

Inversion probabiliste pour la caractérisation d'incertitudes de modèle d'un code de thermo-hydraulique nucléaire

Contexte

L'entreprise EDF exploite actuellement 57 réacteurs nucléaires en France dont le fonctionnement est soumis à diverses exigences de sûreté garantissant l'absence de risque pour la population et l'environnement y compris en cas de situation incidentelle ou accidentelle. La démonstration de sûreté s'appuie sur des outils de calcul scientifique permettant de simuler les phénomènes physiques à l'œuvre notamment lors de transitoires accidentels. Parmi ces outils, THYC-CŒUR est le logiciel de référence d'EDF pour la simulation 3D des écoulements monophasiques et diphasiques (eau-vapeur) dans le cœur. Il est utilisé notamment pour évaluer le risque d'occurrence de la crise d'ébullition, phénomène qui peut affecter l'intégrité de la gaine des crayons combustibles, première barrière de confinement de la radioactivité.

Les modèles physiques implémentés dans le code THYC-CŒUR font intervenir divers paramètres dont la valeur est le plus souvent déterminée expérimentalement. Ces paramètres sont toutefois rarement directement observables et leur valeur doit être évaluée indirectement à partir de mesures expérimentales accessibles.

Problématique

Dans le cadre de ce stage, on s'intéresse plus particulièrement à l'incertitude affectant ces paramètres physiques. En effet, la caractérisation et la quantification des incertitudes associées au modèle physique de THYC-CŒUR constituent des éléments essentiels de l'argumentaire de sûreté. Ils représentent cependant un problème difficile du fait du nombre important de paramètres dont l'incertitude est susceptible d'impacter la grandeur d'intérêt (la valeur calculée que l'on compare à la valeur mesurée, dont la prédiction a du sens par rapport à la prédiction des grandeurs industrielles finales d'intérêt, celles dont la valeur produite par le calcul permet de statuer, directement ou indirectement, sur le respect des critères de sûreté), d'une part, et de l'impossibilité d'observer directement les paramètres incertains, d'autre part.

La méthode CIRCE a été développée et mise en œuvre par le CEA pour l'identification des incertitudes associées à chaque modèle du code CATHARE (code « système » permettant la simulation des écoulements et transferts thermiques à l'échelle de la chaudière du réacteur dans son ensemble). Le but du stage est de réaliser une mise en œuvre contrôlée de cette méthode sur le code THYC-CŒUR afin d'éprouver l'applicabilité de CIRCE à une échelle « composant » et d'en identifier les limites dans ce contexte.

Objectifs et déroulement du stage

Le stage débutera par une prise en main du code THYC-CŒUR, d'une part, et des méthodes et outils de traitement d'incertitudes, d'autre part. Cette familiarisation avec le domaine de l'UQ (uncertainty quantification) passera également par la prise en main des outils logiciels d'EDF et du CEA (bibliothèques python) implémentant les méthodes développées dans ce domaine. Cette première phase devra aboutir à une mise en œuvre effective de CIRCE à partir de THYC-CŒUR et d'une première base de données expérimentales. Un bilan sera alors réalisé quant aux difficultés de mise en œuvre rencontrées et aux limitations de la méthode CIRCE pour l'identification des incertitudes associées aux modèles physiques du code THYC-CŒUR. Le stage pourra ensuite s'orienter vers l'exploration plus détaillée des extensions de CIRCE développées par le CEA au cours des dernières années ou la mise en œuvre de la méthode sur des cas expérimentaux plus complexes. Le stagiaire pourra bénéficier d'un appui du CEA au cours de son travail pour la prise en main et la mise en œuvre de la méthode CIRCE.

Compétences : Mathématiques appliquées/statistiques, Python

Cadre : Stage de fin d'étude Ingénieur ou équivalent Master II de 6 mois

Unité d'accueil : EDF R&D, Département Performance, risque industriel et surveillance pour la maintenance et l'exploitation
6 quai Watier - 78400 CHATOU | RER Ligne A - Station Rueil Malmaison

Responsables à contacter : Roman Sueur roman.sueur@edf.fr
Erwan Le Coupanec erwan.lecoupanec@edf.fr