

Offre de stage 2018 (6 mois)

Optimisation d'un solveur linéaire de décomposition de domaine multi-niveaux pour la résolution de systèmes linéaires issus de la simulation de réservoir.

Total

Groupe énergéticien international, Total déploie ses activités sur toute la chaîne pétrolière et gazière et se développe sur les énergies renouvelables. Il occupe également une position de premier plan dans la chimie de spécialités. Le groupe opère dans 130 pays avec près de 100,000 employés.

Contexte industriel

L'équipe de projet 'InterSim' au sein de la branche Exploration & Production propose un stage informatique de 6 mois au Centre Scientifique et Technique Jean Féger (CSTJF) situé à Pau.

La simulation de réservoir (un réservoir désigne une réserve d'hydrocarbures ainsi que les couches rocheuses la contenant) est un élément important dans l'étude des champs pétrolifères ou gaziers: elle permet, entre autres :

- d'optimiser l'emplacement des puits et la production de gaz ou de pétrole
- de tester par la simulation l'efficacité de moyens de production améliorés
- d'affiner la connaissance des caractéristiques du milieu géologique ou des fluides hydrocarbures d'un champ en faisant des tests de comparaison avec des données de production existantes

Une simulation de réservoir peut couvrir une période de plusieurs dizaines d'années et nécessiter des dizaines de milliers de pas de temps. Certains modèles de réservoir peuvent atteindre plusieurs centaines de millions de mailles (voir dépasser le milliard d'inconnues) mais actuellement les modèles généralement utilisés par l'ingénieur réservoir ont une taille comprise entre la centaine de milliers de mailles et quelques millions de mailles.

Lors d'une simulation de réservoir, une grande partie du temps de calcul est passée dans la résolution des systèmes linéaires. Typiquement de l'ordre de 60 à 80% du temps de calcul est consommé lors de cette étape. Le système réservoir consiste en un couplage de plusieurs inconnues physiques (principalement les saturations de l'huile, de l'eau et du gaz et les inconnues de pressions). Une méthode populaire consiste à utiliser un pseudo découplage des inconnues de la pression afin de préconditionner à part ce sous-système [1]. En effet la nature quasi elliptique des équations reliant les inconnues de la pression permet l'utilisation de préconditionneurs optimaux (au sens de la complexité du nombre d'opérations arithmétiques) tels que les solveurs multigrilles algébriques [2].

Ces méthodes de résolutions algébriques sont très efficaces en séquentiel et permettent d'obtenir une scalabilité faible optimale (i.e. le préconditionneur garde son efficacité lorsque l'on augmente le nombre d'inconnues en raffinant le maillage). Mais l'évolution des

machines nécessitant des algorithmes de plus en plus efficaces en parallèle pour pouvoir utiliser correctement les architectures multicoeurs et « manycore », nous pensons qu'il est opportun d'investiguer d'autres méthodes qui peuvent se révéler plus performantes en termes de scalabilité forte (i.e., à taille de problème fixée la capacité du préconditionneur à diminuer le temps calcul proportionnellement au nombre de coeurs utilisés).

Ainsi le sujet de ce stage consistera en l'implémentation d'une méthode de type décomposition de domaine multi-niveaux afin de résoudre des problèmes pression issus du réservoir.

Nous nous intéresserons à une méthode à deux niveaux (généralisable en multi-niveaux) qui est développée à TOTAL pour la simulation de réservoir: le premier niveau consiste en l'utilisation d'un solveur local dans chaque domaine et le second niveau consiste en la résolution en parallèle d'un système grossier destiné à capturer les composantes basses fréquences qui peuvent être capturées par une approximation grossière du système global (qui utilise un nombre réduit d'inconnues) voire [3] et [4] pour des exemples de méthodes fonctionnant sur ce principe. La combinaison des 2 solutions devrait assurer une propriété d'optimalité du préconditionneur (complexité asymptotique linéaire par rapport au nombre d'inconnues).

PaStiX (<https://gitlab.inria.fr/solverstack/pastix>) est une bibliothèque de calcul scientifique qui fournit un solveur hautes performances pour résoudre de très grands systèmes linéaires creux en se basant sur une méthode directe ou à l'aide d'une factorisation incomplète de type ILU(k). Il peut utiliser des techniques de compression low-rank pour réduire la complexité en nombre d'opérations et en mémoire [5]. Le solveur PaStiX est adapté à toutes architectures hétérogènes, parallèle ou distribuée, disposant de performances prédictives telles que des clusters de noeuds multicoeurs avec des accélérateurs de type GPU ou des processeurs KNL. En particulier, nous fournissons une version hautes performances avec un faible surcout mémoire pour les architectures multicoeurs, exploitant pleinement l'avantage de la mémoire partagée en s'appuyant sur une implémentation hybride MPI-thread. L'écriture générique du schéma de résolution, sous la forme d'un graphe de tâches, permet de disposer d'une plateforme efficace pour concevoir et développer des ordonnancements pour des architectures encore plus hétérogènes en utilisant les supports d'exécution PaRSEC et StarPU [6].

Références :

[1] J.R. Wallis, R.P. Kendall T.E. Little, Constrained Residual Acceleration of Conjugate Residual Methods. SPE 13563 presented at the 8th Symposium on Reservoir Simulation, Dallas, Feb 10-13, 1985.

[2] J. W. Ruge and K. Stüben. Algebraic multigrid (AMG). In S. F. McCormick, editor, Multigrid Methods, volume 3 of Frontiers in Applied Mathematics, pages 73–130. SIAM, Philadelphia, PA, 1987

[3] A. Toselli, O. Widlund, Domain Decomposition Methods: Algorithms and Theory, Springer, 2005.

[4] R.A. Nicolaidis, Deflation of conjugate gradients with applications to boundary value problems, SIAM J. Numer. Anal. 24 (1987) 355–365.

[5] G. Pichon, E. Darve, M. Faverge, P. Ramet, J. Roman. Sparse Supernodal Solver Using Block Low-Rank Compression. PDSEC'2017 workshop of IPDPS, Jun 2017, Orlando, United States, IEEE, pp 1138-1147.

[6] X. Lacoste, M. Faverge, P. Ramet, S. Thibault, G. Bosilca. Taking advantage of hybrid systems for sparse direct solvers via task-based runtimes. *HCW'2014 workshop of IPDPS*, May 2014, Phoenix, United States. IEEE, pp.29-38.

Plan de travail

Les objectifs principaux du stage seront :

1. intégrer le solveur direct PaStiX développé à l'INRIA dans le code de TOTAL afin de l'utiliser en tant que solveur local pour la décomposition de domaine.
2. valider la validité des résultats et des performances par rapport à l'implémentation existante.
3. Optimiser le parallélisme en travaillant sur de nouvelles fonctionnalités du solveur PaStiX telles qu'une optimisation de la répartition des tâches de calculs dans un contexte multicore/manycore et l'optimisation de l'utilisation de PaStiX pour les systèmes grossiers.

Profil recherché

- 3ème année d'école et/ou Master recherche
- Compétence en HPC et numérique (connaissance en algèbre linéaire creuse).
- programmation parallèle (MPI, thread), C++, Anglais lu et écrit.

Informations utiles

Stage rémunéré et aide financière pour la location d'un logement.

Merci de bien vouloir adresser votre CV ainsi qu'une lettre de motivation à Pascal Hénon (pascal.henon@total.com), Pierre Ramet (pierre.ramet@labri.fr) ou Mathieu Faverge (mathieu.faverge@inria.fr)