

## 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.

---

## 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...

## Infos pratiques

---

### Lieu(x)

 Toulouse