



Appel à candidature : thèse de doctorat EMSE

Utilisation conjointe de modèles réduits à base physique et de techniques d'apprentissage statistique pour la résolution de problèmes inverses en Sciences de l'Environnement

Mots clefs :

Méthodologie : Modélisation des équations d'advection/diffusion dans l'air et de production de biogaz dans un milieu poreux, (soit d'émission surfacique et de propagation dans l'atmosphère). Résolution de problèmes inverses par réduction de modèles - Méta modélisation à base physique (*grey box*) - quantification d'incertitudes - inférence Bayésienne

Application :

Sciences de l'environnement / mécanique des fluides – évaluation de risques environnementaux - optimisation de procédés industriels

Direction de thèse : Mireille Batton-Hubert (direction), Xavier Bay et Eric Touboul (codirection)

Equipe de recherche :

DEMO, Institut Henri Fayol Ecole des mines de Saint-Étienne, 158 cours Fauriel, 42023 Saint-Étienne

Dates : octobre 2015 -octobre 2018

1. Contexte scientifique et objectifs

Les sciences environnementales utilisent largement la modélisation numérique de phénomènes physiques comme le transport de polluants dans des écoulements de fluides (écoulements à surface libre, souterrains, dans l'atmosphère,...).

L'utilisation intensive ou répétitive de ces modèles à base de résolution numérique de systèmes d'EDP (dits *modèles complets*), induit des temps de calcul prohibitifs. C'est particulièrement le cas lorsqu'il s'agit d'optimisation de procédés ou d'identification de paramètres (problèmes inverses), ainsi que de calcul d'incertitudes (méthodes de Monte Carlo).

Il est alors substitué aux *modèles complets*, à travers des stratégies bien particulières, des modèles de remplacement plus rapides. Deux familles de méthodes existent pour construire ces modèles de remplacement

- La construction de surfaces de réponse à partir des seules sorties des *modèles complets* sur des plans d'expériences (apprentissage statistique): on parle alors d'utilisation en « boîte noire » des *modèles complets*. Cette technique présente l'avantage de gérer intrinsèquement les incertitudes, mais l'inconvénient, d'être assez éloignée de la réalité physique du problème
- La construction de *modèles réduits* à base physique, qui utilisent les équations (de conservation) des *modèles complets* (méthodes POD par exemple). Cette technique présente les avantages et inconvénients inverses.

Les objectifs de ce projet sont :

- de tenter d'améliorer sensiblement la fidélité et le potentiel des modèles de remplacement, en utilisant conjointement les deux techniques. On envisagera alors la possibilité d'utiliser au mieux d'autres informations issues de mesures à partir de techniques d'inférence bayésienne (techniques MCMC en particulier)
- d'utiliser ces modèles de remplacement dans des stratégies d'optimisation pour résoudre certains problèmes inverses, avec quantification des incertitudes

- d'appliquer ces méthodologies à la détermination d'émission de surface d'un site de production de biogaz à partir de capteurs (tel que des gaz GES comme le méthane ou autres composés), et de préconiser une disposition optimale des capteurs.

2. Descriptif de la thèse

Afin d'atteindre ces objectifs, les points suivants seront abordés (non exhaustif):

- Prendre en main un modèle numérique de convection-diffusion d'un gaz dans un fluide (l'atmosphère), ainsi qu'un modèle numérique de production d'émission d'un milieu poreux (du biogaz dans un massif de déchets). Ces modèles pourront être relativement simples dans un premier temps,
- Investiguer différentes méthodes de ROM (réduction de modèles) à base physique (POD ...) afin de disposer d'un modèle direct réduit opérationnel,
- Investiguer des méthodes d'apprentissage statistique comme la régression par processus gaussiens, ...,
- Développer une méthodologie permettant de combiner les deux approches permettant d'obtenir un modèle réduit à base physique, capable de gérer les incertitudes,
- Formuler le problème inverse et développer des stratégies (algorithmes) pour la résolution numérique du problème d'optimisation à l'aide de cette approche conjointe,
- Mettre en œuvre et tester sur un cas industriel réel (production de biogaz), dont l'objectif est, à partir de mesures faites sur des capteurs distants du lieu d'enfouissement, et de calculer le flux surfacique de pertes de méthane.

3. Profil du candidat

Titulaire d'un master de recherche (ou d'un diplôme d'ingénieur) en mathématiques appliquées, avec un bon bagage en résolution numériques d'EDP (mécanique des fluides), optimisation numérique, ainsi que des compétences en probabilités et statistiques. Le candidat devra être motivé par l'aspect applicatif et le développement informatique (numérique).

4. Financement et candidatures

Allocation de recherche du ministère de l'école des mines de Saint-Etienne.

L'attribution définitive de la thèse se fera par la décision par un jury qui jugera de la qualité du candidat et de l'adéquation de son profil au sujet proposé.

Les dossiers devront comporter :

- Un CV précisant : âge, parcours de formation et diplômes du candidat
- Une lettre de motivation
- Des relevés de notes du master ou du diplôme équivalent

Et sont à envoyer par courrier électronique à Mireille Batton-Hubert et Eric Touboul :

Mireille.BATTON-HUBERT@emse.fr et touboul@emse.fr

Avant le 21 avril 2015

Références

- David Ryckelynck et al, 2012, Journées de formation CSDL 9-11 Janvier 2012 : « Modèles de substitution et Méthodes de réduction d'ordre de modèles »
- Bertrand Ioos , 2009, Ecole chercheurs Mexico 2009 Construction et utilisation de métamodèles
- S.L.Cotter & all 2009, Approximation of Bayesian inverse problems for PDE – Siam – Vol 48 no1 pp 322-345 .
- Tan Bui-Thanh & al, 2012, Extreme-Scale UQ for Bayesian Inverse Problems Governed by PDEs - SC12, November 10-16, 2012, Salt Lake City, Utah, USA
- J.Wise, 2015, *Inverse modelling and optimisation in numerical groundwater flow models using proper orthogonal decomposition* , these de doctorat de l'École Nationale des Mines de Saint-Étienne, 135p.