

## FORMATION PAR APPRENTISSAGE 5e ANNEE ModIA

### 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

# 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'EDO et EDP).

- 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'EDO et EDP).

- 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 structurelle
  - 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