

Bernard Tourcel, Richard Olejnik

*Collaborations entre le Laboratoire
d'Informatique Fondamentale à l'Université
des Sciences et Technologies de Lille (LIFL UMR
CNRS / Lille 1 8022) et l'Institut d'Informatique
de l'Académie Polonaise des Sciences à Varsovie
(IPIPAN)*

La collaboration entre, d'une part, le CNRS et le Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille à l'Université des Sciences et Technologies de Lille (LIFL UMR Lille1 / CNRS 8022) et, d'autre part, l'Institut d'Informatique de l'Académie Polonaise des Sciences à Varsovie (IPIPAN) est ancienne ; les collaborations ont débuté il y a plus de 25 ans. Durant la dernière période, les travaux de recherche ont essentiellement concerné la problématique d'assurer la meilleure efficacité de l'exécution de programmes parallèles et distribués sur des grappes et des grilles d'ordinateurs.

En effet, les applications modernes exigent de plus en plus de puissance de calcul et utilisent des masses de données de plus en plus importantes. Les réseaux d'ordinateurs offrent des possibilités accrues de calcul et l'exécution parallèle des programmes sur ces réseaux permet de répondre aux exigences souhaitées. Toutefois, la généralisation des traitements répartis sur des ensembles d'ordinateurs connectés exige de maîtriser la répartition des traitements et des données pour diminuer les surcoûts liés aux communications entre les sites et améliorer l'efficacité de l'exécution.

Durant la période 2002-2004, la coopération scientifique entre les partenaires s'est déroulée dans le cadre du projet 11915 « méthodes de conception et de gestion de contrôle d'exécution des programmes parallèles ». Le but de ce projet était d'étudier les propriétés du comportement des programmes parallèles et distribués, de manière

à exploiter ensuite ces propriétés pour optimiser l'exécution du programme.

Un ensemble d'outils a été réalisé pour l'ordonnancement des tâches dans des programmes parallèles orientés objets. Ces outils sont basés sur des graphes de programmes de type « macro data flow » obtenus par une analyse du code objet fourni par le compilateur et sur une étude des dépendances des données.

Une extension du projet 11915 pour les années 2005-2007, a permis de mettre au point des méthodes d'optimisation de programmes parallèles et distribués sur des systèmes de plus grande taille. Des méthodes et des outils ont été développés, réalisés pratiquement sous forme de programmes, testés et incorporés à des outils généraux d'optimisation dynamique de l'exécution. Ces outils sont basés sur des propriétés de localités fonctionnelles, spatiales et temporelles des communications de données. Les caractéristiques identifiées sont utilisées pour optimiser le contrôle d'exécution des programmes parallèles par de nouvelles décompositions, ordonnancements et allocations des tâches dans des groupes de processeurs reliés par un réseau de communication. Ces travaux reposent sur l'optimisation des programmes codés dans des langages de programmation orientés objets comme Java.

Cette approche permet d'optimiser le contrôle de l'exécution des programmes dans des systèmes parallèles et distribués et d'assurer ainsi une diminution du temps d'exécution. Les résultats obtenus précédemment sont étendus à des systèmes parallèles distribués à grande échelle (grilles de calcul).

Les collaborations ont été étendues pour la période 2008-2010, au travers d'un PICS CNRS (PICS 4334) intitulé « Nouvelles approches pour l'équilibrage de charges et l'ordonnancement pour les grilles de calcul et les systèmes embarqués » et regroupant 4 équipes, 2 en France et 2 en Pologne :

- Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille (LIFL UMR 8022) à l'Université des Sciences et Technologies de Lille (USTL),

- Laboratoire d'Informatique de Grenoble (LIG, UMR 5217), à l'ENSIMAG,
- Institut d'Informatique de l'Académie Polonaise des Sciences à Varsovie (IIPAN),
- Systems Research Institute de l'Académie Polonaise des Sciences à Varsovie.

Le but de ce nouveau projet est de permettre une meilleure utilisation des ressources et une optimisation de l'efficacité de l'exécution parallèle des programmes sur des supports variés (grappes de processeurs, grilles de calcul, systèmes multiprocesseurs et systèmes embarqués parallèles - SoC). Les objectifs sont d'étudier de nouveaux algorithmes concernant la distribution de calcul entre les processeurs (monitoring du matériel et de l'exécution des programmes et équilibrage de la charge), et l'optimisation de la distribution des données relatives aux programmes parallèles avec une intégration dynamique des flots de nouvelles données dans les applications et les plates-formes distribuées. Les recherches doivent permettre de comparer et d'améliorer les approches développées par les équipes pour l'équilibrage de charge dans le cadre des collaborations respectives. Ces approches concernent la théorie des jeux, les agents et les méthodes inspirées par la nature (bio-inspired computing) et l'emploi d'équipes d'agents qui agissent comme des « brokers » de ressources pour les centres de coordinations des traitements. Cette comparaison permettra de donner des bases fondamentales solides à l'équilibrage de charge pour les grilles de calcul et les systèmes embarqués.

Plus précisément, la gestion optimale de ressources est un facteur crucial pour une meilleure utilisation des grilles de calcul et des systèmes embarqués. Ce problème comporte 2 volets. L'équilibrage de charge en est la première étape. Il correspond à répartir la charge du mieux possible sur les différents nœuds de calcul, à agir sur l'ordonnancement dans une seconde étape. Il possède des conséquences importantes sur les temps de calcul et par conséquent, sur la possibilité ou non de l'exécution d'une application. Ce problème a largement été étudié dans le passé. Beaucoup d'outils pratiques ont été développés pour les générations de systèmes parallèles précédents. Plusieurs tentatives ont été étudiées pour étendre ces travaux aux nouveaux systèmes. Néanmoins, les méthodes classiques basées

sur l'optimisation combinatoire pure se révèlent inefficaces car elles n'arrivent pas à capturer toute la complexité de ces nouveaux systèmes. De nouvelles approches ont été de ce fait, proposées. Un premier but de ce projet est donc de les étudier et de les comparer.

Le projet PICS fournit un cadre bénéfique qui permet d'inventer, de tester et de comparer de nouveaux algorithmes qui visent l'accroissement de l'efficacité de l'exécution des programmes et de l'utilisation des ressources dans les systèmes distribués. Ces algorithmes sont développés en utilisant des représentations sous forme de graphes des programmes et des composants dans un environnement de programmation objets, et en utilisant des outils de monitoring lors de l'exécution des programmes. Ils reposent sur des méthodes de communication efficace et des compositions structurelles de systèmes basés sur des grappes de processeurs, des grilles de calcul et des systèmes embarqués. Les travaux envisagés veulent étendre les recherches déjà menées en commun vers les réseaux d'ordinateurs du type grille de calcul, vers de nouvelles méthodes de communication efficace et vers des méthodes pour le contrôle dynamique de l'optimisation dans le cadre de codes et de données distribués. Le projet doit mettre en œuvre des ressources programmées pour surveiller l'exécution des programmes et le comportement des systèmes d'exécution, l'ordonnancement des tâches, l'équilibrage de charge des ressources systèmes et le contrôle des structures de données multi-niveaux qui seront créées et développées au cours du projet.

Le projet doit aussi développer des algorithmes heuristiques pour l'optimisation des programmes parallèles pour les systèmes parallèles multiprocesseurs ainsi que les systèmes embarqués parallèles tels que ceux présents dans les technologies « System On Chip » (SoC). Les travaux incluent le développement de méthodes d'analyse de graphes de programme et des méthodes heuristiques d'optimisation. Il fournira des méthodes en adéquation avec les nouvelles tendances architecturales apparaissant dans le domaine des systèmes parallèles et distribués. En particulier, les technologies SoC et Grilles autorisent une meilleure performance avec une plus grande échelle de parallélisme dans l'exécution des programmes. Cela permettra d'adapter les heuristiques utilisées aux spécificités des systèmes et des programmes. Cette partie du projet a pour but la production de

ces méthodes d'optimisation ainsi que leurs implantations sous la forme de bibliothèques logicielles.

Résultats (publications et thèses)

Les travaux effectués ces cinq dernières années ont donné lieu à 13 publications communes. Quatre thèses soutenues ont bénéficié de cette collaboration.

Publications :

1. V. Felea, E. Laskowski, B. Toursel, M. Tudruj « Optimizing Object Oriented Programs Based on the Byte Code-Defined Data Dependence Graphs », Proceedings of the International Workshop on Concurrent Information Processing and Computing, CIPC 2003, NATO Advanced Workshop, IOS Press.
2. E. Laskowski, R. Olejnik, B. Toursel, M. Tudruj, « Scheduling Byte Code-Defined Data Dependence Graphs of Object Oriented Programs », Proc. of the International Conference on Parallel Computing in Electrical Engineering 2004, Dresden, Sept. 2004.
3. E. Laskowski, R. Olejnik, B. Toursel, M. Tudruj, « Java Byte Code Static Scheduling as an Initial Program Optimization Step », Proceeding Work in Progress at 30th EUROMICRO conference, Rennes, France 2004, ISBN 3-902457-05-08.
4. R. Olejnik, E. Laskowski, B. Toursel, M. Tudruj et I. Alshabani, « Optimized Java computing as an application for Desktop Grid », Cracow Grid Workshop '04 Proceedings, Editors : Marian Bubak, Michał Turała, Kazimierz Wiatr, Published by Academic Computer Centre CYFRONET AGH, Cracow, Poland, ISBN 83-915141-4-5, March 2005.
5. E. Laskowski, M. Tudruj, R. Olejnik, B. Toursel, « Java Byte Code Scheduling Based on the Most-Often-Used-Paths in Programs with Branches », 4th International Symposium on Parallel and

Distributed Computing, ISPDC-05, Lille, France, 4–6 July 2005, IEEE Computer Society, ISBN 0-7695-2434-6.

6. R. Olejnik, E. Laskowski, B. Toursel, M. Tudruj et I. Alshabani, « DG-ADAJ : a Java Computing Platform for Desktop Grid », Cracow Grid Workshop '05 Proceedings, Editors : Marian Bubak, Michał Turała, Kazimierz Wiatr, Published by Academic Computer Centre CYFRONET AGH, Cracow, Poland, April 2006.

7. I. Alshabani, R. Olejnik, B. Toursel, E. Laskowski, M. Tudruj, « A framework for Desktop Grid Applications : CCADAJ », ISPDC 2006, Timisoara, Romania, July 2006.

8. V. Fiolet, E. Laskowski, R. Olejnik, L. Masko, B. Toursel, M. Tudruj : « Optimizing Distributed Data Mining Applications Based on Object Clustering Methods ». In Proceedings of International Symposium on Parallel Computing in Electrical Engineering (Parelec 06), IEEE Computer Society, ISBN 0-7695-2554-7, pp. 257-262, Poland, September 2006.

9. E. Laskowski, M. Tudruj, R. Olejnik, B. Toursel, « Java programs optimization based on the most-often-used-paths approach », LNCS 3911, Springer/Heidelberg, pp. 944-951, 2006.

10. R. Olejnik, B. Toursel, M. Ganzha, M. Paprzycki, « Utilizing Ressource Brokering Agents in Grid-Bases Data Mining », WP in Euromicro PDP 2007, Napoli, Italia, February 2007.

11. V. Fiolet, E. Laskowski, R. Olejnik, L. Masko, B. Toursel, M. Tudruj, « Data Mining on Desktop Grid Platforms », Parallel Processing and Applied Mathematics, 7th International Conference, PPAM 2007, Gdańsk, Poland, September 2007, Revised Papers, LNCS N. 4967.

12. E. Laskowski, M. Tudruj, R. Olejnik, B. Toursel, « Bytecode Scheduling of Java Programs with Branches for Desktop Grid », Future Generation Computer System (FGCS) - The International Journal of Grid Computing : Theory, Methods and Applications, R. Olejnik Ed., Vol. 23, issue 8, Springer Verlag, November 2007, pp. 977-982.

13. R. Olejnik, B. Toursel, M. Ganzha, M. Paprzycki, « Combining software agents and grid middleware ». In : C. Cerin, K.-C. Li (eds.) Proceeding of the GPC 2007 Conference, Springer, Berlin, LNCS 4459, 2007, pp. 678-685.

Thèses :

Violeta Felea, Méthodologie de conception et exécution efficace de programmes Java distribués, Thèse de Doctorat en Informatique, USTL, Lille, Mai 2003 (Directeur Bernard Toursel).

Valérie Fiolet, Algorithmes Distribués d'Extraction de connaissances, Thèse de Doctorat en Informatique, USTL, Lille Décembre 2006 (Directeur Bernard Toursel).

Iyad Alshabani, Un framework pour les composants logiciels distribués et parallèles, Thèse de Doctorat en Informatique, USTL, Lille, Novembre 2006 (Directeurs Bernard Toursel - Richard Olejnik, Co-encadrant).

Eryk Laskowski, Strukturalizacja programów w systemach wieloprocesorowych z redundacją zasobów komunikacyjnych (La structuration des programmes dans des systèmes multiprocesseurs avec une redondance de ressources de communication), Thèse de doctorat, Institut d'Informatique de l'Académie Polonaise des Sciences, Varsovie, 2004 (Directeur Marek Tudruj).