson-Aalen)
- Adéquation à une loi de probabilité et comparaison de la survie de deux ou plusieurs groupes
- Modèles de régression paramétriques
- Le modèle semi-paramétrique de Cox : estimation et validation du modèle
- Applications dans le domaine de la fiabilité ou de la Survie

## Objectifs

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

- les lois de probabilités usuelles pour modéliser des durées de vie
- la notion de censure et de troncature dans les données
- l'estimation paramétrique, non paramétrique et semi-paramétrique d'une fonction de survie

L'étudiant.e devra être capable de :

- analyser statistiquement des données censurées à droite avec le logiciel R
- estimer une fonction de survie par des approches paramétriques, non paramétriques et semi-paramétriques
- tester l'adéquation à une loi ou l'égalité de deux distributions de survie pour des données censurées
- modéliser et tester l'effet de covariables su

## Pré-requis nécessaires

- Statistique inférentielle (PO 3MIC)
- Éléments de Modélisation Statistique (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...

## Infos pratiques

### Lieu(x)

 Toulouse



## Psychologie sociale et éthique

### Présentation

réflexivité sur soi : la méta-cognition

### Description

Le regard psychosocial : notions clefs de la psychologie sociale dont la dynamique de groupe, les processus de décision, la gestion de conflits, l'influence sociale, les stéréotypes, les conditions de soumission à l'autorité, les minorités actives, les risques psycho-sociaux (RPS) et qualité de vie au travail (QVT). En somme, ces notions seront travaillées avec des exemples concrets et avec des mises en situation professionnelle et interculturelle dans une démarche éthique de l'ingénierie du XXIème siècle et des enjeux socio-écologiques.

### Pré-requis nécessaires

Aucun

### Objectifs

Analyser des situations de groupe avec des concepts issus de la psychologie sociale

Comprendre les relations interpersonnelles en situation professionnelle et interculturelle

Approfondir la réflexion sur les enjeux socio-écologiques dans son parcours professionnel

Identifier les dimensions éthiques de ces situations et savoir argumenter sa position

Aiguiser l'esprit critique, le décentrement et la

### 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

## Management d'équipe

### Présentation

---

#### Description

Tous les thèmes autour du Management d'équipe : recrutement, motivation au travail, rémunération globale, appréciation des salariés, modalités d'encadrement (leadership), gestion des conflits, relations professionnelles (dialogue social), flexibilité des Ressources Humaines et contrats de travail, formation, gestion des emplois et des compétences, gestion des carrières.

#### Objectifs

L'étudiant devra être capable de :

- Repérer et comprendre des informations liées aux ressources humaines au sein d'une entreprise
- Analyser une situation de management d'équipe en référence à un cadre théorique
- Formuler et argumenter des solutions managériales

#### 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

# 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

PPI

# 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

## Stage 4A

# Présentation

 Toulouse

## Description

le stage doit durer entre 8 et 16 semaines  
il peut s'effectuer en France ou à l'étranger, en entreprise ou en laboratoire  
Les missions de l'étudiant doivent être en relation avec les enseignements dispensés

## Objectifs

Les objectifs du stage 4A sont :

- d'acquérir une première expérience en milieu professionnel (entreprise ou laboratoire) sur un rôle ingénieur.
- de mettre en pratique les enseignements reçus
- de produire un travail scientifique

## 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)

## Stage 5A – PFE

Toulouse

# Présentation

---

## Description

Stage de 16 à 26 semaines dans une entreprise

---

## Objectifs

Le but de ce stage est de se positionner en tant qu'ingénieur en activité et de valider les compétences acquises pendant le cursus scolaire. Pour cela, l'étudiant développera une thématique particulière pendant la durée du stage, qui fera l'objet d'un mémoire.

La problématique sera définie d'un commun accord avec l'entreprise et le tuteur INSA.

---

## 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)



# Statistique en grande dimension et Apprentissage profond



ECTS  
3 crédits



Volume horaire

## Présentation

### Description

Ce cours est dédié aux méthodes d'apprentissage et en particulier les méthodes d'apprentissage profond, pour le traitement de données en grande dimension telles que des images par exemple.

\* Réseaux de neurones et introduction à l'apprentissage profond: définition des réseaux de neurones, fonctions d'activation, perceptron multicouches, algorithme de rétropropagation du gradient, algorithmes d'optimisation, régularisation.

\* Réseaux de neurones convolutionnels : couche convolutionnelle, pooling, dropout, architecture des réseaux convolutionnels (ResNet, Inception), transfert d'apprentissage, applications à la classification d'images, la détection d'objet, la segmentation d'image, l'estimation de posture, etc.

\* Réseaux de neurones récurrents : modélisation de séquences, neurone récurrent, rétropropagation à travers le temps, LSTM et GRU, applications au traitement du langage naturel et au traitement des signaux audio et vidéo

\* Réseaux de neurones et 3D : réseaux convolutifs 3D pour le traitement des données volumétriques (ex: IRM), réseaux PointNet et PointNet++ pour le traitement des nuages de points 3D (ex: LIDAR).

\* Apprentissage profond non-supervisé et modèles génératifs : Autoencodeurs, Auto-encodeurs variationnels (VAE) , Réseaux Génératifs Antagonistes (GAN)

\* Décomposition fonctionnelle sur des bases de Spline, Fourier , ondelettes ou ACP fonctionnelle Functional decomposition on splines, Fourier or wavelets bases: splines cubiques, critère des moindres carrés pénalisés, bases de Fourier, bases d'ondelettes, application en régression non paramétrique, estimateurs linéaires et non linéaires par seuillage, liens avec la méthode LASSO. ACP fonctionnelle.

\* Détection d'anomalies : Principaux algorithmes : One Class SVM, Random Forest, Isolation Forest, Local Outlier Factor. Applications à la détection d'anomalies pour des données fonctionnelles.

### Objectifs

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

\* L'utilisation des algorithmes d'apprentissage profond pour la classification de données complexes en grande dimension avec estimation de l'erreur de prédiction

\* Les principaux algorithmes de classification de media ou d'images

\* Les méthodes de réduction de dimension

- \* Les algorithmes de détection d'anomalies
- \* Les applications des méthodes d'apprentissage profond sur des jeux de données réelles

L'étudiant devra être capable de :

- \* Ajuster des réseaux de neurones profonds pour la classification ou la régression de media ou d'images.
- \* Appliquer des algorithmes de détection d'anomalies.
- \* Mettre en œuvre les algorithmes d'apprentissage profond sur des données réelles à l'aide de librairies Python.

---

## Pré-requis nécessaires

Modélisation statistique  
Exploration et logiciels statistiques

---

## 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



# Modélisation et éléments finis



ECTS

3 crédits



Volume horaire

## Présentation

### Description

Partie 1 : Analyse mathématique et principes de la méthode EF

CM : 10h, TD : 7,5h TP: 7,5h

- Analyse (EDP elliptiques linéaires): solutions faibles, espaces de Sobolev  $H_m$ , théorie de Lax-Milgram.
  - Principe des EF : discrétisation, approximation, implémentation, estimations d'erreur a-priori.
  - Courbes de convergence, validation codes de calcul.
- TP (Python-Fenics ou Julia) programmation algorithme d'assemblage.

Partie 2 : Modélisation et compléments EF

CM : 10h, TD : 5h, TP: 10h

- Modélisation par EF (TP FreeFEM++ ou Python-Fenics).

Ex : écoulements géophysiques - hydraulique spatiale (ondes diffusantes : convection - diffusion non linéaire).

- Compléments méthode EF
- Terme de transport et stabilisation (ex : SUPG)  
Termes non linéaires et linéarisations.  
Raffinement de maillage - concept de estimateurs a-posteriori. TP Python-Fenics.
  - Modèles réduits POD

Stratégie offline - online. TP Python-Fenics.

Partie 3 : Couplages de modèles et de codes de calcul.

CM : 7,5h TD : 3,75h TP :5h

- Application de la modélisation EF au problème de l'élasticité

- Couplage faible de domaines élastiques (pénalisation, mortar, Nitsche)
- Notion d'interface non-conforme entre les domaines
- Résolution itérative non-intrusive du couplage.
- TP Python : calcul de la propagation d'une fissure avec utilisation de codes en boîtes noires.

### Objectifs

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

- Comment modéliser et calculer par la méthode des éléments finis des systèmes classiques d'EDP.

L'étudiant devra être capable de :

- Écrire la forme variationnelle (faible) des modèles classiques d'EDP, et expliciter le lien avec l'énergie minimisée (cas symétrique).
- Appréhender l'analyse mathématique des modèles classiques d'EDP.
- Modéliser et calculer par la méthode des éléments finis divers phénomènes classiques (diffusion, convection, élasticité, etc.) omniprésents en physique, processus.
- Utiliser une bibliothèque de calcul éléments finis telle que Fenics (Python).
- Mettre en place des techniques de calcul avancées dans le cas d'une modélisation à grand nombre de degrés de liberté (réduction de modèle, couplage de modèles et codes de calcul).

## Pré-requis nécessaires

Modèles d'EDP de base, analyse mathématique,  
Méthodes d'analyse numériques de base.

---

## 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

# Métamodélisation et assimilation de données 1



ECTS

3 crédits



Volume horaire

## Présentation

### Description

Métamodélisation

- \* Introduction : exemples d'applications
- \* Deux métamodèles célèbres : polynômes de chaos, processus gaussiens (krigeage)
- \* Simulation de processus gaussiens non conditionnels / conditionnels
- \* Prise en compte d'information métier et personnalisation de noyaux de covariance
- \* Optimisation assistée par métamodèle (optimisation bayésienne)
- \* Planification d'expériences numériques : focus sur les plans remplissant l'espace
- \* Analyse de sensibilité globale : focus sur la décomposition ANOVA (décomposition de Sobol)
- \* Application industrielle : quantification d'incertitudes.

Assimilation de données : approche séquentielle et ensembliste

- \* Introduction. Préliminaires (statistiques, conditionnement), méthodes Bayésiennes.
- \* Estimation séquentielle et filtre de Kalman. Formalisation statistique pour un système dynamique observé, transfert d'optimalité et lien avec l'approche variationnelle, filtrage et lissage, filtre racine carrées et erreurs numériques, réduction de la dimension et filtres réduits.
- \* Estimation ensembliste. Erreur d'échantillonnage, dérivation des principaux filtre/lisseurs stochastiques (EnKF) et déterministes (ETKF). Hyperparamètres (inflation, localisation).

### Objectifs

Découvrir et utiliser les méthodes à noyaux pour la modélisation, l'optimisation et la quantification d'incertitudes de phénomènes complexes (métamodélisation) et l'adaptation des modèles en temps réel (assimilation de données). Cette UE, au contenu plutôt théorique, sera complétée au second semestre par une deuxième partie, davantage dédiée aux applications.

### 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

# Processus de Poisson et applications



ECTS

4 crédits



Volume horaire

## Présentation

### Description

Programme (contenu détaillé) :

- Modélisation de la récurrence des pannes en Fiabilité ou des sinistres en Actuariat : définition et construction d'un processus de Poisson (homogène ou non homogène) ou de renouvellement, statistique inférentielle pour les processus de Poisson homogènes (estimation ponctuelle, intervalles de confiance et tests sur l'intensité).

- Mathématiques et Apprentissage pour l'actuariat : étude des processus de Poisson composés et du modèle de Cramér-Lundberg, mesures de risques, algorithmes d'apprentissage pour les problèmes de tarification et de provisionnement. Introduction à la méthode de Monte-Carlo.

- Approfondissement par projet (au choix parmi les exemples ci-dessous, pouvant évoluer) :

a) Statistique pour la fiabilité des systèmes réparables : test d'homogénéité, Statistique inférentielle pour le processus de Weibull.

b) Actuariat : modèles de type Cramér-Lundberg, processus de Hawkes et produits dérivés en assurance.

- Communiquer la science en anglais :

Pour se préparer à la soutenance de leur projet qui sera en anglais, les cours d'anglais comprendront :

- Exercices individuels et en groupe sur l'anglais scientifique et le langage liés à leur projet, y compris la

prononciation du vocabulaire clé, le langage informel et formel.

- Revue des techniques de présentations (aussi pour un public spécialisé et non spécialisé.

- Des réunions avec chaque groupe pour communiquer l'état d'avancement de leur recherche, leurs réalisations, les problèmes rencontrés et les prochaines étapes.

- Répétitions pour les soutenances : retour de l'enseignant

Pour préparer le rapport en anglais :

- Analyser des publications scientifiques dans leur domaine de recherche.

- Feedback des enseignants sur les versions préliminaires du rapport.

### Objectifs

L'étudiant devra être capable de :

- Modéliser la récurrence des pannes en Fiabilité ou des sinistres en Actuariat à l'aide de processus de Poisson.

- Être capable de calculer ou d'approximer la probabilité de ruine associée à un contrat d'assurance vie ou non vie. Utiliser des méthodes d'apprentissage en actuariat.

- Connaître les fondements théoriques et être capable de mettre en place la méthode de Monte-Carlo ainsi que ses limites d'utilisation.

- Repérer les spécificités linguistiques, en anglais, utilisée dans des contextes scientifiques, et savoir présenter leur travail oralement et par écrit en suivant

ce style scientifique.

- Écrire un rapport scientifique en anglais dans sa spécialité en respectant les conventions appropriées.
- Présenter le travail sur projet oralement en anglais et dialoguer sur les éléments clés du projet d'une manière structurée.
- Sélectionner les informations significatives adaptées à son interlocuteur ou son public
- Expliquer des concepts scientifiques et techniques complexes à l'adresse d'un public non spécialiste
- Adapter son expression à des présentations formelles et informelles

---

## Pré-requis nécessaires

- Analyse de données (3MIC)
- Compléments de probabilités (3MIC)
- Statistique inférentielle (3MIC)
- Éléments de modélisation statistique (ModIA S7)

---

## 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

## Sciences Humaines et Sociales



ECTS

3 crédits



Volume horaire

41h

## Présentation

### Description

Cette UF se compose de 3 parties : "Management d'équipe", "Psychologie Sociale et éthique" et PPI.

"Management d'équipe" et "Psychologie Sociale et éthique" travaillent sur le groupe/équipe comme objet d'analyse.

PPI travaille sur la projection et la posture professionnelles.

Programme:

- Notion de groupe, processus de décision, conflits, autorité, minorités actives, influences.
- Analyse des emplois, recrutement et GPEC, motivation au travail, rémunération, appréciation des salariés, formation, gestion des carrières, relations professionnelles, flexibilité des RH et contrats de travail.
- Échanges avec des professionnels.

### Objectifs

L'étudiant devra être capable de :

- Analyser des situations de groupe avec des concepts issus de la psychologie sociale
- Identifier les dimensions éthiques de ces situations et prendre position

- Introduction à l'éthique numérique
- Repérer et comprendre des informations liées aux RH éventuellement dans un contexte d'IA
- Analyser une situation de management d'équipe en référence à un cadre théorique
- Formuler et argumenter des solutions managériales éventuellement en contexte d'IA
- Valider son projet professionnel, construire une stratégie et s'entraîner pour trouver un emploi

### 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

## Formation en entreprise 3



ECTS

14 crédits



Volume horaire

## Présentation

---

### Description

Identique fiche "Formation en entreprise 1"

### 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

## Métamodélisation et assimilation de données 2



ECTS  
3 crédits



Volume horaire

## Présentation

### Description

Programme (contenu détaillé) :

Partie 1. Assimilation de données : approche variationnelle

CM : 14h, TD : 5,25h TP : 17,5h

-Outils de base pour résoudre les problèmes inverses (avec exemples) : moindres carrés (linéaires, non linéaires), régularisation.

-Principes de l'assimilation de données (variationnelle, séquentielle).

-Analyse bayésienne.

-Équivalences entre le filtre BLUE-Kalman, le MAP et l'assimilation variationnelle dans le cas linéaire-quadratique-gaussien.

-Application à l'identification de modèles en mécanique expérimentale : (i) calcul des mesures à partir de l'enregistrement d'images et (ii) assimilation de données pour calibrer les lois constitutives.

-Contrôle optimal des EDO. Cas linéaire-quadratique, principe du maximum, hamiltonien.

Petit TP : contrôle optimal de la trajectoire d'un véhicule.

-Contrôle optimal des EDP. Calcul du gradient, modèle adjoint, système d'optimalité.

-Assimilation variationnelle des données (cas stationnaire et instationnaire). Algorithmes (3D-VAR, 4D-Var, variantes).

- Exemples, aspects pratiques.

- AD par réseaux neuronaux informatisés par la physique (PINN).

- TP : estimation de la bathymétrie d'une rivière à partir

de mesures de la surface de l'eau (problème issu de l'hydrologie spatiale).

Partie 2. Approche multifidélité

CM : 5,25h, TD : 7h, TP : 1,75h

- Estimateurs Monte Carlo

- Outils d'analyse des estimateurs (erreur quadratique moyenne, biais, variance)

- Enjeux de l'estimation de statistiques de la sortie d'un simulateur haute fidélité (coût de calcul vs précision)

- Principes des approches multifidélité, exemples de simulateurs basse fidélité

- Méthode statistique des variables de contrôle

- Adaptation pour l'estimation multifidélité

- Allocation optimale (au sens de la variance) des échantillons sur les différents niveaux de fidélité.

Partie 3. Métamodélisation : étude de cas

CM : 0 h, TD : 0 h TP : 14 h

- Etant donné des simulateurs de différentes physiques, construire des modèles de substitution du système couplé ou des modèles de substitution de chaque discipline.

- Sélectionner le meilleur modèle de substitution selon des métriques de validation.

- Utiliser ces modèles de substitution pour un problème d'optimisation multidisciplinaire et interpréter les résultats.

- Utiliser ces modèles de substitution pour un problème d'analyse de sensibilité et interpréter les résultats.

- Utiliser ces modèles de substitution pour un problème d'optimisation multidisciplinaire sous incertitudes et interpréter les résultats.



## Objectifs

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

### Partie 1 – AD Variationnelle

- Les outils de base pour analyser et résoudre des problèmes inverses.
- Comment fusionner les mesures (ensembles de données) et des modèles basés sur des EDP.
- Expliquer les liens et les différences entre l'assimilation variationnelle des données, les filtres (Kalman, etc.) et les estimations bayésiennes.
- Expliquer ce qu'est un réseau neuronal informatisé par la physique (PINN).
- Mettre en place le contrôle optimal d'un système (sur base d'EDOs et EDPs).
- Calculer le gradient d'une sortie de modèle (fonction coût) dans des cas de grande dimension (méthode de l'adjoint).
- Mettre en place un algorithme de type contrôle pour identifier les paramètres incertains et/ou calibrer un modèle (assimilation variationnelle, 4D-Var).

### Partie 2. Approche multifidélité

- Les outils d'analyse d'estimateurs statistiques (erreur quadratique moyenne, biais, variance)
- Les enjeux des méthodes multifidélité dans un contexte de simulation numérique
- Des exemples de simulateurs basse fidélité (discrétisation dégradée, physique simplifiée, précision arithmétique réduite, modèle réduit / métamodèle, etc.)
- La technique des variables de contrôle pour la réduction de la variance d'estimateurs Monte Carlo et leur généralisation (variables de contrôle approchées) pour l'estimation statistique multifidélité.

### Partie 3. Méta-modélisation : étude de cas

- Connaître, construire et valider des modèles de substitution de modèles numériques coûteux.
- Connaître, réaliser et interpréter les résultats d'une analyse de sensibilité pour des problèmes sous incertitudes.
- Utiliser des modèles de substitution pour des problèmes d'optimisation avec ou sans incertitudes.

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

### Partie 1 – AD Variationnelle

- Les outils de base pour analyser et résoudre des problèmes inverses.
- Comment fusionner les mesures (ensembles de données) et des modèles basés sur des EDP.
- Expliquer les liens et les différences entre l'assimilation variationnelle des données, les filtres (Kalman, etc.) et les estimations bayésiennes.
- Expliquer ce qu'est un réseau neuronal informatisé par la physique (PINN).
- Mettre en place le contrôle optimal d'un système (sur base d'EDOs et EDPs).
- Calculer le gradient d'une sortie de modèle (fonction coût) dans des cas de grande dimension (méthode de l'adjoint).
- Mettre en place un algorithme de type contrôle pour identifier les paramètres incertains et/ou calibrer un modèle (assimilation variationnelle, 4D-Var).

### Partie 2. Approche multifidélité

- Les outils d'analyse d'estimateurs statistiques (erreur quadratique moyenne, biais, variance)
- Les enjeux des méthodes multifidélité dans un contexte de simulation numérique
- Des exemples de simulateurs basse fidélité (discrétisation dégradée, physique simplifiée, précision arithmétique réduite, modèle réduit / métamodèle, etc.)
- La technique des variables de contrôle pour la réduction de la variance d'estimateurs Monte Carlo et leur généralisation (variables de contrôle approchées) pour l'estimation statistique multifidélité.

### Partie 3. Méta-modélisation : étude de cas

- Connaître, construire et valider des modèles de substitution de modèles numériques coûteux.
- Connaître, réaliser et interpréter les résultats d'une analyse de sensibilité pour des problèmes sous incertitudes.
- Utiliser des modèles de substitution pour des problèmes d'optimisation avec ou sans incertitudes.

L'étudiant devra être capable de :

### Partie 1

- Mettre en place la chaîne complète pour réaliser

l'identification des paramètres ou la calibration d'un modèle par assimilation variationnelle des données (4D-Var).

-Mettre en place un PINN pour atteindre les mêmes objectifs que ci-dessus.

#### Partie 2

- Étant donné des simulateurs de différentes fidélités, mettre en œuvre une méthode multifidélité d'estimation de l'espérance de la sortie du simulateur haute fidélité
- Mettre en œuvre les indicateurs a priori de réduction de variance attendue
- Dans un cadre académique, les comparer à la réduction de variance effectivement obtenue

#### Partie 3

- Étant donné des simulateurs de différentes physiques, construire des modèles de substitution du système couplé ou des modèles de substitution de chaque discipline.
- Sélectionner le meilleur modèle de substitution selon des métriques de validation.
- Utiliser ces modèles de substitution pour un problème d'optimisation multidisciplinaire et interpréter les résultats.
- Utiliser ces modèles de substitution pour un problème d'analyse de sensibilité et interpréter les résultats.
- Utiliser ces modèles de substitution pour un problème d'optimisation multidisciplinaire sous incertitudes et interpréter les résultats. At the end of this module, the student will have understood and be able to explain (main concepts).

---

## Pré-requis nécessaires

Bases des probabilités et statistiques, bases d'apprentissage automatique.

Programmation Python.

Calcul différentiel, optimisation numérique, bases de l'analyse fonctionnelle et des modèles de mécaniques, modèles classiques d'EDP (formes faibles et schémas EF sont un plus).

---

## 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 Scientifique Haute performance



ECTS

3 crédits



Volume horaire

## Présentation

### Description

- \* méthode d'arnoldi pour construire les espaces de Krylov, solveur gmres,
- \* solveur de lanzcos, lien avec le gradient conjugué
- \* déflation et extraction d'informations spectrales (deflated CG, vecteurs de Ritz), séquence de systèmes linéaires, techniques pour le calcul des valeurs/vecteurs propres
- \* méthodes de décomposition de domaine (de Schwarz, de P.-L. Lions), étude théorique 1D et 2D, application au calcul parallèle
- \* méthodes multigrille géométrique, propriété de lissage, schéma V et FMG
- \* équivalence entre matrice creuse et graphe. Concept de remplissage et dépendances entre inconnus d'un problème creux (arbre d'élimination). Permutations de matrices permettant de réduire le remplissage. Complexité opératoire. Exploitation du parallélisme dans la factorisation de matrices creuses,
- \* architecture des supercalculateurs modernes (processeurs multi-coeurs, multiprocesseurs ou noeuds SMP et NUMA, accélérateurs GPU, réseaux d'interconnexion). Classification de Flynn. Hiérarchie des mémoires caches. Principes de localité spatiale et temporelle. Programmation parallèle en OpenMP: régions parallèles, directives de synchronisation, boucles parallèles, situations de compétition et tâches. Programmation parallèle en MPI: communications point à point et collectives, opérations de réduction et éventuellement optimisations. Analyse des performances: loi d'Amdahl, scalabilité forte et faible,

modèle roof-line et calcul du chemin critique.

### Objectifs

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

- \* le principe des méthodes de Krylov, leur utilisation pour résoudre des systèmes linéaires ou calculer des valeurs et vecteurs propres,
- \* la notion de préconditionnement, la construction et l'utilisation des préconditionneurs,
- \* théorie et concepts de base des méthodes directes pour systèmes linéaires creux. Complexité opératoire et parallélisme des méthodes directes,
- \* les notions de base de l'architecture des calculateurs parallèles, les modèles de programmation pour systèmes à mémoire partagée (OpenMP) et distribuée (MPI) et les concepts et méthodes de base pour analyser les performances d'un algorithme ou code parallèle (loi d'Amdahl, hiérarchie de la mémoire cache, principes de localité spatiale et temporelle, modèle roofline, calcul du chemin critique et scalabilité forte et faible).

L'étudiant devra être capable de :

- \* d'évaluer les coût (flops/mémoire) des différentes méthodes présentées,
- \* d'analyser l'influence des préconditionneurs,
- \* d'utiliser des langages haut-niveau pour la discrétisation d'équations aux dérivées partielles,
- \* de coder les solveurs, de paralléliser des codes simples suivant le standard le plus adéquat ainsi que de

les exécuter sur les ressources appropriées,

\* d'analyser l'efficacité d'une méthode vis à vis de la complexité opératoire, du temps de calcul et de l'empreinte mémoire utilisée dans une perspective de calcul haute performance.

---

## Pré-requis nécessaires

\* cours d'Algèbre Linéaire ou de Calcul Scientifique, notamment les méthodes de factorisation LU ou Cholesky

\* Notions de base de l'architecture des calculateurs et des langages de programmation impératifs

---

## 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

# Apprentissage sous contraintes physiques



ECTS  
3 crédits



Volume horaire  
59h

## Présentation

### Description

Programme (contenu détaillé) :

- Méthodes de résolutions d'EDP à base de ML : approche data based, approche basée sur une discrétisation en grande dimension, principale structures de réseaux de Neurones, techniques de stabilisation en temps, augmentation de données, échantillonnage de la physique, méthodes basées sur la conservation de l'énergie totale
- Ré-écriture des méthodes pour l'assimilation de données en termes d'algorithmes de réseau récurrents à mémoire. Méthodes bayésiennes-variationnelles (BV) basées sur les divergences de KL, de Jordan, de Wassertein.
- Amélioration (précision, vitesse) de techniques de discrétisation usuelles par ML et réduction d'espace par espaces latents variationnels.

### Objectifs

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

- Principales approches pour résoudre des problèmes non stationnaires (EDP et assimilation de données) par

techniques de machine learning (discrétisation adaptées)

- Nécessité de la prise en compte de contraintes physiques dans les méthodes usuelles de ML (création d'observables), impact de architectures de réseaux
- Prise en compte algorithmique de la grande taille (utilisation d'espace latent, efficacité des calculs sur architecture dédiées, effet de la non linéarité)
- L'apport éventuel du ML dans les méthodes de résolution des EDP

L'étudiant devra être capable de :

- Résoudre des EDP modèle et de quantifier la précision des résultats.
- Analyser les performances, faire des implantations efficaces pour résoudre ces problèmes
- Mettre en place un système d'Assimilation de Données basé sur du ML, en partant d'une modélisation d'un système sous forme d'équation différentielle et d'un système d'observation
- Critiquer les hypothèses et les résultats, synthétiser les conclusions essentielles.

### Pré-requis nécessaires

Algèbre linéaire numérique pour la grande taille, estimation statistique, optimisation différentiable non-convexe, résolution numérique des EDP, assimilation de données, réseaux de neurones profonds

## 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

## Systèmes de confiance

**ECTS**

3 crédits

**Volume horaire**

## Présentation

### Description

- Génie du Logiciel et des Systèmes
  - o Processus, Méthodes et Outils
  - o Méthodes Agiles
  - o Vérification et Validation
  - o Certification et Qualification
  - o Sûreté de fonctionnement
  - o Développement Dirigé par les Tests
  - o Développement Dirigé par les Modèles
- Modélisation, Résolution, Preuve
  - o Logique des propositions et des prédicats
  - o Termes et Induction structurale
  - o Logique de Hoare
  - o Preuves de programme
  - o Logique modale
  - o Logique floue et probabiliste
  - o Programmation Logique Contrainte
  - o Résolution SAT/SMT

### Objectifs

Les logiciels jouent un rôle essentiel dans la plupart des secteurs de l'économie, dont les systèmes critiques (transports, santé, économie) dans lesquels les défaillances peuvent avoir un impact sur la vie humaine directement ou indirectement.

Cette UE comporte deux matières qui contribuent à améliorer la qualité des logiciels et la confiance que l'on peut leur accorder.

- Génie du Logiciel et des Systèmes introduit les éléments fondamentaux qui permettent de construire des systèmes à logiciel prépondérant de confiance. Nous donnerons une part importante à l'ingénierie dirigée par les modèles qui s'appuie sur l'analyse de la structure des informations métiers et la construction d'outils dédiés à chaque métier exploitant des logiciels.

- Modélisation, Résolution et Preuve introduit les éléments de mathématique discrète qui permettent de modéliser rigoureusement les exigences des systèmes logiciels et d'apporter des preuves formelles de correction de leur comportement. Ces éléments sont également à la base de l'intelligence artificielle symbolique essentielle à la représentation des connaissances, à la structuration de l'information, et à l'explication des décisions prises par des systèmes. Nous montrerons également comment ces outils peuvent être exploités pour l'optimisation discrète.

Cette UE aborde à la fois les formalismes et méthodes théoriques et leur mise en pratique dans des outils représentatifs.

### Pré-requis nécessaires

Utilisation des outils informatique  
Programmation  
Algèbre générale élémentaire

---

## 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



# Technologies pour l'Intelligence Artificielle (IAF)



ECTS

3 crédits



Volume horaire

## Présentation

### 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
- 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.

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

- Apprentissage automatique
- Écriture 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.

### Pré-requis nécessaires

Apprentissage Machine, Apprentissage Profond  
Langage Python

### 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

## Formation en entreprise 4



ECTS  
15 crédits



Volume horaire

## Présentation

---

### Description

Identique à fiche "Formation en entreprise 1"

### 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