

Projet RÉSÉDAS

*Outils Logiciels pour les Télécommunications et les Systèmes
Distribués*

Nancy

THÈME 1B



*R*apport
*A*ctivité

1999

Table des matières

1	Composition de l'équipe	3
2	Présentation et objectifs généraux	4
3	Fondements scientifiques	5
3.1	Supervision et contrôle	5
3.2	Évolution des protocoles et des réseaux	6
3.3	Calculs distribués et échange des données entre processeurs	8
4	Domaines d'applications	10
4.1	Supervision et contrôle	10
4.2	Évolution des protocoles et des réseaux	11
4.2.1	Ipv6	12
4.2.2	Réseaux programmables	13
4.2.3	Ad-hoc	13
4.3	Calculs distribués et échange des données entre processeurs	14
4.3.1	L'approche <i>MeDLey</i>	15
4.3.2	<i>Scilab</i>	15
4.3.3	Problèmes irréguliers à gros grain	16
5	Logiciels	17
5.1	MODERES Java	17
5.2	IPv6Agent	18
5.3	COJ & JTMN	18
5.4	<i>Scilab//</i>	19
5.5	Para++	19
5.6	<i>MeDLey</i>	20
5.7	CGM	20
5.8	AutoLink et AutoMap	20
6	Résultats nouveaux	21
6.1	Gestion de réseaux et services	21
6.2	Évolution des protocoles et des réseaux	22
6.2.1	IPv6	22
6.2.2	Réseaux programmables	23
6.2.3	Réseaux ad-hoc	24
6.3	Calculs distribués et échange des données entre processeurs	24
6.3.1	<i>MeDLey</i>	24
6.3.2	<i>Scilab//</i>	25
6.3.3	Scalable Coarse Grained Multiprocessors	25
6.3.4	Factorisation LU creuse en parallèle	26

7 Contrats industriels (nationaux, européens et internationaux)	27
7.1 ANTARES I & II	27
7.2 Communications and Systems - Telecommunications	27
7.3 REVE	28
7.4 AMARRAGE	28
7.5 ANAIS	28
7.6 SPIHD	29
7.7 PAROL	29
8 Actions régionales, nationales et internationales	30
8.1 Relations bilatérales internationales	30
8.2 Actions nationales	31
8.3 Actions régionales	31
8.4 Accueil de chercheurs étrangers	32
9 Diffusion de résultats	32
9.1 Animation de la communauté scientifique	32
9.2 Diffusion des connaissances	33
9.3 Participation à des colloques et jurys de thèse	34
10 Bibliographie	34

RÉSÉDAS est un projet du LORIA (UMR 7503) commun au CNRS, à l'INRIA, à l'Université Henri POINCARÉ Nancy 1, à l'Université Nancy 2 et à l'Institut National Polytechnique de Lorraine.

1 Composition de l'équipe

Responsable scientifique

André SCHAFF [Professeur, ESIAL - UHP]

Responsable permanent

Olivier FESTOR, [CR INRIA]

Assistante de projet

Josiane REFFORT [Adjointe administrative, U. de Nancy 1 - UHP]

Personnel Inria

Stéphane D'ALU [IE depuis le 1/11/99]

Éric FLEURY [CR]

Jens GUSTEDT [DR]

Abdelhamid JOUMDANE [IE INRIA/DYADE depuis le 1/10/99]

Nizar BEN YOUSSEF [IE INRIA/DYADE jusqu'au 30/09/99, IE BullSoft depuis le 1/10/99]

Personnel Université

Laurent ANDREY [Maître de conférences, U. de Nancy 2 (depuis le 1/10/99), IE DYADE jusqu'au 30/09/99]

Isabelle CHRISMENT [Maître de conférences, U. de Nancy 2]

Johanne COHEN [ATER U. de Nancy I - UHP, depuis le 1/10/99]

Jacques GUYARD [Maître de conférences Hab., U. de Nancy 1 - UHP]

Michaël KRAJECKI [ATER, jusqu'au 31/08/99]

Emmanuel NATAF [Maître de conférences, U. de Nancy 2 (depuis le 1/10/99, ATER U. de Nancy I - UHP, jusqu'au 30/09/99)]

Chercheur associé

Michel COSNARD [Professeur, Directeur du LORIA et de l'INRIA Lorraine]

Chercheurs doctorants

Ramzi AZAIEZ [Boursier tunisien depuis le 1/10/99]

Ghassan CHADDOUD [Boursier syrien, 2ème année]

Laurent CIARLETTA [NIST, USA, 2ème année]

Tawfik ES-SQALLI [Allocataire CCH, 3ème année]

Virginie GALTIER [Boursière BDI, 2ème année]
Laura GRIGORI [Allocataire MESR, 2ème année]
Daniela GRIGORI [en coopération avec l'avant-projet ECOO, 2ème année]
Hend KOUBAA [Boursière tunisienne, depuis le 1/10/99]
Martial MICHEL [NIST, USA, 3ème année]
Radu STATE [en coopération avec CS-Télécom, 2ème année]

Stagiaires

Najib BOUBAKER [SUP-COM, Tunis, Tunisie]
Khadija BOUMAHDI [ENSIAS, Rabat, Maroc]
Guillaume CHELIUS [ENS-Lyon]
Sergiu DARABANT [jusqu'au 15/11/99 en coopération avec CS-Télécom]
Mohammed ESSAIDI [Faculté des Sciences de Tunis]
Francois-Xavier DURANCEAU [DEA, U. de Nancy I - UHP]
Abdelhamid JOUMDANE [EMI, Rabat]
Hend KOUBAA [DEA, U. de Nancy I - UHP]
Fatma LOUATI [Faculté des Sciences de Tunis]
Ismaila NDIAYE [DEA (UHP)]
Mihaela PERTEA [jusqu'au 15/05/99 en coopération avec CS-Télécom]
Nabil SAHLI [ENSIAS, Rabat, Maroc]
Philippe SONNTAG [Thèse CNAM soutenue le 4/2/99]
Jalal ZARHOUN [EMI, Rabat, Maroc]

2 Présentation et objectifs généraux

Mots clés : réseaux, télécommunications, calcul distribué, environnement de programmation, gestion de réseau, gestion de service, IPv6, OSI, CORBA, passage de messages, placement, services de communication, protocole de communication, RGT, réseaux actifs, spécification formelle, test, validation, WBEM.

Le projet RÉSÉDAS a pour cadre général l'étude de solutions innovantes et la conception d'outils logiciels pour faciliter le développement, le déploiement et l'exploitation de services, protocoles et applications distribuées sur des réseaux de télécommunications et des réseaux locaux.

Dans ce cadre, le groupe développe des activités sur les trois thèmes suivants :

- (i) supervision et contrôle des réseaux et services de télécommunication ;
- (ii) évolution des protocoles et des réseaux ;
- (iii) calculs distribués et échange des données entre processeurs.

Autour de ces thèmes, le groupe maintient et développe des travaux autour des méthodes formelles pour les réseaux et les systèmes distribués.

3 Fondements scientifiques

3.1 Supervision et contrôle

Participants : Laurent ANDREY, Isabelle CHRISMENT, Olivier FESTOR
[Correspondant], Abdelhamid JOUMDANE, Emmanuel NATAF, André SCHAFF, Radu STATE,
Nizar BEN YOUSSEF.

Mots clés : CORBA, environnement de programmation, gestion de réseau, gestion de service, Java, OSI, RGT, simulation, spécification formelle, SNMP, test, WBEM.

Glossaire :

CORBA : Common Object Request Broker Architecture

OSI : Open Systems Interconnection

RGT : Réseau de Gestion des Télécommunications

SNMP : Simple Network Management Protocol

WBEM : Web-Based Enterprise Management

Résumé : *La gestion de réseaux et de services regroupe l'ensemble des activités humaines et technologiques mises en place pour assurer le bon fonctionnement de tous les composants logiques et physiques des réseaux dans le but de fournir des services fiables à moindre coût aux usagers. Du point de vue technologique, elle comprend l'ensemble des systèmes conçus pour superviser les composants gérés et agir sur les ressources du système d'informations. Cette activité est aujourd'hui centrale dans la planification, le déploiement, l'exploitation et la maintenance des réseaux et services. Longtemps limitée à la gestion des équipements, celle-ci s'est largement développée et englobe aujourd'hui, en plus de la gestion des équipements, celle des réseaux (qui offre une vue de l'interconnexion des équipements), des services déployés sur ces réseaux ainsi que des applications qui exploitent les services offerts.*

Reconnue comme l'une des composantes critiques des systèmes d'informations d'aujourd'hui et de demain, la gestion de réseaux et de services doit répondre à de nombreux défis tels que le passage à très grande échelle, l'intégration de nouvelles approches, l'ouverture aux architectures distribuées et coopératives, la prise en compte de nouveaux paradigmes (réseaux programmables, réseaux actifs, bus logiciels orientés messages, ...), le support de nouvelles technologies (CORBA, Java, JINI, XML ...) et s'appliquer naturellement à de nouveaux services, protocoles et besoins des usagers (Ipv6, mobilité, différenciation/réservation de services, réseaux actifs, réseaux programmables, ...).

Malgré de nombreux efforts et années de normalisation, plusieurs approches perdurent dans le domaine. L'approche normalisée OSI, étendue dans l'architecture du RGT est utilisée pour la gestion des réseaux de télécommunications (SDH, GSM, ...). L'approche SNMP est largement répandue dans le domaine de la gestion des équipements et celui des réseaux locaux. Les normes TL.1 sont principalement utilisées aux États-Unis pour la gestion de nombreux équipements

de télécommunication. Ces approches sont complétées par des solutions propriétaires encore existantes.

Parallèlement à l'existant, de nouveaux paradigmes et technologies émergent et s'appliquent avec succès au domaine de la gestion de réseaux et de services. Des approches basées sur des bus logiciels tels que CORBA ou centrées sur l'exploitation des agents mobiles et/ou des réseaux programmables font leur apparition et des technologies telles que Java, WBEM et XML s'imposent peu à peu.

Reconnue comme l'une des composantes critiques des systèmes d'informations d'aujourd'hui et de demain, la gestion de réseaux et de services doit dès à présent faire face à de nombreux défis dont les principaux sont :

– **développer une ingénierie spécifique et fédératrice**

il n'existe pas à ce jour d'ingénierie spécifique au domaine permettant de concevoir une architecture de gestion indépendante de toute approche ou solution technologique. En effet, actuellement, toute conception actuelle se place nécessairement dans le contexte d'une technologie donnée (ex. approche OSI ou SNMP). Il est nécessaire de se pencher sur une telle ingénierie, de contribuer à définir des passerelles entre approches tout en permettant à l'ingénierie de gestion d'utiliser au mieux les nouveaux paradigmes utiles en gestion tels que les réseaux programmables, la gestion coopérative et/ou les nouveaux *middleware* ;

– **intégrer de nouveaux paradigmes et technologies**

des nouveaux paradigmes ainsi que des nouvelles technologies (ex. le Web, Java, CORBA, agents mobiles, XML, réseaux actifs . . .) trouvent, dans le domaine de la gestion des réseaux et services, un champ d'application prometteur. Il faut étudier leur apport, l'impact que ces approches ont sur les paradigmes existants et fournir des propositions d'intégration dans une architecture globale de conception de solutions de supervision ;

– **superviser les nouveaux protocoles, services et répondre aux besoins des opérateurs et usagers**

l'évolution des protocoles et services de communication engendre une forte demande en solutions de supervision et il convient d'étudier et de proposer des solutions pour ces architectures (ex. IPv6, réseaux ad-hoc, services Java, . . .) ;

La gestion des réseaux et des services se situe à la croisée de nombreux domaines de recherche en informatique, réseaux et télécommunications, domaines sur lesquels s'appuient les solutions proposées. De multiples travaux de recherche sont à mener sur ce domaine fortement concurrentiel et totalement ouvert aujourd'hui.

3.2 Évolution des protocoles et des réseaux

Participants : Laurent ANDREY, Ramzi AZAIEZ, Ghassan CHADDOUD, Laurent CIARLETTA, Isabelle CHRISMENT, Johanne COHEN, Olivier FESTOR, Éric FLEURY [Correspondant], Virginie GALTIER, Jens GUSTEDT, Hend KOUBAA, André SCHAFF.

Mots clés : Internet, IPv6, multimédia, protocole de communication, temps réel,

multipoint, services, SNMP, réseau ad-hoc, réseau programmable, Java.

Glossaire :

IPv6 Internet Protocol version 6

SNMP Simple Network Management Protocol

Résumé : *Le monde des réseaux tel que nous pouvons le vivre à l'heure actuelle est en pleine mutation. De part l'importance primordiale et prépondérante que notre société accorde aux télécommunications, à l'Internet, à la toile, aux application dites « multimédia », en résumé aux réseaux dans leur globalité, les évolutions de ces derniers émergent dans tous les secteurs de la recherche et offrent de nombreux domaines d'application.*

Trois architectures de réseaux retiennent tout particulièrement notre attention : IPv6, les réseaux ad-hoc et les réseaux programmables. De nombreux défis sont à relever et de nombreux travaux sont à mener sur ces architectures. Citons les besoins suivants :

- *faciliter et encourager le déploiement de nouveaux services.*

Les nouveaux réseaux doivent permettre le développement, le déploiement et la supervision de nouveaux services dans des échelles de temps très courtes adaptées aux évolutions technologiques et aux besoins des usagers. Pour cela, les réseaux doivent offrir une infrastructure logicielle ouverte pour la gestion de la qualité de services et de la signalisation ;

- *maîtriser la mobilité.*

L'essor de la mobilité dans les réseaux de communication fait apparaître des besoins envers les services et les protocoles réseaux mais également envers les services déployés sur ces réseaux. De nombreux travaux sur l'adaptation des services, le routage, la communication de groupe, le passage à l'échelle et la signalisation ouverte vis-à-vis de la mobilité sont à mener ;

- *prendre en compte les besoins de sécurité.*

L'ouverture des architectures, la multiplication des services, l'explosion du commerce électronique requièrent la définition d'architectures logicielles et l'émergence de nouveaux protocoles de sécurité répondant aux exigences des nouveaux services.

Le projet RÉSÉDAS n'a pas vocation à répondre de façon exhaustive à tous les défis posés par l'évolution des réseaux dans leur ensemble ! Dans ce contexte, nous travaillons sur les technologies réseau de demain et étudions des protocoles et services précis qui seront utiles aux applications nouvelles que l'on pourra rencontrer sur les architectures citées précédemment.

L'évolution rapide des technologies vers des réseaux haut-débit et/ou la vitesse de plus en plus rapide des processeurs ont favorisé le développement de nouvelles classes d'applications comme l'audio, la vidéo conférence et le travail coopératif avec de nouveaux besoins en communication. Dans un futur proche, les réseaux devront faire face à une demande croissante de

nouveaux services et devront intégrer une architecture logicielle capable de les déployer, de les opérer, de les superviser et de les faire évoluer dans des délais très brefs. La conception d'une telle architecture est l'un des défis majeurs pour les réseaux du futur. Sa disponibilité sera le principal critère de réactivité d'un opérateur ou fournisseur de services lui donnant ainsi les moyens de différenciation et d'offre de services à valeur ajoutée.

À cette évolution des services et de leurs usages, s'ajoute le développement des aspects mobilité qui a été rendu possible grâce aux communications sans fils (WaveLAN, GSM, satellites,...). Couplées aux nouveaux services tels que la communication de groupe et aux besoins de déploiement dynamique, les architectures pour la mobilité requièrent de nombreux travaux de recherche. Parmi ces besoins, on peut citer des recherches sur l'adaptation des services aux réseaux mobiles, la définition de nouveaux protocoles de routage avec garantie de qualité de services et l'étude d'architectures de signalisation ouverte pour le déploiement de nouveaux services.

Le déploiement dynamique de nouveaux services, le support de la mobilité, l'évolution des protocoles de communication de groupes et la nature même des nouvelles applications qui utilisent ces services (télévision numérique terrestre, commerce électronique,...) requièrent de nouvelles architectures logicielles et le développement de nouveaux protocoles pour la sécurisation de ces services. De tels composants sont notamment à développer pour les communications de groupes, les réseaux programmables et les espaces intelligents.

Les différents types de réseaux émergents tels qu'IPv6, les réseaux programmables et les réseaux ad-hoc ont en commun de nombreux besoins liés aux trois défis présentés dans cette section. C'est principalement sur ces trois types d'infrastructures que le projet RÉSEDAS développe son activité de recherche.

3.3 Calculs distribués et échange des données entre processeurs

Participants : Michel COSNARD, Éric FLEURY, Jacques GUYARD [Correspondant], Laura GRIGORI, Jens GUSTEDT, Tawfik ES-SQALLI, Michaël KRAJECKI, Martial MICHEL, André SCHAFF.

Mots clés : calcul distribué, environnement de programmation, évaluation de performance, MPI, passage de messages, placement, PVM, réseau de stations, CORBA, systèmes distribués.

Glossaire :

MPI: Message Passing Interface

PVM: Parallel Virtual Machine

CORBA: Common Object Request Broker Architecture

CGM: Coarse Grained Multiprocessor

Résumé : *Les principaux demandeurs de puissance de calcul se trouvent le plus souvent à l'extérieur de l'informatique: ce sont surtout des physiciens, des chimistes ou des mathématiciens qui élaborent des modèles mathématiques de plus en plus sophistiqués et gourmands en ressources de calcul, ce qui les conduit tout naturellement vers une implantation parallèle de ces modèles.*

Les buts du groupe sont de répondre à ces besoins concrets par la conception et la réalisation des outils de développement, d'expérimentation et l'étude des fondements théoriques appropriés.

La conception et l'implantation de programmes sur des machines parallèles qui sont de plus en plus compliquées est rendue accessible à des utilisateurs même non informaticiens par la grande disponibilité de bibliothèques de communication permettant en quelque sorte de rendre parallèles les langages séquentiels usuels (C, C++ ou Fortran). Cette approche est basée sur la construction d'une application parallèle en terme de tâches communicantes. Chaque tâche exécute un code séquentiel et coopère avec les autres en utilisant les primitives des bibliothèques de communication. Ce mode de programmation très intuitif demande une certaine expertise pour obtenir des performances raisonnables à l'exécution. De plus, l'utilisation des bibliothèques peut sembler très simple, mais il faut tenir compte de certains paramètres (taille des buffers, constitution des messages, ...) pour ne pas subir de graves dégradations de performances. Il découle de ce modèle la possibilité de définir des "machines parallèles virtuelles", constituées d'un ensemble de stations de travail reliées par un réseau comme autant de processeurs d'une machine parallèle. Vue la puissance actuelle des différents processeurs, de tels réseaux représentent en effet un potentiel de calcul intéressant. Mais leur utilisation ne peut se faire naïvement comme une véritable machine parallèle. Les bibliothèques de communication fonctionnent sur le modèle du passage de messages. Elles permettent de gérer de façon dynamique les échanges de données et la synchronisation entre tâches. Parmi les nombreuses bibliothèques de communication existantes, MPI est en train de s'imposer comme standard.

Cette démarche s'inscrit dans ce que l'on appelle le méta-computing, c'est-à-dire la possibilité pour un utilisateur de concevoir, d'implanter et de faire fonctionner des algorithmes de façon transparente sur une machine séquentielle ou dotée d'un parallélisme réel ou virtuel. Les problèmes que l'on peut rencontrer dans ces nouveaux types d'application peuvent être familiers : équilibrage de charge, placement des données, gestion de caches, tolérance aux pannes, mais ces problèmes sont rendus plus pointus et plus ardues par la plus grande taille de l'échelle des domaines considérés et par les performances requises qui conduisent de ce fait à des problèmes de génie logiciel.

Les modèles théoriques classiques de parallélisme (PRAM) ou calcul distribué (réseaux d'interconnexions spécifiques) couvrent mal ce mode de calcul, et ce n'est que récemment que les informaticiens ont fait des efforts pour suivre cette évolution importante, notamment par les modèles BSP [Val90], et CGM [DFRC96].

Le modèle *CGM*, Coarse Grained Multiprocessor, est un modèle de parallélisation de type *MIMD* (Multiple Instruction – Multiple Data) dérivé du modèle *BSP* proposé par Valiant [Val90]. Il a été introduit par Dehne et al [DFRC96]. Son but est de s'abstraire le plus possible de la conception réelle d'une machine parallèle ou d'un réseau de stations, qui pourront être :

- un multi-processeurs (Origin2000),
- un réseau de processeurs (T3E), ou

[Val90] L. G. VALIANT, « A bridging model for parallel computation », *Communications of the ACM* 33, 8, 1990, p. 103–111.

[DFRC96] F. DEHNE, A. FABRI, A. RAU-CHAPLIN, « Scalable parallel computational geometry for coarse grained multicomputers », *International Journal on Computational Geometry* 6, 3, 1996, p. 379–400.

- un réseau de stations de travail (Sun) ou de PCs (Linux).

Bien que négligeant les mesures très fines que *BSP* propose, le modèle *CGM* se fonde sur celui-ci par quelques axes communs :

- la prise en compte du coût élevé des instructions à distance ;
- le pré-requis d'économie de l'utilisation de ressources ;
- la conception d'algorithmes en phases alternantes de calcul local et communication globale ;
- l'hypothèse du gros grain ;
- le pré-requis d'indépendance du nombre de données.

Le but principal du projet est de fournir avec *CGM* un fondement stable et fiable pour le calcul réparti sur des données irrégulières. Ceci consiste aussi bien à une recherche théorique qu'à l'implémentation d'une bibliothèque (aussi nommée *CGM*) et à la réalisation ainsi qu'à l'évaluation des expériences sur des grosses données et des variétés de plates-formes.

Un des buts est également de rendre accessible une partie des algorithmes développés pour des modèles à grain fin. En particulier, il y a un grand nombre d'algorithmes développés dans le modèle PRAM, qui travaillent tous d'une façon similaire : ils réduisent une instance de taille n à une de taille εn , $0 < \varepsilon < 1$, et effectuent la récurrence sur cette instance plus petite. Si on résout alors le problème en séquentiel sur une seule des machines dès que la taille le permet, on remarque qu'un tel algorithme adapté à *CGM* n'a qu'une profondeur de récurrence de $\log_\varepsilon p$.

Enfin, nos travaux se portent aussi sur les méthodes de parallélisation automatique qui constituent un sujet de recherche en plein développement, en particulier dans le domaine de la compilation automatique à grain fin (instructions) de programmes séquentiels réguliers sur machines parallèles.

4 Domaines d'applications

4.1 Supervision et contrôle

Participants : Laurent ANDREY, Isabelle CHRISMENT, Olivier FESTOR [Correspondant], Emmanuel NATAF, André SCHAFF, Radu STATE, Nizar BEN YOUSSEF.

Résumé :

Le projet RÉSEDAS développe des activités de recherche sur l'ensemble des domaines liés à la gestion de réseaux et de services. Les travaux se divisent en trois domaines complémentaires comme suit :

1. *modèles de l'information (conception, validation, intégration, nouvelles approches, nouveaux paradigmes, ingénierie),*
2. *plates-formes et environnements logiciels (nouvelles technologies pour le RGT, outils d'intégration, agents mobiles, services d'annuaire, bus logiciels orientés messages, ...),*
3. *déploiement et expérimentation (fusion des domaines 1 et 2 sur des cas d'études issus des besoins des réseaux et services).*

Dans le domaine de la conception des modèles de l'information, nos travaux portent d'une part sur l'étude et l'enrichissement des modèles existants ainsi que sur les modèles émergents tels que CIM (modèle de l'information standardisé par le Distributed Management Task Force), d'autre part sur la conception d'une ingénierie indépendante de toute approche permettant la conception de modèles génériques traductibles dans des étapes ultérieures vers différentes approches. De nombreuses études ont notamment porté dans le groupe sur la validation des modèles de l'information et sur l'intégration de modèles issus de différentes approches.

Dans le domaine des plates-formes et nouvelles architectures, nos travaux se concentrent sur l'intégration de la technologie Java dans les architectures existantes ainsi que sur l'utilisation de nouveaux paradigmes tels que les plates-formes à agents mobiles, les réseaux actifs et/ou programmables, les *middleware* orientés-message (MOM).

Les études de terrain nous permettent de coupler les travaux des deux thèmes précédents et d'expérimenter nos propositions sur des cas concrets. Cette activité consiste principalement à construire une solution de supervision et de contrôle complète (niveau réseau ou service) pour un besoin donné. Des travaux d'application sont notamment en cours sur IPv6, les réseaux actifs, des réseaux multi-couches (FrameRelay over ATM). D'autres domaines tels que les réseaux ad-hoc sont en cours d'étude. Les domaines d'application représentent aujourd'hui notre principale activité et démontrent la synergie entre les différents thèmes de recherche développés dans le projet.

4.2 Évolution des protocoles et des réseaux

Participants : Laurent ANDREY, Ghassan CHADDOUD, Laurent CIARLETTA, Isabelle CHRISMENT, Johanne COHEN, Olivier FESTOR, Éric FLEURY [Correspondant], Virginie GALTIER, Jens GUSTEDT, Hend KOUBAA, André SCHAFF.

Résumé : *Face aux défis du domaine, le projet RÉSÉDAS étudie trois types de réseaux : le réseau IPv6, les réseaux programmables et les réseaux ad-hoc.*

Sur ces trois architectures, le projet développe et maintient une plate-forme expérimentale et conçoit des propositions d'architectures logicielles, des services et protocoles répondant aux défis que sont : l'insertion et le déploiement de nouveaux services, la prise en compte de la sécurité et la maîtrise de la mobilité.

Bien que les trois types de réseaux, pour lesquels nous déployons et maintenons trois plates-formes expérimentales, puissent apparaître comme distincts à priori, nous nous efforçons de créer des synergies entre ces trois domaines d'études. Comme nous le détaillons ci-dessous, ces « trois types de réseaux » ne sont pas sans connexion les uns avec les autres et le contraire eut été à notre avis une erreur. En effet, notre proposition de nœud actif est construite au dessus d'IPv6, la plate-forme ad-hoc et les divers protocoles de routage que nous proposons vont devoir être testés au dessus d'une pile IPv6 et pour finir, les protocoles de mobilité mis en œuvre dans IPv6 vont pouvoir être implantés à l'aide des réseaux programmables et testés en grandeur nature sur la plate-forme ad-hoc.

4.2.1 Ipv6

La plate-forme IPv6 mise en place au sein du projet RÉSEDAS est raccordée au réseau expérimental mondial du 6-Bone via le hub régional de l'Université de Strasbourg, et via le point d'interconnexion de l'INRIA Rhône-Alpes localisé à Montbonnot.

Les domaines d'applications concernent les points suivants :

- La différenciation de services. Le modèle traditionnel et le modèle des services intégrés représentent deux extrêmes. Le modèle traditionnel ne fait aucune différence entre les flux alors que le modèle des services intégrés isole chaque flux qui fait une réservation. La différenciation de services semble être un bon compromis. Nous voulons regarder ce modèle de services différenciés dans le cadre du trafic multicast et mettre en place une architecture permettant un déploiement et une gestion de ces services.
- La recherche de protocoles qui assurent la sécurité des communications de groupes tout en satisfaisant les conditions suivantes :
 - temps minimal de configuration de groupe,
 - trafic aussi réduit que possible,
 - groupe dynamique c-à-d suppression et ajout d'un membre possible à tout moment,
 - indépendance des protocoles de routage,
 - confidentialité, intégrité, et authentification des données,
 - décentralisation de la gestion du groupe.
- Le concept de mobilité sur Internet, qui doit permettre à tout utilisateur de rester connecté même lorsqu'il se déplace, accroît encore les besoins de sécurité. Les mobiles sont souvent liés à des réseaux sans fils favorables aux écoutes et ils ont la possibilité de changer le routage des paquets pour avertir de leur nouvelle position.
- Le concept d'*Active Networks* est une nouvelle approche pour l'architecture des réseaux et autorise des applications à injecter des programmes à l'intérieur des nœuds du réseau via du code mobile. Ce concept pourrait nous être utile dans le cas de déploiement de nouveaux services ou protocoles que nous souhaitons expérimenter.
- L'une des contributions du projet RÉSEDAS sur l'infrastructure IP nouvelle génération porte sur l'utilisation de nouvelles architectures et technologies pour la supervision coopérative du réseau d'expérimentation national, le G6-Bone, partie française du 6-Bone. Nous nous proposons de définir de manière précise les besoins de supervision dans les domaines de la configuration coopérative entre systèmes autonomes et du monitoring, de proposer une architecture basée sur des technologies actives intégrant les accès standards aux ressources de supervision (SNMP, interface VT100).

Nous travaillons également en collaboration avec le NIST (National Institute of Standards and Technology) sur les aspects de configuration automatisée et de sécurité des réseaux dans le contexte des Espaces Intelligents (appelés Smart Spaces). Il s'intègre dans le cadre du projet AirJava du NIST dont le but est de combiner Java Jini avec la technologie sans fil pour permettre à des systèmes de se découvrir mutuellement pour changer des programmes et communiquer entre eux. Il s'agit d'associer des auto-configurations existantes comme dans IPv6, IPv4 et le nouveau NITS (network in the small, *i.e.* , configuration sans serveur, comme sur

AppleTalk) et aussi de permettre une auto-configuration à un niveau supérieur (overlay network). L'ensemble doit être sécurisé et s'intégrer au maximum à l'architecture de sécurité IPSec définie par l'IETF (Internet Engineering Task Force).

4.2.2 Réseaux programmables

Dans ce cadre, le premier domaine d'étude du groupe RÉSEDAS regroupe les travaux visant à concevoir et à fournir un prototype de réseau actif au dessus d'IPv6. Dans cet objectif, un travail sur l'insertion de paquets actifs dans les trames et entêtes IPv6 est mené et une réalisation sur la plate-forme installée au LORIA est prévue.

Le deuxième domaine d'étude vise à étudier l'apport réel du concept de réseau actif pour le support du déploiement de protocoles de multicast ainsi que du déploiement de solutions protocolaires pour assurer la sécurité dans des communications de groupes.

Le troisième domaine d'application des réseaux actifs dans le projet RÉSEDAS porte sur la supervision et le contrôle. Sur ce point, trois axes de recherche sont développés :

1. une étude sur l'utilisation des réseaux actifs pour la gestion de la configuration des réseaux traditionnels ;
2. un travail d'investigation portant sur l'intérêt d'une architecture de réseau actif pour permettre la mise en place et le déploiement de fonctions de supervision et de contrôle des composants actifs eux-mêmes ;
3. une activité sur la définition d'une architecture pour la gestion de niveau services, réseau et composants d'un réseau actif dans un environnement multi-opérateurs (le réseau actif s'étend d'une part sur un réseau local et d'autre part sur un réseau géré par un opérateur faisant intervenir le niveau contractuel entre opérateurs et usagers dans l'architecture technique de supervision).
4. un travail de recherche sur l'utilisation de cette technologie pour la localisation, le déploiement, la configuration et la supervision de services sur des réseaux *ad-hoc*.

Le dernier domaine d'application de nos travaux est celui de l'intégration des paradigmes de gestion dans des architectures de réseaux programmables. Dans ce contexte, nous travaillons à la définition d'interfaces de programmation pour les différentes fonctions de gestion (configuration, fautes, ...) afin que ces briques entrent comme fournisseurs de services dans une architecture programmable sur un bus logiciel.

Les différentes activités de ce thème sont soutenues par des projets nationaux. La supervision des réseaux actifs est soutenue par un projet CNRS (voir ANAIS). Les travaux sur une architecture de réseau actif sont soutenus par le projet RNRT AMARRAGE. L'intégration dans les réseaux programmables fait l'objet de la contribution RÉSEDAS au sein du projet RNRT REVE.

4.2.3 Ad-hoc

Dans ce cadre, le premier domaine d'études vise à concevoir et à fournir un protocole de routage spécifique aux caractéristiques des réseaux ad-hoc. La proposition de protocole que l'on développe, nommé *JUMBO*, est motivée par la prise en compte du partage du médium.

Cela est possible en modélisant la topologie comme une union de cliques : tous les nœuds d'une clique peuvent communiquer directement mais lorsque l'un émet, les autres ne peuvent pas émettre. C'est un modèle simplifié de la nature réelle de l'interaction des émissions, mais qui néanmoins a l'avantage d'être le premier protocole les prenant en compte.

Le deuxième point vise à étudier la mise en œuvre de protocoles de multicast dans les réseaux ad-hoc. En fait, l'idée du protocole de routage présenté ci-dessus est née de tentatives d'optimisation de protocoles de multicast sur un réseau ad-hoc. La principale difficulté du routage multicast réside en effet d'une manière générale à ne pas transmettre plusieurs fois par le même médium le même message. Nous allons donc tout naturellement mettre en œuvre un protocole de multicast qui va s'appuyer sur le protocole de routage JUMBO.

Le troisième domaine d'application des réseaux ad-hoc dans le projet RÉSEDAS porte sur la supervision et le contrôle. Sur ce point, il apparaît intéressant d'étudier des services offerts sur divers nœuds du réseau. Il s'agit alors de mettre en place un système permettant de s'adresser au nœud le plus proche qui propose le service voulu.

4.3 Calculs distribués et échange des données entre processeurs

Participants : Michel COSNARD, Tawfik ES-SQALLI, Éric FLEURY, Jacques GUYARD [Correspondant], Laura GRIGORI, Jens GUSTEDT, Michaël KRAJECKI, Martial MICHEL, André SCHAFF.

Résumé : *Les buts du groupe en ce domaine sont de fournir des outils de développement, d'expérimentation et des fondements théoriques. Ils doivent être appropriés aux besoins et architectures actuels et permettre de suivre le développement de la conception d'algorithmes jusqu'à la réalisation de logiciels et de leur instrumentation.*

La programmation par échange de messages repose essentiellement sur deux concepts :

1. la définition de tâches exécutant en parallèle un code séquentiel ;
2. la définition d'interactions entre les tâches à l'aide de messages échangés.

Sur ces deux points, nous proposons des solutions permettant :

- d'améliorer la phase de conception de l'application parallèle, notamment en ce qui concerne la découpe en tâches et la distribution ;
- d'affranchir au maximum l'utilisateur des choix de schémas de communications et de lui fournir la performance correspondant à l'architecture utilisée.

Notre objectif est de définir, expérimenter et valider un environnement de programmation pour le calcul distribué.

Les problèmes importants qu'il convient de résoudre sont les suivants :

Structurer l'application. Les bibliothèques de communication ne fournissent pas de guides ni de méthodes pour modéliser l'application. Il faut incorporer les modèles directement dans les outils de développement ;

Abstraire et simplifier les communications. Les solutions envisagées se situent à deux niveaux : tirer parti des spécificités d'une application pour faire les bons choix de primitives et les simplifier sur le plan syntaxique ;

Valider et prédire. Les méthodes fournies à l'utilisateur doivent lui permettre d'une part de garantir des propriétés de bon fonctionnement de l'application et d'autre part d'évaluer *a priori* les performances de l'application ;

Affecter et utiliser les ressources. Il est souhaitable et même nécessaire que l'application parallèle fournisse les performances attendues. Pour cela, il faut optimiser les calculs et les communications. Dans le cas des réseaux de stations, l'utilisation d'outils d'administration réseau doit permettre de fournir les informations nécessaires.

4.3.1 L'approche *MeDLeY*

Dans le domaine du parallélisme, les communications apparaissent comme un point crucial. La réalisation de ces communications a recours à plusieurs modèles de communication parallèle. Chacun de ces modèles est orienté vers une architecture matérielle définie, et propose ses propres supports logiciels de communication qui à leur tour fournissent plusieurs primitives de communication. Face à cette diversité de modèles et leur richesse, la phase d'implantation des communications est devenue ardue. Elle nécessite une connaissance, voire une maîtrise, des primitives de communication utilisées pour atteindre de bonnes performances.

L'un des thèmes de recherche du projet RÉSEDAS est de libérer l'utilisateur de toutes contraintes d'ordre matériel ou logiciel liées aux communications dans les applications parallèles, et lui garantir de bonnes performances. Ce travail de recherche s'est traduit par la définition d'un nouveau formalisme appelé le langage *MeDLeY* (Message Définition Language) dont l'approche originale est de décrire tout ce qui concerne les échanges entre les tâches d'une application parallèle. À partir de cette description, un outil dérive de façon automatique une implantation des échanges sur le support de communication choisi par l'utilisateur

4.3.2 *Scilab*

Scilab, logiciel du domaine public développé à l'INRIA dans le cadre du projet Méta-2 (UR de Rocquencourt), permet entre autres de faire du calcul scientifique sur une station de travail. *Scilab* est maintenant un logiciel largement répandu et utilisé par de nombreux scientifiques et ingénieurs. Notre projet vise à étendre les fonctionnalités de *Scilab* aux plates-formes multi-processeurs. Plus précisément, nous montrons que cette extension, nommée *Scilab//* et à laquelle le projet RÉSEDAS a fortement contribué, permet de : (1) conserver l'environnement propre à *Scilab* ; (2) rester dans une approche interactive ; (3) développer des codes parallèles dans un langage de haut niveau et garantir leur portabilité ; (4) offrir des performances acceptables en terme de puissance de calcul. Du point de vue de l'utilisateur, la parallélisation de *Scilab* offre un moyen supplémentaire de partager les ressources offertes par un réseau de stations, lui permettant d'augmenter les performances de son application en tirant parti du parallélisme intrinsèque offert par le réseau, tant au niveau des capacités de calcul de machines distantes que de la taille mémoire globale ainsi disponible.

La portabilité et l'interopérabilité de la partie communication de `Scilab//` est assuré par PVM. La flexibilité, la facilité d'utilisation et l'extensibilité de la puissance de calcul est basée pour la partie calcul algébrique sur l'utilisation des bibliothèques parallèles ScaLAPACK et PBLAS. Le paramètre d'extensibilité est très important car il se réfère au comportement d'un algorithme lorsque le nombre de processeurs augmente. L'utilisation de telles bibliothèques garantit à l'utilisateur un parallélisme relativement transparent puisqu'il ne décrit que les distributions des matrices et obtient de très bonnes performances .

Le second point sur lequel nous travaillons est de rendre le parallélisme encore plus transparent pour l'utilisateur. Effectuer un calcul parallèle requiert que les données soient distribuées de façon efficace et bien souvent se pose le problème de la redistribution des données entre deux étapes de calcul. Nous recherchons des méthodes permettant d'évaluer si entre deux phases une redistribution est nécessaire, ce en fonction du volume de données à échanger, du type de calcul à effectuer, des performances du réseau de communication. . . À terme, ces recherches doivent permettre à l'utilisateur de déclarer uniquement les ressources de calcul dont il dispose et le système doit de lui même (*i.e.*, avec le moins de directives possibles) décider de lancer un calcul en parallèle, de rapatrier ou de redistribuer les données entre deux phases de calcul.

Pour finir, nous travaillons à l'extension de `Scilab//`, et donc à la parallélisation de modules existant dans `Scilab`. Entre autres, nous développons une bibliothèque d'algorithmes parallèles sur les graphes (fermeture transitive, plus court chemin, . . .) afin d'offrir un équivalent aux algorithmes séquentiels présents dans la librairie Metanet de `Scilab`. Nous travaillons également sur l'interfaçage d'autres bibliothèques de calcul numérique, notamment autour des matrices creuses.

4.3.3 Problèmes irréguliers à gros grain

Les matrices creuses sont beaucoup utilisées dans le calcul scientifique, surtout dans la dynamique des fluides, ainsi que dans l'analyse des circuits et plus généralement dans la solution numérique d'équations à dérivées partielles. L'importance et la variété de ces domaines d'applications constituent la motivation principale pour la recherche de méthodes de calcul performantes (algorithmes et structures de données). L'approche principale pour l'obtention de bons résultats dans le calcul scientifique est la programmation parallèle. Nous nous sommes concentrés sur le développement théorique et pratique des algorithmes de factorisation LU creuse en parallèle en exploitant les opportunités offertes par les caractéristiques des matrices creuses : les nécessités en mémoire de stockage sont plus faibles, le calcul nécessaire est réduit et le parallélisme potentiel est plus important.

Pour les programmes irréguliers à gros grain, la parallélisation automatique est, pour l'essentiel, un problème ouvert aussi bien dans le cadre de l'algorithmique des matrices creuses, que du traitement d'images ou du calcul sur réseau (métacomputing).

La première étape de notre projet est le développement d'algorithmes parallèles pour le calcul numérique sur des matrices creuses. Nous avons conçu et analysé un solveur performant (basé sur MPI/shmem) pour une seule opération (une factorisation LU creuse). La prochaine étape sera d'analyser et de paralléliser une séquence de telles opérations, qui inclut d'autres opérations de base sur des matrices creuses.

Un autre objectif est de donner avec le modèle CGM et la librairie un moyen de conception

d'algorithmes mieux adapté aux problèmes irréguliers. Dans un premier temps, il s'agit de concevoir des algorithmes de base pour les graphes, comme le classement de listes, les composantes connexes, . . . pour lesquels il n'existe pas d'algorithmes robustes, portables et prédictifs.

5 Logiciels

5.1 MODERES Java

Participants : Laurent ANDREY, Nizar BEN YOUSSEF, Olivier FESTOR [Correspondant], Abdelhamid JOUMDANE, Fatma LOUATI, Nebil SAHLI.

Résumé : *MODERES est l'acronyme de Managed Object Development Environment by RESedas. C'est un environnement logiciel dédié au développement et à la manipulation de modèles de l'information issus de différentes approches de gestion (OSI, TINA-C, ODMA, WBEM, SNMP . . .) que nous développons dans le projet.*

Dans sa version 1.1 de fin 1998, MODERES offrait :

- des analyseurs syntaxiques SNMPv1, SNMPv2, GDMO, GRM et MOF ;
- un analyseur sémantique pour GDMO/GRM ;
- un générateur GDMO/GRM \Rightarrow TeX pour l'impression de spécifications ;
- un générateur GDMO/GRM \Rightarrow HTML pour la génération de fichiers structurés permettant la navigation dans des modèles de l'information ;
- un générateur GDMO/GRM \Rightarrow SDL'92 permettant la génération des squelettes d'objets gérés en SDL à partir de leur description semi-formelle en GDMO et GRM ;
- un traducteur de modèles CIM/MOF vers GDMO/ASN.1 ;
- une interface graphique conviviale.

Les nouvelles fonctionnalités incluses dans l'environnement en 1999 sont :

- une passerelle vers le système d'annuaire LDAP permet à un client MODERES de stocker et de récupérer des spécifications CIM sur un serveur LDAP ;
- un générateur de contenu XML pour des spécifications et instances CIM, permet conformément aux dernières évolutions du standard, de créer à la volée des encapsulations XML pour tout composant CIM.

MODERES¹ est distribué sur Internet depuis plus d'un an et compte une cinquantaine d'utilisateurs à la fois dans le monde académique et industriel. On peut citer notamment Alcatel, NOKIA, ERICSSON, AT&T, TCSI aux Etats-Unis et Deutch-Telekom en Allemagne.

Il existe également une liste de diffusion dédiée à l'environnement (moderes@loria.fr).

1. <http://www.loria.fr/equipe/resedas/mode.html>

5.2 IPv6Agent

Participants : Isabelle CHRISMENT, Stephane D'ALU [Correspondant], Olivier FESTOR.

Résumé : *IpV6Agent est une première réalisation d'un agent de supervision SNMP pour IPv6.*

L'agent implante la MIB-II pour IPv6 et fonctionne à la fois sur IPv4 et sur IPv6. Il constitue une extension de la distribution UCD-SNMP fournie sur le Web. La première version de notre agent a été développée et testée sur l'implantation IPv6 de F. DUPONT et tourne sur FreeBSD. IPv6Agent² est distribué sur Internet.

5.3 COJ & JTMN

Participants : Laurent ANDREY, Olivier FESTOR [Correspondant], Emmanuel NATAF, Nizar BEN YOUSSEF, Fatma LOUATI, Nebil SAHLI.

Résumé : *COJ (CMIS over Java) est une interface de programmation Java permettant la programmation d'applications de supervision ainsi que d'agents s'appuyant sur un service de communication standard défini par l'UIT-T pour l'échange d'informations de gestion. COJ est constitué d'une API générique et repose sur différents protocoles de transport allant des appels de méthode distants de Java (RMI) à toute pile de communication OSI complète supportée dans une plate-forme de supervision disponible sur le marché.*

JTMN est l'environnement global construit au dessus de l'interface COJ du côté superviseur et fournit un superviseur générique (navigateur de MIB), une interface graphique de cartographie de réseau ainsi que des composants de programmation liés à l'environnement MODERES.

JTMN fournit un navigateur de bases d'informations de gestion, une interface graphique de manipulation de spécifications et une interface de cartographie d'agents basée sur la Koala Graphics issue du projet KOALA de Sophia-Antipolis. Plusieurs interfaces additionnelles telles que la manipulation de noms et de spécifications sont également fournies dans l'environnement.

Actuellement seules les spécifications de COJ sont disponibles sur Internet. L'implantation de référence au dessus des RMI Java sera distribuée sous peu. Les implémentations au dessus de piles de communication incluses dans des plates-formes commerciales ne sont pas distribuées sur Internet mais incluses dans la distribution des plates-formes par les fournisseurs. L'interface COJ est actuellement à l'étude pour servir de référence dans les interfaces de programmation d'accès au service CMIS dans l'initiative JMX (Java Management Extensions), consortium qui regroupe les principaux fournisseurs de plates-formes de supervision de réseaux dont BullSoft, Computer Associates, IBM, SUN

JTMN ainsi que les spécifications de COJ³ sont diffusées sur Internet.

2. <http://www.loria.fr/equipe/resedas/IPv6Mgmt/ipv6.html>

3. <http://www.loria.fr/festor/JAM/JAM.html>

5.4 Scilab//

Participant : Éric FLEURY [Correspondant].

Résumé : *Scilab* est logiciel du domaine public développé à l'INRIA dans le cadre du projet Méta-2 (INRIA Rocquencourt) permettant entre autre de faire du calcul scientifique sur une station de travail. *Scilab//* est une version de *Scilab* permettant de développer des codes parallèles dans un langage de haut niveau (le même que celui de *Scilab*) et de garantir leur portabilité et des performances acceptables en terme de puissance de calcul.

*Scilab//*1.0 est distribué dans la version 2.4 (et supérieure) de *Scilab*. Il permet de : (1) conserver l'environnement propre à *Scilab*; (2) rester dans une approche interactive; (3) développer des codes parallèles dans un langage de haut niveau et de garantir leur portabilité; (4) offrir des performances acceptables en terme de puissance de calcul. Du point de vue de l'utilisateur, la parallélisation de *Scilab* offre un moyen supplémentaire de partager les ressources offertes par un réseau de stations, lui permettant d'augmenter les performances de son application en tirant parti du parallélisme intrinsèque offert par le réseau, tant au niveau des capacités de calcul de machines distantes que de la taille mémoire globale ainsi disponible.

*Scilab//*⁴ est diffusé sur l'internet.

5.5 Para++

Résumé : *Para++* est une bibliothèque C++ dont l'objectif est de faciliter l'accès aux bibliothèques traditionnelles de communication par passage de messages.

Développé en collaboration avec Olivier COULAUD du projet Numath, *Para++* apporte essentiellement deux simplifications :

- Une simplification sur la structure même de l'application parallèle, grâce à l'introduction d'une hiérarchie dans les tâches la constituant. *Para++* intègre notamment des possibilités de programmation M-SPMD (Multiple-SPMD, Single Program Multiple Data);
- Une simplification sur l'utilisation des services de deux bibliothèques de communications : PVM et MPI. Grâce à l'introduction d'objets C++, l'utilisateur peut construire, envoyer et recevoir des messages de manière simplifiée.

La première diffusion de *Para++* date de juin 1995. Cette version a été améliorée à plusieurs reprises, conduisant à la diffusion de la bibliothèque actuelle *Para++*⁵ à travers l'Internet.

Parmi les sites qui ont téléchargé le package, on retrouve beaucoup d'universités (allemandes, américaines et françaises, ainsi que australiennes, africaines, japonaises, . . .), quelques organismes gouvernementaux, et quelques organismes commerciaux. Une liste de diffusion a été créée pour faire le lien avec les utilisateurs (para++@loria.fr).

4. <http://www.ens-lyon.fr/~desprez/FILES/RESEARCH/SOFT/SCILAB>

5. <http://www.loria.fr/para++>

5.6 MeDLey

Participants : Tawfik ES-SQALLI [Correspondant], Éric FLEURY, Jacques GUYARD.

Résumé : *MeDLey est un langage de spécification des communications pour les applications parallèles. Son but est de fournir à l'utilisateur une vision abstraite de son application en termes de tâches et d'échanges entre ces tâches indépendamment de l'architecture matérielle et des moyens de communication utilisés.*

À partir d'une spécification de communications, le compilateur du langage **MeDLey** génère plusieurs niveaux d'implantation pour différentes primitives de communication.

Une première version de **MeDLey** a été développée et s'appuie sur une implantation de communications en utilisant la bibliothèque d'échange de messages *MPI*. La deuxième version est en cours de développement et repose sur l'implantation des communications par invocation de méthodes dans le système d'objets distribués *CORBA*. Cette version utilisera l'*ORB* comme support de communication.

5.7 CGM

Participants : Laura GRIGORI, Jens GUSTEDT [Correspondant], Michaël KRAJECKI.

Résumé : *La librairie CGM est conçue pour faciliter l'implémentation des algorithmes qui sont décrits pour le modèle.*

Il s'agit d'un prototype d'une librairie en C++ qui prend en compte les exigences du modèle, c'est-à-dire la conception en phases alternantes de calcul local et de communication. Elle réalise une couche d'abstraction entre l'implémentation d'un algorithme tel que conçu par l'utilisateur et la réalisation sur différentes architectures et divers modes de communication.

5.8 AutoLink et AutoMap

Participants : Martial MICHEL [Correspondant], André SCHAFF.

Résumé : *AutoLink et AutoMap [16, 15] sont deux outils d'aide au transfert des informations complexes dans l'approche parallélisme par passage de messages.*

- AutoMap est basé sur une grammaire qui lit des définitions de types C et génère à partir de celles-ci des types valides pour MPI ;
- AutoLink aide l'utilisateur à émettre des types de données conçues, tels des graphes ou arbres contenant des pointeurs en C.

Ces deux outils sont fonctionnels et disponibles sur la page web d'AutoMap et d'AutoLink⁶. En outre, ils ouvrent de nouvelles perspectives sur des extensions possibles, tels le "Load Balancing" de types de données, de manière transparente à l'utilisateur. D'autre part, une version 3.00 de ces deux outils permettant le transfert de manière non bloquante devrait apparaître bientôt.

6. <http://www.nist.gov/itl/div895/auto/>

6 Résultats nouveaux

6.1 Gestion de réseaux et services

Participants : Laurent ANDREY, Najib BOUBAKER, Isabelle CHRISMENT, Sergiu DARABANT, Francois-Xavier DURANCEAU, Olivier FESTOR [Correspondant], Abdelhamid JOUMDANE, Fatma LOUATI, Emmanuel NATAF, Nebil SAHLI, André SCHAFF, Radu STATE, Nizar BEN YOUSSEF.

Résumé : *Les travaux du groupe ont porté cette année sur les points suivants :*

1. *conception de modèles de l'information pour l'interconnexion de services dans les couches basses ;*
2. *conception de nouveaux algorithmes d'intégration de modèles de l'information issus de multiples approches de gestion ;*
3. *extension de l'architecture Java pour le RGT développée dans le projet ;*
4. *conception d'une architecture de supervision pour les réseaux actifs et programmables.*

Une étude conséquente sur la conception d'un modèle de l'information de niveau réseau supportant les interconnexions de service entre ATM et Frame Relay a été menée cette année dans le projet. Cette étude a abouti à trois principaux résultats. Le premier est une extension du modèle standard de réseau dédié à l'interconnexion ATM/SDH. Dans ce modèle, des objets issus de l'approche TINA ont été ajoutés permettant de modéliser l'interconnexion de niveau service. Ce modèle étendu a été appliqué avec succès à notre réseau d'étude. Le second résultat obtenu dans le cadre de cette étude est une architecture logicielle permettant la spécification des modèles en UML et l'intégration du code Java généré dans une structure d'agent générique. Finalement, un prototype de superviseur en Java permet d'interroger l'agent généré. Les résultats de cette étude sont publiés dans [18]. Ce modèle sert de base à nos travaux sur une architecture de réseau programmable développée dans le projet RNRT REVE labellisé en juin 1999.

Parallèlement à nos activités de modélisation, nous avons poursuivi nos efforts sur la définition de nouveaux algorithmes d'intégration de modèles de l'information hétérogènes. Le principal résultat de ces travaux est un algorithme permettant l'accès à des agents de supervision issus de l'approche WBEM depuis un superviseur basé sur l'approche OSI [14, 24]. Cet algorithme est implanté pour la partie modèle de l'information dans l'environnement MODERES et un agent d'adaptation a été prototypé au dessus de l'interface COJ présentée plus loin.

Nos travaux sur la conception et le prototypage d'une architecture Java ouverte pour l'intégration et la coopération entre composants de supervision ont abouti cette année à la finalisation de l'interface de communication COJ. COJ est une interface de programmation d'accès au service CMIS indépendante de toute plate-forme. Cette interface a été étendue cette année et connaît un succès grandissant dans l'industrie [5] (voir section logiciels). En plus de l'interface de communication, nos efforts ont porté sur le support du formalisme standard du Distributed

Management Task Force (DMTF) pour la spécification de modèles de l'information de gestion: CIM (Common Information Model). En plus d'un analyseur syntaxique, l'environnement MODERES dispose désormais d'un analyseur sémantique [25] et d'un éditeur graphique [26] pour ce formalisme.

Dans le domaine des réseaux actifs, nos efforts se sont portés cette année sur la mise en place d'une plate-forme d'expérimentation et sur la définition des besoins de supervision. Cela s'est traduit par la connexion du laboratoire au A-Bone, réseau mondial d'interconnexion de nœuds actifs et par la réalisation d'un prototype de supervision de réseau basé sur la plate-forme ANTS du MIT [6, 23].

6.2 Évolution des protocoles et des réseaux

Participants : Laurent ANDREY, Guillaume CHELIUS, Ghassan CHADDOUD, Laurent CIARLETTA, Isabelle CHRISMENT, Johanne COHEN, Olivier FESTOR, Éric FLEURY [Correspondant], Virginie GALTIER, Jens GUSTEDT, Hend KOUBAA, André SCHAFF.

Résumé : *Les principaux résultats et travaux concernant l'évolution des protocoles et des réseaux pour chacun des trois grands axes privilégiés par RÉSÉDAS ont porté sur les points suivants :*

- *Pour ce qui concerne plus particulièrement les aspects liés à IPv6, nos travaux se sont poursuivis sur les thèmes suivants*
 - *mécanismes de sécurité pour le multicast et pour l'autoconfiguration ;*
 - *ouverture d'IPv6 au monde Java ;*
 - *instrumentation de la pile IPv6 pour la supervision et le contrôle.*
- *Lancée en juillet 1998, l'activité de recherche sur les réseaux programmables est en plein essor au sein du projet et représente l'un des thèmes fédérateurs de l'équipe. En 1999, les contributions du projet sur ce thème sont de deux types : animation de la communauté de recherche, prototypage et expérimentation d'environnements actifs.*
- *Débutée réellement fin 1998 avec notre participation à l'action coopérative COMPAS, l'activité de recherche sur les réseaux ad-hoc a pris son essor au sein du projet cette année. En 1999, la contribution majeure du projet sur ce thème, outre la mise en place d'une plate-forme expérimentale via des cartes WaveLan, est la proposition d'un protocole de routage prenant en compte les spécificités adaptées au mode préemptif du médium fourni par Hiperlan.*

6.2.1 IpV6

Une étude détaillée a été effectuée sur l'état de l'art relatif à la communication de groupe sécurisée et les perspectives [27]. Les différentes approches existantes pour distribuer et gérer les clés dans un groupe ont été décrites. Nous avons montré comment la sécurité dans un groupe est traitée au niveau IP. Cette étude a permis de mettre en évidence qu'actuellement

aucun modèle de sécurité ne satisfait entièrement les besoins exigés par une communication de groupe.

Dans le cadre du G6, nous avons organisé au LORIA un connectathon mobilité IPv6 qui s'est tenu à Nancy du 15 au 17 Septembre 1999 et a permis à différents développeurs de tester leur pile mobilité pour le protocole IPv6 et de valider la possibilité d'interopérabilité de leur logiciel. Cette manifestation a regroupé des industriels avec BULL, ERICSSON-TELEBIT, NEC, FRANCE-TELECOM, EUROCONTROL et des académiques avec l'INRIA, les Universités de Nancy et Strasbourg.

Les tests d'interopérabilité ont été réalisés entre quatre piles venant des organisations suivantes : BULL (AIX), ERICSSON-TELEBIT (FreeBSD), NEC (FreeBSD) et INRIA (FreeBSD).

Ces tests ont été très utiles pour les participants car ils ont montré la faisabilité de la communication entre les différentes implantations comme nœuds Correspondant, Home Agent et Mobile. Les tests ont mis aussi en évidence certaines imprécisions dans le draft relatif à la mobilité IPv6. Un rapport détaillé est disponible en ligne sur le Web (Connectathon99⁷) et un compte-rendu a été effectué lors de l'IETF de Washington en Novembre 1999.

L'ouverture d'IPv6 au monde Java s'est faite par le développement et la mise en œuvre au sein de Java d'un package *java.net6* permettant de tirer parti de toutes les nouvelles fonctionnalités offertes par IPv6 depuis une application écrite en Java. De plus, ce développement nous permet d'offrir une *Java Virtual Machine* (JVM) capable de supporter à la fois les protocoles IPv4 et IPv6 depuis les API standards de Java et ce de façon complètement transparente pour l'utilisateur et/ou programmeur.

Finalement nous avons contribué à la rédaction d'un ouvrage de référence sur Ipv6. Notre contribution a porté sur la supervision de piles IPv6 [2].

6.2.2 Réseaux programmables

Dans le cadre de nos travaux sur les architectures et les protocoles, plusieurs expérimentations et propositions ont été faites en 1999. D'une part nous avons mis en place une connexion vers le réseau mondial d'interconnexion de nœuds actifs (A-Bone). D'autre part nous avons proposé une architecture de supervision de réseau actif de type ANTS [19, 6, 23]. Ces premiers résultats ont contribué au montage du projet RNRT AMARRAGE labellisé en juillet 1999.

Une seconde étude est actuellement en cours en coopération avec le National Institute of Standards and Technology (Washington). Celle-ci porte sur l'évaluation a priori de besoins d'applications actives avant leur déploiement sur un réseau [17]. Ce travail a débuté en mars 1999.

Nous nous sommes également intéressés à l'étude des solutions possibles induites par le concept de réseau actif pour optimiser le routage de l'information multipoints dans une communication de groupe [29]. Ces travaux avaient dans un premier temps pour objectif une étude de faisabilité mais aussi une mise en œuvre d'un protocole de routage multicast sur un réseau actif. Un protocole de communication multicast inclut plusieurs aspects tels que le routage, la qualité de service, la fiabilité et le contrôle de congestion. Cette étude nous a permis de préciser les difficultés que l'on peut rencontrer lors d'une implantation d'un protocole de routage multipoints et nous avons proposé un protocole de routage multipoints qui tire profit de ce

7. <http://www.loria.fr/~ichris/connectathon99/index.html>

qu'offre l'approche active, *i.e.*, c'est l'application multicast qui va déployer sa propre fonction coût ce qui permet de tenir compte des besoins de chaque application.

6.2.3 Réseaux ad-hoc

Dans le cadre de l'action coopérative COMPAS⁸ nous avons proposé un protocole de routage pour les réseaux ad-hoc comme les réseaux Hiperlan type I. Notre algorithme nommé *JUMBO* (Jointed Unified Multicast & Broadcast Organization), adapté au mode préemptif du médium fourni par Hiperlan, est basé sur une décomposition en clique du réseau. L'idée sous-jacente est que les nœuds d'une clique peuvent communiquer directement mais lorsque l'un émet, les autres ne peuvent pas émettre. Le protocole Hiperlan type I ne nous semble que peu adapté à la mise en œuvre de protocoles de communication de groupes, c'est pourquoi afin de pouvoir développer de tels protocoles nous avons dans un premier temps proposé *JUMBO*. Ce nouveau protocole devra permettre de développer des algorithmes de multicast efficaces permettant de mieux déployer dans le réseau des arbres de multicast.

6.3 Calculs distribués et échange des données entre processeurs

Participants : Michel COSNARD, Tawfik ES-SQALLI, Éric FLEURY, Jacques GUYARD [Correspondant], Laura GRIGORI, Jens GUSTEDT, Michaël KRAJECKI, Martial MICHEL, André SCHAFF.

Résumé : *Les travaux du groupe ont porté cette année sur les points suivants :*

- *Expérimentation et extension du langage MeDLey ;*
- *parallélisation de Scilab.*

6.3.1 MeDLey

MeDLey et CORBA Dans la norme CORBA (*Common Object Request Broker Architecture*), l'isolement entre client et serveur, en termes du langage de programmation mis en œuvre, du protocole réseau, de l'infrastructure matérielle et de mécanismes de transport de données, fait sa grande force. De plus, CORBA permet une réelle interopérabilité ce qui n'est pas le cas d'applications développées avec MPI. En outre, le format binaire des types de données est défini par la norme afin de régler les problèmes d'échanges de données entre environnements hétérogènes.

Au niveau des performances [13], nous avons mesuré le temps nécessaire à l'échange de données entre deux processeurs pour des tailles de données différentes (ping-pong classique) et nous l'avons comparé à ceux obtenus avec les bibliothèque d'échange de messages *PVM* et *MPI*. Au vu de ces tests partiels [12], il semble que CORBA obtienne de bonnes performances (faible latence pour des messages courts et débit inférieur de l'ordre de 10% par rapport à MPI).

8. <http://hipercom.inria.fr/compas/>

Tous ces avantages permettent à la norme CORBA de couvrir un large champ d'application, et les applications de calcul distribué peuvent en tirer profit. L'ORB (*Object Request Broker*) devient par conséquent le support logiciel de communication. Toutefois, vu la diversité des modes de communication utilisés par les applications parallèles, auxquels s'ajoute la difficulté intrinsèque de l'utilisation de l'approche de conception orientée objet et les mécanismes de base de l'utilisation des composants de CORBA (initialisation de l'ORB, de l'OA, recherche d'objets,...), cette tâche peut être fastidieuse. L'approche de **MeDLey** proposée dans ce cadre vise à palier cette difficulté. Son principe repose sur la modélisation des tâches parallèles sous forme d'objets CORBA ; la communication entre ces tâches se fait via des invocations de méthodes sur ces objets basées sur l'approche *put/get*. Notre environnement de programmation **MeDLey** est très bien adapté au calcul M-SPMD et l'introduction de CORBA vise à faciliter le couplage d'applications parallèles, *i.e.*, il se charge de gérer la répartition des méta-tâches.

MeDLey et passage de messages Nos travaux ont consisté d'abord à expérimenter la version initiale du langage **MeDLey** relative aux communications par passage de messages dans le but de valider les concepts existants puis de proposer des évolutions et des extensions de cette version.

La partie expérimentation [11] a été effectuée dans le cadre d'une collaboration avec le laboratoire de recherche en physique (LPMI) de l'UHP au sein du Centre Charles Hermite⁹, et a consisté à l'implantation d'un code de simulation numérique utilisé par les physiciens. Cette expérience a fourni des résultats utiles au niveau du modèle physique et nous a montré la faisabilité et l'intérêt des méthodes et outils proposés au niveau de ce langage.

La partie extension [10] de cette version du langage **MeDLey** a concerné les méthodes de décomposition de domaine ; nous avons complété la définition du mode d'interconnexion existant, puis proposé des fonctions qui couvrent les besoins pour appliquer ces méthodes.

6.3.2 Scilab//

Outre l'intégration de toutes les fonctionnalités d'une bibliothèque de passage de messages au sein de **Scilab**, nous avons réalisé l'intégration de **Scilab** avec **Netsolve**, permettant ainsi à tout utilisateur de faire exécuter un calcul à distance en demandant à un serveur de trouver une liste de plates-formes capables d'effectuer le calcul, de lancer le calcul sur la plate-forme choisie par l'utilisateur et de rapatrier les résultats une fois le calcul terminé. Les intérêts de ce que l'on nomme communément le « Metacomputing » sont multiples : (1) *i.e.*, permet d'effectuer des calculs alors que les ressources en espace mémoire ou en puissance de calcul ne sont pas présentes localement ; (2) *i.e.*, permet de tester/utiliser telle ou telle bibliothèque de calcul sur ses propres jeux de données sans nécessiter l'installation intégrale des bibliothèques.

6.3.3 Scalable Coarse Grained Multiprocessors

La première implantation de la bibliothèque **CGM** était basée sur **PVM**, bibliothèque classique de passage de messages sur les réseaux de machines. Alors que **PVM** est disponible sur des machines parallèles comme le T3E ou l'Origin 2000, les essais ont démontré que ce n'est

9. <http://cch.loria.fr/>

pas le moyen le plus adéquat pour gérer les communications sur ces machines. La raison principale semble être le manque de possibilités pour établir des connexions fixes entre les processus qui restent ouvertes pendant une exécution complète du code. Sans cette possibilité, chaque message ouvre en fait une nouvelle socket, soit avec le processus de réception, soit avec le démon PVM, ce qui semble être à l'origine d'une latence importante. Pour garantir la portabilité et l'efficacité sur les différentes plates-formes il apparaît donc nécessaire d'envisager des alternatives pour pouvoir réaliser la couche communication de la bibliothèque avec un outil adapté à l'architecture cible. La première alternative a été réalisée au cours de l'année 1999 : l'ajout de MPI comme second choix de bibliothèque de communication. Pour cela, toute la couche de communication de la bibliothèque a été automatisée et ré-écrite en introduisant un niveau d'abstraction supplémentaire. Le but de ce niveau est de le rendre facile l'ajout de n'importe quelle autre bibliothèque d'échange de données, soit basée sur le passage de message, soit construite sur de la mémoire partagée.

Des tests sur différentes plates-formes ont été effectués cette année [28]. Ils portaient sur un problème spécifique des données irrégulières, le classement de liste. Ce problème bien connu pour être « *résolu* » en théorie (par exemple pour le modèle PRAM) mais également pour se comporter assez mal en pratique : aucun code portable connu ne donne un gain de temps d'exécution sur plusieurs processeurs.

Les tests ont bien montré la validité et la portabilité de l'approche en montrant une accélération des temps de calcul comme cela était prévu, mais ils ont aussi clarifié que pour de tels problèmes de nombreuses améliorations restent à faire afin que les algorithmes deviennent utilisables en pratique.

6.3.4 Factorisation LU creuse en parallèle

Dans le cadre de l'algorithmique creuse, la factorisation LU intervient dans beaucoup d'applications scientifiques. Si la matrice à factoriser est non-symétrique, le pivotage partiel est nécessaire pour maintenir la stabilité numérique. Mais à cause de ce pivotage, il est difficile de développer des codes parallèles performants, car le pivotage partiel provoque des ruptures dans l'adressage (faute de cache) et aussi un important déséquilibre de la charge sur les architectures modernes avec une profonde hiérarchie des mémoires.

Pour obtenir de meilleures performances (en temps d'exécution) pour une factorisation LU sur systèmes à mémoire distribuée, il est important d'appliquer des techniques d'ordonnement : partitionner et distribuer d'une manière efficace les matrices creuses. Pour cela, nous avons donné une méthode de construction de graphe de dépendances (DAG) pour l'algorithme de factorisation LU. À partir de ce graphe, nous avons appliqué un algorithme statique d'ordonnement (DSC) de tâches. Nous avons développé un solveur basé sur des bibliothèques natives BLAS et la librairie MPI. La plate-forme d'exécution est l'Origin2000 du Centre Charles Hermite. Les résultats des tests sur 2 à 16 processeurs nous ont permis de valider notre approche.

Les problèmes de la méthodologie d'ordonnement utilisée actuellement [7] sont: (1) la taille importante du DAG et (2) l'évolution en temps de l'exécution en parallèle peut varier, ce qui mène à un important déséquilibre de charge. Pour améliorer ces points nous envisageons de développer une technique de stockage compact du DAG ainsi que de développer des

algorithmes d'ordonnement dynamiques adéquats à ce problème.

7 Contrats industriels (nationaux, européens et internationaux)

7.1 ANTARES I & II

Participants : Laurent ANDREY, Olivier FESTOR [Correspondant], Abdelhamid JOUMDANE, Fatma LOUATI, Emmanuel NATAF, Nebil SAHLI, Nizar BEN YOUSSEF.

ANTARES est l'acronyme de *Architectures et Nouvelles Technologies pour l'Administration des Réseaux Et Services*. Cette action lancée en janvier 1998 au sein du GIE DYADE a pour objectif de transférer la technologie Java pour le RGT développée dans le projet RÉSEDAS dans l'environnement de supervision *OpenMaster* de BULL. L'action initiale comportait deux tâches principales :

- portage et intégration de l'interface de programmation Java d'accès au service CMIS (*CMISoverJava*) sur la plate-forme *OpenMaster* ;
- proposition d'intégration des modèles CIM issus de l'approche WBEM dans le monde OSI et réalisation d'un démonstrateur sous la forme d'un agent d'adaptation.

Cette première action s'est terminée en juin 1999 par le transfert industriel de l'interface de programmation *CMISoverJava*. Celle-ci est aujourd'hui dans l'offre commerciale de BULL, tout comme les algorithmes de traduction de spécifications CIM/WBEM vers GDMO/ASN.1 qui sont utilisés dans l'agent d'intégration WBEM d'OpenMaster.

Depuis juillet 1999, l'action ANTARES a donné naissance à une nouvelle action au sein du GIE DYADE. La nouvelle action démarrée pour 3 ans s'appelle ANTARES II et comporte, dans la continuité d'ANTARES, les objectifs suivants :

- standardisation de l'interface de programmation *CmisOverJava* ;
- évaluation de l'architecture JMX pour la réalisation d'un agent-toolkit Java supportant les fonctions de gestion OSI ;
- évaluation des différents middleware aujourd'hui disponibles et proposition de *patterns* d'architectures pour des domaines de supervision.

Le premier objectif est aujourd'hui partiellement atteint. Nous participons aux travaux du consortium JMX (Java Management Extensions), dans lequel notre interface est en cours de standardisation. Celle-ci devrait aboutir dans le courant de l'année 2000.

7.2 Communications and Systems - Telecommunications

Participants : Isabelle CHRISMENT, Sergiu DARABANT, Olivier FESTOR, Mihaela PERTEA, André SCHAFF [Correspondant], Radu STATE.

Depuis juillet 1998, une collaboration s'est mise en place avec le groupe Communications and Systems (CS-Télécom). Cette coopération se traduit par trois bourses de stage sur les thèmes suivants :

- architecture Java pour la supervision de réseaux multi-couches (FR over ATM) ;

- Ipv6 et la différenciation de services pour des communications de groupe : déploiement et supervision ;
- génération de tests pour des applications de supervision [22].

À ce jour, seul le premier thème a conduit à la mise en place d'une thèse.

7.3 REVE

Participants : Ghassan CHADDOUD, Isabelle CHRISMENT, Olivier FESTOR [Correspondant], Emmanuel NATAF, Radu STATE.

REVE est un projet pré-compétitif labellisé par le RNRT en juillet 1999. Les partenaires de ce projet sont : CS-Télécom, THEMATIQUE, France Télécom, PRISM, LIP6 et LORIA.

Le principal objectif de REVE est de définir une architecture pour des réseaux privés virtuels dynamiques. Ceci implique, dans le cadre du projet, la définition d'une signalisation groupant communication de groupes et réseaux privés virtuels, la conception et la réalisation d'une architecture de supervision pour de tels services ainsi que l'application de ces concepts à la distribution vidéo sur la boucle locale.

La contribution LORIA sur ce projet porte essentiellement sur l'utilisation d'une architecture réseau programmable pour offrir aux systèmes de commande des réseaux virtuels dynamique un support de décision sur l'organisation des arbres de multicast ainsi que les protocoles de distribution de clefs pour l'authentification.

Les travaux ont débuté en novembre 1999.

7.4 AMARRAGE

Participants : Ramzi AZAIEZ, Isabelle CHRISMENT, Stéphane D'ALU, Olivier FESTOR, Éric FLEURY, André SCHAFF [Correspondant].

AMARRAGE est un projet RNRT pré-compétitif labellisé par le RNRT en juillet 1999. Les partenaires de ce projet sont : Thomson CSF Communications, France Télécom, Synchronix, ENST, L2IT, LAAS, LIP6, LORIA, PRISM. Le projet porte sur la conception, la réalisation et le déploiement au niveau national d'une plate-forme de réseau actif dans un objectif d'évaluation de services innovants tels que MPEG4, les protocoles de transport à ordre partiel, de nouveaux services de multicast, de nouvelles architectures de composition et de supervision de services. Notre tâche est de concevoir et réaliser l'infrastructure active au dessus d'Ipv6 et de fournir une architecture de supervision active pour cette plate-forme. Le lancement du projet est fixé au 1/11/1999.

7.5 ANAIS

Participants : Isabelle CHRISMENT, Olivier FESTOR [Correspondant], Éric FLEURY.

ANAIS (Active Network Architecture for Internet Service Providers) est un projet soutenu par le programme Télécom du CNRS. Ce projet se propose de définir une architecture de

supervision pour des réseaux actifs dans l'objectif de permettre un déploiement efficace et sécurisé de services actifs chez un fournisseur de services.

Les travaux aboutis à ce jour ont permis : l'expérimentation de nombreuses plates-formes actives disponibles, la définition d'une architecture d'accueil pour services actifs adaptée à notre cahier des charges, la réalisation d'un premier prototype de supervision. La seconde étape du projet va porter sur la réalisation concrète de l'environnement d'exécution directement sur Ipv6 et l'extension de la plate-forme de supervision.

7.6 SPIHD

Participants : Isabelle CHRISMENT, Olivier FESTOR, Éric FLEURY [Correspondant].

SPIHD, acronyme pour *Services et Programmes pour l'Internet Haut Débit* est un projet PRIAMM¹⁰ (*Programme pour la recherche et l'innovation dans l'audiovisuel et le multimédia*) du ministère de l'économie, des finances et de l'industrie¹¹. Ce projet se réalise en coopération avec Matra Systèmes & Information, la SEM câble de l'est, France 3, Canalweb, l'INRIA Lorraine et l'École Normale Supérieure de Lyon.

Le principal objectif du projet SPHID est de développer une approche globale de la chaîne de production et de diffusion des contenus multimédia sur l'Internet haut débit. Le projet SPIHD est destiné à valider techniquement et économiquement la pertinence d'une offre de services de télévision interactive sur l'Internet haut débit. Quatre composants majeurs ont été identifiés pour mener à bien ce projet :

- Produire du contenu multimédia ;
- Développer les technologies multimédia permettant de gérer des bouquets de services interactifs sur l'Internet haut débit ;
- Expérimenter un bouquet de services interactifs sur la boucle locale haut débit gérée par la SEM câble de l'est ;
- Valider et évaluer économiquement la pertinence ou les lacunes de l'approche technique choisie et du service expérimental proposé par une étude d'impact.

La contribution du LORIA porte essentiellement sur les analyses nécessaires au projet SPIHD (notamment l'étude des contraintes, protection du contenu, firewall...) et sur les spécifications des outils SPIHD (technologie de multicasting, contraintes sur le contenu web, outils d'indexation, codage des métadonnées...)

7.7 PAROL

Participants : Tawfik ES-SQALLI [Correspondant], Olivier FESTOR, Éric FLEURY, Emmanuel NATAF.

Le projet Parol (Plate-forme d'Applications Réparties à Objets Libre) a pour objectifs l'amorçage d'une communauté de développement d'une plate-forme répartie à objets (ou DPE

10. <http://dirdrinew.inria.fr/Interne/Etats/dossiers-priamm.html>

11. <http://www.industrie.gouv.fr/accueil.htm>

- Distributed Processing Environment) selon les principes du logiciel libre, et la mise en place de la base de code initiale pour ce développement.

Les partenaires du projet sont : France Télécom - Cnet, l'INRIA sous l'impulsion du projet SIRAC et l'AFNOR.

Les membres de RÉSÉDAS contribuent à ce projet en assurant la conception et le développement d'un service de relations conforme aux spécifications de l'OMG. La réalisation d'un service de notifications est également à l'étude.

8 Actions régionales, nationales et internationales

8.1 Relations bilatérales internationales

Nous maintenons depuis plusieurs années des relations avec différents partenaires au niveau international.

Depuis septembre 1996, nous maintenons des relations de travail dans le domaine de la gestion des réseaux et services avec le département réseaux de l'ENSIAS et de l'EMI à Rabat au Maroc.

Depuis plusieurs années, nous maintenons des contacts avancés avec le NIST (National Institute of Standards and Technology) à Washington. Actuellement, Martial MICHEL y effectue sa troisième année de thèse dans le domaine du calcul distribué sur réseaux de station hétérogènes. Il y développe des outils prenant en charge l'échange de structures de données complexes et dynamiques par les bibliothèques MPI. Les logiciels développés et des informations complémentaires sont disponibles depuis le site d'AutoMap et d'AutoLink¹². Virginie GALTIER, en deuxième année de thèse, y travaille sur l'utilisation des agents mobiles et des réseaux actifs pour la supervision de réseaux. Laurent CIARLETTA, également en deuxième année de thèse, y travaille sur la sécurité dans IPv6 appliquée aux espaces intelligents.

Nous maintenons de nombreux autres contacts avec des laboratoires et universités (U. Delaware (USA), U. Montréal (Canada), CRIM, INRS Télécom, U. Colorado at Denver (USA), U. Bergen (Norvège), U. Surrey (Grande-Bretagne)) sans que ces contacts soient formalisés.

Le groupe RÉSÉDAS et l'ESIAL - *Ecole Supérieure d'Informatique et Applications de Lorraine* - participent depuis plusieurs années à EUNICE, groupement des écoles et universités européennes développant des activités d'enseignement et de recherche sur le domaine des réseaux et télécommunications. Dans sa version actuelle, EUNICE se traduit par l'organisation annuelle d'une école d'été et regroupe des laboratoires, universités et écoles de la plupart des pays européens.

Depuis octobre 1999, nous participons via DYADE au consortium JMX regroupant les principaux industriels de plates-formes de supervision. Notre activité au sein de ce consortium porte sur la définition d'interfaces de programmation Java pour le RGT. Nous sommes *Specification Chair* pour ces interfaces.

12. <http://www.nist.gov/itl/div895/auto/v2.20/>

8.2 Actions nationales

Suite à la mise en place de la plate-forme IPv6, nous participons aux réunions du G6, partie française du réseau expérimental du 6bone.

Nous participons aux réunions de RHDM (*Réseaux Haut Débit et Multimédia*) qui fait partie du pôle Réseaux et systèmes du GdR ARP (Architecture, Réseaux et système, Parallélisme). Dans le cadre de l'animation, nous assurons la correspondance pour le groupe de travail réseaux programmables au sein du GDR RHDM. Nous maintenons également un serveur WEB¹³ ainsi qu'une liste de diffusion pour permettre aux chercheurs francophones d'échanger des informations sur la recherche en réseaux actifs. Nous avons également assuré un cours à l'école d'été RHDM'99 sur les réseaux programmables.

Dans le cadre des programmes télécoms du CNRS, nous développons également une action de recherche sur la supervision et le contrôle des réseaux actifs.

Nous participons aux réunions de TAROT (*Techniques algorithmiques, réseaux et d'optimisation pour les télécommunications*), qui est une action transversale thématique du GdR ARP (Architecture, Réseaux, Parallélisme). L'objectif de TAROT est d'être un forum national dans lequel l'ensemble de la communauté française intéressée par les aspects algorithmiques, structurels ou d'optimisation liés aux réseaux, et plus spécifiquement aux télécommunications, pourra présenter ses travaux.

Nous participons aux réunions de Grappes (*Architecture, systèmes, outils et applications pour réseaux de stations de travail hautes performances*) qui est une action transversale thématique du GdR ARP (Architecture, Réseaux, Parallélisme). Ce groupe de travail s'intéresse aux stations de travail interconnectées par des réseaux locaux à très hautes performances (« grappes »).

Nous participons activement aux réunions trimestrielles du groupement *Réseau Grand Est* (RGE¹⁴), reconnu comme action transversale géographique au niveau du (GDR-ARP¹⁵). RGE regroupe depuis six ans les équipes de recherche en réseaux et systèmes distribués du grand Est de la France à savoir, de Besançon (M. TRÉHEL et H. GUYENNET), de Metz (F. HERRMANN), de Strasbourg (J.-J. PANSIOT et G.-R. PERRIN), de Colmar (P. LORENZ) et de Nancy (D. MÉRY, C. GODART, F. LEPAGE, A. SCHAFF et F. SIMONOT).

Nous participons à deux actions coopératives de la direction scientifique de l'INRIA¹⁶ : *Communications multi-points et qualité de service dans les réseaux locaux sans fil* (COMPAS¹⁷), et *Outils de Résolution Appliquée aux Grands Calculs Numériques* (OURAGAN¹⁸).

8.3 Actions régionales

Une collaboration est en cours avec le physicien Pierre BERTRAND et son équipe dans le cadre du Centre Charles HERMITE pour utiliser et expérimenter *MeDLey* dans l'optique de porter et de faire évoluer leurs programmes de modélisation des plasmas.

13. <http://www.loria.fr/festor/RAF/RAF.html>

14. <http://dpt-info.u-strasbg.fr/rge/welcome.html>

15. <http://www.ens-lyon.fr/LIP/ARP/>

16. <http://www.inria.fr/Recherche/actionsDS-fra.html>

17. <http://hipercom.inria.fr/compas/>

18. <http://www.ens-lyon.fr/desprez/OURAGAN>

Nous participons activement aux réunions LoriaTech et ce chaque fois que le thème des réunions organisées est proche de nos préoccupations. L'objectif du LoriaTech est de rassembler au sein du Club LoriaTech¹⁹ aussi bien des grands groupes industriels que des PME/PMI, des laboratoires de recherche et des collectivités concernés par le transfert de technologie dans les secteurs de l'informatique et des télécommunications.

8.4 Accueil de chercheurs étrangers

Dans le cadre de la conception de modèles de l'information pour la supervision des réseaux et services, nous avons accueilli durant une semaine le Pr. Shien Chung SHEN de l'université de Delaware spécialiste mondial de la représentation de réseaux et auteur du principal modèle de l'information utilisé aujourd'hui.

Nous avons accueilli le Pr. Ross M. MCCONNELL de l'université de Colorado à Denver pour trois semaines en juin 1999. Pendant son stage il a travaillé avec nous sur la décomposition modulaire des graphes et des structures de données efficaces [20, 21].

Nous avons accueilli le Pr. Ben SMITH de l'université de Californie (UCSB) ainsi que Robert JASPER qui travaille chez Boeing Seattle, USA au mois de mars.

Dans le cadre de la Formation de Formateurs en Informatique nous avons accueilli à plusieurs reprises Mohammed OUZZIF pour des séjours de 1 à 2 mois. Le travail de recherche a porté essentiellement sur la spécification en SDL de la coordination dans un système de téléconférence [32, 31].

9 Diffusion de résultats

9.1 Animation de la communauté scientifique

Les membres du projet sont impliqués dans différents colloques et congrès et participent régulièrement à des jurys de thèse.

I. CHRISMENT est membre du RHDM (GDR-ARP) et y anime le pôle réseaux actifs. Elle est également très active au sein du G6, groupement français des chercheurs et industriels travaillant sur l'évolution de l'Internet.

O. FESTOR participe également au pôle réseaux actifs du GDR-ARP réseaux actifs. Il est membre du comité de programme du Colloque Francophone sur la Gestion de Réseaux et Services (GRES). Depuis janvier 1998, il est également membre du bureau des éditeurs de la revue internationale JNSM (Journal of Network and Systems Management). Il est membre du comité de programme du symposium IFIP/IEEE NOMS (Network Operation and Management Symposium).

J. GUSTEDT est éditeur en charge de la section « *graph algorithms* » et de la publication électronique du journal DISCRETE MATHEMATICS AND THEORETICAL COMPUTER SCIENCE²⁰. Il est également membre du comité de pilotage de la conférence bisannuel ORDAL, « *Order Algorithms and Applications* »²¹, qui a eu lieu en août 1999 à Montpellier, et

19. <http://loriatech.loria.fr/>

20. <http://dmtcs.loria.fr/>

21. <http://www.lirmm.fr/ordal99/>

pour laquelle il faisait aussi partie du comité de programme. En 1999, il a également participé à l'organisation du workshop DISCRETE TOMOGRAPHIE²² qui a eu lieu à Volkrange en mars 1999.

J. GUYARD est responsable de l'opération « Transfert des informations et Administration de réseaux » du Centre Lorrain de Compétence en Modélisation et Calcul à Hautes Performances (Centre Charles HERMITE).

André SCHAFF a assuré la présidence du Comité de Programme et du Comité d'organisation du CFIP'99 (Colloque Francophone sur l'Ingénierie des Protocoles) qui a réuni 130 participants au Palais des Congrès de Nancy du 26 au 29 avril 1999 [1]. Il a été membre du Comité de Programme RENPAR'11 qui s'est tenu à Rennes du 8 au 11 juin 1999.

Depuis mars 1998, André SCHAFF assume la Direction du CCH (ou Centre Charles HERMITE²³), projet de recherche fédérateur régional sur *la modélisation et le calcul à haute performance* démarré en 1994 et fortement soutenu par le Conseil Régional de la Lorraine, l'INRIA, la Communauté Urbaine du Grand Nancy, le CNRS, le Ministère de l'Éducation Nationale de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, les Conseils Généraux de Meurthe-et-Moselle et de Moselle et les quatre Universités Lorraines. Outre le partage des calculateurs performants et des réseaux hauts débits entre les 26 opérations scientifiques et autres participants, le CCH établit des coopérations entre les opérations messines et nancéennes et conduit à la réussite d'une véritable inter-disciplinarité entre chimistes, informaticiens, mathématiciens et physiciens en Lorraine.

9.2 Diffusion des connaissances

Vu que nos domaines de compétence et de recherche sont actuellement très sollicités par les divers établissements d'enseignement nancéens, tous les membres du projet RÉSEDAS y assurent de nombreux cours et travaux dirigés. En particulier les enseignants-chercheurs effectuent souvent plus d'un service complet d'enseignement dans leurs établissements d'origine : IUT, DEUG, licence, maîtrise, IUP ou École d'Ingénieurs. De ce fait, nous ne détaillons ci-dessous que les cours qui sont plus en relation avec nos activités de recherches.

Le cours de DEA, commun avec la 3^e année ESIAL, *Analyse et Comparaison des Systèmes Distribués* est assuré à l'UHP par A. SCHAFF qui assume également, à l'ESIAL, la responsabilité pédagogique de la troisième année Informatique. J. GUYARD assure avec T. ES-SQALLI le cours *Concurrence, Parallélisme et Distribution* en ESIAL 3.

Depuis octobre 1997, J. GUYARD assure la direction de l'ESIAL, Ecole d'Ingénieurs en Informatique et ses Applications de Lorraine.

O. FESTOR et E. NATAF ont assuré des cours et des encadrements de projets en DESS sur la gestion de réseaux et de services. L. ANDREY, O. FESTOR et E. NATAF ont également assuré un module de troisième année d'école d'ingénieur ESIAL ouvert également au DEA Informatique de l'UHP sur la supervision et le contrôle dans les télécommunications. I. CHRISMENT a mis en place un module de DEA-ESIAL sur les problèmes de recherches liées aux évolutions actuelles des communications et des protocoles Internet. E. FLEURY et J. GUSTEDT participent

22. <http://dmtcs.loria.fr/tomo/>

23. <http://cch.loria.fr/>

à un module DEA-ESIAL3 sur la parallélisation des algorithmes. L. ANDREY contribue à la rédaction d'un livre sur Java.

9.3 Participation à des colloques et jurys de thèse

Colloques, séminaires Olivier FESTOR a donné un cours sur les réseaux programmables à l'école d'été RHDM a Brest en septembre 1999 [33].

Éric FLEURY a donné un séminaire sur les protocoles de multicast au LAMI a Evry.

Jens GUSTEDT a donné des conférences invitées à la *Journée des graphes*, LaBri, Bordeaux et au colloquium de l'institut d'informatique à l'université de Bergen, Norvège.

Jurys de thèse, commission de spécialistes Olivier FESTOR est membre de la commission de spécialistes 27^e section de l'Université Louis Pasteur de Strasbourg et il a été membre de la commission de recrutement des ingénieurs de l'INRIA Lorraine en 1999.

Jens GUSTEDT était membre des jurys de thèse d'Isabelle GUÉRIN LASSOUS (Paris 7), de Ha Duong PHAN (Paris 7) et de Bruno LÉVY (INPL).

Il est membre de la commission de spécialistes 27^e section de l'INPL, et il était membre de la commission de recrutement de l'INRIA Lorraine en 1999.

Jacques GUYARD a été rapporteur de la thèse d'Emmanuel Munier (UHP Nancy). Il est membre de la CSE 27^e de l'UHP de Nancy

André SCHAFF a été rapporteur du iPh.D. de Chourouk BOURHFIR à l'Université de Montréal, des thèses d'université de Alain COUGOULIC à l'INPG de Grenoble), de Claude DAVAL-FRÉROT à Besançon, du diplôme de spécialité de 3^e cycle ès-sciences Spécialité Informatique de Mohammed OUZZIF à l'Université Mohammed V-Agdal de Rabat. Il est Vice-Président de la CSE 27^e section de l'Université de Metz et membre des CSE 27^e à l'UHP de Nancy et à l'ULP de Strasbourg.

10 Bibliographie

Livres et monographies

- [1] A. SCHAFF, F. LEPAGE, J.-P. THOMESSE, *Colloque Francophone sur l'Ingénierie des Protocoles - CFIP'99*, Hermès Science Publications, avril 1999, Actes du 7^e Colloque Francophone sur l'Ingénierie des Protocoles, Nancy, France, 26-29 Avril, 1999.

Articles et chapitres de livre

- [2] I. CHRISMENT, O. FESTOR, « MIB (Management Information Base) pour IPv6 », *in: IPv6: Theorie et pratique*, G. Cizault (éditeur), O'Reilly, juin 1999, ch. B.
- [3] S. FELSNER, J. GUSTEDT, M. MORVAN, « Interval Reductions and Extensions of Orders: Bijections to Chains in Lattices », *Order* 15, 3, 1999, p. 221–246.
- [4] J. GUSTEDT, « Finiteness Theorems for Graphs and Posets Obtained by Compositions », *Order* 15, 3, 1999, p. 203–220.

Communications à des congrès, colloques, etc.

- [5] L. ANDREY, O. FESTOR, N. BEN YOUSSEF, « Intégration WBEM/RGT Conception et mise en œuvre dans les environnements MODERES et COJ », *in: GRES'99 (Gestion de Réseaux et Services)*, 1999.
- [6] I. CHRISMENT, O. FESTOR, E. FLEURY, R. STATE, « Supervision et contrôle dans les réseaux actifs : Une nécessité à la mise en œuvre et au déploiement dans les réseaux de télécommunication », *in: GRES'99 (Gestion de Réseaux et Services)*, 1999.
- [7] M. COSNARD, E. JEANNOT, T. YANG, « SLC : Symbolic Scheduling for Executing Parameterized Task Graphs on Multiprocessors », *in: International Conférence on Parallel Processing, ICPP99, Japon*, IEEE (éditeur), IEEE Computer Press, 1999.
- [8] F. DESPREZ, E. FLEURY, C. GOMEZ, S. STEER, S. UBÉDA, « Bringing Metacomputing to Scilab », *in: Computer Aided Control System Design ,CACSD' 99*, août 1999.
- [9] F. DESPREZ, E. FLEURY, L. GRIGORI, « Scilab// : User interactive application and high performances », *in: Third World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI'99) and Fifth International Conference on Information Systems Analysis and Synthesis (ISAS'99)*, août 1999.
- [10] T. ES-SQALLI, E. DILLON, J. GUYARD, « Using MedLey for the Grid-Decomposition Methods », *in: PDPTA'99, Las Vegas, Nevada, USA*, avril 1999.
- [11] T. ES-SQALLI, E. DILLON, J. GUYARD, « Using MedLey to resolve the Vlasov equation », *in: HPCN Europe'99, Amsterdam*, avril 1999.
- [12] T. ES-SQALLI, E. FLEURY, E. DILLON, J. GUYARD, « Spécification des communications pour le calcul M-SPMD dans un environnement CORBA », *in: RenPar11, Rennes*, juin 1999.
- [13] T. ES-SQALLI, E. FLEURY, E. DILLON, J. GUYARD, « Using Medley in a CORBA environment », *in: Euro-par'99 Parallel Processing*, septembre 1999.
- [14] O. FESTOR, P. FESTOR, L. ANDREY, N. BEN YOUSSEF, « Integration of WBEM-based Management Agents in the OSI Framework », *in: IFIP IEE Int. Conference on Integrated Network Management, Boston*, I. Press (éditeur), IFIP IEEE, IEEE Press, 1999.
- [15] M. MICHEL, J. E. DEVANEY, « Fine Packet Size Tuning with AutoLink », *in: International Workshop on Parallel Computing - IWPC'99, Fukushima, Japon*, septembre 1999.
- [16] M. MICHEL, A. SCHAFF, J. DEVANEY, « Managing data-types: the CORBA Approach and AutoMap/AutoLink, an MPI Solution », *in: Message Passing Interface Developer's and User's Conference - MPIDC, Atlanta, GA USA*, mars 1999.
- [17] M. RANGANATHAN, L. ANDREY, V. GALTIER, V. SCHAAL, « AGNI : encore une plate-forme à agents mobiles! », *in: CFIP99*, 1999.
- [18] R. STATE, E. NATAF, O. FESTOR, « A Java based Implementation of a Network Level Information Model for the ATM / Frame Relay Interconnection », *in: 2000 IEEE/IFIP Network Operations and Management*, avril 2000, <http://www.loria.fr/publications/2000/A00-R-010/A00-R-010.ps>.

Rapports de recherche et publications internes

- [19] N. BOUBAKER, « Supervision et Contrôle des Réseaux Actifs », *Stage d'ingénieur*, Ecole Supérieure des Communications de Tunis, juin 1999.
- [20] E. DAHLHAUS, J. GUSTEDT, R. M. MCCONNELL, « Efficient and Practical Algorithms for Sequential Modular Decomposition », *Rapport de recherche*, INRIA, novembre 1999, <http://www.loria.fr/publications/1999/99-R-200/99-R-200.ps>.

- [21] E. DAHLHAUS, J. GUSTEDT, R. M. MCCONNELL, « Partially Complemented Representations of Digraphs », *Rapport de recherche*, INRIA, décembre 1999, <http://www.loria.fr/publications/1999/99-R-355/99-R-355.ps>.
- [22] S. A. DARABANT, « Current Technologies in Automatic Test Suites Generation and Verification of Complex Systems », *Rapport de recherche*, LORIA, octobre 1999, <http://www.loria.fr/publications/1999/99-R-140/99-R-140.ps>.
- [23] F. X. DURANCEAU, « Supervision et Contrôle des Réseaux Actifs », *Stage de dea*, LORIA - INRIA Lorraine, juin 1999.
- [24] O. FESTOR, N. BEN YOUSSEF, « Intégration du modèle de l'information de gestion CIM dans l'approche OSI », *Rapport de recherche*, INRIA, avril 1999.
- [25] O. FESTOR, N. BEN YOUSSEF, « Un analyseur sémantique pour MOF », *Rapport technique*, INRIA, juin 1999.
- [26] O. FESTOR, N. BEN YOUSSEF, « Un éditeur de spécifications MOF », *Rapport technique*, INRIA, septembre 1999.
- [27] C. GHASSAN, C. ISABELLE, S. ANDRÉ, « Vers une communication de groupe sécurisée : état de l'art et perspectives », *Rapport de recherche*, LORIA, novembre 1999, <http://www.loria.fr/publications/1999/99-R-244/99-R-244.ps>.
- [28] I. GUÉRIN LASSOUS, J. GUSTEDT, « List Ranking on a Coarse Grained Multiprocessor », *Rapport de recherche*, INRIA, mars 1999, <http://www.loria.fr/publications/1999/99-R-174/99-R-174.ps>.
- [29] H. KOUBAA, « Les communications multipoints dans les réseaux actifs », *Stage de dea*, UHP Nancy I, juin 1999.
- [30] I. NDIAYE, « Test de validation du protocole de contrôle d'IPv6 », *Stage de dea*, UHP Nancy I, juin 1999.
- [31] M. OUZZIF, M. ERRADI, A. SCHAFF, « An SDL Specification of Coordination within a Teleconferencing System », *Rapport de recherche*, 1999.
- [32] M. OUZZIF, A. SCHAFF, « Introduction aux langages ESTELLE, LOTOS et SDL et essai d'application à la gestion de réseaux », *Rapport de recherche*, février 1999, <http://www.loria.fr/publications/1999/99-R-024/99-R-024.ps>.

Divers

- [33] O. FESTOR, I. CHRISMENT, E. FLEURY, « Les réseaux programmables », septembre 1999.