

Réalisation et outils pour une grappe de 200PC pour le calcul scientifique et les serveurs de données

Responsable scientifique : Denis Trystram.

Responsables techniques : Philippe Augerat et Nicolas Capit.

1 - Problématique et Objectifs Scientifiques

La principale contribution du laboratoire ID de l'institut IMAG au projet CIMENT se situe dans la réalisation d'une grosse grappe de PC et dans la conception d'outils logiciel pour le déploiement d'applications parallèles sur cette grappe. Cette grappe vient renforcer un centre de ressources possédant déjà plusieurs grappes hétérogènes, à vocation d'être ouvert sur la communauté nationale. En 2003, Nicolas Capit a remplacé Philippe Augerat à la responsabilité technique du projet, ce dernier ayant demandé un congés au CNRS pour création d'entreprise.

Rappelons brièvement en quoi consiste le projet *grappe 200PC* (appelé dans la suite du document grappe CIMENT) :

- Promouvoir la technologie grappe au sein des utilisateurs de calcul comme solution intermédiaire entre le poste de travail et l'utilisation de grands équipements de calcul ;
- Concevoir et expérimenter une grappe de nouvelle génération intégrant dans le système communication rapide, gestion de mémoire distribuée et support pour les environnements de calcul parallèle ;
- Evaluer une grappe réaliste (200 processeurs) avec des applications réelles dans le domaine du calcul scientifique d'une part et dans le domaine des serveurs d'information d'autre part.

L'installation de la grappe CIMENT devrait permettre d'avancer plus encore sur l'expérimentation des grappes de PC et le développement d'outils pour l'exploitation (utilisation, administration, programmation) de telles architectures. En plus du développement de nombreuses applications (principalement en cartographie, génomique et imagerie) et d'environnements pour l'utilisation de plates-formes d'exécution réparties de grande taille (grilles de grappes et calcul pair-à-pair) des outils pour le déploiement (de systèmes, d'applications) ou pour le passage à l'échelle de mouvements de données sont maintenant opérationnels. La collection de grappes disponibles en fait un unique banc de test pour une étape intermédiaire dans la compréhension des grilles de calcul.

La grappe iCluster est constituée de 225 PCs, don de la compagnie Hewlett Packard en 1999, elle a permis de démarrer certains développements et évaluations prévus sur la nouvelle

grappe CIMENT. L'usage intense du iCluster par une soixantaine de projets en dehors du laboratoire ID a montré le besoin d'infrastructures de grande taille pour la recherche en informatique comme pour la production scientifique des utilisateurs de calcul. Il a prouvé, dans le même temps, que les grappes de PC sont une bonne réponse à ce besoin.

Le projet CIMENT, avec une grappe plus performante, doit permettre de répondre à des applications encore plus gourmandes en mémoire et performances réseaux.

La nouvelle grappe dont l'installation a été effective à l'automne 2003 est composée de 104 bi-processeurs ItaniumII reliés par un réseau rapide. Chaque noeud possède 3Go de mémoire vive. Ils sont interconnectés par plusieurs types de réseaux dont Myrinet et Ethernet Gigabit.

L'environnement logiciel choisi pour l'exploitation de la grappe est issu des expériences menées depuis plusieurs années au laboratoire ID (projet RNTL baptisé CLIC auquel participe le ID en collaboration avec les sociétés Mandrakesoft et Bull, Katoools, etc.). Pour l'instant, la grappe fonctionne avec les solutions fournies par le constructeur).

Cet environnement commun aux grappes de CIMENT permet des échanges de compétences entre ingénieurs et la mise à disposition aisée des outils standards pour le parallélisme ainsi que des apports des laboratoires de recherche (logiciels Athapascan, Ka, Pajé, etc.). La première version de cet environnement logiciel est sorti en juillet 2002, sous forme d'une distribution Linux pour grappes. Au dessus de l'environnement CLIC, l'ACI CIGRI qui a démarré à l'automne 2002 a pour objectif de développer une partie du middleware nécessaire à l'interconnexion des ressources de CIMENT et à l'exécution sur la grille ainsi formée, d'applications développées dans CIMENT (axées en particulier sur des méthodes paramétriques).

Plusieurs équipes nationales ont participé à la mise en place du projet. Régionalement, citons :

- **projet APACHE** (laboratoire ID, UMR CNRS - INPG - INRIA et UJF - responsable : Brigitte Plateau)
- **projet SARDES** (laboratoire LSR, UMR CNRS - INPG - INRIA et UJF - responsable : Jean-Bernard Stefani)
- **projet ReMaP** (laboratoire LIP, UMR CNRS - ENS Lyon-INRIA - responsable : Frédéric Deprez)

2 - Aspects matériels et financiers et Formation

2.1. Aspects matériels

La grappe iCluster de 225 PC standard était un don de la société HP. Elle a été installée en 1999 et a largement bénéficié à la communauté nationale en parallélisme avec une centaine de projets identifiés (dont une soixantaine hors laboratoire). Elle termine sa vie actuellement à l'observatoire, il ne reste plus que 85 machines en état de marche.

Le projet CIMENT a partiellement financé l'acquisition en juin 2003 de la grappe CIMENT (composée de 104 machines bi-processeurs ItaniumII Compaq et de réseaux rapides). Cette grappe a été installée dans les bâtiments de l'INRIA Rhône-Alpes à Montbonnot après des travaux appropriés.

Les équipes concernées ont une action continue et visible autour des serveurs de calculs et de données. Par ailleurs, le projet est largement ouvert à la communauté Rhône-Alpine et nationale. Plusieurs projets nationaux (RNRTL CLIC, RNRT VTHD, ACI GRID, ...) utilisent ou utiliseront l'infrastructure du projet. L'action CIMENT a aussi contribué au démarrage de collaborations industrielles (HP, Bull, Microsoft, Mandrakesoft, Polyspace, Yxendis, etc.) qui fournissent en retour des investissements conséquents (ingénieurs, boursiers, matériel).

2.1. Formation

Outre la participation à des cours post-doctoraux au sein de plusieurs Ecoles doctorales grenobloises, des sessions de formation ont été organisées spécifiquement notamment pour les personnels CNRS. Une formation pour l'installation et l'administration de clusters a également été organisée en 2003.

3 - Projets scientifiques, résultats et perspectives

Les thèmes scientifiques associés au projet couvrent un spectre assez large, en particulier :

- des recherches en matière de **support pour l'exécution de programmes parallèles** (notamment : noyaux exécutifs implantant une machine virtuelle parallèle ; gestion mémoire distribuée ; protocoles réseaux haut-débits) ;
- des recherches en matière d'**algorithmique parallèle et répartie** (notamment : parallélisation, gestion et allocation de ressources: partage, ordonnancement de tâches, multiplexage, réplification, optimisation, etc.; observation et supervision; coordination et synchronisation ; sûreté de fonctionnement et qualité de service);
- des recherches en matière de **modèles de programmation parallèles et répartis** (y compris aspects langages, sémantiques, génération, adaptation et optimisation de code).

- des recherches en matière d'**administration de systèmes** (configuration et reconfiguration, sécurité, authentification, comptabilisation des ressources, observation des ressources).

3.1. Supports d'exécution

Dans le cadre du projet CIMENT, un des problèmes fondamentaux que nous voulons traiter est le passage à l'échelle (*scalability*). Le passage à l'échelle caractérise la capacité d'une application ou d'un système à maintenir des caractéristiques acceptables de performances, de disponibilité et de qualité de service lors d'un accroissement de la taille du système (nombre de composants, nombre d'utilisateurs, étendue géographique, etc.).

La taille de la grappe CIMENT a été fixée à un ordre de grandeur de 200 PC. Cette taille est le minimum nécessaire pour mettre en évidence les problèmes de passage à l'échelle liés à une architecture de plusieurs milliers de processeurs. Ces problèmes concernent essentiellement les aspects suivants :

- l'architecture du réseau d'interconnexion c'est-à-dire la hiérarchie de commutation la plus appropriée pour un type de grappe devant atteindre plusieurs milliers de processeurs.
- il en est de même pour les politiques d'ordonnancement et d'équilibrage de charge d'un grand nombre de processeurs,
- pouvoir évaluer les performances de la grappe sous une charge réelle et comparer à des machines classiques nécessite de pouvoir exécuter une application de calcul scientifique réaliste. Ainsi, l'application de dynamique moléculaire développée par le projet APACHE utilise les 256 processeurs d'un Cray T3E et 25 Go de mémoire pour simuler une protéine réelle dans son milieu (453 000 atomes).
- La taille de la grappe de 200 PC permettra un « passage à l'échelle » pour certains développements logiciels réalisés par le projet ReMaP dans ce cadre, notamment en matière de systèmes de fichiers parallèles et de protocoles de communication pour les réseaux haut-débit. Il en est de même pour les outils de déploiement (fichiers, système d'exploitation, commandes parallèles) développés au sein du projet APACHE

3.2. Applications

Il n'existe pas aujourd'hui de tests synthétiques permettant d'évaluer l'efficacité d'une grappe pour le calcul haute performance ou l'accès intensif à de grandes quantités d'information. C'est pourquoi cette évaluation n'est possible qu'à travers des tests réels issus des différents domaines d'application que sont le calcul scientifique et les serveurs de données. Le projet APACHE a particulièrement investi dans le domaine scientifique depuis plusieurs années et dispose d'une

large palette d'applications opérationnelles ou qui le seront au cours du déploiement de la grappe. L'investissement du projet SARDES dans le domaine est plus récent et concerne les serveurs de données.

Quelques exemples d'application sont présentées plus en détail ci-dessous. La validation des activités de recherche dans le domaine des environnements de programmation parallèle et de l'algorithmique parallèle procède par réalisation d'applications parallèles pilotes dans différents domaines du calcul intensif. Ces réalisations se font par coopération étroite avec les spécialistes des domaines concernés. Cette coopération prend souvent la forme d'un travail de thèse co-encadré.

Cartes géographiques à la demande :

Ce travail s'effectue en collaboration avec l'UMR 8504 Géographie-Cités, elle s'est contractualisé avec les partenaires suivants : Ministère des transports sur la thématique de l'interaction spatiale, un éditeur de CD-ROM pour la production de cartes, le réseau de recherche Hypercarte pour le lissage interactif et la production de cartes animées.

La représentation de données géostatistiques, données sociales comme les indices démographiques ou économiques, nécessite des calculs importants. En effet, une carte exprime la synthèse de données statistiques. Si, par exemple, on souhaite présenter la densité de population sur le globe à partir de la base de donnée référencée (degré par degré UNED Grid ou 5' par 5' de latitude et longitude), la technique utilisée consiste à choisir un « rayon de lissage » R et à calculer en tout point du globe la population située dans un rayon de R km autour de ce point. Les géographes souhaitent agir dynamiquement sur le paramètre pour observer l'effet du rayon de lissage sur la représentation et en déduire des propriétés sur la population étudiée. Produire une carte, avec une précision acceptable pour les géographes peut nécessiter une petite heure sur un PC standard. Cela rend impossible toute interactivité. En parallélisant l'algorithme en MPI puis en Athapascan-1 et en optimisant le code par le choix de bibliothèques adaptées, ce temps a été réduit à quelques secondes sur une architecture parallèle (cluster de quelques PC). Il faut cependant construire une interface avec le réseau internet permettant l'accès distant à la base de données géostatistiques et aux cartes construites en ligne. Une première maquette a été réalisée en 1999. Le problème sous-jacent à cette architecture d'application est de tirer parti des calculs effectués pour la génération des cartes précédentes (flux de demandes de cartes). Cela nécessite une découpe de l'application telle qu'une partie des calculs soit mise dans un cache de calcul. La gestion de ce cache devient alors le principal outil d'accélération de l'application.

Tombé de vêtement :

Ce thème de recherche se positionne dans le cadre de l'animation d'objets tridimensionnels en synthèse d'image, en particulier pour la simulation de textiles pour représenter des personnages habillés.

Afin d'obtenir un résultat réaliste, les lois fondamentales de la physique, faisant intervenir des paramètres comme la vitesse, les forces (gravitation, ...) ou les frottements sont employées pour modéliser le mouvement de plusieurs objets interagissants. Ces modèles sont numériquement très complexes : actuellement le calcul de l'image d'une personne varie de la seconde à plusieurs minutes suivant la complexité du modèle. Un de nos objectifs est de diminuer ce temps par la parallélisation des algorithmes. Cette diminution du temps permettrait d'obtenir des animations dynamiques "temps réel" (24 images par seconde). L'objectif final est la mise en oeuvre d'animation de textiles, c'est-à-dire la visualisation de mannequins portant des habits d'une façon réaliste avec l'intégration de tous les mouvements des tissus si la personne effectue un mouvement.

A l'heure actuelle il existe différents algorithmes permettant d'obtenir des images souhaitées. Les algorithmes permettant d'accélérer le temps d'exécution se décomposent selon la structure suivante : recherche des collisions possibles entre objets, calcul d'une matrice représentant l'environnement global (positions des objets, forces, ...), résolution de systèmes linéaires pour calculer la position des points, leur vitesse et leur accélération. Les opérations coûteuses en calcul étant les résolutions des systèmes linéaires par la méthode du Gradient Conjugué, et la recherche des collisions. Des techniques de parallélisation ont déjà été étudiées pour les méthodes de résolution de grands systèmes linéaires. Des approches itératives avec contrôle d'erreur ont déjà été mises en oeuvre pour la synthèse d'animation.

Génomique :

L'objectif de ce travail de recherche est de proposer une approche générique pour la reconstruction d'arbres phylogénétiques. Ce problème correspond à la filiation entre séquences biologiques (gènes, protéines, espèces vivantes, etc.). Du point de vue informatique, il s'agit de déterminer un résultat global à partir de caractéristiques locales.

La plupart des approches existantes envisagent de construire ces arbres à partir d'alignements multiples de séquences. L'idée que nous poursuivons dans ce projet consiste à effectuer ces deux phases simultanément (alignements multiples et construction de l'arbre). Ceci permet de ne pas manipuler la totalité de la structure de données dont la taille est exponentielle en le nombre de séquences.

Les problèmes biologiques ciblés concernent typiquement des milliers de séquences et donc, conduisent à de très fortes combinatoires. Le parallélisme apparaît ici de façon incontournable pour pouvoir envisager une résolution. Ces modèles sont également plus précis et ont a priori une meilleure pertinence biologique. Une première maquette a été développée sur la grappe iCluster disponible au laboratoire ID.

3.3. Outils d'exploitation pour grappes de PC

Dans le cadre du projet RNTL CLIC, le laboratoire ID participe à la réalisation d'une distribution Linux pour grappe de PCs.

La généralisation de l'usage des grappes passe en effet par l'offre d'interfaces de programmation et d'outils d'administration qui permettront de voir (accéder, administrer, programmer) une grappe de PC comme s'il s'agissait d'une seule machine.

Outre leur intégration en un ensemble homogène et interopérable, la fourniture des standards de programmation parallèle (MPI, PVM), la distribution grappe doit offrir les fonctions suivantes qui font défaut ou ne sont que partiellement fournies dans les distributions actuelles :

- le support de réseaux hautes performances, des architectures IA32 et IA64 monoprocesseurs et multiprocesseurs ;
- des outils de configuration avancée (gestion des noeuds, modularité), les outils d'administration et de surveillance intégrés via une interface unique ;
- des outils d'exploitation permettant de paramétrer finement la partition des ressources de la grappe, les enchaînement d'exécution, les entrées/sorties, etc ;
- un choix d'environnements de programmation parallèle, de débogage et d'analyse de performances.

Le laboratoire contribue au projet RNTL par le développement d'outils d'administration (déploiement, visualisation système, ...), un travail de recherche sur l'amélioration des performances des environnements de programmation (MPI, OpenMP, Athapascan) et enfin, la validation de la distribution ainsi construite sur des grappes en production.

L'évolution probable des architectures de type grappes consiste à faire fonctionner ces grappes entre elles et donc à construire et exploiter des grilles de grappes, potentiellement hétérogènes. C'est la problématique appelée métacomputing. Le laboratoire travaille dans différents domaines dans ce cadre.

Transfert de fichiers haut débit : dans le cadre du projet européen DataGrid, le laboratoire travaille à l'élaboration de mécanismes permettant le transfert de fichiers sur des liens haut débit à grande distance, comme ceux offerts par le projet VTHD. Ces travaux portent à la fois sur la conception d'un protocole ainsi que sur l'implantation de ce protocole au sein d'un système d'exploitation.

Ordonnancement multi-niveaux : la nature hiérarchique des architectures de métacomputing pose de nouveaux problèmes d'ordonnancement tant théoriques que pratiques. Le laboratoire mène à la fois des recherches d'heuristiques adaptées à ces architectures et il développe également l'infrastructure logicielle qui permettra de les implanter efficacement.

Couplage de code : un autre aspect du métacomputing consiste à faire coopérer différents codes existants afin de faire de nouvelles applications scientifiques. C'est notamment le cas de l'application de dynamique moléculaire déjà présentée dans la partie applicative de ce rapport où, encore dans le cadre de VTHD, des composants s'exécutent à Nancy et coopèrent avec d'autres qui s'exécutent eux à Grenoble. Les recherches menées dans ce cadre étudient l'adéquation d'Athapascan-1 à cette problématique de couplage de code.

Enfin, En complément aux approches classiques du métacomputing comme mise en relation d'un faible nombre de ressources de calculs de forte puissance, nous nous intéressons à l'exploitation d'un très grand nombre de machines de faible capacité (typiquement les ordinateurs personnels) pendant leurs périodes d'inactivité. Cette approche est parfois appelée calcul « pair-à-pair ».

Dans ce cadre nous étudions deux facettes de cette problématique d'exploitation. La première concerne l'étude de ce type de système pour le stockage de l'information où nous tentons d'identifier les différents paramètres pertinents permettant de caractériser les performances pour la fonction à réaliser.

La deuxième concerne les capacités de calculs qui cumulées constituent un formidable potentiel. A l'heure actuelle une seule approche de type tâches indépendantes à gros grains et à faible volume de données à traiter semble réaliste. Des études sont donc à mener pour en étendre le domaine d'application. Un projet ACI-GRID vient tout juste de démarrer pour développer une plate-forme d'expérimentation dans ce cadre.

4 - Mise en œuvre et ouverture du projet

L'usage intense du iCluster par une trentaine de projets en dehors du laboratoire ID a montré le besoin d'infrastructures de grande taille pour la recherche en informatique comme pour la production scientifique des utilisateurs de calcul. Il a prouvé, dans le même temps, que les grappes de PC sont une bonne réponse à ce besoin. Le projet CIMENT, avec une grappe plus performante, doit permettre de répondre à des applications encore plus gourmandes en mémoire et performances réseaux.

Le projet CIGRI pour la création d'une grille de grappes de PC qui intégrerait dans une même structure administrative plusieurs grappes installées dans des laboratoires utilisateurs ainsi que le iCluster et la grappe CIMENT vient d'être soutenu dans le cadre de l'ACI GRID. Ce projet doit permettre la mutualisation des ressources de calcul et la diffusion d'expertise en matière d'administration et de programmation des architectures de type grappe.

Bibliographie sélectionnée (2002-2003):

Articles dans des revues internationales avec comité de lecture

[1] P.-F. Dutot, Complexity of Master-slave Tasking on Heterogeneous Trees, European Journal on Operational Research, 2003, To appear

[2] T. Gautier, H. Hong, J.-L. Roch, W. Schreiner, Handbook of Computer Algebra Foundations, Applications, Systems, Springer Verlag, Heidelberg, 2002, ch. Parallel implementation.

[3] A. Goldman, G. Mounie, D. Trystram, 1-Optimality of static BSP computations: scheduling independent chains as a case study, Theoretical Computer Science, 290, 2003, p. 1331-1359.

[4] A. Goldman, D. Trystram, Efficient parallel algorithm for solving the Knapsack problem on hypercube, Journal of Parallel and Distributed Computing - JPDC, to appear.

[5] A. Gupta, G. Parmentier, D. Trystram, Scheduling precedence task graphs with disturbances, RAIRO Operational Research, 2003, to appear.

[6] R. Lepere, G. Mounie, D. Trystram, An Approximation Algorithm for Scheduling Trees of Malleable Tasks, European Journal of Operational Research, 142, 2002, p. 242-249.

[7] R. Lepere, D. Trystram, G. Woeginger, Approximation Scheduling For Malleable Tasks under Precedence constraints, International Journal of Foundation in Computer Science 13, 4, 2002, p. 613-627.

[8] F. Zara, F. Faure, J.-M. Vincent, Parallel Simulation of Large Dynamic System on a PCs Cluster: Application to Cloth Simulation, Special issue on cluster/grid computing in International Journal of Computers and Applications (IJCA), March 2004.

Communications in congresses

[9] J. Allard, M. C. Cabral, C. Goudeseune, H. Kaczmariski, B. Raffin, B. Schaeffer, L. Soares, M. K. Zuffo, Commodity Clusters for Immersive Projection Environments, California, July 2003.

[10] J. Allard, V. Gouranton, G. Lamarque, E. Melin, B. Raffin, Softgenlock: Active Stereo and Genlock for PC Cluster, in : Proceedings of the Joint IPT/EGVE'03 Workshop, Zurich, Switzerland, May 2003.

- [11] J. Allard, B. Raffin, F. Zara, Coupling Parallel Simulation and Multi-display Visualization on a PC Cluster, in : Euro-par 2003, Klagenfurt, Austria, August 2003.
- [12] A. Benoit, L. Brenner, P. Fernandes, B. Plateau, W. Stewart, The PEPS Software tool, in : 13th International Conference on Modelling Techniques and Tools for Computer Performance Evaluation, Springer, Urbana, Illinois, USA, September 2003.
- [13] A. Benoit, L. Brenner, P. Fernandes, B. Plateau, Agregation of Stochastic Automata with replicas, in : International Conference on the Numerical Solution of Markov Chains, Urbana, Illinois, USA, September 2003.
- [14] A. Benoit, B. Plateau, W. Stewart, Memory-efficient Kronecker algorithms with applications to the modelling of parallel systems, in : International Parallel and Distributed Processing Symposium, Workshop on Performance Modeling, Evaluation, and Optimization of Parallel and Distributed Systems, Nice, Avril 2003.
- [15] J. Blazewicz, M. Kovalyov, M. Machowiak, D. Trystram, J. Weglarz, Exact algorithms for scheduling Malleable Tasks, in : EURO - INFORMS, Istanbul, Turkey, july 2003.
- [16] N. Capit, G. D. Costa, G. Huard, C. Martin, G. Mounié, P. Neyron, O. Richard, Expériences autour d'une nouvelle approche de conception d'un gestionnaire de travaux pour grappe, in : Actes de CFSE 2003, 2003.
- [17] J. Chassin de Kergommeaux, C. Guilloud, B. de Oliveira Stein, Flexible performance debugging of parallel and distributed applications, in : Proc. of Euro-Par 2003, H. Kosch, L. Bszrmnyi, H. Hellwagner (editors), LNCS, 2790, Springer Verlag, p. 38-46, August 2003.
- [18] J.-G. Dumas, T. Gautier, M. Giesbrecht, P. Giorgi, B. Hovinen, E. Kaltofen, B. Saunders, W. Turner, G. Villard, Linbox: a Generic Library for Exact Linear Algebra, in : Proceedings of ICMS'2002 : International Congress of Mathematical Software, Beijing, China, August 2002.
- [19] J.-G. Dumas, T. Gautier, C. Pernet, Finite Field Linear Algebra Subroutines, in : Proceedings of ISSAC'2002: International Symposium on Symbolic and Algebraic Computations, Lille, France, July 2002.
- [20] Durand, Y. and Perret, S. and Vincent, J-M. and Marchand, C. and Ottogalli, F-G. and Olive, V. and Martin, S. and Dumant, B. and Chambon, S., SIDRAH: A software infrastructure for a resilient community of wireless devices, in : Smart Objects Conference, p. 134-137, 2003.

- [21] P.-F. Dutot, G. Mounie, D. Trystram, Scheduling Parallel Tasks: Approximation algorithms, in : Handbook on Scheduling algorithms: Algorithms, Models and Performance Analysis, C. p. Joseph Leung Ed. (editor), to appear april 2004.
- [22] P.-F. Dutot, Ordonnancement de tâches identiques sur réseau hétérogène, in : École thématique sur la globalisation de ressources informatiques et des données, INRIA, p. 375-384, December 2002.
- [23] P.-F. Dutot, Master-slave Tasking on Heterogeneous Processors, in : International Parallel and Distributed Processing Symposium, IEEE Computer Society Press, April 2003.
- [24] J. Garstecki, Generation of conformance test suites for parallel and distributed languages and APIs, in : Eleventh Euromicro Conference on Parallel, Distributed and Network-Based Processing, IEEE, p. 308-315, 2003.
- [25] T. Gautier, H. Hamidi, HOMA: un compilateur IDL optimisant les communications des données pour la composition d'invocations de méthodes CORBA, in : Proceedings des Rencontres Francophones du Parallélisme (RenPar'15), p. 127-134, La Colle sur Loup, France, 2003.
- [26] P. Lombard, Y. Denneulin, O. Valentin, A. Lebre, Improving the Performances of a Distributed NFS Implementation, in : To appear in the Proceedings of the Fifth International Conference on Parallel Processing and Applied Mathematics (PPAM 2003), Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, September 2003.
- [27] P. Lombard, A. Lebre, C. Guinet, O. Valentin, Y. Denneulin, NFSg: A Distributed File System for Clusters and Grids, in : Workshop at the Fifth International Conference on Parallel Processing and Applied Mathematics (PPAM 2003), Special session: Large Scale Scientific Computations, September 2003.
- [28] A. Mahjoub, C. Rapine, D. Trystram, Influence of starting solutions on the stabilization of scheduling algorithms, in : EURO - INFORMS, Istanbul, Turkey, july 2003.
- [29] Marchand, C. and Da Costa, G., Éléments de caractérisation des environnements des systèmes Pair à Pair, in : Proceedings des Rencontres Francophones du Parallélisme (RenPar'15), INRIA (editor), p. 161-168, La Colle sur Loup, France, October 2003.
- [30] Marchand, C. and Da Costa, G., Traces et profils utilisateurs dans les systèmes Pair à Pair, application à l'ADSL, in : Atelier d'Evaluation de Performances 2003, Reims, France, 2003.

- [31] Marchand, C. and Vincent, J-M., Détecteurs de défaillances et qualité de service dans un réseau ad-hoc hétérogène, in : CFSE'3, INRIA (editor), p. 525-536, La Colle sur Loup, France, October 2003.
- [32] B. Plateau, The Grid : Challenges and Research issues, in : Proceedings of the 13th International Conference on Domain Decomposition Methods, LNCS 2550, Hanoi, Vietnam, december 2002.
- [33] R. Revire, F. Zara, T. Gautier, Efficient and Easy Parallel Implementation of Large Numerical Simulation, in : Proceedings of ParSim03 of EuroPVM/MPI03, Springer (editor), p. 663-666, Venice, Italy, 2003.
- [34] B. Richard, D. Chalon, D. M. Nioclais, Clique: A transparent, peer-to-peer replicated system, in : Proceedings of the 4th International Conference on Mobile Data Management, Melbourne, Australia, January, 2003, 2003.
- [35] A. Tchernykh, D. Trystram, On-line scheduling of multi-processor jobs with idle regulation, in : PPAM, Fifth International Conference on Parallel Processing and Applied Mathematics, Czestochowa, Poland, 7-10 september 2003.
- [36] S. Varrette, J.-L. Roch, Certification logicielle de Calcul Global avec dépendances sur grille, in : Proceedings des Rencontres Francophones du Parallélisme (RenPar'15), M. Auguin, F. Baude, D. Lavenier, M. Riveill (editors), p. 169-176, La-Colle-Sur-Loup, France, 15-17 Octobre 2003.
- [37] Vincent, J-M. and Marchand, C., On the exact simulation of functionals of stationary Markov chains, in : Fourth International Conference on the Numerical Solution of Markov Chains (NSMC'03), p. 77-97, Urbana, Illinois, USA, September 2003.
- [38] F. Zara, F. Faure, J.-M. Vincent, Physical cloth simulation on a PC cluster, in : Fourth Eurographics Workshop on Parallel Graphics and Visualization 2002, X. P. D. Bartz, E. Reinhard (editors), p. 105-112, Blaubeuren, Germany, September 2002.
- [39] F. Zara, J.-M. Vincent, F. Faure, Coupling Parallel Simulation and Parallel Visualization on PC Clusters, in : Commodity Cluster for Virtual Reality 2003, VR 2003 Workshop, Los Angeles, USA, March 2003.