

# Sujet : Solveur linéaire parallèle hybride hiérarchique

**Responsables:** J. Roman / L. Giraud en collaboration avec E. Agullo et A. Guermouche

**Téléphones:** 052457 4033, 056119 3025

**Courriels:** [Jean.Roman@labri.fr](mailto:Jean.Roman@labri.fr) , [luc.giraud@inria.fr](mailto:luc.giraud@inria.fr)

## Présentation du sujet :

Les grands défis scientifiques, aussi bien académiques qu'industriels et rencontrés dans les simulations complexes (optimisation, calcul par éléments finis avec des maillages de plus en plus fins et volumineux), nécessitent la résolution de problèmes d'algèbre linéaire creuse de plus en plus volumineux et coûteux. Dans ce contexte, il apparaît que les méthodes hiérarchiques et/ou hybrides, au sens où elles combinent plusieurs méthodes de base comme des méthodes directes ou itératives ou multigrilles, offrent un compromis prometteur entre robustesse et souplesse tout étant très performantes. L'utilisation de solveurs directs sur des sous problèmes indépendants introduit un premier niveau de parallélisme naturel ; la mise en œuvre de solveurs directs eux mêmes parallèles autorise l'exploitation d'une hiérarchie de tâches parallèles de granularités variables. Des travaux sur ce type de méthodes numériques parallèles ont déjà été effectués et ont permis de mettre en évidence le potentiel de telles approches.

Le passage à l'échelle lié à une scalabilité importante des applications scientifiques sur des centaines de milliers, voir des millions, de cœurs de calcul est un vrai challenge. Compte tenu de la complexité de la mise en œuvre, *une algorithmique hiérarchique* basée sur l'utilisation de bibliothèques numériques ultra performantes et combinant plusieurs niveaux de parallélisme avec des grains de calcul et des mécanismes sous jacents appropriés (grain grossier avec MPI, grain moyen avec du multi-threading en mémoire partagée, grain fin avec un grand nombre de threads sur des accélérateurs de calcul comme les GPUs) est indispensable.

C'est dans ce contexte que se situe l'objectif de ce stage, qui est de contribuer à la conception algorithmique et à la mise en œuvre en vraie grandeur (milliard d'inconnues pour des problèmes 3D non structurés) d'un solveur haute performance d'algèbre linéaire creuse basé sur une approche hybride et hiérarchique (couplage de différentes méthodes directes, itératives en fonction des caractéristiques du système à résoudre et de l'architecture hétérogène du calculateur) et ayant vocation à utiliser au mieux ces futures machines. Dans ce contexte, on s'intéressera aussi plus particulièrement aux systèmes linéaires augmentés dont on cherchera à exploiter au mieux les structures. La validation expérimentale pourra se faire sur des cas tests issus de nos partenaires industriels comme le BRGM (imagerie sismique), le CEA/CESTA (électromagnétisme) et EDF (mécanique des structures).

Ce travail est dans la continuité des recherches menées depuis de nombreuses années au sein du projet INRIA Bordeaux - Sud-Ouest HiePACS qui est commun avec le LaBRI et se fera en collaboration avec le CERFACS à Toulouse. Ce sujet de PFE rémunéré se déroulera donc au sein de l'équipe projet INRIA HiePACS et pourra faire naturellement l'objet d'un Master Recherche. Des possibilités de poursuite de ce travail dans le cadre d'un doctorat sont tout à fait envisageables compte tenu de l'ampleur du sujet.

**Mot-clés :**

Calcul très haute performance, passage à l'échelle, machines pétaflopiques massivement multiprocesseurs et multi-cœurs, algèbre linéaire creuse et solveurs hybrides, simulation numérique en vraie grandeur.

**Références :**

- L. GIRAUD, A. HAIDAR, and L. T. WATSON. Parallel scalability study of hybrid preconditioners in three dimensions. *Parallel Computing*, 34:363-379, 2008.
- L. GIRAUD and A. HAIDAR. Parallel algebraic hybrid solvers for large 3D convection-diffusion problems. *Numerical Algorithms, Numerical Algorithms*, 51(2):151-177, 2009.
- P. HÉNON, P. RAMET, and J. ROMAN. On using an hybrid MPI-Thread programming for the implementation of a parallel sparse direct solver on a network of SMP nodes. In *Proceedings of Sixth International Conference on Parallel Processing and Applied Mathematics, Workshop HPC Linear Algebra*, Poznan, Pologne, LNCS 3911, pages 1050-1057, September 2005.