

## FORMATION PAR APPRENTISSAGE : MODIA

Version du 12/06/2023

Année universitaire : 2023-2024

|   |    |
|---|----|
| Formation par apprentissage : ModIA.....                                      | 1  |
| Schéma de la formation, volumes horaires, crédits ECTS et International ..... | 2  |
| Volumes horaires, Crédits ECTS et Modalités d'évaluations .....               | 3  |
| Mobilité à l'internationale, Niveau d'anglais et Implication citoyenne .....  | 3  |
| Séjour à l'étranger .....   | 3  |
| Niveau d'anglais.....   | 3  |
| Implication citoyenne .....   | 3  |
| Semestre 7 .....  | 3  |
| Semestre 8 .....  | 3  |
| Semestre 9 .....  | 4  |
| Semestre 10.....  | 4  |
| Semestre 11.....  | 4  |
| Calendrier d'alternance .....   | 4  |
| Syllabus des enseignements .....  | 5  |
| 4ème année .....  | 5  |
| Semestre 7 .....  | 5  |
| Modélisation & Calcul Scientifique .....                                      | 5  |
| Éléments de modélisation statistique .....                                    | 5  |
| Optimisation et optimisation stochastique .....                               | 6  |
| Analyse de données.....   | 6  |
| Sciences Humaines et Sociales .....   | 6  |
| Semestre 8.....   | 7  |
| Traitement du Signal.....   | 7  |
| Infrastructure pour le cloud et le big data.....                              | 7  |
| Programmation fonctionnelle & théorie des graphes .....                       | 7  |
| Machine Learning .....  | 7  |
| Sciences Humaines et Sociales .....   | 8  |
| 5ème année .....  | 9  |
| Semestre 9 .....  | 9  |
| Statistique en grande dimension et Apprentissage profond .....                | 9  |
| Modélisation par Éléments Finis.....  | 9  |
| Métamodélisation et Assimilation de données I .....                           | 10 |
| Processus de Poisson et applications .....                                    | 10 |
| Sciences Humaines et Sociales .....   | 10 |
| Semestre 10.....  | 11 |
| Métamodélisation et Assimilation de données II .....                          | 11 |
| Calcul scientifique haute performance.....                                    | 11 |
| Apprentissage sous contraintes physiques.....                                 | 12 |
| Systèmes de confiance .....   | 12 |
| Technologies pour l'Intelligence Artificielle.....                            | 12 |

SCHEMA DE LA FORMATION, VOLUMES HORAIRES, CREDITS ECTS ET INTERNATIONAL

Schéma du cursus du Double Diplôme ModIA

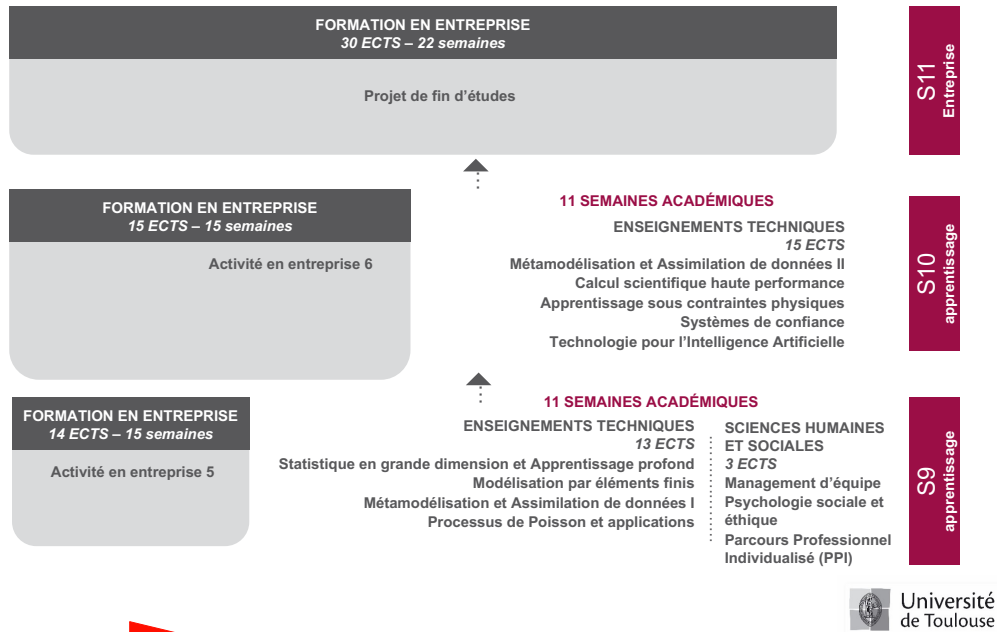
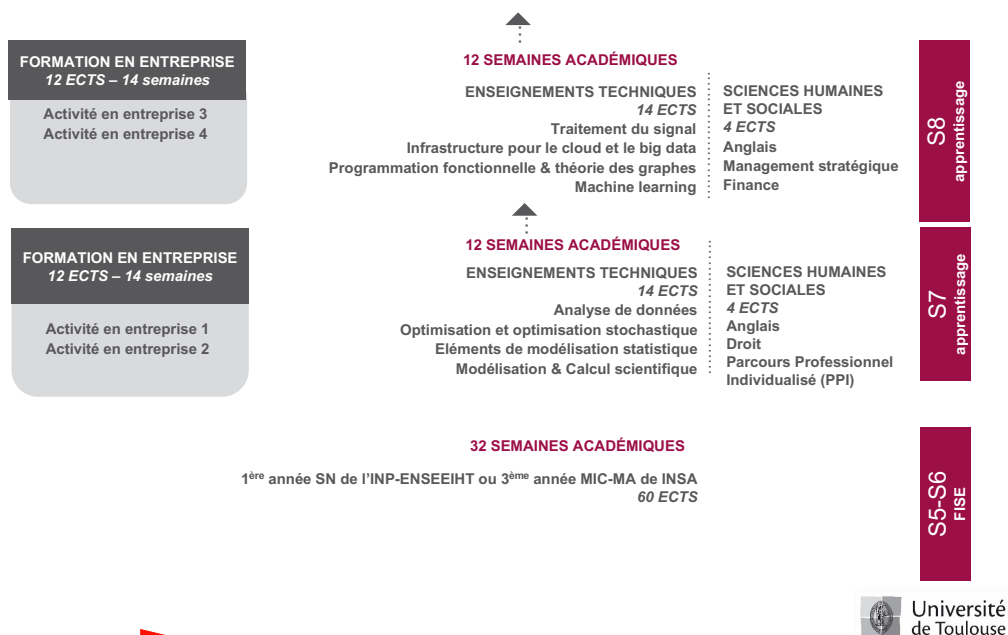


Schéma du cursus du Double Diplôme ModIA



## VOLUMES HORAIRES, CREDITS ECTS ET MODALITES D'ÉVALUATIONS

La formation s'étale sur 5 semestres à partir du début de 4<sup>ème</sup> année post-bac : année 4, année 5 et premier semestre de la 6<sup>ème</sup> année.

Le volume total d'heures de formation en école est de : 1230 h pour 66 crédits ECTS selon le découpage ci-dessous. Le reste de la formation est entièrement réalisé en entreprise.

Les évaluations sont effectuées selon une ou plusieurs modalités suivantes : Examen écrit, bureau d'études, compte-rendu de TP et projet (avec éventuelle soutenance).

## MOBILITE A L'INTERNATIONALE, NIVEAU D'ANGLAIS ET IMPLICATION CITOYENNE

Pour obtenir les diplômes des deux écoles, les trois critères suivants doivent être validés.

### SEJOUR A L'ETRANGER

A l'exception des étudiants étrangers, une mobilité à l'international d'au minimum 9 semaines est exigée. Toute mobilité antérieure à l'international, n'ayant pas déjà été prise en compte par un diplôme précédent, est acceptée dans ModIA. Cette mobilité peut être effectuée en une ou plusieurs périodes.

Il est fortement conseillé de réaliser ce ou ces séjours dans le cadre de mission(s) à l'international dans une filiale, chez un sous-traitant, chez un partenaire industriel, ou dans un laboratoire de recherche. Les apprentis qui ne pourraient pas disposer d'une telle opportunité pourront effectuer leur mobilité à l'international en suivant un semestre académique dans une université étrangère, par exemple au cours du semestre S9, sous réserve de compatibilité avec le cursus ModIA.

### NIVEAU D'ANGLAIS

Un score minimum de 165 au Cambridge Linguaskill est nécessaire.

### IMPLICATION CITOYENNE

L'UF implication citoyenne (appelée également engagement civique pour les étudiants de l'ENSEEIH) doit être validée pendant les années de la formation ModIA ou en amont pendant les années post-bac.

## SEMESTRE 7

- ✓ Enseignements à l'INSA (12 semaines, 330 h, 18 ECTS)
  - Modélisation & Calcul scientifique (72 h, 4 ECTS)
  - Éléments de modélisation statistique (72 h, 3 ECTS)
  - Optimisation et Optimisation stochastique (82 h, 4 ECTS)
  - Analyse des données (62 h, 3 ECTS)
  - SHS (42 heures, 4 ECTS)
- ✓ Activités en Entreprise (14 semaines, 12 ECTS)

## SEMESTRE 8

- ✓ Enseignements à l'ENSEEIH (12 semaines, 330 h, 18 ECTS)
  - Traitement du Signal (62 h, 3 ECTS)
  - Infrastructure pour le cloud et le big data (62 h, 3 ECTS)
  - Programmation fonctionnelle & Théorie des Graphes (82 h, 4 ECTS)
  - Machine Learning (82 h, 4 ECTS)
  - SHS (42 heures, 4 ECTS)
- ✓ Activités en Entreprise (14 semaines, 12 ECTS)

## SEMESTRE 9

- ✓ Enseignements à l'INSA (11 semaines, 300 h, 16 ECTS)
  - Statistique en grande dimension et Apprentissage profond (60 h, 3 ECTS)
  - Modélisation par éléments finis (66h, 3 ECTS)
  - Métamodélisation et assimilation de données I (66 h, 3 ECTS)
  - Processus de Poisson et applications (66 h, 4 ECTS)
  - SHS (42 heures, 3 ECTS)
- ✓ Activités en Entreprise (15 semaines, 14 ECTS)

## SEMESTRE 10

- ✓ Enseignements à l'ENSEEIH (11 semaines, 270 h, 15 ECTS)
  - Métamodélisation et assimilation de données II (66 h, 3 ECTS)
  - Calcul scientifique haute performance (60 h, 3 ECTS)
  - Apprentissage sous contraintes physiques (60 h, 3 ECTS)
  - Systèmes de confiance (60 h, 3 ECTS)
  - Technologies pour l'intelligence artificielle (24h, 3 ECTS)
- ✓ Activités en Entreprise (15 semaines, 15 ECTS)
  - Activités (15 ECTS)

## SEMESTRE 11

- ✓ PFE en Entreprise (22 semaines, 30 ECTS)
- ✓ Soutenance en école (1 semaine)

## CALENDRIER D'ALTERNANCE

|            |  | Semestre 1 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |
|------------|--|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|--|
|            |  | S36        | S37 | S38 | S39 | S40 | S41 | S42 | S43 | S44 | S45 | S46 | S47 | S48 | S49 | S50 | S51 | S52 | S01 | S02 | S03 | S04 | S05 |     |  |  |  |
| 1ère Année |  |            |     | 4   |     |     |     | 5   |     |     |     | 4   |     |     |     |     | 5   |     |     |     |     | 4   |     |     |  |  |  |
| 2ème Année |  |            |     |     | 6   |     |     |     |     | 4   |     |     |     | 5   |     |     |     |     |     |     | 7   |     |     |     |  |  |  |
|            |  | Semestre 2 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |
|            |  | S06        | S07 | S08 | S09 | S10 | S11 | S12 | S13 | S14 | S15 | S16 | S17 | S18 | S19 | S20 | S21 | S22 | S23 | S24 | S25 | S26 |     |     |  |  |  |
| 1ère Année |  |            |     | 4   |     |     |     | 5   |     |     |     |     | 5   |     |     |     |     |     |     |     | 7   |     |     |     |  |  |  |
| 2ème Année |  |            |     | 3   |     |     |     | 6   |     |     |     |     |     | 7   |     |     |     |     |     |     | 5   |     |     |     |  |  |  |
|            |  | Eté        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |
|            |  | S27        | S28 | S29 | S30 | S31 | S32 | S33 | S34 | S35 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |
| 1ère Année |  |            |     |     |     | 9   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |
| 2ème Année |  |            |     |     |     | 9   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |
|            |  | Semestre 1 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |
|            |  | S36        | S37 | S38 | S39 | S40 | S41 | S42 | S43 | S44 | S45 | S46 | S47 | S48 | S49 | S50 | S51 | S52 | S01 | S02 | S03 | S04 | S05 | S06 |  |  |  |
| 3ème Année |  |            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 22  |  |  |  |

### Légende

|  |                        |
|--|------------------------|
|  | Présence à l'école     |
|  | Présence en entreprise |

### Remarque

Les années à 53 semaines, la semaine supplémentaire est passée en entreprise

## SYLLABUS DES ENSEIGNEMENTS

### 4EME ANNEE

#### SEMESTRE 7

#### MODELISATION & CALCUL SCIENTIFIQUE

##### Rappels de calcul différentiel :

- ✓ Développement limité d'une fonction de plusieurs variables, gradient, matrice jacobienne, matrice hessienne, opérateur Laplacien...
- ✓ Dérivation des fonctions composées
- ✓ Formule de Green-Ostrogradsky, intégration par partie pour les fonctions de plusieurs variables

##### Équations différentielles (EDO)

- ✓ Exemples de problèmes de physique, biologie, économie, modélisés par des EDO ou des systèmes d'EDO
- ✓ Notions théoriques essentielles sur les EDO : existence et unicité locale et globale, stabilité
- ✓ Méthodes numériques pour les EDO : méthodes de Runge-Kutta, méthodes multipas, cas des systèmes raides

##### Équations aux dérivées partielles (EDP)

- ✓ Exemples de problèmes de physique, biologie, ou encore économie, modélisés par des EDP ou des systèmes d'EDP (linéaires et non-linéaires)
- ✓ Classification et notions théoriques essentielles sur quelques EDP modèles : existence, unicité, estimation d'énergie, principe du maximum, conditions aux limites, calcul de solutions exactes
- ✓ Introduction aux méthodes de Différences Finies et Volumes Finis sur quelques problèmes modèles. Applications à travers des TP
- ✓ Méthode de décomposition modale

##### Projet sur la résolution numérique d'un modèle couplé

#### ÉLÉMENTS DE MODELISATION STATISTIQUE

**Tests non paramétriques :** fonction de répartition empirique, test de Kolmogorov d'adéquation, tests de comparaison de deux échantillons (Kolmogorov-Smirnov et test de Wilcoxon), tests de normalité (Kolmogorov et Shapiro-Wilk)

**Tests d'ajustement et d'indépendance :** test du khi-deux d'ajustement, d'adéquation à une famille de loi, d'indépendance et d'homogénéité

**Modèle linéaire :** estimation des paramètres (modèle régulier et singulier sous contraintes d'identifiabilité), intervalle de confiance pour les paramètres, intervalle de confiance pour la réponse moyenne, intervalle de prédiction, test de Fisher de sous-modèle, sélection de variables et pénalisation (ridge, LASSO). Régression linéaire, ANOVA à un et deux facteurs, ANCOVA.

**Modèle linéaire généralisé :** inférence statistique, sélection de variables, Régression logistique, modèle loglinéaire.

**Les TP et le projet seront effectués avec le logiciel R.**

## OPTIMISATION ET OPTIMISATION STOCHASTIQUE

---

### L'optimisation non-convexe et différentiable

- ✓ Globalisation des méthodes (Wolfe, Trust-Region)
- ✓ Équations du premier ordre : Théorie de KKT
- ✓ Méthodes d'ordre 2 : L-BFGS
- ✓ Méthodes de gradient projeté

### Optimisation stochastique

- ✓ Optimisation par Batch / Epoch
- ✓ Momentum

### Optimisation convexe non-lisse

- ✓ Théorie du sous-gradient, transformée Legendre
- ✓ Algorithmes proximaux (Splitting et Acceleration)

## ANALYSE DE DONNEES

---

### Méthodes factorielles

- ✓ Analyse en composantes principales.
- ✓ Analyse linéaire discriminante. Lien avec l'approche probabiliste. Analyse quadratique discriminante.
- ✓ Positionnement multi-dimensionnel
- ✓ Analyse des correspondances

### Clustering

- ✓ k-means
- ✓ Classification hiérarchique ascendante
- ✓ Mélange gaussien et algorithme EM

## SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES

---

### Anglais

- ✓ Compréhension écrite et expression orale à partir de publications scientifiques (vocabulaire spécifique, maîtrise des caractéristiques linguistiques et stylistiques de l'anglais scientifique).
- ✓ Définir les parties d'un résumé et écrire un résumé selon les conventions en vigueur.
- ✓ Concevoir un poster scientifique pour présenter des travaux scientifiques.
- ✓ Comprendre et discuter les enjeux éthiques liés à son domaine.

### Droit

- ✓ Les principes et les règles du droit dans des situations simples.
- ✓ Introduction au cours de finance quant aux fonctionnements d'une entreprise.
- ✓ Prise en compte des paramètres juridiques dans les fonctions d'ingénieur.

### Parcours Professionnel Individualisé (PPI)

- ✓ Valider son projet professionnel, construire une stratégie et s'entraîner pour trouver un emploi.

---

## SEMESTRE 8

---

### TRAITEMENT DU SIGNAL

#### Analyse Hilbertienne

- ✓ Espaces de Hilbert, Exemples d'espaces de Hilbert :  $L^2$ ,  $L^2$  à poids
- ✓ Approximation : bases hilbertiennes, polynômes orthogonaux
- ✓ Projection sur un convexe, Convergence faible.
- ✓ Analyse de Fourier et aspects algorithmique (FFT, Fourier à fenêtre, échantillonnage) : application au traitement du son, traitement des images.

#### Ondelettes

- ✓ Ondelettes de Haar/Analyse MultiRésolution
- ✓ Autres types d'ondelettes (1d, 2d) : application au traitement du son et des images
- ✓ Transformée en ondelettes, lien coefficient/régularité

---

### INFRASTRUCTURE POUR LE CLOUD ET LE BIG DATA

**Partie cloud** : C1) introduction au cloud ; TP1) utilisation de AWS/EC2 ; C2) virtualisation (KVM) ; TP2) KVM/Xen ; C3) conteneurs (Docker et outils) ; TP3) Docker ; C4) administration de cluster virtualisé (OpenStack, Kubernetes) ; TP4) Kubernetes ; C5) Services du cloud (AWS/Azure) ; TP5) AWS/scaling

**Partie big data** : C1) introduction au big data + Hadoop ; C2) Hadoop ; TP1) Hadoop ; C3) Spark ; TP2) Spark ; C4) Spark-streaming + Storm ; TP3) Spark-streaming ; TP4) passage à l'échelle ; TP5) passage à l'échelle + SparkML

---

### PROGRAMMATION FONCTIONNELLE & THEORIE DES GRAPHS

#### Programmation fonctionnelle

- ✓ Fonction et composition de fonctions
- ✓ Types inductifs
- ✓ Filtrage
- ✓ Ordre supérieur
- ✓ Itérateur

#### Théorie des graphes

- ✓ Définitions et Concepts élémentaires
- ✓ Connexité
- ✓ Graphes Eulériens et Hamiltoniens
- ✓ Planarité et Coloration
- ✓ Structures de données
- ✓ Algorithmes de parcours

---

### MACHINE LEARNING

**Généralités de l'apprentissage statistique** : compromis biais-variance, validation (externe, k-fold, courbes ROC), corrélation / causalité, risque de sur-apprentissage...

**Arbres de régression et de décision (CART).**

**Bagging. Forêts aléatoires.**

**Méthodes à noyaux** : SVM, ACP spectral, etc...

**Boosting.** Xgboost

**Réseaux de neurones** (introduction)

**Apprentissage par renforcement**

**Biais dans les algorithmes et éthique des données**

## SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES

---

### Anglais

Développer son éloquence et ses compétences en communication écrite, orale, en interaction et médiation :

- ✓ Rédiger un *reaction paper* (commentaire argumenté), selon les conventions en vigueur, sur un sujet d'actualité
- ✓ Organiser et participer à des *debates* (joutes oratoires), selon les conventions en vigueur, sur des sujets d'actualité

### Management Stratégique

Compréhension des enjeux managériaux et développement de la capacité de prise de décision du point de vue des managers

- ✓ Analyse des théories managériales ; Porter 5 force analysis, PESTEL analysis, Value Chain analysis, Hofstede cultural dimension, product lifecycle analysis, Kraljic analysis, etc.
- ✓ Recherche indépendante, rédaction de 'micro-thèses' et proposition de solutions, restitution sous forme de présentations en groupe.

### Finance

Jeu sérieux « Challenge » : un jeu ludique de mise en situation sous forme de challenges.

- ✓ Niveau avancé axé sur la finance dans le cadre de de l'entrepreneuriat, du développement durable et de l'analyse du cycle de vie.
- ✓ Identification du rôle de la finance dans les entreprises et dans la prise de décision.
- ✓ Prise en compte des paramètres financiers dans les entreprises.
- ✓ Analyse et identification du concept de l'actualisation.



---

## 5EME ANNEE

---

### SEMESTRE 9

---

#### STATISTIQUE EN GRANDE DIMENSION ET APPRENTISSAGE PROFOND

**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.

---

#### MODELISATION PAR ÉLÉMENTS FINIS

##### Analyse mathématique et principes de la méthode EF

- ✓ 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

##### Compléments EF & Réduction de modèles

- ✓ Modélisation par EF avec FEniCS (Python): phénomènes de convection - diffusion non linéaire.
- ✓ Compléments méthode EF : termes non linéaires (linéarisés, calcul différentiel), terme de transport - stabilisation.
- ✓ Modèles réduits & stratégie offline – online (méthodes à bases de POD). TP Python-FEniCS.

##### Couplages de modèles et de codes de calcul

- ✓ 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.

## METAMODELISATION ET ASSIMILATION DE DONNEES I

---

### 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, derivation des principaux filtre/lisseurs stochastiques (EnKF) et déterministes (ETKF). Hyperparamètres (inflation, localisation).

## PROCESSUS DE POISSON ET APPLICATIONS

---

**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) :

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

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

### Communiquer la science en anglais

Cours de préparation pour la soutenance en anglais et l'écriture du rapport en anglais, incluant :

- 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.
- Analyse des publications scientifiques dans leur domaine de recherche.
- Feedback des enseignants sur les versions préliminaires du rapport.

## SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES

---

### Management d'équipe

- ✓ Repérer et comprendre des informations liées aux ressources humaines 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

### Psychologie sociale et éthique

- ✓ 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

### Parcours Professionnel Individualisé (PPI)

- ✓ Valider son projet professionnel, construire une stratégie et s'entraîner pour trouver un emploi

---

## SEMESTRE 10

### METAMODELISATION ET ASSIMILATION DE DONNEES II

---

#### Assimilation de données : approche variationnelle

- ✓ **Introduction.** Problèmes inverses mal posés, régularisation, moindres carrés non linéaires. Modèles d'EDP à coefficients incertains : exemples.
- ✓ **Assimilation variationnelle de données, contrôle optimal.** Contrôle optimal d'une EDO puis d'une d'EDP, modèle linéaire tangent, système d'optimalité, calcul de gradient par méthode adjointe. Calcul d'exemples. Algorithmiques (3D/4D-Var). Validation de codes adjoints. Stratégies de diagnostics.
- ✓ Equivalence au BLUE et MAP. Introduction de matrices de covariance.

TP Python – FEniCS : problème inverse en hydrologie spatiale.

#### Métamodélisation : approches multifidélité

- ✓ Introduction de la notion de fidélité
- ✓ Réduction de la variance d'un estimateur Monte Carlo par variables de contrôle
- ✓ Méthodes de Monte Carlo multi-fidèles (MFMC)
- ✓ Méthodes de Monte Carlo multi-niveaux (MLMC)
- ✓ Application à la propagation d'incertitudes dans des simulateurs numériques onéreux

#### Métamodélisation : étude de cas

### CALCUL SCIENTIFIQUE HAUTE PERFORMANCE

---

- ✓ Méthode d'arnoldi pour construire les espaces de Krylov, solveur gmres,
- ✓ Solveur de lanzcos, lien avec le gradient conjugué
- ✓ 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
- ✓ Equivalence 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 a point et collectives, opérations de réduction et éventuellement optimisations. Analyse des performances : loi d'Amdahl, scalabilité forte et faible, modèle roofline et calcul du chemin critique.

## APPRENTISSAGE SOUS CONTRAINTES PHYSIQUES

---

- ✓ Méthodes de résolutions d'EDP à base de ML : approche data based, approche basée sur une discrétisation en grande dimension, principales 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.
- ✓ Représentation invariante par translation et rotation pour des données physiques, avec l'application aux problèmes de classification et régression.

## SYSTEMES DE CONFIANCE

---

### Génie du Logiciel et des Systèmes

- ✓ Processus, Méthodes et Outils
- ✓ Méthodes Agiles
- ✓ Vérification et Validation
- ✓ Certification et Qualification
- ✓ Sûreté de fonctionnement
- ✓ Développement Dirigé par les Tests
- ✓ Développement Dirigé par les Modèles

### Modélisation, Résolution, Preuve

- ✓ Logique des propositions et des prédicats
- ✓ Termes et Induction structurelle
- ✓ Logique de Hoare
- ✓ Preuves de programme
- ✓ Logique modale
- ✓ Logique floue et probabiliste
- ✓ Programmation Logique Contrainte
- ✓ Résolution SAT/SMT

## TECHNOLOGIES POUR L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

---

**Labellisation des données :** Présentation des plateformes de crowdsourcing et de leurs limites (notamment éthiques), Aggrégation d'annotations (input/output agreement, Find Fix Verify, évaluation conjointe des annotateurs par Expectation-Maximization), autres méthodes d'annotation, techniques d'annotation semi-automatique, apprentissage actif.

**Introduction au cloud computing avec Google Cloud :** Présentation de l'outil google cloud (Compute Engine, IA instances, facturation, etc..) Ecriture de script python exécutable via un terminal (pas de notebook), envoi des codes et des données, exécution des codes, récupération des résultats. OPTIONNEL: Initialiser une instance à l'aide d'une image docker pour une meilleure reproductibilité des résultats.

**Traitement naturel du langage :** nettoyage de texte (racinisation, tokenisation). Vectorisation (one-hot encoder, tf-idf) Words Embedding (Word2vec, glove). Classification de texte. Génération de texte (RNN). OPTIONNEL : Traduction, élaboration d'un chatbot etc..

**Apprentissage par renforcement :** Introduction aux différentes familles d'algorithmes. Les algorithmes policy-based (Policy gradient) et les algorithmes Value-based (Q-Learning, DQN). Parcours des différentes techniques utilisées pour leur application en cas réel. OPTIONNEL : Actor-critic

**Système de recommandation :** filtre utilisateur/utilisateur ou produit/produit. Méthodes basées sur les facteurs agents (NMF, SVD, SoftImpute). Système de recommandation profond.