

Candidature à une Prime d'Excellence Scientifique

**Pierre Ramet**

**Compte-rendu de mes activités d'enseignement  
et de recherche pour la période 2005/2009**

Membre du projet **BACCHUS** de l'**INRIA Bordeaux Sud-Ouest** et du  
**LaBRI** (UMR 5800)

# Résumé du curriculum vitæ

---

**RAMET Pierre**, né le 13 octobre 1971 à Montreuil (93), marié.

Adresse personnelle : 1C rue du clos du Haut Carré, 33400 Talence.

## Formation

- 1997/2000      ◇ Thèse de doctorat d'Informatique de l'Université Bordeaux 1 sous la direction de F. Desprez et J. Roman, soutenue le 12 janvier 2000, mention *Très Honorable*.  
Sujet : *Optimisation de la communication et de la distribution des données pour des solveurs parallèles directs en algèbre linéaire dense et creuse.*
- 1996/1997      ◇ Service National effectué en tant que Scientifique du Contingent au Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA/DAM/CESTA).  
Sujet : *Parallélisation et optimisation d'un code d'électromagnétisme.*
- 1994/1995      ◇ DEA d'Informatique de l'Université Bordeaux 1 sous la direction de F. Desprez et J. Roman, mention *Bien*.  
Sujet : *Calcul de la taille optimale de paquets pour les algorithmes macro-pipelines.*
- 1992/1995      ◇ Elève ingénieur à l'ENSEIRB (Ecole Nationale Supérieure d'Electronique, Informatique et de Radiocommunications de Bordeaux), filière Informatique, option Parallélisme.

## Activités d'enseignement et de recherche

- 2000/-          ◇ Maître de conférences au Département Informatique de l'IUT de l'Université Bordeaux 1. Mes activités de recherche sont rattachées au projet BACCHUS de l'INRIA Bordeaux Sud-Ouest et du LaBRI (UMR 5800)
- 2003/2005      ◇ Délégation INRIA dans le projet ScAlApplix.
- 1999/2000      ◇ ATER au Département Informatique de l'IUT de l'Université Bordeaux 1 ( $\frac{1}{2}$  poste).
- 1997/1999      ◇ Moniteur de l'enseignement supérieur à l'UFR de Mathématiques et d'Informatique de l'Université Bordeaux 1.

## Activités administratives

- 2007/-          ◇ Directeur des études de la licence professionnelle (Systèmes Informatiques et Logiciels) de l'Université Bordeaux 1.
- 2005/2009      ◇ Membre du C4 (comité représentant les utilisateurs du CINES) pour le comité thématique 6 (Mathématiques).
- 2005/2008      ◇ Membre de la Commission de Spécialistes pour la 27ième section de l'Université Bordeaux 1 et président du collège B pour cette même commission en 2008.

## Activités contractuelles

- 2006/-          ◇ Responsable scientifique pour le partenaire INRIA/LaBRI du projet ASTER, ANR CIS06.
- 2006/-          ◇ Membre du projet SOLTICE, ANR CIS06.
- 2006/-          ◇ Co-encadrement de la thèse de B. Lathuilière dans le cadre d'un contrat passé avec EDF.
- 2006/-          ◇ Co-encadrement de la thèse de M. Faverge dans le cadre du projet NUMASIS, ANR CIS05.

## Publications (voir <http://www.labri.fr/~ramet>)

Un article publié en revue (3 en cours de soumission), 7 conférences internationales avec actes LNCS ou IEEE, 9 conférences internationales avec comité de sélection.

## Activités d'enseignement

---

J'effectue mon service statutaire au Département Informatique de l'IUT de l'Université Bordeaux 1. Je dispense, en particulier, des cours en Bases de Données et en Réseaux. Depuis la rentrée 2005, je me suis impliqué dans le cadre de la licence professionnelle (Systèmes Informatiques et Logiciels) en assurant les cours de Bases de Données Avancées et d'Objets Distribués. Je dispense également des cours (Bases de Données Parallèles et Ordonnancement/Equilibrage/Régulation de Charge) en 3<sup>ème</sup> année à l'ENSEIRB dans l'option PRCD. Chaque année ma charge d'enseignement correspond à 192 HETD auxquelles s'ajoutent entre 50 et 100 HETD supplémentaires. J'ai également une expérience d'enseignement à l'étranger ayant dispensé 20h de cours au Gabon (niveau licence) en 2006 et 20h de cours au Vietnam (niveau master, en anglais) en 2008 et 2009.

## Activités de recherche

---

Mots-clés : **parallélisme, calcul hautes performances et applications, recouvrement calcul/communication, irrégularité, hétérogénéité, distribution des données, algèbre linéaire creuse.**

Ma problématique de recherche concerne les problèmes du calcul hautes performances. Le thème général de mon travail concerne le calcul parallèle scientifique pour les problèmes réguliers et irréguliers et je m'intéresse en particulier aux problèmes de communication, de distribution et de prise en compte de l'hétérogénéité des plates-formes.

► Ma principale contribution consiste à concevoir et développer le solveur de la bibliothèque PaStiX qui a résolu avec succès des systèmes 3D de plus de 10 millions d'inconnues, issus d'applications industrielles.

Devant l'importance que prennent les architectures à base de nœuds SMP (allant jusqu'à 32 processeurs par nœud), nous travaillons actuellement sur une version dédiée de PaStiX pour de telles plateformes de calcul. Ainsi nous nous sommes orientés vers une version de programmation hybride Thread/MPI du solveur qui a pour principe de partager les données d'un même nœud SMP via l'utilisation de threads POSIX. Outre l'avantage d'un système de communication plus performant, cette version offre des avantages algorithmiques très intéressants. *Cette version a permis de résoudre un problème avec 83 millions d'inconnues, en variable complexe, issu d'un code d'électro-magnétisme 3D du CEA/CESTA, sur le supercalculateur TERA-10 du CEA (la résolution de ce système nécessite environ 5 PetaFlops et a été factorisé en 5 heures sur 768 processeurs). A notre connaissance, un système de cette taille et de ce type n'avait jamais été résolu précédemment par une méthode directe.*

Le solveur PaStiX est utilisé en production dans des codes du CEA/DAM/CESTA et fait l'objet de collaborations avec EURATOM/CEA/CADARACHE autour de la fusion contrôlée et du réacteur ITER.

D'autre part, nous avons étendu les fonctionnalités du solveur pour pouvoir traiter des matrices non symétriques mais à structure symétrique ; dans ce cas, nous nous autorisons à faire du pivotage numérique statique ce qui implique d'appliquer, après résolution, une phase de raffinement itératif. Cette version de PaStiX est intégrée dans le code FluidBox développé dans le projet ScAlApplix pour simuler les écoulements fluides instationnaires.

► Mes travaux de recherche actuels concernent principalement l'étude de préconditionneurs basés sur une factorisation parallèle incomplète par blocs.

Le but de ces travaux est d'utiliser au mieux la technologie algorithmique parallèle par bloc qui est utilisée pour les solveurs directs haute performance pour développer des préconditionneurs parallèles de type Cholesky incomplet de manière adaptative et paramétrée, et qui soient robustes numériquement, suffisamment économes en mémoire et très performants en temps CPU (puissance tirée par processeur importante et bonne scalabilité).

Ces préconditionneurs sont alors intégrés dans des implémentations par blocs d'algorithmes du type gradient conjugué ou GMRES. On recherche donc un compromis entre une diminution importante de la taille mémoire pour stocker les facteurs de la méthode directe, et une conservation d'une certaine dose de remplissage pour exploiter suffisamment les effets superscalaires dans les calculs BLAS3 du préconditionneur et atteindre globalement de bonnes performances en temps. Nous conservons les techniques de renumérotation et de

distribution/ordonnancement du solveur direct pour avoir une implémentation parallèle efficace du calcul du préconditionneur et des itérés.

Un point crucial est donc le choix de la partition initiale pour la factorisation symbolique incomplète. Nous avons proposé récemment une méthode pour trouver des supernœuds approximatés pour la factorization  $ILU(k)$ . Les détails de cette démarche et l'analyse des premiers résultats de convergence pour des systèmes de grandes tailles ont été exposés lors des conférences SIAM sur les préconditionneurs en 2003 et 2005 et un article a été publié dans la revue *Parallel Computing* [1].

De nombreuses expérimentations sur des problèmes de nature et de difficultés numériques différentes doivent ainsi être menées pour étudier la robustesse de nos préconditionneurs. Il sera intéressant de regarder l'influence de la numérotation pour ce type de méthode ainsi que l'apport des techniques de prétraitement numérique.

## Activités contractuelles

---

- **ANR CIS05 NUMASIS** : Dans le cadre de l'appel 2005 de l'ANR "Calcul intensif", je co-encadre la thèse de Mathieu Faverge financée sur le projet NUMASIS. Nous nous intéressons aux problèmes d'algorithmique parallèle et aux modèles de programmation sur architectures NUMA. Cela concernera aussi bien les algorithmes spécifiques au domaine applicatif de la sismique que les noyaux et bibliothèques de calcul classiques qui interviennent dans la conception des codes scientifiques de simulation. Les premiers résultats ont été présentés lors des conférences PARA'08 [10] et PMAA'08 [18]. Un article a été soumis à la revue *Parallel Computing* [3].
- **ANR CIS06 ASTER** : Pour l'appel 2006 de l'ANR "Calcul intensif", avec Guido Huysmans (EURATOM/CEA/CADARACHE), nous avons monté le projet ASTER dont je suis le responsable scientifique pour le partenaire INRIA/LaBRI. Ce projet vise à développer et implémenter des méthodes pour améliorer les codes en Magnéto-Hydro-Dynamique afin de permettre la simulation des instabilités dans les plasmas. La compréhension de ces instabilités est très limitée et les pertes d'énergie induites sont un réel problème pour le réacteur ITER. Nous devons en particulier travailler sur la prise en compte de techniques de type raffinement de maillages et sur l'adaptation de nos solveurs. Les premiers résultats ont été présentés lors de la conférence *Plasma Physics* [11]. Un article a été soumis à la revue *MagnetoHydroDynamics* [2].
- **ANR CIS06 SOLSTICE** : Mes travaux de recherche s'inscrivent également dans le projet SOLSTICE de l'appel à projet 2006 de l'ANR "Calcul intensif". L'objectif de ce projet est la conception et la mise en œuvre hautes performances de solveurs linéaires parallèles efficaces pour résoudre des problèmes scientifiques complexes multi-physiques et multi-échelles de très grande taille, et leur intégration effective dans des codes applicatifs dans le but de faire des simulations aujourd'hui hors de portée.

## Valorisations et collaborations industrielles

---

- **Contrat de valorisation avec le CEA** : Dans le cadre de mes travaux de recherche, j'ai participé à des contrats avec obligation de résultats passés avec le CEA/DAM/CESTA. J'ai pu valorisé mes compétences dans le domaine des techniques de parallélisation dans le cadre d'un contrat d'expertise passé avec le CEA.
- **Contrat de collaboration NSF/INRIA** : Nos travaux ont permis d'établir des échanges internationaux dans le cadre d'un contrat NSF/INRIA et lors de deux séjours de 15 jours à l'université de Minneapolis, sur invitation de Y. Saad. Je participe également à l'équipe associée Phyleas, initiée par J. Roman, impliquant l'INRIA et l'université du Minnesota.
- **Contrat de collaboration avec EDF** : En 2006, j'ai encadré le travail de G. Caramel sur "l'optimisation des performances des outils de calcul de neutronique des cœurs" dans le cadre d'un contrat passé avec EDF. Cette étude se prolonge dans le cadre de la thèse de Bruno Lathuilière et du contrat de collaboration passé avec EDF-R&D/SINETICS. Je co-encadre ce travail portant sur la parallélisation d'une

méthode de décomposition de domaine des équations SPN de la neutronique pour les études d'accident. Les premiers résultats ont présentés lors des conférences CSE'08 [7], IMACS'08 [16], PMAA'08 [19] et *Reactor Physics* [20]. Un article va être soumis à la revue *Journal of Computational Physics* [4].

- **Projet de collaboration avec le JAEA** : En 2007, j'ai participé au lancement d'un projet de collaboration avec le JAEA (Japan Atomic Energy Agency, qui participe au projet ITER), initié par M. Dayde, professeur à l'IRIT. Le JAEA a accès à l'infrastructure du projet NAREGI (NAtional REsearch Grid Initiative), un équivalent Japonais du projet Grid'5000 en France. Il développe également ses propres solveurs en algèbre linéaire pour ses applications de simulation numérique.

## Encadrement d'étudiants dans le cadre des travaux de recherche

---

Depuis 2006, **je co-encadre deux thèses** :

- la thèse de Bruno Lathuilière sur le contrat de collaboration passé avec EDF-R&D/SINETICS ;
- la thèse de Mathieu Faverge financée sur le projet NUMASIS.

J'ai également eu l'occasion d'encadrer le travail de nombreux étudiants dans le cadre de mes travaux de recherche. Depuis 2005, j'ai encadré le travail de :

- **2 ingénieurs associés INRIA** :
  - D. Lecas, en 2005, sur l'implémentation d'une version de PaStiX pour la factorisation LU avec pivotage statique. Il a assuré l'intégration des nouvelles fonctionnalités développées sur la version "recherche" au sein d'un produit diffusable ;
  - X. Lacoste, en 2008, sur le développement d'un environnement d'exploitation de nos solveurs et sur l'implémentation d'une fonctionnalité de type "Out-of-Core".
- **4 étudiants ingénieurs en 3ième année (ENSEIRB)** :
  - G. Caramel, en 2005, sur la parallélisation d'un code de mécanique des fluides avec le CEA/CESTA ;
  - F. Huard, en 2005, sur l'intégration du solveur PaStiX dans le code ODYSSEE développé au CEA/CESTA ;
  - N. Frazier, en 2005, sur l'intégration du solveur PaStiX dans la plateforme du projet GRID TLSE ;
  - D. Genet, en 2008, sur la parallélisation de l'étape de factorisation symbolique de nos solveurs.
- **1 étudiants en master recherche (Math-Méca)** :
  - N. Schied, en 2006, sur la parallélisation d'une méthode multigrille.

## Liste des publications

---

### Revue internationale :

- [1] P. Hénon, P. Ramet et J. Roman. *On finding approximate supernodes for an efficient ILU(k) factorization*. Parallel Computing, 34 :345-362, 2008.
- [2] R. Abgrall, R. Huart et P. Ramet. *Numerical simulation of unsteady MHD flows and applications*. MagnetoHydroDynamics Journal, accepté, 2009.
- [3] M. Faverge et P. Ramet. *A NUMA Aware Scheduler for a Parallel Sparse Direct Solver*. Parallel Computing, soumis, 2009.
- [4] M. Barrault, B. Lathuilière, P. Ramet et J. Roman. *Efficient Parallel Resolution of The Simplified Transport Equations in Mixed-Dual Formulation*. Journal of Computational Physics, en préparation, 2009.

### Congrès internationaux avec actes LNCS ou IEEE :

- [5] P. Hénon, P. Ramet et J. Roman. *On using an hybrid MPI-Thread programming for the implementation of a parallel sparse direct solver on a network of SMP nodes*. Sixth International Conference on Parallel Processing and Applied Mathematics, Workshop HPC Linear Algebra, Poznan, Pologne, LNCS 3911, pages 1050-1057, september 2005.

- [6] P. Hénon, P. Ramet et J. Roman. *Partitioning and Blocking Issues for a Parallel Incomplete Factorization*. PARA'06, Workshop on state-of-the-art in scientific computing, Umea, Suède, LNCS 4699, pages 929-937, juin 2006.
- [7] M. Barrault, B. Lathuilière, P. Ramet et J. Roman. *A domain decomposition method applied to the simplified transport equations*. IEEE 11th International Conference on Computational Science and Engineering, Sao Paulo, Brazil, pages 91-97, juillet 2008.
- [8] Y. Caniou, J.-S. Gay et P. Ramet. *Tunable parallel experiments in a GridRPC framework : application to linear solvers*. VECPAR'08, LNCS 5336, pages 430-436, Toulouse, France, juin 2008.
- [9] N. Kushida, Y. Suzuki, N. Teshima, N. Nakajima, Y. Caniou, M. Dayde et P. Ramet. *Toward an International Sparse Linear Algebra Expert System by Interconnecting the ITBL Computational Grid with the Grid-TLSE Platform*. VECPAR'08, LNCS 5336, pages 424-429, Toulouse, France, juin 2008.
- [10] M. Faverge et P. Ramet. *Dynamic Scheduling for sparse direct Solver on NUMA architectures*. Proceedings of PARA'08, Trondheim, Norway, à paraître dans LNCS, mai 2008.
- [11] G. Huysmans, Pamela S., E. van der Plas et P. Ramet. *Non-Linear MHD simulations of Edge Localised Modes*. 36th EPS Plasma Physics Conference, Sofia, Bulgarie, juin 2009.

### Congrès internationaux avec comité de sélection :

- [12] P. Hénon, F. Pellegrini, P. Ramet et J. Roman. *Blocking Issues for an Efficient Parallel Block ILU Preconditioner*. SIAM Conference On Preconditioning Techniques For Large Sparse Matrix Problems In Scientific And Industrial Applications, Atlanta, USA, mai 2005.
- [13] P. Hénon, P. Ramet et J. Roman. *On finding approximate supernodes for an efficient ILU(k) factorization*. PMAA'2006, Rennes, France, septembre 2006.
- [14] B. Braconnier, B. Nkonga, M. Papin, P. Ramet, M. Riccuito, J. Roman et R. Abgrall. *Efficient solution technique for low Mach number compressible multiphase problems*. PMAA'2006, Rennes, France, septembre 2006.
- [15] O. Czarny, G. Huysmans, P. Hénon et P. Ramet. *Improvement of existing solvers for the simulation of MHD instabilities*. Numerical flow models for controlled fusion, Porquerolles, France, avril 2007.
- [16] M. Barrault, B. Lathuilière, P. Ramet et J. Roman. *A domain decomposition method for the resolution of an eigenvalue problem in neutron physics*. International Symposium on Iterative Methods in Scientific Computing (IMACS), Lille, France, mars 2008.
- [17] R. Abgrall, O. Coulaud, P. Hénon, R. Huart, G. Huysmans, G. Latu, B. Nkonga, S. Pamela et P. Ramet. *Numerical simulation of tokamak plasmas*. 7th PAMIR International Conference on Fundamental and Applied MHD, Presqu'île de Giens, France, septembre 2008.
- [18] M. Faverge, X. Lacoste et P. Ramet. *A NUMA Aware Scheduler for a Parallel Sparse Direct Solver*. PMAA'2008, Neuchatel, Suisse, juin 2008.
- [19] M. Barrault, B. Lathuilière, P. Ramet et J. Roman. *A Domain Decomposition Method Applied to Large Eigenvalue Problems in Neutron Physics*. PMAA'2008, Neuchatel, Suisse, juin 2008.
- [20] M. Barrault, B. Lathuilière, P. Ramet et J. Roman. *A Non Overlapping Parallel Domain Decomposition Method Applied to The Simplified Transport Equations*. International Conference on Mathematics, Computational Methods and Reactor Physics, New-York, USA, mai 2009.

### Workshops internationaux sur invitation :

- [21] P. Ramet. *High performances methods for solving large sparse linear systems - Direct and Incomplete Factorization*. Workshops ReDIMsOPS, Japan Atomic Energy Agency, Tokyo, Japon, mai 2007.
- [22] P. Hénon, P. Ramet et J. Roman. *A supernode amalgamation algorithm for an efficient block incomplete factorization*. Proceedings of PPAM'07, CTPSM07 Workshop, Gdansk, Pologne, septembre 2007.
- [23] P. Hénon, P. Ramet et J. Roman. *A supernode amalgamation algorithm for an efficient block incomplete factorization*. Mini-Workshop on parallel iterative solvers and domain decomposition techniques, Minneapolis, USA, juillet 2008.