

*Projet RÉSÉDAS**Outils Logiciels pour les  
Télécommunications et les Systèmes  
Distribués**Lorraine*

THÈME 1B

*R* *apport*  
*d'Activité*

2002



# Table des matières

<b>1. Composition de l'équipe</b>	<b>1</b>
<b>2. Présentation et objectifs généraux</b>	<b>2</b>
<b>3. Fondements scientifiques</b>	<b>2</b>
3.1. Supervision et contrôle	2
3.2. Évolution des protocoles et des réseaux	4
3.3. Calculs distribués et échange des données entre processeurs	5
<b>4. Domaines d'application</b>	<b>6</b>
4.1. Supervision et contrôle	6
4.2. Évolution des protocoles et des réseaux	7
4.2.1. IPv6	7
4.2.2. Réseaux programmables (ou actifs)	8
4.2.3. Réseau ad hoc	9
4.2.4. Les réseaux optiques	9
4.3. Calculs distribués et échange des données entre processeurs	9
4.3.1. DIET et NetSolve	10
4.3.2. Ordonnancement sur la grille	10
4.3.3. Redistribution de données entre deux grappes d'ordinateurs	11
4.3.4. Compression dynamique et adaptative de données	11
4.3.5. Problèmes irréguliers à gros grain	11
<b>5. Logiciels</b>	<b>12</b>
5.1. JSMAN.com	12
5.2. MODERES Java	12
5.3. IPv6Agent & IPv6 ANEP	12
5.4. CMISJava API & JTMN	13
5.5. SSCRAP	13
5.6. AdOC	14
<b>6. Résultats nouveaux</b>	<b>14</b>
6.1. Supervision de réseaux et services	14
6.2. Évolution des protocoles et des réseaux	15
6.2.1. Espaces intelligents	16
6.2.2. Réseaux actifs et programmables	16
6.2.3. Sécurité	16
6.3. Calculs distribués et échange des données entre processeurs	17
6.3.1. Transfert de données	17
6.3.2. Ordonnancement sur la grille	17
6.3.3. Portabilité et tests des bibliothèques SSCRAP	17
<b>7. Contrats industriels</b>	<b>18</b>
7.1. PROSS-D	18
7.2. AMARRAGE	18
7.3. VTHD	18
7.4. 6net	19
7.5. FLAME	20
7.6. PROXITV	20
<b>8. Actions régionales, nationales et internationales</b>	<b>20</b>
8.1. Relations bilatérales internationales	20
8.2. Actions nationales	21
8.3. Accueil de chercheurs étrangers	22

<b>9. Diffusion des résultats</b>	<b>22</b>
9.1. Animation de la communauté scientifique	22
9.2. Diffusion des connaissances	23
9.3. Participation à des colloques et jurys de thèse	23
9.3.1. Colloques, séminaires	23
9.3.2. Jurys de thèse, commission de spécialistes	23
<b>10. Bibliographie</b>	<b>23</b>

# 1. Composition de l'équipe

*RÉSEDAS 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.*

## **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 Université**

Laurent Andrey [Maître de conférences, U. de Nancy 2]  
Isabelle Chrisment [Maître de conférences, ESIAL-UHP]  
Jacques Guyard [Professeur, ESIAL - UHP]  
Emmanuel Jeannot [Maître de conférences, UHP]  
Emmanuel Nataf [Maître de conférences, U. de Nancy 2]

## **Personnel INRIA et CNRS**

Johanne Cohen [CR CNRS]  
Jens Gustedt [DR INRIA]

## **Invités**

Volodymyr Nemchenko [Professeur invité, 8 mois durant l'année 2002, UHP, Kharkiv State Technical University, Ukraine]

## **Ingénieurs**

Isabelle Astic [IE INRIA jusqu'au 31/08/2003]  
Nizar Ben Youssef [Ingénieur associé Evidian jusqu'au 31/06/2002]  
Stéphane D'Alu [IE INRIA jusqu'au 31/07/2002]  
Abdelhamid Joumdane [IE INRIA/DYADE jusqu'au 15/08/2002]  
Abelkader Lahmadi [IE INRIA depuis le 01/11/2001]  
Saad El-Hadri [IE INRIA jusqu'au 31/03/2001]

## **Chercheurs doctorants**

Mouna Benaïssa [boursière MEN, thèse en coopération avec le CRAN, 2ème année]  
Yves Caniou [boursier INRIA co-financé région, 2ème année]  
Ghassan Chaddoud [boursier syrien, 4ème année, ATER UHP]  
Laurent Ciarletta [4ème année, ATER INPL]  
Mohamed Essaïdi [boursier tunisien, 3ème année]  
Virginie Galtier [boursière BDI, 4ème année, ATER UHP]  
Hend Koubaa [boursière tunisienne, 3ème année]  
Mohammed Ouzzif [programme STIC franco-marocain, 2ème année]  
Hassen Sallay [boursier INRIA co-financé région, 2ème année]  
Frédéric Wagner [boursier INRIA co-financé région, depuis 1/12/2002]

## **Stagiaires DEA**

Doyen Guillaume [Insa de Toulouse, UHP]  
Ourion Fabrice [DEA, ESSTIN-UHP]  
Rosati Manuela [DEA, UHP]

## **Stagiaires**

Anand Ashok [Indian Institute of Technology, Inde]  
André Sébastien [UHP, France]

Ben Hellel Anis [Ecole Polytechnique de Tunis, Tunisie]  
Bernard Nicolas [ENS Lyon, France]  
Bouassida Mohamed [Ecole Polytechnique de Tunis, Tunisie]  
Chidaine Sylvain [ESIAL-UHP, France]  
Jaiwant Milik [Temple University, USA]  
Jha Neha [Indian Institute of Technology, Inde]  
Mongi Abdelmoula [Ecole Polytechnique de Tunis, Tunisie]  
Padoy Nicolas [ENS Lyon, France]  
Perrin Olivier [ESIAL-UHP, France]  
Pieraut Julien [IUT Nancy 2, France]  
Thibault Samuel [ENS Lyon, France]  
Tlich Mohamed [Ecole Polytechnique de Tunis, Tunisie]  
Wisssem Ben Fradj [Univ. de Tunis, Tunisie]

## 2. Présentation et objectifs généraux

**Mots clés :** *réseaux, télécommunications, calculs distribués, environnement de programmation, gestion de réseaux, gestion de services, Java, IPv6, OSI, CORBA, passage de messages, placement, services de communication, protocole de communication, réseaux actifs, spécification formelle, test, validation.* .

Le projet RÉSEDAS se focalise sur 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 distribués sur des réseaux de télécommunications et des réseaux locaux. Dans ce cadre, le groupe développe des activités sur les trois thèmes suivants :

1. supervision et contrôle des réseaux et des services de télécommunications ;
2. évolution des protocoles et des réseaux ;
3. calculs distribués et échange des données entre processeurs.

Autour de ces thèmes, le groupe maintient également une compétence sur les 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, Hassen Sallay, André Schaff, Nizar Ben Youssef.

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

*Glossaire*

**CORBA :** Common Object Request Broker Architecture

**OSI :** Open Systems Interconnection

**RGT :** Réseau de Gestion des Télécommunications

**SLM :** Service Level Management

**SNMP :** Simple Network Management Protocol

**WEBM :** Web-Based Entreprise Management

La supervision et le contrôle sont aujourd'hui des activités centrales 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 en offrant une vue de l'interconnexion des équipements, des services déployés sur ces réseaux ainsi que des applications qui exploitent les services offerts.

Composante critique des systèmes d'informations, 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, le support de nouvelles technologies et s'appliquer naturellement à de nouveaux services, protocoles et besoins des usagers.

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.

Malgré de nombreux efforts et années de normalisation, plusieurs approches perdurent dans le domaine. Étendue dans l'architecture du RGT, l'approche normalisée OSI est utilisée pour la gestion des réseaux de télécommunications (SDH, GSM, ...). Par contre, 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 diverses approches sont complétées par des solutions propriétaires encore existantes.

Parallèlement à cet 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, WEBM 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 faire face à de nombreux défis :

- **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 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**  
De nouveaux paradigmes et de nouvelles technologies (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 (IPv6, réseaux ad-hoc, services Java, ...) De plus, la gestion de services requiert une évolution des paradigmes et technologies. Les approches actuelles ne permettent pas la supervision dynamique centrée sur les services. En effet, elles se focalisent certes sur les composants qui forment un service, mais les traitent le plus souvent en isolation.

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, Ghassan Chaddoud, Laurent Ciarletta, Isabelle Chrisment [Correspondante], Johanne Cohen, Olivier Festor, Virginie Galtier, Hend Koubaa, André Schaff.

**Mots clés :** *Internet, IPv6, multimédia, protocole de communication, temps réel, multipoint, services, SNMP, Réseaux actifs, réseau ad-hoc, réseau programmable, Java.*

*Glossaire*

**IPv6** Internet Protocol version 6

**SNMP** Simple Network Management Protocol

Le monde actuel des réseaux est en pleine mutation. En raison de l'importance que notre société accorde aux télécommunications, à l'Internet, à la toile, aux applications dites « multimédia », les évolutions des réseaux émergent dans tous les secteurs de la recherche et offrent de nombreux domaines d'application.

IPv6, les réseaux ad-hoc et les réseaux programmables sont les trois architectures de réseaux qui retiennent tout particulièrement notre attention pour :

- faciliter et encourager le déploiement de nouveaux services ;
- maîtriser la mobilité ;
- prendre en compte les besoins de sécurité.

Dans ce contexte, nous travaillons sur les technologies réseau de demain et étudions des protocoles et services utiles aux applications nouvelles que l'on pourra rencontrer sur les futures architectures.

L'évolution rapide des technologies vers des réseaux haut-débit et/ou l'accroissement des performances des processeurs ont favorisé le développement de nouvelles classes d'applications comme l'audio, la vidéo conférence et le travail coopératif entraînant 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 infrastructure logicielle est l'un des défis majeurs pour les réseaux du futur. En lui donnant ainsi les moyens de différenciation et d'offre de services à valeur ajoutée, la disponibilité du réseau sera le principal critère de réactivité d'un opérateur ou fournisseur de services.

À cette évolution des services et de leurs usages, s'ajoute le développement des aspects mobilité rendu possible grâce aux communications sans fils (WaveLAN, GSM, satellites, ... ). 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. 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 tels que l'adaptation des services aux réseaux mobiles, la définition de nouveaux protocoles de routage avec garantie de qualité de services, la communication de groupe, le passage à l'échelle 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 en outre le développement de nouveaux protocoles pour la sécurisation de ces services. De tels composants sont à développer notamment 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 :** Mohamed Essaïdi, Jacques Guyard, Jens Gustedt [Correspondant], Emmanuel Jeannot, André Schaff.

**Mots clés :** *calculs distribués, environnement de programmation, évaluation de performance, MPI, passage de messages, placement, PVM, réseau de stations, système distribué.*

*Glossaire*

**MPI :** Message Passing Interface

**PVM :** Parallel Virtual Machine

**PRO :** Parallel Resource Optimal model

Les principaux demandeurs de puissance de calcul se trouvent le plus souvent à l'extérieur de l'informatique : physiciens, chimistes ou mathématiciens. Ils 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 ou distribuée de ces modèles.

Outre l'étude des fondements théoriques appropriés, le but du groupe est de répondre à des besoins concrets par la conception et la réalisation des outils de développement, d'expérimentation et de plates-formes logicielles.

La conception et l'implantation de programmes sur des machines parallèles sont de plus en plus compliquées. Elles sont rendues plus facilement accessibles aux utilisateurs 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 s'impose 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 : ordonnancement, 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 ou de 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* [62], et *CGM* [56]. Leur 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 multiprocesseurs (Origin2000), un réseau de processeurs (T3E) ou 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 tels que la prise en compte du coût élevé des instructions à distance, la conception

d'algorithmes en phases alternantes de calcul local et communication globale, l'hypothèse du gros grain (parallélisme au niveau procédural). Mais il s'avère que le modèle *CGM* n'est pas encore suffisant pour garantir que tout algorithme conçu soit efficace en pratique. En effet, il accorde trop d'importance à la minimisation de phases, et perd de vue les vrais coûts d'un programme parallèle. Pour cette raison nous avons tenté de raffiner les modèles disponibles dans *PRO*, v.[24], pour tenir compte de l'utilisation de ressources et d'un algorithme séquentiel existant, tout en gardant la simplicité de conception. *PRO* est un acronyme pour *Parallel Resource Optimal model*.

Le but principal du projet est de fournir avec *PRO* un fondement stable et fiable pour le calcul parallèle ou réparti sur des données irrégulières. Ceci consiste aussi bien à une recherche théorique, à l'implémentation d'une bibliothèque (maintenant nommé *SSCRAP*) et à la réalisation et l'évaluation des expériences sur des grosses données et des variétés de plates-formes, voir aussi la page Web correspondante à <http://www.loria.fr/~gustedt/sscrap/>.

Un des buts est également de rendre accessible une partie des algorithmes développés pour des modèles à grain fin (parallélisme au niveau de l'instruction). En particulier, un grand nombre d'algorithmes sont développés dans le modèle *PRAM* (*Parallel Random Acces Machine*) : ils réduisent une instance de taille  $n$  à une de taille  $\varepsilon n$ ,  $0 < \varepsilon < 1$ , 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 *PRO* n'a qu'une profondeur de récurrence de  $\log_{\varepsilon} p$ . D'autre part, les résultats de non-faisabilité donnés par la théorie de P-complétude s'avèrent être peu utiles pour faire des prédictions sur des machines réelles. L'hypothèse faite de disposer d'un nombre de processeurs du même ordre de grandeur que la taille de donnée n'est pas réalisable à l'instant. Par contre il existe des algorithmes pour des problèmes P-complets qui sont efficaces tant qu'ils n'utilisent pas « trop » de processeurs.

De plus, nous cherchons à mettre au point des modèles, des techniques et des algorithmes permettant d'exécuter de la manière la plus efficace possible une application décomposée en tâches sur une plateforme de calcul distribuée et hétérogène. En particulier dans le modèle agent-client-serveur ou chaque client peut contacter par l'intermédiaire de l'agent des serveurs disponibles sur une plate-forme de méta-computing. Dans un tel modèle le rôle de l'agent est primordial. C'est lui qui alloue les tâches sur les serveurs. Les algorithmes d'ordonnancement que nous cherchons à mettre au point sont destinés à être intégrés dans l'agent.

## 4. Domaines d'application

### 4.1. Supervision et contrôle

**Participants :** Laurent Andrey, Isabelle Chrisment, Olivier Festor [Correspondant], Abdelhamid Joumdane, Emmanuel Nataf, Hassen Sallay, André Schaff, Nizar Ben Youssef.

Le projet *RÉSÉDAS* développe des activités de recherche sur l'ensemble des domaines liés à la gestion de réseaux et de services. Les travaux se divisent en quatre domaines complémentaires :

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. algorithmes et architectures pour la gestion dynamique de services,
4. déploiement et expérimentation (fusion des domaines 1, 2 et 3 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*<sup>1</sup> (modèle de l'information standardisé par le Distributed Management Task Force), d'autre part sur la conception d'une

<sup>1</sup>Common Information Model

ingénierie indépendante de toute approche permettant la conception de modèles génériques traduisibles 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).

La gestion de services représente une activité nouvelle au sein du projet. Le processus de gestion de services comprend la mise en place de contrats de services de télécommunication (SLA : *Service Level Agreement*), la dérivation d'une configuration de mesure des métriques, le déploiement de cette configuration sur les composants du service (SLM : *Service Level Monitoring*) et la consolidation des données pour l'émission de rapports aux usagers (SLR : *Service Level Reporting*). Nous portons nos efforts sur la définition d'algorithmes et de composants logiciels centrés sur l'automatisation de ce processus.

Les études de terrain nous permettent de coupler les travaux des trois 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 sont en cours d'étude notamment les services de réseaux privés virtuels dynamiques. Les domaines d'application représentent aujourd'hui une activité importante au sein du projet et montrent la synergie entre les différents thèmes de recherche développés dans le projet.

## 4.2. Évolution des protocoles et des réseaux

**Participants :** Ramzi Azaiez, Laurent Andrey, Ghassan Chaddoud, Laurent Ciarletta, Isabelle Chrisment [Correspondant], Johanne Cohen, Stéphane D'Alu, Olivier Festor, Virginie Galtier, Hend Koubaa, Volodymyr Nemchenko, André Schaff.

Face aux défis du domaine, le projet RESEDAS focalise ses études sur trois types de réseaux : le réseau IPv6, les réseaux programmables, les réseaux ad hoc. Sur ces 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.

Une collaboration avec le PRISM débute sur la commutation dans les réseaux optiques. Bien que les types de réseaux, pour lesquels nous déployons et maintenons trois plates-formes expérimentales, puissent apparaître comme distincts a priori, il existe une synergie entre ces trois domaines d'études et types de réseaux qui ne sont pas sans connexion les uns avec les autres. 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. De plus, la coopération qui s'amorce avec des membres du PRISM, Université de Saint-Quentin en Yvelines porte sur la gestion au mieux des ressources dans les réseaux optiques. Nous nous intéressons au routage et à l'ordonnement des messages.

Ces quatre points vont être développés plus largement ci-dessous.

### 4.2.1. IPv6

La plate-forme IPv6 mise en place au sein du projet RESEDAS est doublement raccordée au réseau expérimental français, le G6-Bone, d'une part via le Point d'Interconnexion Régional installé au LORIA, d'autre part via le Point d'Interconnexion Organisationnel de l'INRIA, également localisé au LORIA. De ce fait, il est raccordé directement au réseau expérimental international, le 6-Bone, par le Point d'Interconnexion géré par Renater II. Ses domaines d'applications concernent les points suivants :

- **La sécurité des communications de groupes** que la recherche en protocoles se doit d'assurer tout en satisfaisant *(i)* un temps minimal de configuration de groupe, *(ii)* un trafic aussi réduit que possible, *(iii)* un groupe dynamique, ie suppression et ajout d'un membre possible à tout moment, *(iv)* l'indépendance des protocoles de routage, *(v)* la confidentialité, l'intégrité et l'authentification des données et *(vi)* la décentralisation de la gestion du groupe.
- **Le concept de mobilité sur Internet** doit permettre à tout utilisateur de rester connecté même lorsqu'il se déplace. 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. La mobilité contribue fortement à accroître encore les besoins de sécurité.
- **Le concept de réseaux actifs** 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.
- **La supervision coopérative du réseau d'expérimentation national**, le G6-Bone, est l'une des contributions du projet RESEDAS sur l'infrastructure IP nouvelle génération. Elle porte sur l'utilisation de nouvelles architectures et technologies. 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 et de proposer une architecture basée sur des technologies actives intégrant les accès standards aux ressources de supervision (SNMP, interface VT100).

Dans le cadre de la thèse d'Université de Laurent Ciarletta, nous avons travaillé également en collaboration avec le NIST (National Institute of Standards and Technology) sur les aspects de configuration automatisée, de découverte de services et de sécurité des réseaux dans le contexte des Espaces Intelligents (aussi appelés *Smart Space* ou *Pervasive Computing Environment*) ou environnements "omniprésents" et embarqués (UEC : Ubiquitous and Embedded Computing environments).

#### 4.2.2. Réseaux programmables (ou actifs)

Dans ce cadre, le premier domaine d'étude du projet RESEDAS 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 en-têtes 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 RESEDAS concerne la supervision et le contrôle. Sur ce point, plusieurs activités de recherche sont développés :

1. une étude sur l'utilisation des réseaux actifs pour la gestion de la configuration des réseaux traditionnels. Nous étudions notamment l'impact de la technologie active sur la supervision de réseaux IP ;
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, réseaux 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* ;
5. une activité sur la modélisation des ressources processeur utilisées pour l'exécution des paquets actifs afin de permettre une gestion efficace de ce nouveau type de réseau.

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 a été soutenue par un projet CNRS ANAIS. Les travaux sur une architecture de réseau actif ont été soutenus par le projet RNRT AMARRAGE. L'utilisation des réseaux actifs en supervision est financée dans le cadre d'une coopération avec le groupe Alcatel.

#### 4.2.3. Réseau ad hoc

Tout d'abord, nous sommes intéressés dans les réseaux ad hoc, à une proposition d'une meilleure utilisation du médium de communication. Les techniques de diversité spatiale en traitement du signal ont permis le développement des antennes utilisées dans les réseaux sans fils. Aujourd'hui, les antennes, ou plus précisément les systèmes d'antennes ont évolué. On est passé des antennes omnidirectionnelles aux antennes directionnelles, puis aux antennes smart (ou intelligentes). Actuellement, la conception des protocoles MAC (Multiple Access Medium) pour les réseaux ad hoc sans fils est encore un domaine de recherche accentuée dont l'objectif primordial est d'aboutir aux meilleurs débits. Pour cette raison, l'optimisation de la couche MAC est une priorité dans les réseaux ad hoc. Les premiers travaux liés aux protocoles MAC sont basés sur les antennes omnidirectionnelles. Récemment, plusieurs travaux de recherches se sont focalisés sur l'optimisation du protocole MAC au moyen des antennes smart.

Nous avons proposé des améliorations aux différents protocoles dans les antennes smart. Ces améliorations [53] sont des résultats théoriques.

Le dernier domaine d'application des réseaux ad-hoc dans le projet RESEDAS 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.

#### 4.2.4. Les réseaux optiques

L'un des intérêts majeurs des réseaux optiques réside dans le fait que ce sont des réseaux haut-débits. A la technologie WDM (Wavelength Division Multiplexing), actuellement utilisée, devrait succéder la technologie DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) qui permettra très vraisemblablement d'atteindre un débit de plusieurs Tbits par seconde. Gérer les ressources dans ces réseaux haut-débits nécessite de gérer des contraintes particulières. Durant cette année, nous nous sommes penchés sur deux problèmes.

Dans le premier axe, l'intérêt s'est porté sur la manière d'acheminer les informations. Pour cela, en collaboration avec l'équipe AICAAP du PRISM, nous avons considéré la topologie la plus simple possible : l'anneau qui transporte des cellules consécutives de taille identique fixée, tournant continûment sur l'anneau, vides ou contenant une information sous forme d'un paquet de données. Nous nous intéressons à comparer la performance du réseau si les messages peuvent être découpés ou non. Dans cette optique, nous avons conçu un simulateur d'un tel réseau. Cet outil sera utilisé afin de tester les solutions proposées.

Dans le second axe, nous nous sommes intéressés à l'équilibrage de charge dans un anneau. Chaque nœud est connecté au réseau par l'intermédiaire de « transmetteurs » qui permettent à ce nœud de transmettre sur une certaine longueur d'onde. Le travail réside à trouver une solution optimale pour répartir les transmetteurs afin de réduire certains coûts. Ce travail a abouti à la publication [12].

### 4.3. Calculs distribués et échange des données entre processeurs

**Participants :** Johanne Cohen, Mohamed Essaidi, Jacques Guyard, Jens Gustedt [Correspondant], Emmanuel Jeannot, André Schaff.

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 : (i) la définition de tâches exécutant en parallèle un code séquentiel et (ii) 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 à résoudre sont alors :

Structurer l'application. Les bibliothèques de communication ne fournissent ni guides ni 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 atteigne 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. DIET et NetSolve

Nous contribuons en collaboration avec le projet ReMaP, à la mise au point d'un environnement intermédiaire (middleware) appelé DIET (Distributed Interactive Engineering Toolbox), destiné à découvrir et présenter à Scilab les services en calcul disponibles sur la grille pour ensuite pouvoir les utiliser de manière transparente. Plus précisément nous travaillons à la mise au point des algorithmes d'ordonnement, de distribution et d'équilibrage de charge au sein de cet environnement. Nous travaillons aussi sur les modèles et les outils de supervision permettant de connaître au mieux l'état de la plate-forme de méta-computing.

NetSolve est un logiciel permettant d'effectuer des calculs sur des serveurs distribués, recensés auprès d'un agent. Il est développé à l'Université du Tennessee, Knoxville, dans l'équipe de Jack Dongarra. Nous avons travaillé à son interfaçage avec Scilab//, pour permettre aux utilisateurs de Scilab// d'accéder au serveur disponible par l'intermédiaire de NetSolve. Ceci est particulièrement utile pour les serveurs parallèles travaillant sur le creux, en effet avec ce mécanisme on a accès à ces serveurs directement à partir de Scilab//.

#### 4.3.2. Ordonnement sur la grille

Bien ordonner des tâches sur des serveurs distants est primordial pour obtenir des performances. Nos travaux portent sur des algorithmes d'allocations d'applications décomposées en tâches sur des serveurs distribués dans le modèle agent-client-serveur. Nous avons étudié les limites de l'algorithme glouton MCT (Minimum Completion Time) tel qu'il est utilisé dans NetSolve. Nous avons introduit la notion d'*historique* qui permet de mieux prédire la durée d'exécution d'une tâche sur un serveur. Nous avons proposé des algorithmes cherchant à minimiser la perturbation due à l'allocation d'une tâche sur un serveur tout en garantissant de bonnes performances pour la tâche elle-même. Cette approche d'avantage orienté système a d'abord été testée en simulation. Parmi toutes les heuristiques étudiées celle qui présentaient les meilleures performances de simulation ont été intégrées dans NetSolve et testées en grandeur nature [14].

### 4.3.3. Redistribution de données entre deux grappes d'ordinateurs

Dans le cadre d'un calcul distribué sur une grappe d'ordinateurs, il peut éventuellement être nécessaire à un moment donné de déplacer les données vers une autre grappe, afin d'utiliser par exemple d'autres ressources. Il faut alors transférer les données en essayant d'utiliser au mieux le réseau qui interconnecte les deux grappes.

Le problème de la redistribution lorsque les deux grappes sont interconnectées par un réseau à haut débit généralise le problème de la redistribution au sein d'une même machine parallèle.

Nous avons modélisé le problème par une décomposition en couplage d'un graphe biparti. Nous avons montré que dans le cas général il s'agit d'un problème NP-complet. Nous avons étudié la borne inférieure du problème et proposé un algorithme d'approximation. Nous avons aussi étudié des heuristiques qui ont un bon comportement en pratique [51].

### 4.3.4. Compression dynamique et adaptative de données

Transmettre rapidement des données de grande taille dans le contexte du calcul distribué peut être réalisé en compressant ces données avant de les envoyer. Cependant, une telle approche n'est pas efficace sur les réseaux à haut débit. En effet, dans ce cas, le temps pour compresser, envoyer et décompresser les données est plus grand que celui pour envoyer les données non compressées.

Nous avons mis au point un algorithme qui permet de compresser à la volée les données avant de les envoyer. Il recouvre la compression par la communication et adapte automatiquement l'effort de compression aux ressources réseau et CPU disponibles [26].

Cet algorithme a été implémenté sous forme d'une bibliothèque (AdOC : "Adaptive Online Compression") qui a été déposée à l'APP.

### 4.3.5. Problèmes irréguliers à gros grain

Les structures de données irrégulières comme les matrices et graphes creux sont beaucoup utilisées dans le calcul scientifique et l'optimisation discrète. L'importance et la variété des domaines d'applications constituent la motivation principale pour la recherche de méthodes de calcul performantes (algorithmes et structures de données). Une approche principale pour l'obtention de bons résultats dans ce cadre est la programmation parallèle. L'équipe RESEDAS poursuit deux voies différentes de recherche pour rendre le traitement des problèmes irréguliers possible en parallèle : la parallélisation automatique et la conception d'algorithmes propres pour le contexte de machines à gros grain.

Pour la parallélisation automatique, nous nous sommes concentrés sur le développement théorique et pratique des algorithmes de factorisation LU des matrices creuses en parallèle en exploitant les opportunités offertes par les caractéristiques de ces matrices : les besoins 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.

Avec le modèle *PRO*, v. [24] et la librairie SSCRAP nous donnons 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, la contraction d'arbres, la répartition des graphes sur des processeurs, les composantes connexes et le coloriage. Nos algorithmes sont conçus pour être robustes, portables et prédictifs.

## 5. Logiciels

### 5.1. JSMAN.com

**Participants :** Laurent Andrey, Nizar Ben Youssef, Olivier Festor [Correspondant], Abdelhamid Joumdane.

*JSMAN.com* est une initiative du projet RESEDAS visant à promouvoir les logiciels *Open Source* développés en gestion de réseaux et services au sein du projet. Les logiciels distribués sous le label *JSMAN.com* bénéficient d'une licence de logiciel libre, disposent d'une documentation complète en ligne (tutoriel, guide de programmation, *javadoc* et d'un support technique assuré par les membres du projet.

**JSMAN.com** est le site de référence de distribution des logiciels de supervision libre développés par les membres du projet RESEDAS. Les logiciels sont également distribués dans le cadre du support **Source-Forge**, ce qui rend possible au travers d'une gestion de version distribuée, la création d'une communauté internationale de contribution aux outils.

Lancé en septembre 2000, l'initiative *JSMAN.com* intègre aujourd'hui deux logiciels du projet : *CMISJava API* et *MODERES* décrits dans les sections suivantes. Ces deux logiciels ont été téléchargés plus de 400 fois et nous recevons de nombreux commentaires très positifs sur l'initiative ainsi que sur la qualité des logiciels pour lesquels des contributions externes commencent à apparaître.

### 5.2. MODERES Java

**Participants :** Laurent Andrey, Nizar Ben Youssef, Olivier Festor [Correspondant], Abdelhamid Joumdane.

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, WEBM, SNMP ... ) que nous développons dans le projet.

Aux nombreux formalismes supportés dans l'outil (SNMP SMIv1, SNMP SMIv2, MOF, GDMO, GRM) nous avons ajouté en 2002 les composants suivants :

- un éditeur MOF,
- un nouveau support pour les modèles 2.5 du DMTF.

**MODERES** est distribué sur Internet depuis plus d'un an et est intégré sous forme d'*Open Source* dans l'initiative *JSMAN.com* depuis septembre 2000. MODERES Java compte plus de cinquante utilisateurs référencés<sup>2</sup>, à la fois dans le monde académique et industriel. On peut citer parmi ces derniers : Alcatel, le CNES, EVIDIAN en France, NOKIA et ERICSSON en Europe, AT&T, TCSI et WatchMark aux Etats-Unis. Les listes de diffusion ainsi que les forums sont maintenus sur **Source-Forge**

### 5.3. IPv6Agent & IPv6 ANEP

**Participants :** Isabelle Chrisment, Stephane D'Alu [Correspondant], Olivier Festor.

IPv6Agent est une première réalisation d'un agent de supervision SNMP pour IPv6. IPv6 ANEP est une implantation du protocole standard d'échanges d'information et de code dans les réseaux actifs sur une souche IPv6 native.

IPv6Agent 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.

IPv6 ANEP constitue la première implémentation au monde du protocole ANEP sur IPv6. L'implémentation comprend :

- un multiplexeur/démultiplexeur ANEP au niveau noyau,
- une interface socket basée sur les identificateurs de type ANEP,

---

<sup>2</sup>utilisateurs ayant indiqué par mail qu'ils utilisaient l'outil.

- une interface Java permettant d'émettre et de recevoir des paquets ANEP natifs depuis une machine virtuelle Java.

IPv6 ANEP est opérationnel sur un noyau Linux. Un portage sur FreeBSD est en cours. Cette implémentation a été réalisée dans le cadre du projet RNRT AMARRAGE.

## 5.4. CMISJava API & JTMN

**Participants :** Laurent Andrey, Olivier Festor [Correspondant], Abdelhamid Joumdane, Nizar Ben Youssef, Rachid Hamdane.

*CMISJava API* est une interface de programmation Java permettant la programmation d'applications de supervision et d'agents s'appuyant sur un service de communication standard défini par l'UIT-T pour l'échange d'informations de gestion. *CMISJava API* 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 *CMISJava API* 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.

Depuis septembre 2000, *CMISJava API* est partiellement distribué en *Open Source* au sein de l'initiative *JSMAN.com*. Sont distribués sous cette forme, l'API, l'implémentation de référence sur RMI, des agents de démonstration et un micro-superviseur. L'implantation sur la plate-forme *Open Master* de la société Evidian est intégrée dans leur offre commerciale et a déjà été vendue à plusieurs clients. L'interface *CMISJava API* est également à l'étude pour servir de référence dans les interfaces de programmation d'accès au service CMIS dans l'initiative JMX<sup>3</sup>, consortium qui regroupe les principaux fournisseurs de plates-formes de supervision de réseaux dont BullSoft, Computer Associates, IBM, SUN .... L'ensemble des composants sont maintenus par les membres du projet RESEDAS.

## 5.5. SSCRAP

**Participants :** Mohamed Essaïdi, Jens Gustedt [Correspondant].

La librairie SSCRAP est conçue pour faciliter l'implémentation des algorithmes qui sont décrits pour le modèle *PRO*.

Il s'agit d'un prototype d'une librairie en C++ développé en collaboration avec Isabelle Guérin Lassous de l'équipe **ARES**. Elle prend en compte les exigences du modèle *PRO*, v. section 3.3, 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.

Une première version de cette librairie est accessible à l'adresse <http://www.loria.fr/~gustedt/sscrap/>, et peut maintenant être superposée à différentes couches de communication :

- une couche d'envoi de message avec **MPI**
- une pour la mémoire partagé avec des **threads-POSIX**, et
- une pour des environnements mixtes avec **PM<sup>2</sup>**.

---

<sup>3</sup>Java Management Extensions

## 5.6. AdOC

**Participants :** Emmanuel Jeannot [Correspondant].

La bibliothèque AdOC (Adaptive Online Compression), implante l'algorithme AdOC de compression dynamique adaptative.

Il s'agit d'un prototype d'une bibliothèque C. Elle se présente comme une surcouche de TCP offrant un service de compression adaptatif, pour la transmission de buffer ou de fichier.

La compression est mise en place lorsque celle-ci n'induit pas de surcoût (typiquement lorsque le réseau n'est pas *trop rapide* ou lorsque le processeur n'est pas trop chargé).

Des mécanismes de recouvrement entre la compression et la communication ont été intégrés, ainsi que des mécanismes limitant la copie inutile de données.

Les fonction d'envoi et de réception utilise la même sémantique que les appels systèmes *read* et *write* d'unix ce qui facilite l'intégration de la bibliothèque dans des applications déjà existantes.

## 6. Résultats nouveaux

### 6.1. Supervision de réseaux et services

**Participants :** Laurent Andrey, Isabelle Astic, Isabelle Chrisment, Olivier Festor [Correspondant], Abdelhamid Joumdane, Emmanuel Nataf, André Schaff, Nizar Ben Youssef.

Les travaux du groupe ont été poursuivis cette année sur l'administration de services à forte dynamique, notamment sur la gestion des services de communication de groupes et sur la supervision du protocole IPv6.

La dynamique de l'accès (joindre, quitter) ainsi que l'évolution de la topologie des arbres de diffusion sont des caractéristiques inhérentes aux services de communication de groupes. Cette dynamique met à mal nombre de paradigmes de base de la gestion de réseaux et services standard. Permettre la supervision de tels services, requiert de nouvelles approches pour les modèles de l'information de niveau réseau et service ainsi que des architectures logicielles plus ouvertes et dynamiques.

Cette année, nous nous sommes concentrés sur les services de comptabilité pour les services multicast et avons poursuivi nos travaux autour des services de supervision de base.

Autour des services de bases, notre approche a porté sur la conception d'une architecture d'intégration des différents services de supervision de multicast existants. Aujourd'hui, d'excellents composants autonomes existent sur le marché et ils représentent de bons candidats pour une intégration. Des utilitaires tels que MRM, Mrinfo, Mtrace, Mhealth offrent des fonctionnalités intéressantes pour la gestion du multicast, mais ils restent spécifiques et incomplets pour une gestion globale d'un service multicast. Afin de palier cette limite, nous avons proposé une architecture d'intégration et prototypé cette architecture plateforme expérimentale [30].

Nos travaux sur la comptabilité dans les services multicast ont abouti à deux résultats majeurs. Le premier est une amélioration de l'algorithme ELSD initialement proposé par [61]. L'algorithme initial nécessitait une connaissance *a priori* de la topologie de l'arbre et ne permettait pas de modification de cette topologie. La réalité est tout autre et les protocoles de gestion d'arbres multicast gèrent cette dynamique dans le routage. Nous avons intégré cette dynamique dans le protocole de comptabilité en proposant une extension des algorithmes de calcul qui prennent en compte les modifications de topologie et de souscription.

Le second résultat porte sur la décentralisation de la gestion de multicast. Dans ce but, nous considérons la dynamique de multicast sous deux facettes : une facette micro-dynamique et une facette macro-dynamique. Au niveau micro-dynamique, nous pouvons suivre la dynamique des membres (i.e. join/leave de membres à l'arbre de distribution multicast). La facette macro-dynamique reflète l'évolution de l'arbre multicast dans son expansion et sa contraction (i.e. join/leave de routeurs à l'arbre de distribution). Nous exploitons également le fait que la surcharge engendrée par la signalisation et le transport de données peut être minimisée en jouant sur la granularité des données à transporter.

Ces deux considérations nous ont conduit à la définition d'une architecture à trois niveaux : niveau source de multicast, niveau nœuds intermédiaires et niveau nœuds situés à la frontière de l'arbre de distribution. A

chaque niveau architectural, un agent spécifique de gestion est placé et une distribution de traitement et de données suit cette distribution des agents. Cette architecture à trois niveaux prend en compte la dynamique de service multicast et est capable d'implanter efficacement certaines tâches de gestion tel que l'allocation de coût, la comptabilité et la sécurité. Cette architecture est actuellement en cours d'implémentation dans le projet [30].

L'autre axe majeur de cette année a été la poursuite du déploiement de la plateforme de supervision pour les réseaux IPv6 natifs, et en particulier, la définition ou l'implémentation d'interlogiciels capables de gérer de tels réseaux.

Notre première contribution concerne l'évolution du standard SNMP (Simple Network Management Protocol). Le standard SNMP est constitué du protocole permettant le dialogue entre l'entité assurant la gestion (le *manager*) et l'entité à gérer (*l'agent*), ainsi que des informations permettant de connaître l'état de l'entité gérée : les MIBs (Management Information Bases). Afin de permettre l'administration de réseaux IPv6 natifs à l'aide du standard SNMP, il devenait urgent de pouvoir disposer du protocole SNMP au dessus d'IPv6 et des MIBs capables de gérer de tels réseaux. Le logiciel OpenSource net-snmp (<http://www.net-snmp.org>) propose depuis mars 2002, le protocole SNMP au dessus d'IPv6. Seules manquaient les MIBs, et en particulier, la MIB II, ensemble minimal d'informations permettant de gérer un réseau IP. Cette MIB était toujours en discussion l'an dernier mais semble se figer maintenant. Même si elle n'est toujours définie qu'à l'état de « drafts », les discussions intervenant dans les « mailing lists » de l'IETF à ce sujet, permettent de penser que ces « drafts » n'évolueront que très peu pour devenir des RFCs. Nous avons décidé d'implémenter les quatre « drafts » définissant cette MIB II unifiée ([60], [57], [58], [59]) ainsi que la convention textuelle associée [55]. Ce travail est décrit dans [34], ainsi que dans des rapports intermédiaires [33], [48], et [36]. Il a également fait l'objet d'une soumission de code (patch MIB2 IPv6) auprès du projet net-snmp. Il permet le déploiement d'autres outils OpenSource nécessitant le standard SNMP, outils que nous intégrerons s'il y a lieu à notre plateforme de supervision du réseau IPv6 expérimental Renater II (<http://w6.loria.fr>).

Notre seconde contribution concerne la définition d'un service de recherche dynamique de topologie. Une étude menée par l'équipe RESEDAS sur les services dynamiques de topologie pour les réseaux LAN IPv4, a montré que ceux-ci n'étaient pas utilisables tels quels pour les réseaux IPv6. Nous avons donc proposé un nouveau service, capable de découvrir automatiquement des LAN IPv6, hétérogènes. Cet algorithme, basé uniquement sur des standards, a fait l'objet d'une maquette implémentant son moteur de recherche. Cette maquette a prouvé la faisabilité d'une telle approche, tout en mettant en exergue ses limites actuelles, dues à l'absence de standards permettant notamment d'obtenir à distance, toutes les adresses IPv6 d'un équipement. Cette étude a fait l'objet de 3 publications ([10], [11], [34]). Nous travaillons actuellement à la stabilisation de cet environnement, pour permettre sa diffusion en Open Source.

Enfin, nous avons continué de faire évoluer la plateforme de supervision du réseau expérimental RENATER II. Le but que nous nous étions fixé était de la faire évoluer vers plus de dynamicité. C'est chose faite puisque, lors de sa création, la carte des routeurs est définie à partir des informations recueillies sur le réseau, concernant l'état des connexions entre les différents PIRs (Points d'Interconnexion Régionaux). La seconde étape sera la mise à jour régulière de la carte en fonction de l'évolution de l'état du réseau.

Cette plate-forme a également évolué vers plus de lisibilité. Sa mise en page a été entièrement revue afin que l'accès aux informations soit plus facile. La norme w3c a été suivie, afin d'assurer la plus grande portabilité des pages HTML générées. Le résultat de ce travail est décrit dans [52].

## 6.2. Évolution des protocoles et des réseaux

**Participants :** Laurent Andrey, Ghassan Chaddoud, Laurent Ciarletta, Isabelle Chrisment, Johanne Cohen, Stéphane D'Alu, Olivier Festor, Éric Fleury [Correspondant], Virginie Galtier, Jens Gustedt, Hend Koubaa, André Schaff.

Les principaux résultats et travaux ont porté sur les points suivants :

- sur les espaces intelligents :

- prise en compte du modèle en couches LPC (Layered Pervasive Computing) dans la plateforme de simulation EXiST (EXperimental Simulation Tool)
- proposition et développement d'un espace virtuels intelligents ou VPSS
- dans le domaine des réseaux actifs :
  - évolution de la plateforme active FLAME,
  - réalisation d'un service de monitoring et de gestion de fautes d'un flux multicast sur FLAME,
- dans le domaine de la sécurité :
  - poursuite de nos travaux sur la sécurisation des groupes dans l'Internet en nous orientant vers la sécurisation des architectures spécifiques à une source ;
  - mise en œuvre d'une plateforme de tests expérimentant le protocole BAAL, spécifié au sein de RÉSEDAS.

### 6.2.1. Espaces intelligents

Laurent Ciarletta a finalisé ses travaux de thèse [4] qui avaient été menés en collaboration avec le NIST dans le contexte de l'informatique ambiante. L'architecture du simulateur EXiST a été étendue afin de prendre en compte le modèle en couche LPC [19]. Une étude sur les aspects sécurité et informatique ambiante a été effectuée. Une approche sécurisée des espaces virtuels intelligents avec VPSS a été spécifiée et un prototype implémenté [18]. VPSS permet le contrôle et la sécurisation de l'accès aux ressources des environnements de l'informatique ambiante. Il s'appuie sur la philosophie RBAC qui exprime que l'accès aux ressources doit être autorisé ou refusé selon le ou les rôles que l'utilisateur remplit au moment présent. VPSS utilise aussi la notion de réseau privé virtuel (VPN) pour permettre de créer des environnements où chaque VPN correspond à un rôle.

### 6.2.2. Réseaux actifs et programmables

Nous avons poursuivi nos travaux sur la conception d'un environnement de réseau actif dédié à la supervision de réseaux IP. Cet environnement, intitulé FLAME, permet le chargement natif de code actif et le traitement de paquets ANEP. Nous avons apporté cette année trois extensions majeures à l'environnement.

La première concerne son administration. Nous avons démontré l'intérêt de la supervision à base de politiques pour les réseaux actifs. Nous avons notamment spécifié des politiques d'autorisation au niveau du réseau et implémenté un couple PEP/PDP (Policy Enforcement Point / Policy Decision Point) réalisant ces politiques dans l'environnement FLAME [49][43]. Cette administration, couplée à nos travaux sur l'allocation dynamique de ressources de calcul dans des réseaux actifs [5][23] représente une architecture puissante de supervision.

La seconde extension concerne la validation de l'architecture active par sa mise en œuvre comme support du protocole de supervision de multicast HPMM (Hierarchical Passive Multicast Monitoring) [20].

La troisième extension concerne l'utilisation de l'environnement actif FLAME pour la conception et le développement d'une infrastructure active permettant le déploiement et l'exécution de tests d'interopérabilité dans le cadre du protocole IPv6 [41]. Les suites de tests sont générées manuellement du TTCN vers le langage C et ensuite exécutées dans l'environnement FLAME [13]. L'approche active permet le dynamisme et la décentralisation nécessaires pour tester certaines fonctionnalités IPv6 (multicast, mobilité) où les stimulations de test envoyés à l'implémentation à tester et les observations en retour peuvent être traités en différents points.

### 6.2.3. Sécurité

Nous avons continué nos travaux sur la sécurisation des groupes dans l'Internet [3] en nous orientant plus spécifiquement vers les architectures spécifiques à une source (SSM) [15] [16]. L'architecture SSM met en

jeu des routeurs multicast implémentant la version 3 du protocole IGMP avec le protocole de routage PIM-SSM. Pour implémenter de manière plus performante le protocole Baal développé dans l'équipe, nous avons développé un proxy IGMPv3 [39] afin de l'intégrer à notre architecture SSM sécurisé. En collaboration avec le professeur Vijay Varadharajan, nous avons intégré ses travaux relatifs à un schéma distribué de chiffrement pour mettre en place une gestion efficace des groupes sécurisés dans SSM permettant ainsi d'ajouter ou de supprimer un abonné sans affecter les autres abonnés du canal de communication [17].

### 6.3. Calculs distribués et échange des données entre processeurs

**Participants :** Johanne Cohen, Mohamed Essaïdi, Jacques Guyard, Jens Gustedt [Correspondant], Emmanuel Jeannot, André Schaff.

Les travaux du groupe ont porté principalement cette année sur :

- les tests de performances de l'architecture *CORBA* et développement d'une bibliothèque d'échange de messages dans un environnement *CORBA* ;
- les travaux autour de *Sci lab* et de l'approche serveur de calcul ;
- la portabilité et les tests de la bibliothèque *SSCRAP* ;
- la factorisation LU creuse en parallèle ;
- le transfert des informations complexes.

#### 6.3.1. Transfert de données

Nous avons mis au point un algorithme de compression adaptative de données pour les transferts de gros objets sur la grille. Cet algorithme a été implanté sous forme d'une bibliothèque disponible sur le Web.

En ce qui concerne la redistribution de données. Le problème a été modélisé, sa complexité étudiée. Un algorithme d'approximation a été proposé.

#### 6.3.2. Ordonnancement sur la grille

En ce qui concerne le problème de l'ordonnancement sur la grille dans le modèle agent-client-serveur des heuristiques ont été proposées et étudiées. Il semble que l'approche visant à trouver un compromis entre minimiser la perturbation induite par le placement d'une tâche sur un serveur et minimiser la durée d'exécution d'une nouvelle tâche au détriment des autres est un bon choix qui permet, au total, à toutes les tâches de s'exécuter dans de bonnes conditions.

#### 6.3.3. Portabilité et tests des bibliothèques *SSCRAP*

La première implantation de la bibliothèque *SSCRAP* était basée sur des bibliothèques du paradigme envoi de messages. Depuis 2000 on s'est attaqué à la réalisation de cette couche en threads POSIX. Pour cela, des révisions de la bibliothèque ont été menées en changeant des parties applicatives. Comme les threads POSIX ne semblent pas être implantés d'une manière satisfaisante sous IRIX, nous n'avons pas pu faire des tests à grande échelle sur les machines SGI du CCH. Par contre les résultats étaient encourageants sur des plates-formes SOLARIS et LINUX mais malheureusement effectués avec peu de processeurs. Pour résoudre les problèmes d'extensibilité sous IRIX, nous envisageons prochainement un portage aux threads natif d'IRIX *sproc*.

Des tests intensifs et systématiques sur différentes plate-formes ont continué cette année. En particulier on a pu étendre les tests à la grande grappe de PC de l'INRIA Rhône-Alpes. Ils portaient sur différents problèmes communs : problème spécifique des données irrégulières, le classement de liste, le tri et la génération aléatoire de permutations.

Nous avons également poursuivi le développement d'algorithmes dans le modèle PRO [24] sur des problèmes spécifiques des données irrégulières, en particulier le classement de liste, la contraction d'arbre et le coloriage de graphes. Le premier et le deuxième sont bien connus pour être « résolus » en théorie (par exemple pour le modèle PRAM) mais également pour se comporter assez mal en pratique. Le troisième est déjà NP-complet en séquentiel, mais il y a des heuristiques séquentielles résolvant le problème avec certaines

garanties. De plus, nous avons récemment réussi à trouver un algorithme, qui résout un problème P-complet le problème LFMIS, *lexicographic first maximal independent set*, avec environ  $\log n$  processeurs. Cela montre une fois de plus que l'hypothèse faite pour la théorie de P-complétude de disposer d'un nombre de processeurs du même ordre de grandeur que la taille des données conduit à une direction peu utile pour les architectures actuelles.

## 7. Contrats industriels

### 7.1. PROSS-D

**Participants :** Laurent Andrey, Olivier Festor [Correspondant], Abdelhamid Joumdane, Emmanuel Nataf, Nizar Ben Youssef.

PROSS-D est la suite de l'action ANTARES II, coopération avec la société Evidian. L'action débutée en avril 2001 s'est terminée en août 2002. Elle avait pour objectif de concevoir et de proposer des services de supervision au dessus de l'interface CmisJavaApi développée dans les projets contractuels ANTARES I et II qui ont précédé PROSS-D.

Les services visés étaient : un service de surveillance d'attributs et un service d'accès aux méta-données ASN.1 et GDMO.

Le premier service a été réalisé sur la base d'une architecture JMX. Le second repose sur un service d'annuaire LDAP ainsi que des interfaces Java dédiées à l'élaboration des objets MODERES Java correspondants à des instances de méta-données GDMO.

Tous les services ont été conçus, implémentés en Java et transférés chez le partenaire industriel dans les délais.

### 7.2. AMARRAGE

**Participants :** Isabelle Chrisment, Stéphane D'Alu, Olivier Festor, 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.

Au sein de ce projet, nous avons conçu et réalisé l'infrastructure de communication de la plateforme : ANEP/IPv6 natif et son implémentation sur Linux, une API socket ANEP en Java et le recodage du paquetage réseau java.net pour le support d'IPv6. En plus de cette infrastructure de communication, nous avons évalué la capacité des services actifs à s'auto-gérer, i.e. utiliser les services actifs pour gérer les services actifs. Comme démonstrateur, nous avons réalisé un service de découverte de topologie et de monitoring de services dans le réseau actif. Ces services ont été démontrés sur la plateforme nationale ainsi que lors des journées RNRT de présentation du projet.

Le projet AMARRAGE s'est terminé en juillet 2002.

### 7.3. VTHD

**Participants :** Isabelle Astic, Olivier Festor [Correspondant], Abdelkader lahmadi.

*Glossaire*

**VTHD++ :** Vraiment Très Haut Débit

**RNRT :** Réseau National de la recherche en Télécommunication

VTHD++<sup>4</sup> est un projet RNRT du ministère de l'économie, des finances et de l'industrie<sup>5</sup>. Ce projet se réalise en coopération avec France Telecom R&D, l'INRIA, l'ENST, l'ENST-Bretagne, l'INT, Eurecom et l'IMAG.

Les principaux objectifs du projet sont de prouver :

- qu'IP sur des réseaux à très haut débit (2,5 Gb/s pour le cœur du réseau et 1 Gb/s pour l'accès au réseau), peut offrir des services à hautes valeurs ajoutées comme la QoS (Qualité de Service) et la sécurité, tout en préservant la simplicité d'utilisation du réseau. Autrement dit, la complexité peut et doit être traitée au niveau des terminaux et des serveurs.
- qu'IPv6 peut arriver à préserver les performances actuelles du réseau, sans rupture avec IPv4.

C'est dans l'étude d'IPv6 que nous intervenons. Nous avons en charge deux aspects de cette étude :

- la sécurité, avec la réalisation de tests de performance d'IPsec. Ces tests s'effectueront de façon distribuée sur trois sites : Lyon, Rennes et Nancy.
- la supervision du backbone IPv6, avec :
  - la proposition d'une architecture de gestion/supervision du réseau,
  - la mise en place d'outils de supervision permettant de gérer un backbone hétérogène (le cœur du réseau VTHD comporte des routeurs Juniper et Cisco), et donc, un enrichissement de la plateforme de supervision existant actuellement,
  - l'aide au déploiement de la solution proposée.

## 7.4. 6net

**Participants :** Isabelle Astic, Olivier Festor [Correspondant].

*Glossaire*

**IST :** Information Society Technologies

6net<sup>6</sup> est un projet IST de la Communauté Européenne. Il comporte une trentaine d'intervenants répartis dans l'ensemble de la communauté scientifique et industrielle européenne. Le coordination du projet a été confiée à CISCO. Les contractants principaux sont ULB (Université Libre de Bruxelles), DANTE (Delivery of Advanced Network Technology to Europe Ltd), TERENA (Trans European Research and Education Networking Association), Sony Europe, IBM France, NTT Com, RENATER (REseau National pour la Technologie, l'Enseignement et la Recherche), UKERNA, NORDUnet, DFN, SURFnet, SWITCH, AConet, GRNET, INFN-GARR, UCL (University College London), UoS (University of Southampton), ULAN (University of LANcaster), TELIN. L'INRIA apparait comme *assistant contractor* de RENATER.

Le principal objectif de ce projet est de préparer la prochaine génération de l'Internet, c'est à dire d'étudier et de résoudre tous les problèmes pouvant être rencontrés dans la construction, le déploiement et l'utilisation d'un réseau IPv6 natif à grande échelle.

Différents groupes de travail ont été définis afin de mettre en place le réseau 6net et d'y apporter les services nécessaires. D'autres groupes de travail étudient la coexistence IPv4-IPv6 ou des applications utilisant les nouvelles fonctionnalités IPv6. Un groupe de travail s'attache plus particulièrement à l'administration des réseaux IPv6. C'est dans le cadre de ce groupe de travail que nous coopérons.

Le LORIA a participé à la définition d'une architecture de supervision du réseau 6net ([45]), à la définition et à la réalisation d'outils nécessaires à la supervision d'un réseau IPv6 natif ([44], [34]), et à la réalisation d'un *cookbook* pour administrer un réseau IPv6 [37]. De plus, nous avons été éditeur pour les deux premiers documents synthétisant le résultat de ces recherches. Les outils réalisés sont :

<sup>4</sup><http://www.vthd.org>

<sup>5</sup><http://www.industrie.gouv.fr/accueil.htm>

<sup>6</sup><http://www.6net.org>

- l'implémentation de la MIB (Management Information Base) II unifiée permettant de gérer conjointement les réseaux IPv4 et IPv6, dans l'OpenSource net-snmp ([34]),
- la définition d'un service de recherche dynamique de topologie pour les LAN IPv6.

## 7.5. FLAME

**Participants :** Laurent Andrey, Isabelle Chrisment, Stéphane D'Alu, Olivier Festor [Correspondant], Abdelkader Lahmadi.

Débuté en juillet 2000, mais signé seulement début novembre 2000, ce projet de coopération entre le projet RESEDAS et le groupe Alcatel porte sur la conception et la réalisation d'une architecture basée sur les réseaux actifs pour la supervision d'un environnement de routeurs IP.

Le projet comporte deux phases. La première consiste à concevoir et prototyper une application active de mesure de performance à l'aide de la technologie active. Cette première permet l'évaluation de différentes plates-formes actives généralistes pour la supervision et l'identification de besoins spécifiques pour la supervision d'environnements IP. La seconde phase du projet a démarré en février 2001. Elle vise à définir un environnement d'exécution dédié au support de fonctions de supervision.

Nous avons défini un environnement d'exécution appelé FLAME. Celui-ci a été réalisé en Java puis en C. De nombreuses bibliothèques de programmation de services sont disponibles sur l'environnement ainsi que plusieurs démonstrateurs. Une approche de supervision à base de politiques vient compléter l'interface de supervision de l'environnement.

Tous les composants logiciels et les documents associés ont été transférés chez le partenaire industriel. Un accompagnement du transfert finalisant le contrat à eu lieu chez Alcatel en novembre 2002.

## 7.6. PROXiTV

**Participants :** Johanne Cohen [Correspondant].

PROXiTV est un projet européen IST. Le projet PROXiTV travaille à l'établissement et à la proposition d'une solution Internet et télévision haut débit en exploitant les boucles locales haut débit. L'idée première est d'offrir une solution globale pour mettre à disposition d'un large public connecté directement à partir de leur TV ou de leur PC des services interactifs. Les buts sont de construire une infrastructure de diffusion pour le multimédia, de développer des services interactifs orientés contenu sachant tirer parti des accès haut débit, de mettre en œuvre une plate-forme de test grandeur nature sur trois boucles locales ADSL (VIENNA, LINZ et STEYR), et de mettre en place des expérimentations B-to-C<sup>7</sup> de services WEB interactifs en haute définition (TV ou VOD).

La contribution du LORIA porte essentiellement sur l'optimisation des routes et sur les politiques d'ordonnancement à mettre en œuvre pour respecter les différents types de contraintes imposées par les fournisseurs de contenu. Avec la collaboration de l'avant-projet ARES de l'INRIA Rhône-Alpes, nous avons proposé et évalué des solutions à leur problème [42].

# 8. Actions régionales, nationales et internationales

## 8.1. Relations bilatérales internationales

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

Depuis septembre 1996, des relations de travail sont établies dans le domaine de la gestion des réseaux et services ainsi que dans le domaine des évolutions Internet avec le département réseaux de l'ENSIAS et de l'EMI à Rabat au Maroc. Depuis le début de l'année 2001, nous participons au thème réseaux du programme STIC franco-marocain mis en place pour une période de 3 ans. L'encadrement de la thèse de Mohammed OUZZIF s'effectue dans ce cadre.

---

<sup>7</sup>Business to Client

Depuis plusieurs années, des travaux de recherche sont menés avec le NIST à Washington. Virginie GALTIER, ATER à l'UHP, y a travaillé durant sa troisième année de thèse, sur l'évaluation des besoins des applications actives dans un cadre de réseaux actifs. Sa thèse a été soutenue en Mars 2002. Laurent CIARLETTA, maintenant ATER à l'INPL, y a travaillé durant sa troisième année de thèse, sur les *Smart Spaces* et la découverte de services. Sa thèse a été soutenue en Novembre 2002.

Depuis plusieurs années, nous maintenons des contacts fructueux avec l'équipe de Jan Arne TELLE à l'Université de Bergen (Norvège). Cette collaboration s'inscrit dans un PAI AURORA programme bilatéral franco-norvégien, mené par Isabelle GUÉRIN LASSOUS du LIP/ENS Lyon.

Depuis décembre 2000, nous avons établi une collaboration avec le Professeur Volodymyr NEMCHENKO de l'Université Technique d'État de Kharkov en Ukraine sur les tests des nouveaux protocoles Internet.

Nous avons des contacts étroits avec l'Université du Tennessee et en particulier l'équipe de Jack DONGARRA sur tous les aspects concernant NetSolve et l'ordonnancement dans le modèle agent-client-serveur.

Nous maintenons de nombreux autres contacts avec des laboratoires et universités (U. du Delaware (USA), U. de Montréal (Canada), CRIM<sup>8</sup>, INRS Télécom à Montréal, U. Colorado at Denver (USA), U. Surrey (Grande-Bretagne), U. du Tennessee (USA) et Georgia Tech (USA)) sans que ces contacts soient toujours officiellement formalisés. Toutefois, en 2001, le projet « Formalisation et tests d'IPv6 » soumis conjointement par Rachida DSSOULI (maintenant à l'Université Concordia à Montréal) et André SCHAFF en réponse à l'appel d'offres 2000 du FFCR (Fonds France-Canada pour la Recherche) a été retenu.

Le groupe RÉSEDAS 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.

## 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 assumons une responsabilité scientifique et de supervision dans la diffusion d'IPv6 sur RENATER2.

Nous participons aux réunions de ING-RHDM<sup>9</sup> qui fait partie du pôle Réseaux et systèmes du GdR ARP<sup>10</sup>. Dans le cadre de l'animation, nous assurons la correspondance pour le groupe de travail réseaux programmables au sein du GDR ING-RHDM. Nous maintenons également un serveur WEB<sup>11</sup> ainsi qu'une liste de diffusion pour permettre aux chercheurs francophones d'échanger des informations sur la recherche en réseaux actifs.

Nous participons aux réunions de TAROT<sup>12</sup>, thème du GdR ARP (Architecture, Réseaux, Parallélisme) où l'ensemble de la communauté française intéressée par les aspects algorithmiques, structurels ou d'optimisation liés aux réseaux, et plus spécifiquement aux télécommunications, peut présenter ses travaux. Nous participons également à la nouvelle action transversale MOBILITÉ du GDR ARP.

Nous participons aux réunions de Grappes<sup>13</sup>, action transversale thématique du GdR ARP (Architecture, Réseaux, Parallélisme), qui s'intéresse aux stations de travail interconnectées par des réseaux locaux à très hautes performances (« grappes »).

Nous participons à un groupe de travail sur l'étude des réseaux tout-optiques entre les équipes Grafcom du LRI (Université Paris-Sud), OpPALL du Prism (Université de Saint-Quentin), Opal du LAMI (Université d'Évry), sans que ces contacts soient toujours officiellement formalisés.

<sup>8</sup>Centre de Recherche en Informatique de Montréal

<sup>9</sup>Réseaux Haut Débit et Multimédia

<sup>10</sup>Architecture, Réseaux et système, Parallélisme

<sup>11</sup><http://www.loria.fr/~festor/RAF/RAF.html>

<sup>12</sup>Techniques algorithmiques, réseaux et d'optimisation pour les télécommunications

<sup>13</sup>Architecture, systèmes, outils et applications pour réseaux de stations de travail hautes performances

Nous participons activement aux réunions trimestrielles du groupement **RGE**<sup>14</sup> reconnu comme action transversale géographique au niveau du **GDR-ARP**. 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). Ces activités d'animation sont désormais soutenues suite à l'acceptation en 2001 de notre projet ARGE au niveau de l'ACI (Action Concertée Incitative) GRID (Globalisation des Ressources Informatiques et des Données).

Nous sommes également partenaires dans un projet RNRT (AMARRAGE), d'un projet RNTL (GASP) et de plusieurs ACI GRID (GRID-ASP, Guirlande-fr, GEOGRID, GRID<sup>2</sup> et ARGE).

### 8.3. Accueil de chercheurs étrangers

Nous avons accueilli le Professeur VLADIMIR NEMCHENKO de l'Université d'Etat Technique de Radioélectronique de Kharkiv (Ukraine), spécialiste des tests et diagnostics, pour une période de 8 mois en 2002, ainsi que le doctorant ASSEFAW HADISH GEBREMEDHIN de l'Université de Bergen (Norvège) pour 1 mois.

Jaiwant MULIK, doctorant à l'Université de Philadelphie sur les réseaux actifs a passé deux mois dans le projet en lien avec les travaux menés dans l'action FLAME.

Le professeur Vijay Varadharajan de l'Université Macquarie de Sydney a effectué un séjour de 1 mois dans le cadre de nos travaux sur la sécurité et les communications de groupe.

## 9. Diffusion des 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). Elle est également devenue membre cette année du comité de programme de CFIP'2002, de SAR'2002 (Sécurité et Architecture Réseaux) et de IWCS'2002 (International Workshop on Communication Software Engineering). Elle est partie prenante dans le projet STIC franco-marocain où elle co-encadre une thèse sur un environnement actif pour les tests d'interopérabilité relatifs aux protocoles multicast IPv6.

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) et, depuis janvier 1998, du bureau des éditeurs de la revue internationale JNSM (Journal of Network and Systems Management). Il est membre des comités de programme du symposium IFIP/IEEE NOMS<sup>15</sup> et du congrès IFIP/IEEE IM<sup>16</sup>.

J. GUSTEDT est membre des instances suivantes du LORIA : comité des projets, commission permanente, commission d'orientation scientifique et comité de pilotage du Pôle de Recherche Scientifique et Technologique (PRST) Intelligence Logicielle.

Depuis Octobre 2001, il est éditeur en chef du journal **DISCRETE MATHEMATICS AND THEORETICAL COMPUTER SCIENCE**, où il était auparavant rédacteur responsable de la section *graph algorithms* et en tant que responsable pour la publication électronique.

J. GUYARD est responsable de l'opération « Méthodes et outils pour les communications dans les applications de calcul distribué et parallèle » du Centre Lorrain de Compétence en Modélisation et Calcul à Hautes Performances (Centre Charles HERMITE).

A. SCHAFF a été membre du Comités de Programme CFIP'2002. De plus, il est Président de la CSE (Commission de Spécialistes et d'Etablissement) 27<sup>e</sup> section de l'UHP. Il est membre des CSE 27<sup>e</sup> de Strasbourg et de Besançon.

<sup>14</sup>Réseau Grand Est

<sup>15</sup>Network Operation and Management Symposium

<sup>16</sup>International Symposium on Integrated Network Management

## 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.

Au DEA Informatique, filière TRS<sup>17</sup>, I. CHRISMENT assure le cours sur *Les protocoles de télécommunications*, J. GUSTEDT celui sur *Algorithme et programmation des systèmes distribués*, O. FESTOR celui sur *Les architectures et les services de télécommunications* en collaboration avec F. LEPAGE.

En 3<sup>e</sup> année ESIAL<sup>18</sup>, I. CHRISMENT assume la responsabilité de la spécialité TRS (Télécommunications, Réseaux et Services) et y assure les cours réseaux. A. SCHAFF assure le suivi de tous les projets industriels et des stages pour 85 élèves de la 3<sup>e</sup> année ESIAL. O. FESTOR et E. NATAF ont assuré le module *Supervision et Contrôle dans les Télécommunications*, cours également assuré en IUP-GEII. Depuis octobre 1997, J. GUYARD assume la direction de l'ESIAL.

## 9.3. Participation à des colloques et jurys de thèse

### 9.3.1. Colloques, séminaires

Olivier FESTOR a donné un tutoriel sur les réseaux programmables à ALGOTEL 2001.

### 9.3.2. Jurys de thèse, commission de spécialistes

I. CHRISMENT est membre élu titulaire de la commission de spécialistes 27<sup>e</sup> section de l'Université Henri Poincaré de Nancy et est membre nommé suppléant de la commission de spécialistes 27<sup>e</sup> section de l'Université Louis Pasteur de Strasbourg.

O. FESTOR est membre de la commission de spécialistes 27<sup>e</sup> 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 2002.

J. GUSTEDT était membre du jury de thèse de Vincent BOUDET (ENS Lyon) et de Stéphane CONREAUX (INPL), de la commission de spécialistes 27<sup>e</sup> section de l'INPL et de la commission de recrutement de l'INRIA Lorraine en 2001.

J. GUYARD est membre de la CSE 27<sup>e</sup> de l'UHP de Nancy

A. SCHAFF est Président de la CSE 27<sup>e</sup> section de l'UHP et membre des CSE 27<sup>e</sup> à l'ULP de Strasbourg et à l'UFC de Besançon. Il est membre du Conseil d'Orientation Scientifique du LORIA et de l'INRIA Lorraine ainsi que du bureau du DFD Informatique.

## 10. Bibliographie

### Bibliographie de référence

- [1] O. FESTOR. *Ingénierie de la gestion de réseaux et de services : du modèle OSI à la technologie active*. thèse de doctorat, UHP-Nancy 1, décembre, 2001.

### Livres et monographies

- [2] *GRID 2002*. Emmanuel Jeannot, INRIA, décembre, 2002.

<sup>17</sup> *Télécommunications, Réseaux et Services*

<sup>18</sup> *Ecole d'Ingénieurs en Informatique et ses Applications de Lorraine*

## Thèses et habilitations à diriger des recherche

- [3] G. CHADDOUD. *Sécurisation de communication de groupes dynamiques*. Thèse d'université, Université Henri Poincaré, août, 2002.
- [4] L. CIARLETTA. *Contribution à l'évaluation des technologies de l'informatique ambiante*. Thèse d'université, Université Henri Poincaré, novembre, 2002.
- [5] V. GALTIER. *Éléments de gestion des ressources de calcul dans les réseaux actifs hétérogènes*. Thèse d'université, Université Henri Poincaré - Nancy 1, avril, 2002.

## Articles et chapitres de livre

- [6] J. COHEN, P. FRAIGNAUD, C. GAVOILLE. *Recognizing Knödel graphs*. in « Discrete Mathematics », numéro 250, mars, 2002, pages 41-62.
- [7] E. DAHLHAUS, J. GUSTEDT, R. MCCONNELL. *Partially complemented representations of digraphs*. in « Discrete Mathematics and Theoretical Computer Science », numéro 1, volume 5, juin, 2002, pages 147-168.
- [8] A. GEBREMEDHIN, I. GUÉRIN LASSOUS, J. GUSTEDT, J. A. TELLE. *Graph Coloring on a Coarse Grained Multiprocessor*. in « Discrete Applied Mathematics », février, 2002, à paraître.
- [9] I. GUÉRIN LASSOUS, J. GUSTEDT. *Portable List Ranking : an Experimental Study*. in « ACM Journal of Experimental Algorithmics », numéro 7, volume 7, juillet, 2002.

## Communications à des congrès, colloques, etc.

- [10] I. ASTIC, O. FESTOR. *A Hierarchical Topology Discovery Service for IPv6 Networks*. in « Network Operations and Management Symposium - NOMS 2002, Florence, Italie », IEEE/IFIP, avril, 2002.
- [11] I. ASTIC, A. SCHAFF. *Service de Découverte Dynamique de Topologie des réseaux IPv6*. in « Colloque Francophone sur l'Ingénierie des Protocoles - CFIP'2002, Montréal, Canada », Abdel Obaid, Lavoisier, éditeurs HERMES., 11, rue Lavoisier 75008 PARIS, mai, 2002.
- [12] D. BARTH, J. COHEN, P. FRAGOPOULOU, G. HÉBUTERNE. *Wavelengths assignment on a ring all-optical metropolitan area network*. in « 3rd Workshop on Approximation and Randomization Algorithms in Communication Networks - ARACNE'2002, Rome, Italy », septembre, 2002.
- [13] A. BENHARREF, R. DSSOULI, Z. BERBICH, I. CHRISMENT. *Formal Specifications, TTCN and executable test cases for main IPv6 protocols*. in « International Workshop on Communication Software Engineering - IWCSE'2002, Marrakech, Morocco », décembre, 2002.
- [14] Y. CANIOU, E. JEANNOT. *Ordonnancement pour la grille : une extension de MCT*. in « Quatorzième Rencontres Francophones du Parallélisme - RENPAR 2002, Hammamet, Tunisie », pages 58-65, avril, 2002.

- [15] G. CHADDOUD, I. CHRISMENT, A. LAHMADI. *A Secure SSM Architecture*. in « IEEE International Conference on Networks - ICON'2002, Singapore », août, 2002.
- [16] G. CHADDOUD, I. CHRISMENT, A. LAHMADI. *S-SSM : Sécurisation d'une architecture SSM*. in « Colloque Francophone sur l'Ingénierie des Protocoles - CFIP'2002, Montréal, Canada », mai, 2002.
- [17] G. CHADDOUD, V. VARADHARAJAN. *Efficient Secure Group management*. in « The 23rd International Conference on Distributed Computing System ICD, Providence, Rhode Island, USA », août, 2002, à paraître.
- [18] L. CIARLETTA, I. CHRISMENT, A. AIT ALI. *Espaces Virtuels Privés Intelligents : VPSS (Virtual Private Smart Space)*. in « Sécurité et Architecture Réseaux - SAR'2002, Marrakech, Maroc », juillet, 2002.
- [19] L. CIARLETTA, I. CHRISMENT. *Outils pour l'expérimentation des technologies de l'informatique ambiante*. in « 16ème Congrès DNAC : De Nouvelles Architectures pour les communications - DNAC'2002, Paris, France », décembre, 2002.
- [20] S. D'ALU, O. FESTOR. *FLAME : une plate-forme active dédiée à la supervision des services de l'Internet*. in « Colloque Francophone sur l'Ingénierie des Protocoles - CFIP'2002, Montréal, Canada », mai, 2002.
- [21] M. ESSAÏDI, I. GUÉRIN LASSOUS, J. GUSTEDT. *SSCRAP : environnement de développement pour les modèles parallèles à gros grain*. in « Quatorzième édition des Rencontres Francophones du Parallélisme - RENPAR'14, Hammamet, Tunisie », avril, 2002.
- [22] M. ESSAÏDI, I. GUÉRIN LASSOUS, J. GUSTEDT. *SSCRAP : An Environment for Coarse Grained Algorithms*. in « 14th IASTED International Conference on Parallel and Distributed Computing and Systems - PDCS'2002, Boston, MA, USA », IASTED, éditeurs S. A. ET AL., pages 398-403, novembre, 2002.
- [23] V. GALTIER, K. MILLS, Y. CARLINET. *Modeling CPU Demand in Heterogeneous Active Networks*. in « DARPA Active Network Conference and Exposition - DANCE'2002, San Francisco, CA, US », mai, 2002.
- [24] A. H. GEBREMEDHIN, I. GUÉRIN LASSOUS, J. GUSTEDT, J. A. TELLE. *PRO : a Model for Parallel Resource-Optimal Computation*. in « 16th Annual International Symposium on High Performance Computing Systems and Applications, Moncton, New Brunswick, Canada », IEEE, pages 106-113, juin, 2002.
- [25] J. GUSTEDT, O. MÆLE, J. A. TELLE. *The Treewidth of Java Programs*. in « 4th Workshop on Algorithm Engineering and Experiments - ALENEX'02, San Francisco, CA US », janvier, 2002.
- [26] E. JEANNOT, B. KNUITSON, M. BJORKMAN. *Adaptive Online Data Compression*. in « Eleventh IEEE International Symposium on High Performance Distributed Computing - HPDC 11, Edinburgh, Scotland », éditeurs IEEE., juillet, 2002.
- [27] H. KOUBAA, E. FLEURY. *Reflections on Ad Hoc Cooperative Teams*. in « Workshop on "Mobile Ad Hoc Collaboration" - CHI'2002, Minneapolis, USA », avril, 2002, <http://www.loria.fr/publications/2002/A02-R-136/A02-R-136.ps>.
- [28] H. KOUBAA, E. FLEURY. *Service Location Protocol Overhead in the Random Graph Model for Ad Hoc*

*Networks*. in « 7th IEEE Symposium on Computers and Communications - ISCC'2002, Taormina, Italy », juillet, 2002, <http://www.loria.fr/publications/2002/A02-R-148/A02-R-148.ps>.

- [29] H. KOUBAA. *Reflections on Smart Antennas for MAC Protocols in Multihop Ad Hoc Networks*. in « European Wireless , Florence, Italy », février, 2002.
- [30] H. SALLAY, R. STATE, O. FESTOR. *A Distributed Management platform for Integrated Multicast Monitoring* . in « 8th IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium - NOMS'2002, Florence, Italy », mars, 2002.
- [31] R. STATE, O. FESTOR. *A management platform over a peer to peer service infrastructure*. in « 10 th. IEEE International Conference on Telecommunications, Tahiti, Papeete », février, 2002, à paraître.
- [32] S. THIBAUT, X. CAVIN, O. FESTOR, E. FLEURY. *Unreliable Transport Protocol for Commodity-Based OpenGL Distributed Visualization*. in « Workshop on Commodity-Based Visualization Clusters, Boston, MA », octobre, 2002, <http://www.loria.fr/publications/2002/A02-R-303/A02-R-303.ps>.

## Rapports de recherche et publications internes

- [33] M. ABDELMOULA. *Administration d'un réseau IPv6*. Stage de fin d'étude d'école d'ingénieur, INRIA, juin, 2002, <http://www.loria.fr/publications/2002/A02-R-066/A02-R-066.ps>.
- [34] M. ABDELMOULA, A. ANAND, I. ASTIC, N. JHA. *Implementation of IP-MIB Modules for IPv4 and IPv6 protocols*. Rapport technique, octobre, 2002.
- [35] A. AIT ALI. *Sécurité pour l'informatique ambiante*. Stage de DEA, juillet, 2002.
- [36] A. ANAND. *Implementation of SNMP agent for new version Internet protocol IPv6*. Stage de deuxième année d'ingénieur, LORIA, août, 2002.
- [37] I. ASTIC, T. CHOWN, J. DURAND, R. EVANS, F. RISSO, D. ROGERSON, B. TUY. *6Net IPv6 Network Management Cookbook*. Rapport Intermédiaire, Communauté Européenne (Projet IST), octobre, 2002.
- [38] W. BEN FREDJ. *Threads distribués pour une bibliothèque de programmation parallèle à gros grain*. stage fin d'étude, Fac des sciences de Tunis, Dép des Sciences de l'Informatique, juillet, 2002.
- [39] A. BEN HELLEL. *Architecture SSM sécurisée utilisant un proxy IGMP*. Stage ingénieur, juillet, 2002, <http://www.loria.fr/publications/2002/A02-R-442/A02-R-442.ps>.
- [40] N. BERNARD. *Etablissement de tests permettant de mesurer l'impact sur les performances de la sécurisation d'IPv6 par IPsec*. Magistère d'Informatique et Modélisation, septembre, 2002, <http://www.loria.fr/publications/2002/A02-R-189/A02-R-189.ps>.
- [41] M. S. BOUASSIDA. *Utilisation de la technologie active pour tester les protocoles multicast IPv6*. Stage Ingénieur, juillet, 2002, <http://www.loria.fr/publications/2002/A02-R-445/A02-R-445.ps>.

- [42] J. COHEN, E. FLEURY, I. GUERRIN-LASSOUS. *Route and transfer optimization*. Rapport Intermédiaire, PROXiTV-IST-1999-20352, mars, 2002.
- [43] G. DOYEN. *Gestion commune des politiques et de l'administration des réseaux*. Stage de DEA, septembre, 2002, <http://www.loria.fr/publications/2002/A02-R-261/A02-R-261.ps>.
- [44] O. FESTOR, F.-X. ANDREU, I. ASTIC, G. BARBAGALLO, T. CHOWN, R. EVANS, B. GAJDA, I. KAPPAS, G. KOUTEPAS, S. LEINEN, G. PAOLINI, M. PATRIGNANI, F. RISSO, T. SKJESOL, R. SZUMAN, B. TUY. *6NET Management Tools Requirements*. Rapport Intermédiaire, juillet, 2002.
- [45] O. FESTOR, R. EVANS, B. TUY, R. WOLTER. *6NET Network Management Initial Architecture*. Rapport Intermédiaire, juillet, 2002.
- [46] O. FESTOR, E. NATAF, R. STATE. *FLAME Using Active Network Technology for Building and Deploying Active Probes State of the Art*. Rapport de fin de contrat, décembre, 2002.
- [47] J. GUSTEDT. *Randomized Permutations in a Coarse Grained Parallel Environment*. Rapport de recherche, INRIA, novembre, 2002, <http://www.inria.fr/rrrt/rr-4639.html>.
- [48] N. JHA. *Implementation of IP-MIB module for IPv4 and IPv6 protocol*. Stage de deuxième année d'ingénieur, LORIA, août, 2002.
- [49] A. LAHMADI, O. FESTOR. *Using COPS for managing Active Network Nodes*. Rapport technique, INRIA, décembre, 2002, <http://www.inria.fr/rrrt/rt-0270.html>.
- [50] V. NEMCHENKO. *Génération de suites de test pour les protocoles IPv6*. Rapport de recherche, janvier, 2002.
- [51] N. PADOY. *Redistribution de données entre deux grappes d'ordinateurs*. Stage de licence, septembre, 2002.
- [52] J. PIERAUT. *Visualisation dynamique du backbone IPv6 RENATER II*. Licence professionnelle IUT Charlemagne, option "concepteur-intégrateur de systèmes Internet/Intranet", juillet, 2002, <http://www.loria.fr/publications/2002/A02-R-197/A02-R-197.ps>.
- [53] M. ROSATI. *Étude des protocoles MAC appliqués aux antennes smart*s. Stage de DEA, juillet, 2002.

## Divers

- [54] G. CHADDOUD, I. CHRISMENT. *Sécurisation des communications de groupes dynamiques*. juillet, 2002.

## Bibliographie générale

- [55] M. DANIELE, B. HABERMAN, S. ROUTHIER, J. SCHOENWAEELDER. *Textual Conventions for Internet Network Addresses*. rapport technique, IETF, 2002, RFC 3291.
- [56] F. DEHNE, A. FABRI, A. RAU-CHAPLIN. *Scalable parallel computational geometry for coarse grained multicomputers*. in « International Journal on Computational Geometry », numéro 3, volume 6, 1996, pages

379-400.

- [57] B. FENNER, B. HABERMAN, M. K., J. SCHOENWALDER. "*Management Information Base for the Transmission Control Protocol (TCP)*, *draft\_ietf\_ipngwg-RFC2012-update-01.txt*". rapport technique, IETF, 2001.
- [58] B. FENNER, B. HABERMAN, M. K., J. SCHOENWALDER, D. THALER. "*Management Information Base for the User datagram Protocol (UDP)*, *draft\_ietf\_ipngwg-RFC2013-update-01.txt*". rapport technique, IETF, 2001.
- [59] B. FENNER, B. HABERMAN, J. SCHOENWALDER, D. THALER. "*IP Forwarding Table MIB*, *draft\_ietf\_ipngwg-RFC2096-update-00.txt*". rapport technique, IETF, 2001.
- [60] B. FENNER, B. HABERMAN, J. SCHOENWALDER, D. THALER. "*Management Information Base for the Internet Protocol (IP)*, *draft\_ietf\_ipngwg-RFC2011-update-00.txt*". rapport technique, IETF, 2001.
- [61] S. HERZOG. *Accounting and Access Control for Multicast Distributions : Models and Mechanisms*. thèse de doctorat, USC, august, 1996.
- [62] L. G. VALIANT. *A bridging model for parallel computation*. in « Communications of the ACM », numéro 8, volume 33, 1990, pages 103-111.