

# Sujet : Multi-level task-based sparse direct solver

**Responsables : Mathieu Faverge, Pierre Ramet**

**Téléphone : +33 5 24 57 40 73**

**Courriel :**

[Mathieu.Faverge@inria.fr](mailto:Mathieu.Faverge@inria.fr)

[Pierre.Ramet@inria.fr](mailto:Pierre.Ramet@inria.fr)

## Présentation du sujet :

Du fait des quantités considérables de données et de calculs mises en jeu, la résolution des simulations numériques en vraie grandeur imaginées aujourd'hui par les chercheurs n'est réalisable qu'en ayant recours au calcul parallèle haute performance au sens large. Dans la plupart des simulations numériques utilisant un schéma implicite, l'étape la plus consommatrice en ressources (CPU et mémoire) est la résolution de systèmes linéaires creux de très grandes tailles. En plus de la difficulté numérique inhérente à certains modèles physiques employés, l'augmentation de la taille des systèmes linéaires conduit même les méthodes réputées scalables, telles que les méthodes itératives classiques, à ne plus converger de manière efficace. Nous avons déjà développé depuis de nombreuses années des solveurs linéaires creux parallèles, utilisant tant des méthodes directes qu'itératives. Ces solveurs, d'une grande robustesse, ont déjà permis de traiter des problèmes de très grandes tailles.

Le solveur PaStiX intègre une gestion fine et efficace des multiples niveaux de parallélisme exploitables dans un solveur linéaire creux. En effet, les nouvelles architectures de calcul intensif intègrent de plus en plus de microprocesseurs qui eux-mêmes intègrent un nombre croissant de cœurs de calcul accompagnés d'accélérateurs de type GPU. Afin d'exploiter cette hétérogénéité, des supports d'exécution génériques ont été proposés afin de simplifier le travail du développeur. Ces supports d'exécution reposent sur la représentation d'un algorithme sous la forme d'un graphe de tâches. Récemment, nous avons pu intégrer et évaluer les performances du solveur PaStiX sur deux supports d'exécution :

- StarPU qui utilise un modèle de découverte dynamique des dépendances en parcourant linéairement le graphe;
- PaRSEC qui utilise un modèle de graphe paramétré pour décrire algébriquement les dépendances de données.

Nous avons également montré récemment sur le support d'exécution PaRSEC que les ordonnancements à bases de tâches dites 1D montrent leur limites sur des architectures avec de grands nombres de cœurs, et éventuellement hétérogènes avec la présence de GPUs. Les schémas à base de tâches 2D permettent un grain de parallélisme plus fin et d'alimenter plus facilement l'ensemble des ressources disponibles permettant une meilleure scalabilité et une meilleure utilisation de ces ressources.

L'objet du travail proposé est l'adaptation de ce schéma de tâches 2D au support d'exécution

StarPU. On identifie deux étapes dans le développement de ce travail:

- Le premier travail à réaliser sera le portage de la nouvelle version du solveur PaStiX sur le support d'exécution StarPU. La nouvelle implémentation à base de tâche du solveur décrit explicitement la soumission des tâches au support d'exécution dans le modèle de programmation par flot séquentiel. Cette première étape sera donc une prise en main à la fois du solveur PaStiX, et du support d'exécution StarPU.
- Le second travail à réaliser sera le développement d'une version du solveur au-dessus de StarPU à multi-niveau. Un premier niveau de tâches à gros grains permettra de contrôler la quantité de tâches soumises au support d'exécution afin de ne pas saturer celui-ci. Le deuxième niveau soumettra les tâches de calculs à grain plus fins pour permettre une bonne scalabilité du solveur.

**Mot-clés :** Algèbre linéaire creuse, calcul haute performance, modèles de programmation, DAG, architectures hétérogènes.

**Commentaires :** Ce sujet pourra être poursuivi dans le cadre d'une thèse.

### Références :

[1]

M. Faverge and P. Ramet.  
*Dynamic Scheduling for sparse direct Solver on NUMA architectures.*  
In *Proceedings of PARA'2008*, Trondheim, Norway, May 2008.

[2]

P. Hénon, P. Ramet, and J. Roman.  
*PaStiX: A High-Performance Parallel Direct Solver for Sparse Symmetric Definite Systems.*  
*Parallel Computing*, 28(2):301-321, January 2002.

[3]

X. Lacoste, M. Faverge, P. Ramet, S. Thibault, G. Bosilca.  
*Taking advantage of hybrid systems of sparse direct solvers via task-based runtimes.*  
*HCW'2014 workshop of IPDPS*, May 2014.