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

Informations non contractuelles

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