SEMESTRE 10_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

Informations non contractuelles

Métamodélisation et assimilation de données 2

ECTS
3 crédits

Volume horaire

Présentation

Description

Programme (contenu détaillé) :
Partie 1. Assimilation de donneés : 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 multifidelíte´
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. Meťamodelísation : eťude de cas
CM : 0 h, TD : 0 h TP : 14 h

- Etant donnés 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 multifidelíte´
- 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. Meťamodelísation : eťude de cas
- Connaitre, construire et valider des modèles de substitution de modèles numériques coûteux.
- Connaitre, 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 multifidelíte´
- 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. Meťamodelísation : eťude de cas
- Connaitre, construire et valider des modèles de substitution de modèles numériques coûteux.
- Connaitre, 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 donnés 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 donnés 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 nécéssaires

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 modelés 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 nécéssaires

* 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 nécéssaires

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 nécéssaires

Utilisation des outils informatique
Programmation
Algèbre générale élémentaire

Informations non contractuelles

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 Articficielle (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 language
- Systèmes de recommendations
- Interpretabilité 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 nécéssaires

Apprentissage Machine, Apprentissage Profond
Langage Python

Évaluation

Informations non contractuelles

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

Informations non contractuelles