



Sujet de Post-doctorat CEA

Quantification des incertitudes de simulation d'expériences laser POLAR

Centre d'accueil

CEA DAM Île de France situé à Bruyères-le-Châtel
CEA/DAM/DIF, F-91297, Arpajon, France

Contact

Jean GIORLA, jean.giorla@cea.fr
Claire CANNAMELA, claire.cannamela@cea.fr

Sujet de recherche

Contexte

Le centre CEA/DAM de Bruyères-le-Châtel a une compétence reconnue dans la simulation numérique de plasmas créés par un laser de puissance. Les codes de calcul, qui possèdent une physique très riche, sont recalés sur des expériences dédiées pour quantifier et accroître leur précision. Pour cela, on se place dans le cadre de l'inférence bayésienne « KOH » proposée par Kennedy et O'Hagan (Kennedy 2001, Williams 2006) qui consiste à calibrer les paramètres physiques mal connus du code et à quantifier l'incertitude résiduelle, modélisée par un processus gaussien. Le code de calcul est ainsi remplacé par un émulateur de type krigeage, qui exploite au mieux les prédictions (imparfaites) du code et les résultats (bruités) des expériences. Cet émulateur peut ensuite être utilisé à des fins de conception de nouvelles expériences ou d'analyse de sensibilité par exemple.

Cette méthode nécessite un nombre important d'appels au code de calcul pour construire les surfaces de réponse en fonction de tous les facteurs en entrée. Les simulations numériques sont très coûteuses, mais il est souvent possible d'obtenir des résultats légèrement moins précis à un coût moindre en dégradant la simulation (avec des maillages plus grossiers par exemple). Un thème de recherche très prometteur est d'utiliser ces différents niveaux de fidélité du code pour obtenir l'émulateur qui possède la plus faible variance de prédiction à budget total en temps de calcul donné. Plusieurs thèses portent sur le « krigeage multifidélité », dont une qui vient de s'achever au CEA/DAM/DIF (Le Gratiet 2013).

Descriptif du poste

Le poste a comme objectif de mettre au point une méthodologie de calibration bayésienne utilisant le krigeage multifidélité et de l'évaluer sur la simulation d'expériences effectuées dans le cadre du projet POLAR (Falize et al. 2012). Ces expériences, réalisées sur le laser du LULI à l'Ecole Polytechnique, ont pour but d'améliorer notre compréhension de certains types de chocs radiatifs intervenant à proximité des couples d'étoiles appelées polars (Warner et al. 1995).

La mission confiée consistera à :

- définir les plans d'expériences numériques aux différents niveaux de fidélité du code et réaliser les simulations numériques
- Utiliser ces données pour construire le krigeage multifidélité émulant le code
- Réaliser une étude de sensibilité globale pour réduire éventuellement le nombre de paramètres incertains
- Effectuer la calibration bayésienne de ces paramètres et la quantification de l'erreur de modèle dans le cadre du formalisme KOH
- Déterminer quelles sont les nouvelles expériences à réaliser pour maximiser l'information apportée et réduire au mieux les incertitudes de simulation.

L'analyse statistique à la base de cette méthode s'appuie sur des avancées récentes dans le domaine de l'inférence bayésienne, de la planification d'expérience et du krigeage multifidélité. Elle fera l'objet de publications et de contributions à des conférences internationales en se confrontant aux travaux de l'équipe d'astrophysique de laboratoire CRASH animée par Paul Drake (Holloway 2011, Bingham 2011-2012).

Connaissances requises

Cette étude demande des connaissances en probabilités/statistique et en programmation de type matlab ou R, mais pas de connaissance particulière en physique.

Bibliographie

Falize et al., High Energy Density Physics, 8, 1 (2012)

Warner B., Cataclysmic variable stars, Cambridge Astrophysics Series, (1995)

Kennedy, M. and O'Hagan, A., Bayesian calibration of computer models (with discussion), Journal of the Royal Statistical Society (Series B), 68:425-464, 2001.

Williams B et al, Combining experimental data and computer simulations, with an application to flyer plate experiments, Bayesian Analysis, 1:765-792, 2006.

Qian PZG and Wu CFJ, Bayesian hierarchical modeling for integrating low-accuracy and high-accuracy experiments, Technometrics 50:192-204, 2008.

Le Gratiet, Multi-fidelity Gaussian process regression for computer experiments, thèse de l'Université de Paris-Diderot, 2013.

Holloway JP, Bingham D, et al, Predictive modeling of a radiative shock system, RESS 96:1184-1193 (2011).

Bingham D, Reese CS, and Williams B, Panel discussion: Integrating data from multiple simulation models of different fidelity, Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference, 2011, IEEE.

Bingham D, Integrating data from multiple simulation models – Prediction and tuning, invited presentation at the SIAM conference on Uncertainty Quantification, Raleigh, USA, 2012.

Détails pratiques : Le poste est pour un an éventuellement renouvelable (selon le budget des années futures). La date de début souhaitée est le premier semestre 2014. Le poste est basé sur le centre CEA DAM Île de France situé à Bruyères-le-Châtel. Des lignes de bus CEA desservent le centre depuis Paris et la banlieue. Pour des raisons d'accessibilité sur le centre, il est nécessaire de posséder la nationalité française.