
Quelques contributions vers la simulation parallèle de la cinétique neutronique et la prise en compte de données observées en temps réel.

Résumé

Dans cette thèse nous avons tout d'abord développé un solveur neutronique de cinétique transport 3D en géométrie déstructurée avec une discrétisation spatiale par éléments finis (solveur MINARET). L'écriture d'un tel code représente en soi une contribution importante dans la physique des réacteurs car il permettra de connaître de façon très précise l'état du coeur au cours d'accidents graves. Il jouera aussi un rôle très important pour des études de fluence de la cuve des réacteurs. D'un point de vue mathématique, l'apport le plus important dans l'écriture de ce solveur a consisté en l'implémentation d'algorithmes modernes adaptés aux architectures actuelles et à venir de calcul parallèle, permettant de réduire de façon significative les temps de calcul. Un effort particulier a été mené pour paralléliser de façon efficace la variable temporelle par l'algorithme pararéel en temps. Ce travail a consisté dans un premier temps à analyser les performances que le schéma classique de pararéel apporte dans la résolution de l'équation de transport de neutrons. Ensuite, nous avons cherché à améliorer ces performances en proposant un schéma de pararéel qui intègre de façon plus optimisée la présence de schémas itératifs autres que le pararéel dans la résolution de chaque pas de temps de l'équation du transport. L'idée principale de ce nouveau schéma consiste à limiter le nombre d'itérations internes pour chaque pas de temps du solveur fin et d'atteindre la convergence au cours des itérations pararéelles.

Dans un second temps, une réflexion a été entamée autour de la question suivante : étant donné le haut degré de précision que MINARET fournit dans la connaissance de la population neutronique, serait-il possible de l'utiliser en tant qu'outil de surveillance pendant l'opération d'un réacteur nucléaire ? Et, qui plus est, comment rendre un tel outil à la fois cohérent et complémentaire par rapport aux mesures prises *in situ* ? Une des difficultés majeures de ce problème réside dans le besoin de fournir les simulations en temps réel alors que, malgré nos efforts pour accélérer les calculs, les méthodes de discrétisation utilisées dans MINARET ne permettent pas des calculs de coeur à une telle vitesse.

Cette question a été abordée en développant tout d'abord une généralisation de la méthode Empirical Interpolation (EIM) grâce à laquelle on a pu définir un processus d'interpolation bien posé pour des fonctions appartenant à des espaces de Banach. Ceci est rendu possible par l'utilisation de formes linéaires d'interpolation au lieu des traditionnels points d'interpolation et une partie de cette thèse a été consacrée à la compréhension des propriétés théoriques de cette méthode (analyse de convergence sous hypothèse d'ensemble de petite dimension de Kolmogorov et étude de sa stabilité). Ce processus d'interpolation (appelé Generalized EIM) permet de reconstruire en temps réel des processus physiques de la façon suivante : étant donné un système pouvant être décrit par une EDP paramétrée et sur lequel des mesures peuvent être prises *in situ*, on construit d'abord une base d'interpolation constituée de solutions de cette EDP pour différentes valeurs du paramètre grâce à GEIM (ceci est fait par un algorithme greedy). On donne ensuite une approximation en temps réel de l'état du système via une fonction interpolée exprimée dans la base calculée et qui utilise des mesures acquises *in situ* comme données d'entrée (et modélisées mathématiquement par les formes linéaires). La méthode a été appliquée avec succès dans des exemples simples (équations de Laplace et de Stokes) et nous espérons que les développements actuels et à venir pourront mener à son emploi dans des cas réels plus complexes comme celui de la reconstruction de la population neutronique dans un coeur de réacteur avec MINARET.
