

Inférence et quantification inverse des incertitudes dans les modèles physiques : identifiabilité et généralisation de la méthode CIRCE

L'ASNR est une autorité administrative indépendante française. Elle est le fruit de la fusion en janvier 2025, de l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN) et de l'Autorité de Sécurité Nucléaire (ASN). L'ASNR assure pour l'état le contrôle des activités et d'installations nucléaires en France, les missions de réglementation, d'expertise, de recherche et d'information du public.

BUREAUX/LABORATOIRES :

Bureau de Thermohydraulique Système et du Simulateur (BT2S)

SUJET DU STAGE :

La démonstration de sûreté nucléaire s'appuie notamment sur la modélisation numérique de transitoires accidentels permettant de vérifier le bon dimensionnement des systèmes de sauvegarde. Les modèles physiques utilisés sont nombreux et complexes, et sont notamment caractérisés à partir d'essais réalisés sur des installations expérimentales. Ces essais permettent d'étudier un nombre limité de phénomènes physiques, séparément ou simultanément.

Comparer les résultats expérimentaux aux simulations numériques permet d'inférer les incertitudes associées aux modèles physiques du code de calcul : c'est le problème de **quantification inverse des incertitudes**. En France, la méthode statistique CIRCE, développée par le CEA, constitue la méthode de référence pour cette problématique.

L'objectif principal du stage sera d'étudier le comportement de la méthode CIRCE lorsque les données expérimentales sont limitées ou complexes : nombre réduit d'essais, présence simultanée de plusieurs phénomènes physiques, corrélations entre paramètres, etc. Dans un premier temps, des **données simulées et contrôlées** seront utilisées afin de disposer d'une situation de référence dans laquelle les paramètres d'incertitude sont connus. Les performances de CIRCE pourront ainsi être évaluées quantitativement : biais et variabilité des estimations, identifiabilité des paramètres, etc.

Une attention particulière sera portée à la **généralisation et à l'identifiabilité des paramètres d'incertitude**. La séparation entre données d'apprentissage et de validation permettra d'étudier la capacité des paramètres estimés à caractériser de nouvelles situations.

Comme toute méthode d'inférence, CIRCE fournit des estimations elles-mêmes affectées d'une incertitude statistique. Le second volet du stage consistera donc à **quantifier l'incertitude sur les paramètres estimés**, notamment à l'aide d'intervalles de confiance ou, dans une perspective bayésienne, d'intervalles de crédibilité. Une approche bayésienne pourra être développée afin de quantifier conjointement l'incertitude sur les paramètres et d'étudier l'influence des choix a priori et de la quantité d'information expérimentale.

Enfin, selon l'avancement du stage, une application pourra être menée sur des **données expérimentales réelles**, associées à un modèle numérique mis à disposition par l'équipe d'accueil. Aucun développement de modèle physique ne sera a priori nécessaire dans cette phase.

Cette démarche progressive, depuis l'étude méthodologique sur données simulées jusqu'à une application sur données expérimentales, s'appuiera sur des présentations au sein de l'équipe.

COMPÉTENCES REQUISES :

Ce stage s'adresse en priorité à un étudiant de **Master 2 en statistique, mathématiques appliquées ou data science**, ou à un étudiant en physique intéressé par les méthodes statistiques et l'inférence. Des connaissances en inférence statistique, méthodes bayésiennes seront appréciées.

Le stage offre l'opportunité de travailler sur une problématique à l'interface entre **statistique, modélisation physique et sûreté nucléaire**, au sein d'une équipe pluridisciplinaire, en appui aux expertises menées par l'ASNR.

FORMATION SOUHAITÉE :

BAC+4 / BAC+5 - École d'ingénieur ou Master, avec spécialisation en statistique



31, Avenue de la Division
Leclerc, 92260 Fontenay-aux-
Roses

www.asnr.fr



MODALITÉS DU STAGE :

Lieu : Fontenay-aux-Roses

Début : Février-Mars 2027

Durée : 5 à 6 mois

CONTACT :

Nom :

Julien BEAUCOURT

Tél. : 01 58 35 82 11

Mail :

julien.beaucourt@asnr.fr