



informatiques mathématiques
inria

iMatch

Better Match, Faster Innovation

Rencontre sur la thématique du Calcul Haute Performance - 13 juin 2012
Meeting on the theme of High Performance Computing

TABLE DES MATIÈRES

Qu'est ce qu'un <i>iMatch</i> ?	p 3
STI (Service Tranfert et Innovation)	p 4
Partitionner et distribuer les données	p 5
Les solveurs numériques	p 8
Les solveurs directs	p 9
Les solveurs hybrides	p 13
Optimiser le temps et les ressources	p 15
Notes personnelles	p 21

Que signifie iMatch ?

Inria Match Making Technologies

Quels objectifs pour les iMatch ?

Les iMatch ont pour but de favoriser des rencontres ciblées entre nos équipes de recherche et le monde industriel.

À partir d'une thématique choisie, ces manifestations permettent d'apporter de la visibilité aux offres technologiques portées par ces équipes afin de «matcher» ces offres avec des usages et des applications potentiels au travers de rendez-vous privés.

À l'issue de ces rendez-vous, des actions de collaboration ou de transfert peuvent ainsi être initiées.

Que signifie STI ?

Service Transfert et Innovation du Centre de Recherche Inria Bordeaux - Sud-Ouest

Quelles missions pour le STI ?

Le transfert des compétences et des résultats de la recherche vers l'industrie est l'une des missions fondamentales d'Inria.

Par conséquent l'institut encourage et soutient les projets de transfert issus de ses équipes.

Pour cela Inria a mis en place une organisation et des outils pour stimuler le transfert et accompagner les porteurs de projet.

Contacts :

Responsable des partenariats et des projets d'innovation :

Salvatore Spinello - 05.24.57.40.07
salvatore.spinello@inria.fr

Chargée des partenariats et des projets d'innovation Transfert :

Marianne Lamour - 05.24.57.41.23
marianne.lamour@inria.fr

Chargée des projets européens :

Alison Piastri - 05.24.57.41.29
alison.piastri@inria.fr

PARTITIONNER ET DISTRIBUER LES DONNÉES

Les problèmes numériques à traiter sont de plus en plus grands et atteignent maintenant plusieurs dizaines de millions d'inconnues.

Avec l'évolution des machines, les architectures sont désormais devenues trop complexes pour se passer d'outils de partitionnement génériques. Il est également très important de pouvoir partitionner le graphe de manière équilibrée.

Des logiciels dédiés au partitionnement des problèmes numériques et à la distribution des calculs en parallèle sur l'ensemble des moyens disponibles dans les machines se sont donc développés.

Quelles technologies proposons-nous ?

SCOTCH

Software package for graph and mesh/hypergraph partitioning, graph clustering, and sparse matrix ordering

PT-SCOTCH

A tool for efficient parallel graph ordering

PaMPA

Parallel Mesh Partitioning and Adaptation



Que signifie SCOTCH ?

« *Software package for graph and mesh/hypergraph partitioning, graph clustering, and sparse matrix ordering* »

Que signifie PT-SCOTCH ?

« *A tool for efficient parallel graph ordering* »

À quoi servent SCOTCH et PT-SCOTCH ?

Scotch est un partitionneur de graphes.

Il permet d'optimiser le découpage d'un problème, modélisé par un graphe, en un ensemble de sous-problèmes les plus indépendants possibles et de tailles équivalentes. Ces sous-problèmes peuvent ensuite être résolus en parallèle.

Scotch calcule des partitionnements **sur machine séquentielle**.

PT-Scotch calcule des partitionnements **sur machine parallèle**.

Contact :

François Pellegrini – Équipe-projet BACCHUS
Inria, CNRS, Université de Bordeaux



Que signifie PaMPA ?

« *Parallel Mesh Partitioning and Adaptation* »

À quoi sert PaMPA ?

PaMPA est une **bibliothèque logicielle offrant des fonctions de haut niveau pour manipuler des maillages en parallèle**. Il facilite et rend transparentes les tâches de repartitionnement des maillages, de redistribution des données, de calcul des recouvrements entre sous-domaines, et de mise à jour entre sous-domaines des valeurs du maillage.

PaMPA gère la redistribution de maillages en parallèle en s'interfaçant avec le logiciel de partitionnement parallèle PT-Scotch.

Contacts :

François Pellegrini, Cecile Dobrzynski
Équipe-projet BACCHUS

Inria, CNRS, Université de Bordeaux

LES SOLVEURS NUMÉRIQUES

La modélisation de phénomènes physiques ou biologiques et leur simulation numérique se traduisent mathématiquement par des algorithmes et des systèmes d'équations complexes, linéaires ou non linéaires.

On peut par exemple modéliser les turbulences autour de l'aile d'un avion, le comportement de vagues face à un modèle de côte, mais aussi l'évolution de maladies comme des tumeurs cancéreuses, en prenant en compte une multitude de paramètres différents.

Ces systèmes d'équations peuvent être visualisés sous forme de matrices, dont les typologies sont variables et caractéristiques des types de problèmes adressés : ils comportent plus ou moins d'éléments nuls.

Qu'est-ce qu'un solveur ?

Un solveur numérique permet de résoudre numériquement des problèmes d'algèbre linéaires ou non linéaires plus ou moins complexes et avec un plus ou moins grand nombre de données.

Quels types de problèmes résolvent-ils ?

Les problèmes peuvent être creux (ils contiennent beaucoup d'éléments nuls) ou denses (la complexité du problème est intrinsèque et liée uniquement au nombre d'inconnues).

Des problèmes « creux » peuvent également être qualifiés de plus ou moins difficiles selon la nature du problème adressé.

Les solveurs directs



Les solveurs peuvent être directs : ils résolvent tout le problème avec une méthode dite « exacte ». On utilisera préférentiellement un solveur direct pour résoudre des problèmes linéaires. Un solveur direct aura l'avantage d'effectuer des calculs réputés pour leur robustesse.

Quelles technologies proposons-nous ?

PaStiX

Parallel Sparse matrix package

MUMPS

MUltifrontal Massively Parallel sparse direct Solver

EIGEN

C++ template library for linear algebra : matrices, vectors, numerical solvers, and related algorithms

Que signifie PaStiX ?

« *Parallel Sparse matrix package* »

À quoi sert PaStiX ?

PaStiX est un solveur direct qui s'utilise pour résoudre des systèmes numériquement difficiles, en parallèle. En gardant les qualités intrinsèques d'une méthode directe (robustesse), il met l'accent sur la réduction des ressources mémoires. Ceci lui permet de résoudre des problèmes de très grande taille. **Il résout ainsi un point bloquant qui est le surcoût mémoire lié au parallélisme.**

PaStiX s'adapte aux différentes architectures : **ses algorithmes lui permettent par exemple de s'affranchir du problème des hétérogénéités des clusters/grappes.**

Très évolutif, PaStiX est particulièrement bien adapté aux **serveurs multicœurs**, et dans des travaux récents avec l'équipe qui développe StarPU, il permet d'utiliser les processeurs des **cartes graphiques (GPU)**.

Contact :

Pierre Ramet – Équipe-projet BACCHUS
Inria, CNRS, Université de Bordeaux

Que signifie MUMPS ?

« a *M*UItifrontal *M*assively *P*arallel *s*parse *d*irect *S*olver »

À quoi sert MUMPS ?

MUMPS est un solveur direct développé au sein d'Inria, le CERFACS, le CNRS, l'ENS-Lyon, l'INPT et l'université de Bordeaux.

Il s'agit d'un solveur pour plates-formes de calcul parallèle à mémoire distribuée ou non. Il est caractérisé par un **grand nombre de fonctionnalités** (résolution multi-second membre, out-of-core, calcul de noyau...). De plus, Il est reconnu pour sa **très grande robustesse numérique** due à la combinaison de mécanismes de pivotage partiel et d'algorithmes de prétraitements numériques sophistiqués.

Cet ensemble de fonctionnalités le rend assez unique.

Contacts :

Abdou Guermouche - Université de Bordeaux

Jean-Yves L'Excellent - Équipe-projet ROMA
Inria, ENS Lyon, Université Claude Bernard (Lyon 1), CNRS, CITI

Que signifie EIGEN ?

« *C++ template library for linear algebra : matrices, vectors, numerical solvers, and related algorithms* »

À quoi sert EIGEN ?

Eigen est une bibliothèque C++ **générique** pour le calcul matriciel dont le but est de fournir une suite d'outils mathématiques portables, et **faciles d'utilisation et de diffusion**.

Eigen est optimisée à la fois pour les matrices de petites dimensions (robotique, graphisme, vision), et pour les matrices denses et creuses de grandes tailles.

L'API fournie permet **une prise en main et un développement rapide**, tandis que l'absence de dépendances à des bibliothèques tierces facilite l'installation et la distribution des logiciels basés sur Eigen.

Eigen offre donc une **solution intermédiaire** entre des logiciels comme MatLab qui sont limités au prototypage, et les bibliothèques spécialisées issues du monde du HPC destinées aux experts et super-calculateurs.

En outre, Eigen offre la possibilité aux utilisateurs experts d'exploiter de manière transparente des bibliothèques tierces telles que Intel MKL, PaStiX, SuiteSparse, etc.

Contact :

Gael Guennebaud – Équipe-projet MANAO
Inria, CNRS, Université de Bordeaux

Les solveurs hybrides



Les solveurs peuvent être itératifs : ils résolvent le problème de manière approchée, ou hybrides (ils résolvent le problème en décomposant le problème global en une multitude de petits sous-problèmes qui peuvent être résolus par des solveurs directs).

On utilisera préférentiellement des solveurs hybrides pour des problèmes non linéaires. Les solveurs hybrides permettent de contrôler la précision de résolution du problème en fonction de celle des données fournies en entrée.

Quelle technologie proposons-nous ?

HIPS

Hierarchical Iterative Parallel Solver

Que signifie HIPS ?

« *Hierarchical Iterative Parallel Solver* »

À quoi sert HIPS ?

Hips est un solveur hybride « à la carte » qui permet de résoudre des systèmes d'équations linéaires creux avec le degré de précision et l'engagement en temps/ mémoire nécessaire et souhaité par l'utilisateur.

Hips est la solution adéquate pour résoudre des systèmes qui combinent plusieurs difficultés : très gros n (nombre d'équations dans le système $>1M$), maillage en 3D et grande complexité.

Il est hybride : selon les besoins du problème, Hips fait appel à des méthodes de résolution directes ou itératives.

Contact :

Pierre Ramet – Équipe-projet BACCHUS

Inria, CNRS, Université de Bordeaux

OPTIMISER LE TEMPS ET LES RESSOURCES

Ces dernières années, l'évolution du matériel a été telle que chaque machine est maintenant dotée d'architectures qui permettent au calcul de s'exécuter en parallèle sur plusieurs composants.

Quelles sont les possibilités ?

Utiliser une grappe d'ordinateurs, un cloud...

Utiliser les multiples cœurs de sa machine.
Utiliser les accélérateurs (ex GPU).

Quelle sont les problématiques ?

- Utiliser les ressources proposées par un cloud au meilleur rapport performance/coût en fonction du problème adressé.
- Connaître et optimiser l'architecture de sa machine pour réaliser un calcul plus rapidement ou de manière plus robuste.
- Analyser le comportement des usages du web.

Quelles technologies proposons-nous ?

HWLOC

Portable HardWare LOCality

StarPU

A runtime system for heterogeneous parallel machines

OPTOCLOUD

Optimisation des coûts dans les clouds

SPONGE

Simulation de Propagation d'ONdes en Géophysique

WUB-Analyst

Web User Behavior Analyst

Que signifie HWLOC ?

« *portable HardWare LOCality* »

À quoi sert HWLOC ?

HWLOC découvre la topologie de vos ordinateurs et la représente de manière hiérarchique et portable (quel que soit le système d'exploitation, sa version, ou l'architecture matérielle).

L'utilisateur peut visualiser la topologie dans une **interface graphique** et la manipuler logiciellement pour consulter le nombre de processeurs et de cœurs, la quantité de mémoire ou de mémoire cache, les périphériques (GPUs, cartes infiniband, carte réseau, ...), ainsi que leurs localités respectives, leurs interconnexions, et les ressources qu'ils partagent.

L'objectif principal d'HWLOC est d'**aider les applications à obtenir des informations facilement compréhensibles sur l'architecture des machines modernes de calcul afin de les exploiter de manière plus adaptée et efficace.**

Contact :

Brice Goglin - Équipe-projet RUNTIME
Inria, CNRS, Université de Bordeaux

Que signifie StarPU ?

« *A runtime system for heterogeneous parallel machines* »

À quoi sert StarPU ?

StarPU est un support d'exécution qui fonctionne sur machine hétérogène. Il abstrait la machine pour la rendre plus facile à programmer, quel que soit son nombre de CPUs et GPUs (lieux où peuvent s'exécuter les calculs sur la machine).

Avant d'utiliser StarPU, une application doit être parallélisée sous forme de tâches. Les dépendances et besoins en communication entre tâches doivent être décrits.

La topologie de la machine est décrite automatiquement grâce à HWLOC.

StarPU va pouvoir décider où positionner les tâches et dans quel ordre afin d'optimiser le temps de calcul, en exploitant en même temps tous les CPUs et tous les GPUs.

Contact :

Samuel Thibault - Équipe-projet RUNTIME
Inria, CNRS, Université de Bordeaux



Que signifie OPTOCLOUD ?

« *Optimisation des coûts dans les clouds* »

À quoi sert OPTOCLOUD ?

Avec l'apparition des clouds et leur exploitation par des sociétés dédiées, des offres de service différentes et difficilement comparables - hormis par les prix - sont disponibles pour les entreprises qui souhaitent délocaliser leurs calculs.

OPTOCLOUD permet d'optimiser le ratio coût/efficacité des moyens à la fois pour les fournisseurs et leurs clients.

Pour les fournisseurs : le fournisseur s'engage sur une qualité de service. Il doit gérer une marge de ressources disponibles : le nombre de machines disponibles ainsi que celles à allumer pour réaliser un calcul. **Nous leur proposons de les accompagner pour améliorer la gestion de cette marge** et l'optimisation du coût « ressources utilisées » par rapport à la productivité.

Pour les utilisateurs : dans le contexte des clouds, dans le cas où plusieurs implémentations sont disponibles (ayant des exigences en mémoire, calcul, disque, bande passante différentes), notre expertise en optimisation combinatoire permet à l'utilisateur de **choisir la meilleure solution parmi les offres des fournisseurs de clouds**.

Contact :

Olivier Beaumont - Équipe-projet CEPAGE
Inria, CNRS, Université de Bordeaux



Que signifie WUB-Analyst ?

« *Web User Behavior Analyst* »

À quoi sert WUB-Analyst ?

Les enregistrements de comportements d'utilisateurs se présentent sous la forme de fichiers comportant de gros volumes de données : chaque site web visité et la fréquence avec laquelle ils sont visités peuvent être enregistrés.

La technologie WUB-Analyst permet de fournir des **résumés du comportement des utilisateurs**.

Contact :

Sofian Maabout - Équipe-projet CEPAGE
Inria, CNRS, Université de Bordeaux



Que signifie SPONGE ?

« *Simulation de Propagation d'ONdes en GÉophysique* »

À quoi sert SPONGE ?

Les méthodes d'imagerie sismiques reposent généralement sur de nombreuses simulations de propagations d'ondes dans des milieux très hétérogènes. La taille du domaine de calcul ainsi que les hétérogénéités nécessitent l'utilisation de maillages comportant plusieurs millions de degrés de liberté. Il est donc crucial d'optimiser les méthodes de simulation.

Pour simuler la propagation des ondes dans des milieux géophysiques complexes, il faut résoudre un très grand système linéaire à chaque pas de temps.

Pour diminuer au maximum les coûts de stockage et de calcul, l'équipe de recherche Magique 3D développe des méthodes numériques qui permettent d'obtenir des systèmes facilement inversibles et de calculer très rapidement les produits matrices-vecteurs.

Contacts :

Julien Diaz, Hélène Barucq
Équipe-projet **MAGIQUE 3D**
Inria, CNRS, Université de Pau



**CENTRE DE RECHERCHE
BORDEAUX - SUD-OUEST**

200, avenue de la Vieille Tour
33405 Talence CEDEX

Tél. : +33 (0)5 24 57 40 00

Fax : +33 (0)5 24 57 41 24

www.inria.fr/bordeaux

www.imatch.bordeaux.inria.fr