

## Proposition de stage année 2017

### *Inférence bayésienne pour la quantification inverse des incertitudes*

Le stage est proposé aux étudiants préparant un diplôme Bac + 5 (Écoles d'Ingénieurs ou Masters 2<sup>ème</sup> année) ayant suivis une formation en probabilités et statistiques. Il se déroulera au CEA Saclay dans le laboratoire de Génie Logiciel pour la Simulation (LGLS), au sein du Service de Thermohydraulique et de Mécanique des Fluides (STMF) de la Direction de l'Énergie Nucléaire (DEN). Le STMF développe des logiciels de simulation, mène des études et recherches en mécanique des fluides, en thermohydraulique et en modélisation probabiliste pour la prise en compte des incertitudes.

### **Sujet :**

Dans l'industrie nucléaire, la prise en compte des incertitudes affectant les quantités physiques d'intérêts prédites par les codes de calcul est à l'heure actuelle un objectif incontournable des études de sûreté. Pour ce faire, deux étapes successives doivent être effectuées. La première, appelée **vérification du code**, consiste à quantifier les imprécisions numériques induites par la résolution des équations mathématiques traduisant le phénomène physique d'intérêt. La seconde, appelée **validation du code**, doit s'assurer que ces équations mathématiques sont suffisamment représentatives du phénomène physique à prédire. Plutôt qu'une réponse binaire oui/non à la question « résout-on les bonnes équations ? », l'objectif de la validation, abordée du point de vue statistique, consiste à quantifier avec quelle précision la simulation prédit la quantité physique d'intérêt, en comparant les mesures physiques disponibles avec les réponses du code. Dans le code de thermohydraulique CATHARE, une source d'erreurs parmi les plus importantes à prendre en compte dans l'étape de validation, est celle de nature épistémique affectant les modèles physiques (aussi appelés corrélations) impliqués dans la simulation des accidents sur les réacteurs. Leurs incertitudes sont représentées de façon probabiliste par une distribution gaussienne estimée grâce à une méthodologie de type inversion probabiliste mise en œuvre au CEA et appelée CIRCÉ pour **Calcul des Incertitudes Relatives aux Corrélations Élémentaires**. Le stage propose de travailler sur le développement d'un nouveau modèle de quantification des incertitudes alternatif à CIRCE ainsi que sur les techniques d'estimation bayésienne associées.

### **Travail demandé :**

Après une étude bibliographique portant sur les techniques d'estimation bayésienne [1,4] destinées à la quantification inverse des incertitudes affectant les modèles physiques des codes de calcul [3], le stage sera consacré au développement et à l'estimation d'un nouveau modèle statistique récemment introduit dans la littérature [5]. Des exemples sur données simulées seront réalisés pour illustrer ses forces et faiblesses éventuelles par rapport au modèle utilisé dans CIRCÉ [2]. Si le temps le permet, une application à un modèle physique du code CATHARE sera aussi proposée.

### **Durée du stage :**

- 6 mois

### **Compétences requises :**

- mathématiques appliquées (probabilités et modélisation statistique, idéalement avec des bases de statistique bayésienne)
- programmation informatique (R et/ou Python)

### **Rémunération :**

- Le montant de la rémunération mensuelle est compris entre le minimum légal et 1300 Euros selon le diplôme préparé. Une prime de 10% au maximum peut être versée en fin de stage en fonction de son bon déroulement. Une partie des frais occasionnés directement par le stage (transport, logement) pourra être remboursée.

### **Références :**

1. Marin, J.M. Robert, C.P. Les bases de la statistique bayésienne.
2. Celeux G. Grimaud, A. Lefèbvre Y. De Rocquigny, E. Identifying intrinsic variability in multivariate systems through linearised inverse methods.
3. Damblin, G. Contributions statistiques au calage et à la validation des codes de calcul. [http://www.gdr-mascotnum.fr/media/these\\_damblin.pdf](http://www.gdr-mascotnum.fr/media/these_damblin.pdf). (2015)
4. Robert, C. Casella, G. Monte Carlo Statistical Methods. Springer-Verlag (2004)
5. Brown, D.A. Atamturktur, S. Nonparametric Functional Calibration of Computer Models (2016)

### **Contact :**

Guillaume Damblin, [guillaume.damblin@cea.fr](mailto:guillaume.damblin@cea.fr) (01.69.08.39.18)