

Schémas numériques et modèles de performances associés. Concepts et exemples

Florian DE VUYST, CMLA, ENS Paris-Saclay et CNRS

Il est acquis aujourd'hui que les prochaines architectures de processeurs seront dotées de multiples unités de traitement éventuellement hétérogènes avec différents niveaux de mémoires et de caches. Au delà des différentes options d'optimisations de compilation, il n'est plus du tout clair de savoir comment va se comporter un schéma numérique sur ce type d'architectures, et quelle performance (en millions de mises à jour par cellules par secondes pour des problèmes d'évolution par exemple) va être atteinte. Les premiers modèles de performance analytiques [Roofline, Williams et al. 2009] sont apparus pour permettre de mieux comprendre les facteurs clés de performance pour les non-experts. Aujourd'hui, des raffinements de ces modèles ([Execution Cache Memory ECM model, Stengel et al. 2015], [Automatic Cache-aware Roofline, Denoyelle et al. 2016] permettent de tenir compte des tailles et vitesses des différents niveaux de cache. Dans notre équipe, nous avons tenté de dériver un modèle "roofline" ainsi qu'un modèle ECM pour un schéma numérique complexe de type Lagrange+projection à variables décalées d'ordre deux, utilisés dans des codes de production d'hydrodynamique multimatériaux. Il a été possible de construire des modèles quantitatifs pour ce type de schéma numérique. Le modèle roofline est suffisamment précis pour les kernels compute-bound et présente des taux d'erreur importants pour les kernels memory-bound. Ce défaut est corrigé avec le modèle ECM, ce qui valide le besoin de bien comprendre la dynamique des données dans les différents niveaux de cache. L'analyse des modèles de performance obtenus nous a orientés vers la dérivation d'une nouvelle famille de schémas numériques – les schémas Lagrange-Flux – qui sont une variante des schémas Lagrange+projection mais où les performances et la scalabilité multi-coeurs sont bien meilleurs. Il s'avère que les schémas Lagrange-Flux ont enfin un potentiel de généralisation à d'autres problèmes de nature hyperbolique. Cette expérience aux frontières des mathématiques et de l'informatique nous a convaincu que la méthodologie schéma/performance permet d'explorer des pistes nouvelles/innovantes en méthodes computationnelles. Travail en collaboration avec Thibault Gasc, Renaud Motte, Mathieu Peybernes et Raphael Poncet.