

Projet de M1 : optimisation des performances de CADNA en Fortran

Pacôme Eberhart, Fabienne Jézéquel
LIP6 (Laboratoire d'Informatique de Paris 6)
{Pacome.Eberhart, Fabienne.Jezequel}@lip6.fr

Nombre d'étudiants prévus pour le projet : 2

Contexte du projet :

Chaque opération flottante peut provoquer une erreur d'arrondi. Ces erreurs peuvent s'accumuler et invalider les résultats d'une simulation numérique. L'évolution de la puissance de calcul va nous mener vers l'*Exascale* (10^{18} opérations flottantes par seconde). Avec une telle puissance de calcul, de nombreuses erreurs d'arrondi seront générées et leur contrôle va devenir crucial.

CADNA¹ [1, 2] est une bibliothèque libre (sous licence LGPL) qui permet, dans les codes en Fortran ou en C/C++, d'estimer les erreurs d'arrondi et de détecter les instabilités numériques. Elle est fondée sur 3 exécutions des opérations flottantes avec des modes d'arrondi choisis aléatoirement vers plus ou moins l'infini. Ainsi, à l'issue d'un calcul, on obtient 3 valeurs à partir desquelles on peut estimer le nombre de chiffres corrects du résultat.

De nombreux logiciels de simulation numérique sont développés en Fortran et il faudrait pouvoir contrôler leur fiabilité numérique de manière efficace. Or la version actuelle de CADNA en Fortran nécessite des changements fréquents du mode d'arrondi. Ceci est effectué grâce des fonctions en assembleur développées pour différentes architectures et différents compilateurs. Ces changements d'arrondi ont un impact néfaste sur le coût de CADNA (*flush des pipelines*, compilation nécessairement en -O0).

Travail à effectuer :

Récemment, la version de CADNA en C a bénéficié de diverses améliorations [3] qu'il s'agit de porter dans la version de CADNA en Fortran.

En particulier, les modes d'arrondi ne sont plus changés explicitement. Grâce à des changements de signes des opérandes, le résultat d'une opération effectuée avec le mode d'arrondi vers plus ou moins l'infini est identique à celui que l'on aurait obtenu avec le mode d'arrondi opposé. Les changements de mode d'arrondi peuvent donc être remplacés par des changements aléatoires du bit de signe de nombres flottants. Cette optimisation permet une compilation en -O3 et une exécution sans *flush des pipelines*. De plus, il est désormais possible de contrôler efficacement avec CADNA un code qui tire parti des unités SIMD (AVX par exemple). Enfin CADNA a gagné en portabilité puisque l'éventail de fonctions en assembleur pour le changement des modes d'arrondi n'est plus nécessaire.

Il s'agit aussi de permettre de contrôler avec CADNA les codes parallèles en Fortran utilisant OpenMP. Cette fonctionnalité a récemment été ajoutée à la version en C de CADNA [4]. Pour cela, il a fallu s'assurer que les *threads* créés ont tous le même mode d'arrondi (fixé une fois,

¹<http://cadna.lip6.fr>

en début de code, vers plus ou moins l'infini) et que les instabilités numériques sont comptées correctement.

Références

- [1] F. JÉZÉQUEL AND J.-M. CHESNEAUX, *CADNA: a library for estimating round-off error propagation*, Computer Physics Communications, 178(12): 933-955, 2008.
- [2] J.-L. LAMOTTE, J.-M. CHESNEAUX, F. JÉZÉQUEL, *CADNA_C: A version of CADNA for use with C or C++ programs*, Computer Physics Communications, 181(11), pages 1925-1926, 2010.
- [3] P. EBERHART, J. BRAJARD, P. FORTIN, AND F. JÉZÉQUEL, *High Performance Numerical Validation using Stochastic Arithmetic*, Reliable Computing, 21, pages 35-52, 2015.
- [4] P. EBERHART, J. BRAJARD, P. FORTIN, AND F. JÉZÉQUEL, *Estimation of round-off errors in OpenMP codes*, 12th International Workshop on OpenMP (IWOMP), Nara, Japan, October 2016.