

Analyses de sensibilité globales de modèles complexes, quelques applications dans le nucléaire

B. Iooss (CEA Cadarache)

De nombreux phénomènes physiques sont aujourd'hui représentés par des équations déterministes qui conduisent à l'obtention d'un modèle numérique. Ils sont alors utilisés à la fois dans un but de prédiction, mais aussi dans un but de simulation lorsque les expérimentations sont trop chères ou même impossibles. C'est typiquement le cas dans le monde de la recherche sur l'énergie nucléaire : les physiciens ont besoin de résultats de plus en plus précis, sur des expériences de plus en plus complexes et coûteuses, contrôlées par une réglementation de plus en plus stricte.

Cependant, différentes erreurs sont potentiellement introduites au cours de l'élaboration, de la construction ou de l'utilisation d'un modèle numérique, et notamment celles dues à la méconnaissance et à l'imprécision des données d'entrée (variables physiques et paramètres du modèle). Pour prendre en compte ce problème, les analyses d'incertitudes et de sensibilité sont des outils précieux. Elles permettent de déterminer si le modèle est bien fidèle au processus qu'il modélise, quelles sont les variables qui contribuent le plus à la variabilité de la réponse du modèle, quelles sont au contraire les variables les moins influentes et quelles variables interagissent avec quelles autres.

Au cours de cet exposé on illustrera les différentes méthodes d'analyse de sensibilité globale sur diverses applications issues de la Direction de l'Energie Nucléaire du CEA : simulations des combustibles nucléaires (irradiation dans des réacteurs et comportement après irradiation), calculs d'impact des radionucléides entre une installation et la biosphère, modèles de transport de contamination dans les sols, ... Le choix des méthodes utilisées est souvent dicté par la lourdeur (temps de calcul, maniabilité, ...) du code de calcul étudié, la complexité du phénomène simulé, le nombre de paramètres d'entrée incertains et le nombre de variables de sortie considérées. Ainsi, on illustrera quelques méthodes de screening (e.g. bifurcations séquentielles, Morris), l'analyse de corrélation et de régression, le calcul des indices de Sobol par Monte-Carlo, ... Il est parfois nécessaire d'utiliser des modèles simplifiés (ou surfaces de réponse ou métamodèles), se substituant aux codes de calcul nécessitant trop de temps ou de ressources. Outre les modèles polynomiaux classiques, des types de surfaces de réponse plus modernes comme le krigeage, les réseaux de neurones, le boosting d'arbres de régression, se sont montrés particulièrement efficaces.