



HAL
open science

Proposition de Projet MADYNES : Supervision des réseaux et services dynamiques

Olivier Festor, Isabelle Chrisment, Laurent Andrey, Jacques Guyard,
Emmanuel Nataf, André Schaff, Radu State

► **To cite this version:**

Olivier Festor, Isabelle Chrisment, Laurent Andrey, Jacques Guyard, Emmanuel Nataf, et al.. Proposition de Projet MADYNES : Supervision des réseaux et services dynamiques. [Interne] A03-R-020 || festor03a, 2003, 54 p. inria-00107736

HAL Id: inria-00107736

<https://inria.hal.science/inria-00107736>

Submitted on 19 Oct 2006

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Proposition de projet MADYNES

Supervision des réseaux et services dynamiques
(*MANagement of DYNAMIC NEtworks and Services*)

2003-2010

Olivier Festor, Isabelle Chrisment, Laurent Andrey, Jacques Guyard,
Emmanuel Nataf, André Schaff, Radu State
LORIA - INRIA Lorraine

Version 1.6 - 2 décembre 2002 - Thème 1B

Résumé

Le projet MADYNES vise la conception, la validation et la mise en œuvre de nouveaux paradigmes et architectures de supervision et de contrôle capables (1) de maîtriser la dynamique croissante des infrastructures et services de télécommunications et (2) de résister au facteur d'échelle induit par l'Internet ubiquitaire.

The goal of the MADYNES research project is to design, validate and deploy novel management and control paradigms and software architectures able to cope with (1) the growing dynamicity of both telecommunication infrastructures and services and (2) the scalability issues induced by the ubiquitous Internet.

Table des matières

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Introduction | 3 |
| 2 | Composition du projet | 4 |
| 3 | Domaine de recherche | 5 |
| 3.1 | Contexte | 5 |
| 3.2 | Gestion des réseaux et des services | 7 |
| 3.2.1 | Définition | 7 |
| 3.2.2 | Domaines fonctionnels | 7 |
| 3.3 | Les défis de la gestion des réseaux et services | 8 |
| 4 | Axes de recherche | 10 |
| 4.1 | Axe 1 : Gestion autonome | 10 |
| 4.1.1 | Évolution des paradigmes | 10 |
| 4.1.2 | Une rupture nécessaire | 11 |
| 4.1.3 | Auto-organisation des entités de gestion | 12 |
| 4.1.4 | Architectures pair-à-pair et routage applicatif | 13 |
| 4.1.5 | Représentation et intégration de l'information de gestion | 14 |
| 4.1.6 | Synthèse et objectifs | 15 |
| 4.2 | Axe 2 : Modèles d'instrumentation des services avancés | 15 |
| 4.2.1 | Plateformes de services | 15 |
| 4.2.2 | Viser la convergence et favoriser la composition | 16 |
| 4.2.3 | Briques d'interfaces et composition | 17 |
| 4.2.4 | Convergence signalisation/supervision | 17 |
| 4.2.5 | Modèle de programmation pour services de bout-en-bout | 17 |
| 4.2.6 | Synthèse et objectifs | 18 |
| 4.3 | Axe 3 : Sécurité & comptabilité des services dynamiques | 18 |
| 4.3.1 | Sécurité et comptabilité dans l'Internet | 18 |
| 4.3.2 | Interfaces et infrastructure pour la sécurité et la comptabilité dynamique | 20 |
| 4.3.3 | Comptabilité dynamique | 20 |
| 4.3.4 | Architecture d'intégration politiques/services de sécurité | 20 |
| 4.3.5 | Synthèse et objectifs | 21 |
| 5 | Domaines d'application | 22 |
| 5.1 | Communications de groupes et communications interactives | 22 |
| 5.2 | Intergiciels | 23 |
| 5.3 | Services Web | 24 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 5.4 | Les services pair-à-pair | 25 |
| 5.5 | Les réseaux actifs | 25 |
| 5.6 | IPv6 | 26 |
| 5.7 | Synthèse | 27 |
| 6 | Outils et composants logiciels | 28 |
| 6.1 | Outils et méthodes | 28 |
| 6.2 | Développements logiciels | 28 |
| 6.2.1 | MODERESJava | 29 |
| 6.2.2 | FLAME | 29 |
| 6.2.3 | IGMPv3 | 29 |
| 6.2.4 | CMISJavaApi et ses applications | 30 |
| 6.3 | Synthèse | 30 |
| 7 | Relations nationales et internationales | 32 |
| 7.1 | Relations locales | 32 |
| 7.2 | Relations au sein de l'INRIA | 33 |
| 7.2.1 | ARMOR | 33 |
| 7.2.2 | ARES | 33 |
| 7.2.3 | PLANETE | 34 |
| 7.2.4 | RESO | 35 |
| 7.2.5 | SARDES | 35 |
| 7.2.6 | Autres projets de l'INRIA | 35 |
| 7.3 | Relations nationales | 35 |
| 7.4 | Relations internationales | 36 |
| 8 | Actions contractuelles en cours | 37 |
| 8.1 | AMARILLO | 37 |
| 8.2 | 6Net | 37 |
| 8.3 | IMPACT | 38 |
| 8.4 | VTHD++ | 38 |
| 8.5 | FLAME | 38 |
| 8.6 | Synthèse | 39 |
| 9 | Participation à la vie de la communauté | 40 |
| 9.1 | Comité de programmes et organisation de manifestations scientifiques | 40 |
| 9.2 | Commissions et groupes de pilotage | 40 |
| 9.3 | Actions spécifiques et groupes de travail | 42 |
| 10 | Synthèse | 43 |
| 11 | Bibliographie des membres du projet | 44 |

Chapitre 1

Introduction

MADYNES est une proposition de projet LORIA-INRIA. MADYNES développe des recherches dans le domaine de la supervision et du contrôle des réseaux et services. Au sein de ce domaine de recherche, MADYNES relève les défis majeurs induits par la dynamique croissante des infrastructures, protocoles et usages ainsi que par le facteur d'échelle inhérent à l'Internet ubiquitaire.

Le projet est organisé en trois axes. Le premier développe des travaux sur la conception d'une nouvelle approche architecturale et protocolaire autour de la gestion autonome. Le second axe explore les capacités d'insertion de la fonction de supervision au cœur des environnements de création et d'exploitation de services. Le troisième axe adresse la comptabilité et la sécurité, fonctions en plein essor dans l'Internet et qui présentent de nombreux défis dans le contexte des services dynamiques.

Ces travaux trouvent de nombreuses applications dans l'Internet nouvelle génération. Outre les couches d'interconnexion, des services à forte dynamique comme la communication de groupe, les réseaux pair-à-pair, les intergiciels et les Web-services représentent autant de candidats pour la mise en œuvre des concepts conçus dans les trois axes du projet.

Ce projet se positionne dans le thème 1B : Réseaux et Télécommunications de l'INRIA et porte directement sur l'un des cinq axes de recherche du plan stratégique à savoir : Maîtriser l'infrastructure numérique en sachant programmer, calculer et communiquer sur Internet et sur des réseaux hétérogènes. Au niveau local (LORIA), le projet se positionne dans le thème Calculs, Réseaux et Graphismes à hautes performances.

Afin de présenter le projet, le document est organisé comme suit¹. Le chapitre 2 présente les membres du projet. Le chapitre 3 décrit le domaine de recherche dans le contexte de l'évolution des réseaux et services et énumère les défis scientifiques à relever. Sur la base de ces défis, les orientations de recherche du projet MADYNES sont présentées dans le chapitre 4. Les domaines d'application des travaux du projet sont présentés dans le chapitre 5. Les outils et méthodes mis en œuvre ainsi que les logiciels développés et maintenus dans le projet sont présentés dans le chapitre 6. Les relations du projet sont présentées dans le chapitre 7 et les contrats et coopérations externes sont énumérés dans le chapitre 8. L'implication des membres dans la communauté scientifique et la visibilité des travaux du projet sont décrites dans le chapitre 9. Une synthèse résume le projet, ses atouts et son positionnement.

1. L'organisation s'appuie sur le squelette mis à disposition par Paul ZIMMERMANN.

Chapitre 2

Composition du projet

Responsable scientifique

Olivier FESTOR [Chargé de recherche INRIA, Habilité à diriger des recherches]

Responsable permanent

Isabelle CHRISMENT [Maître de conférences, ESIAL-UHP]

Assistante de projet

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

Personnel INRIA

Radu STATE [Chargé de recherche INRIA, à partir du 1/10/2002]

Personnel université

Laurent ANDREY [Maître de conférences, U. de Nancy 2]

Jacques GUYARD [Professeur, ESIAL-UHP]

Emmanuel NATAF [Maître de conférences, U. de Nancy 2]

André SCHAFF [Professeur, ESIAL-UHP]

Personnel contractuel

Isabelle ASTIC [Ingénieur expert INRIA, projet VTHD++ 1/09/2002 - 31/08/2003]

Chercheurs doctorants

Mouna BENAÏSSA [Boursière MEN, coopération avec le CRAN, soutenance prévue fin 2003]

Guillaume DOYEN [Boursier MEN, soutenance prévue fin 2005]

Hassen SALLAY [Boursier Tunisien - cofinancé Région, soutenance prévue fin 2003]

Chapitre 3

Domaine de recherche

3.1 Contexte

La décennie à venir va révolutionner l'offre actuelle des services de télécommunications et bouleverser les usages. Cette révolution s'appuie d'une part sur les évolutions technologiques liées aux infrastructures, composants logiciels, services et d'autre part sur le besoin croissant d'ubiquité des services, i.e. l'accès permanent pour tout usager à l'ensemble des services auxquels il a souscrit quel que soit l'environnement. Cette ubiquité est le moteur indispensable à l'acceptation et à l'appropriation par les usagers de ces futurs services.

La révolution qui va permettre la connectivité universelle et la disponibilité permanente des services s'appuie sur l'ensemble des points majeurs suivants :

- **Convergence**,
- **Qualité**,
- **Facilité d'utilisation, Facteur d'échelle** et
- **Dynamisme**.

La **convergence** prend, dans le contexte des réseaux et services, plusieurs sens : (1) convergence fixe / mobile, (2) convergence télécommunications / Internet et, (3) convergence supervision / signalisation.

La convergence fixe/mobile et l'interconnexion des réseaux rendent possible l'accès universel aux services. L'accès à l'Internet par des technologies sans fil est aujourd'hui disponible dans de multiples endroits (par exemple *hot spot* dans les cafés, gares, aéroports, ...), notamment via la norme Wi-Fi de l'IEEE, . L'UMTS¹ étend cette couverture à l'échelle planétaire.

Demain, tous les réseaux seront interconnectés à grande échelle, depuis les réseaux corporels, personnels aux réseaux de couverture globale tels que l'UMTS, et les satellites en passant par les réseaux domestiques, les réseaux communautaires, les réseaux d'entreprise, les réseaux métropolitains et les réseaux de diffusion de type diffusion vidéo numérique terrestre².

Cette interconnexion globale fournira la base de l'infrastructure pour la disponibilité permanente des services de communication.

La convergence vers une couche d'interconnexion universelle est également amorcée. Cette couche s'appuie sur le protocole IP : UMTS intègrera directement IP³ et IP s'installe aujourd'hui directement au dessus des couches optiques dans les cœurs de réseaux, notamment ceux basés sur des technologies de multiplexage à longueur d'ondes⁴ et de façon plus générale, IP est aujourd'hui disponible sur à peu près tous les types de composants qui entrent dans la délivrance d'un service. La version 6 de ce protocole forme sans aucun

1. Universal Mobile Telecommunications System

2. DVBT : Digital Video Broadcasting Terrestrial

3. Internet Protocol

4. WDM : Wavelength Division Multiplexing

doute la couche d'interconnexion des réseaux du futur⁵ en raison de sa capacité d'adressage gigantesque mais surtout en raison de la facilité d'intégration de mécanismes additionnels autour du concept de qualité de service et de la mobilité.

Finalement, la convergence supervision/signalisation est aujourd'hui incontournable. Celle-ci s'appuie à la fois sur l'ouverture des réseaux par la programmabilité, sur le besoin d'unifier les protocoles afin de simplifier les architectures et sur le besoin croissant des fonctions de supervision à exploiter les informations et les canaux de signalisation pour s'adapter à la dynamique des services et réseaux supervisés. Ces points sont au cœur des préoccupations de MADYNES.

Les services offerts sur les futures générations de réseaux vont bouleverser l'usage que les personnes en font. Naturellement, les usagers vont peu à peu s'appuyer de manière beaucoup plus intense sur ces services dans leur vie de tous les jours et ce tant au niveau professionnel (réseaux privés virtuels, visio-conférences, ...) que personnel (jeux en réseau, vidéo à la demande, ...). Dans ce contexte, les services ne pourront être viables sans que l'on ne soit capable d'y associer le concept de **qualité de service** et sans que l'on ne soit capable d'assurer la/les qualité(s) à laquelle/auxquelles les usagers auront souscrit. La qualité première sera bien sûr la continuité de l'accès aux services sur l'ensemble des réseaux. Ce paramètre de qualité aura beaucoup d'influence sur la définition des autres paramètres. Par exemple, on peut imaginer dans un service de conférence multimédia sacrifier la qualité de l'image au profit de la voix lorsque l'on passe d'un environnement de bureau à celui d'un transport en commun par exemple. Cette qualité fait intervenir la notion de perception et de personnalisation à l'utilisateur, d'adaptation des services aux environnements tout en maintenant des critères traditionnels de qualité de service tels que le débit, la gigue ou les délais de transmission. Disponibilité, performance, fiabilité sont parmi les critères les plus importants.

La **facilité d'utilisation** est l'un des critères majeurs pour l'acceptation et l'appropriation des services par les usagers. Son instanciation nécessite la mise en œuvre de multiples paradigmes et technologies qui vont des domaines de l'interaction homme/machine à ceux des services d'auto-configuration des terminaux et services en passant par la conception de services applicatifs capables de s'adapter dynamiquement aux capacités de l'interface ou du terminal sur lequel ils sont délivrés à un moment donné. Ceci implique la disponibilité d'architectures beaucoup plus flexibles que celles proposées dans les offres existantes. L'extension de la connectivité à de multiples composants (capteurs, équipements domestiques, ...) et la multiplication des services engendre un **facteur d'échelle** que peu de services sont capables de supporter aujourd'hui. Cette dimension qui fait intervenir des chiffres énormes (plusieurs millions à plusieurs milliards de composants) comparée aux chiffres habituels de la gestion des réseaux et services (quelques dizaines à quelques milliers d'équipements) est elle aussi une caractéristique majeure des réseaux et services à venir.

La **dynamisme** se retrouve à tous les niveaux des réseaux et services de communication du futur. Intrinsèque à tous les réseaux sans fil, la dynamique est engendrée par la mobilité et/ou le nomadisme des usagers et/ou des terminaux. Elle est encore accentuée dans des infrastructures de réseaux de type *ad hoc* dans lesquelles tous les composants : terminaux et routeurs (qui sont à la fois l'un et l'autre) sont mobiles, dans lesquelles la création de l'infrastructure est spontanée et son évolution potentiellement incontrôlée. La dynamique se retrouve également au niveau des couches protocolaires et des plateformes de services. Elle est engendrée par le besoin de reconfigurabilité dynamique des terminaux et des entités du réseau afin d'enrichir dynamiquement l'offre de services et permettre de répondre rapidement aux besoins des usagers et d'anticiper les évolutions des services existants. Cette dynamique se traduit par la capacité de programmation du réseau au travers du téléchargement dynamique de piles protocolaires comme prôné dans les approches autour de la radio logicielle⁶ ou des réseaux programmables. Elle se retrouve également au niveau des usages autour de la notion de communauté supportée par exemple par les architectures pair-à-pair. Dans les futures générations de réseaux, cette dynamique sera un attribut de base.

Les services offerts sur ces infrastructures ne pourront avoir de pérennité sans disposer de moyens pour les gérer et sans disposer de mécanismes d'auto-configuration puissants rendant transparents l'insertion de composants et l'accès aux services.

5. <http://www.wireless-world-research.org>

6. <http://www.sdrforum.org>

3.2 Gestion des réseaux et des services

3.2.1 Définition

Définition 1 *La gestion des réseaux et des services regroupe toutes les activités technologiques et organisationnelles mises en œuvre pour offrir des services aux usagers et pour les opérer afin qu'ils respectent les contraintes de qualité et de coût.*

Cette définition très large couvre la totalité de l'activité de gestion. Elle reste cependant trop générale pour permettre au lecteur de comprendre quels sont les défis du domaine et comment nos travaux contribuent à son évolution.

La définition ci-dessous permet d'affiner le concept de gestion, tel que nous le comprenons et sur lequel nous travaillons :

Définition 2 *Gérer un service, c'est le surveiller et le contrôler afin qu'il satisfasse les demandes des utilisateurs et les contraintes du fournisseur.*

Cette définition issue de [Slo94] restreint la gestion à sa composante scientifique, qui est celle sur laquelle nous développons nos travaux de recherche. Elle fait clairement apparaître deux processus de base de l'activité : **la surveillance** (observation) et **le contrôle** (action).

Nos travaux de recherche portent sur les paradigmes, algorithmes et composants logiciels pour permettre la mise en œuvre de ces deux activités dans le contexte particulier des réseaux et services à forte dynamique, i.e. dont les fréquences de changement d'état sont incompatibles avec les échelles temporelles de la gestion des réseaux actuelle.

3.2.2 Domaines fonctionnels

La gestion repose sur cinq domaines fonctionnels principaux connus sous l'appellation **FCAPS**[CCI92b]. Ces domaines sont : la gestion des **Fautes**, de la **Configuration**, de la **comptabilité** (Accounting), de la **Performance** et de la **Sécurité**.

La gestion des fautes a pour objectif de déceler les anomalies qui se produisent dans un réseau et d'assurer la résolution des fautes qui en découlent. Cette activité comprend les tâches de détection d'anomalie, de collecte d'alarmes, d'identification de la racine de la faute (corrélations d'alarmes), d'isolation des composants en défaut, de restauration et de réinsertion des composants réparés dans la chaîne de livraison des services.

La gestion de la configuration a pour but de maintenir un inventaire des composants du réseau, de surveiller l'état de ces composants et de le faire évoluer par des opérations sur les différents paramètres opérationnels des entités qui composent les services. Cette fonction a également la charge de coordonner toutes les actions de configuration qui sont entreprises sur l'infrastructure de services (insertion d'un nouveau routeur, mise à jour de versions de protocoles de routage, déploiement d'un nouveau serveur Web, ajout de nouvelles règles dans un pare-feux, déploiement de nouvelles politiques dans un domaine Diffserv, ...).

La gestion de la comptabilité administre les coûts et les usages des services. Elle comprend les tâches de définition des métriques pour la mesure de la consommation des services, celles qui permettent la collecte d'informations liées à cette consommation, les processus d'attribution des coûts aux usages et le cas échéant, la facturation ou l'envoi de rapports de consommation.

La gestion de la performance a en charge la gestion de la qualité de fonctionnement des services fournis. Elle comporte une activité de mesure permettant d'évaluer la qualité fournie ainsi qu'une composante

[Slo94] M. Sloman, editor. *Network and Distributed Systems Management*. Addison-Wesley, 1994.

[CCI92b] CCITT.M.3400. Maintenance: Réseau de Gestion des Télécommunications: Fonctions de Gestion des Réseaux de Gestion des Télécommunications, 1992.

qui a pour objectif de planifier l'évolution des infrastructures pour respecter les contraintes de qualité de service liées aux nouveaux besoins et prendre en compte les services dont le déploiement est envisagé sur l'infrastructure.

La gestion de la sécurité comprend toutes les activités qui permettent de garantir la protection, l'intégrité et le bon usage des services. Elle comprend, outre les fonctions de détection d'intrusion, le contrôle d'accès, la gestion des droits, l'administration des infrastructures de sécurité (serveurs de clefs, tiers de confiance, ...).

3.3 Les défis de la gestion des réseaux et services

De par son importance stratégique et ses besoins cruciaux d'interopérabilité, ce domaine s'est fortement appuyé sur l'outil de normalisation⁷ et de standardisation *ad hoc* dans des groupes industriels⁸. Ceci a permis de définir les paradigmes fondateurs des approches de gestion actuellement déployées dans l'industrie.

Plus particulièrement, c'est le modèle organisationnel défini en 1988 par le modèle OSI qui a posé les fondements des architectures de gestion actuelles. Il définit le modèle Gestionnaire/Agent qui étend le modèle client/serveur avec : (1) le support d'envoi asynchrone de notifications de l'agent vers le gestionnaire, (2) le concept de modèle d'information qui spécifie l'interface offerte par l'agent pour la gestion des ressources qu'il représente et (3) la base d'information de gestion qui représente l'instance du modèle d'information partagé avec le gestionnaire. Ce modèle est aujourd'hui mis en œuvre dans la plupart des approches de gestion⁹ et couvre les aires fonctionnelles de la configuration, de la performance et des fautes.

Ce modèle normatif a connu plusieurs évolutions majeures. Les deux premières sont issues de la normalisation autour du réseau de gestion des télécommunications en 1991^[UT92,CCI92a]. L'une définit les capacités de distribution des entités d'une part en séparant les fonctions d'une plateforme (présentation, adaptation, ...), d'autre part en permettant l'organisation hiérarchique (suivant une arborescence) des entités de gestion en autorisant une entité à cumuler un rôle de gestionnaire et d'agent. L'autre enrichit le modèle en lui permettant d'intégrer d'autres agents au travers du concept de fonction d'adaptation qui se traduit par des agents de médiation (*proxys*) et des mises en correspondance de modèles.

Ce modèle forme également la base des services de monitoring qui sont transversaux à l'ensemble des aires fonctionnelles de la gestion. Pour les aires fonctionnelles de la sécurité et de la comptabilité, l'évolution a toujours été spécifique et de nombreuses approches ont vu le jour ces dix dernières années. Aujourd'hui, de multiples composants pour la sécurité réseau existent dans pratiquement toutes les couches protocolaires. Par exemple dans le monde IP, on trouve des approches de sécurité au niveau IP¹⁰, au niveau transport¹¹, au niveau applicatif¹². S'ajoutent à ces protocoles de sécurité, plusieurs approches pour la gestion des certificats et/ou des clefs comme les infrastructures à clefs publiques¹³ ou les protocoles d'échange de clefs¹⁴. Pour l'authentification et l'autorisation, des architectures telles que Diameter¹⁵ ou RADIUS¹⁶ sont également

7. au travers des organismes comme l'IEEE, l'IETF, l'ISO et/ou l'UIT par exemple.

8. comme le DMTF ou le *TeleManagement Forum* (<http://www.tmfforum.org>).

9. SNMP, OSI CMIS, DMI et plus récemment WBEM exploitent ce modèle.

10. IPSec offre ce service.

11. TLS (Transport Layer Security) et SSL (Secure Socket Layer).

12. Kerberos, S/MIME (Mail Security), PGP (Pretty Good Privacy) et les protocoles applicatifs autour du Web (HTTPS), du shell (SSH, Secure Shell Security), du commerce électronique (SET, Secure Electronic Transaction) constituent l'offre actuelle de protocoles applicatifs sécurisés.

13. PKI : Public Key Infrastructure

14. IKE: Internet Key Exchange

15. <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-aaa-diameter-10.txt>

16. <http://www.untruth.org/~josh/security/radius/>

[UT92] UIT-T.M.3000. Maintenance: Réseau de Gestion des Télécommunications: Vue d'Ensemble des Recommandations Relatives au Réseau de Gestion des Télécommunications, 1992.

[CCI92a] CCITT.M.3010. Maintenance: Réseau de Gestion des Télécommunications: Principes pour un Réseau de Gestion des Télécommunications, 1992.

proposées et complétées dans le contexte de la comptabilité des réseaux IP par des propositions autour de la gestion à l'aide de politiques et des protocoles associés¹⁷, des serveurs TACACS¹⁸ ainsi que des propositions basés sur des approches de gestion standard¹⁹. Plusieurs groupes de travail sont chargés de faire évoluer ces propositions pour mieux prendre en compte les besoins des différents services²⁰.

Ces approches ont toutes été conçues dans des contextes différents²¹. Elles ont toutes démontré leurs valeurs respectives dans leurs domaines d'applications mais partagent également les mêmes limites à savoir **(1) l'incapacité de supporter toute forme de dynamique** et **(2) la grande difficulté et bien souvent l'impossibilité de résister au facteur d'échelle.**

Ces deux points, qui se déclinent dans chacune des aires fonctionnelles, représentent aujourd'hui les deux défis majeurs que doit relever la gestion des réseaux et services afin de permettre le contrôle et la supervision des réseaux qui vont apparaître dans les décennies à venir. Ils sont adressés directement par les travaux menés dans MADYNES.

17. COPS : Common Open Policy Service

18. <http://www.gazi.edu.tr/tacacs/>

19. notamment SNMP.

20. Ces groupes sont AAA (*Authentication, Authorization, Accounting*) à l'IETF et AAAARCH (*AAA Architecture*) à l'IRTF (*Internet Research Task Force*) <http://www.irtf.org>

21. gestion des équipements, supervision, sécurité, comptabilité des réseaux et services de télécommunication pour l'ISO et l'UIT; administration des piles de communication IP, des protocoles et des services de l'Internet à l'IETF, gestion des terminaux, des usagers et des applications au DMTF,

Chapitre 4

Axes de recherche

Les travaux du projet MADYNES visent la conception, la validation et le déploiement de nouveaux paradigmes et architectures de supervision et de contrôle capables (1) de maîtriser la dynamique croissante des infrastructures et services de télécommunications et (2) de résister au facteur d'échelle induit par l'Internet ubiquitaire.

Dans ce but, le projet développe trois axes complémentaires. Le premier, intitulé **Gestion autonome**, a pour objectif de reconsidérer le modèle gestionnaire/agent figé par nature et de proposer une nouvelle approche basée sur des organisations fortement dynamiques des composants et sur des modes de communication coopératifs à l'instar des approches pair à pair. Le second axe intitulé **Modèles d'instrumentation des services applicatifs** explore une autre dimension de l'adaptation de la gestion à la dynamique des réseaux et services, qui est celle de la convergence entre les plans de signalisation, supervision et programmation. L'axe **Sécurité & comptabilité des services dynamiques** étudie deux fonctions de gestion spécifiques que sont la sécurité et la comptabilité. Ces deux fonctions mettent aujourd'hui en jeu des architectures spécifiques et représentent des verrous importants pour le déploiement à grande échelle de nombre de services sur l'Internet.

Chacun de ces axes est détaillé dans les sections suivantes. La description de chacun comprend un section dédiée à la description de l'évolution du domaine suivie d'une section décrivant les problèmes majeurs auxquels le domaine est confronté ainsi que les grandes lignes de l'approche que nous comptons évaluer et mettre en œuvre pour les résoudre. Cette description est suivie d'une focalisation sur chacun des thèmes de recherches développés. La présentation de chaque axe se termine par une synthèse.

4.1 Axe 1 : Gestion autonome

Participants: Isabelle CHRISMENT, Guillaume DOYEN, **Olivier FESTOR**, Emmanuel NATAF, Radu STATE

La gestion autonome dénote la capacité des processus de gestion et de l'infrastructure sous-jacente à se déployer, s'organiser et opérer sans aide extérieure (un opérateur par exemple) à l'instar des approches comme zeroconf¹. Offrir cette autonomie à la gestion est cruciale pour prendre en compte la dynamique des composants à gérer. Cette dynamique de l'organisation même est également un atout potentiel pour le passage à l'échelle des fonctions de gestion. La développer implique la remise en cause des principaux concepts fondateurs de la gestion intégrée actuelle.

4.1.1 Évolution des paradigmes

Toutes les plateformes de gestion de réseaux et de services actuelles reposent sur le paradigme Gestionnaire/Agent défini dans le chapitre précédent. Pour pallier les problèmes inhérents au passage à l'échelle,

1. <http://www.zeroconf.org/>

cette architecture a évolué durant la dernière décennie en intégrant le support d'une organisation hiérarchique (Gestionnaire/Agents en cascade) dans le cadre du réseau de gestion des télécommunications. Cette architecture réduit la saturation d'une approche centralisée mais ne résout pas les besoins de flexibilité et de réactivité engendrés par les nouveaux réseaux et services.

La première avancée véritable dans le domaine de l'ouverture du modèle gestionnaire/agent est celle proposée dans le cadre de la gestion par délégation dès 1991 [YGY]. Ce modèle préconise l'insertion au sein d'un agent de gestion d'une capacité à héberger des fonctions de traitement de gestion déployées dynamiquement par le gestionnaire en fonction des besoins. Ce modèle a été repris plus récemment dans nombre d'approches de gestion basées sur les réseaux actifs et/ou les agents mobiles qui offrent une formidable boîte à outils pour réaliser cette délégation. Ce modèle a également eu un impact sur la standardisation car plusieurs extensions normatives récentes autour de la gestion distribuée à l'aide de SNMP permettent de réaliser des fonctions de délégation de scripts, d'évaluation d'expressions ainsi que des fonctions de base (ping, traceroute). Ces évolutions sont proposées dans le cadre du groupe de travail DISMAN² à l'IETF.

Toujours dans le contexte des modèles d'organisation et des patrons de communication entre entités de gestion, SNMP propose depuis sa version 2 [CMRW93] un support de communication élémentaire entre deux entités dans un rôle de gestionnaire. Ce service est basé sur l'envoi d'un message d'information contenant des objets SNMP. Une réponse peut être envoyée par le destinataire.

Toutes ces approches représentent des évolutions incrémentales du modèle Gestionnaire / Agent, évolutions rendues nécessaires par le besoin de passage à l'échelle et le besoin d'intégration d'approches propriétaires. Si elles ont démontré leur efficacité dans le domaine de l'intégration, elles atteignent leur limites à la fois sur le passage à l'échelle et sur leur capacité à supporter la dynamique des réseaux et services émergents.

En complément de l'approche SNMP, un modèle de gestion basée sur les politiques trouve un écho grandissant dans la communauté. Le protocole COPS [DBC⁺00] est un cadre général pour l'organisation d'architectures autour du concept de gestion par politiques en proposant une répartition fonctionnelle, un protocole générique et deux modes de fonctionnement : *outsourcing* et *provisionning*. Cette approche a plusieurs avantages comme la centralisation des politiques et une gestion simplifiée. Elle n'a cependant pas prouvé son adéquation aux services fortement dynamiques ni ses capacités de passage à l'échelle. De plus, le mode *provisionning* étant très proche du modèle gestionnaire/agent, il présente les mêmes limites³.

4.1.2 Une rupture nécessaire

Les approches normatives ainsi que la grande majorité des approches proposées dans la communauté à ce jour sont bien sûr distribuées, mais reposent toujours sur le modèle gestionnaire/agent (ou client/serveur étendu) qui n'est adapté, ni au passage à l'échelle (de quelques milliers de nœuds et/ou composants à plusieurs millions, ni à toute forme de dynamique car sa mise en œuvre repose sur des échelles de temps de quelques heures à plusieurs mois voir années.

Contourner ces limites et aboutir à une approche de gestion souple et autonome est aujourd'hui un problème complexe. Le modèle Gestionnaire/Agent a démontré ses limites mais n'a pas aujourd'hui de véritable alternative. Les raisons pour cela sont multiples. D'une part, une grande majorité des acteurs de

2. <http://www.ietf.org/html.charters/disman-charter.html>

3. Cette ambiguïté vis-à-vis de SNMP a d'ailleurs conduit l'IETF à suspendre la standardisation sur ce mode dans l'attente d'une clarification dans la communauté.

[YGY] Y. Yemini, G. Goldszmidt, and S. Yemini. Network Management by Delegation. pages 95–107. Integrated Network Management, II, I. Krishnan and W. Zimmer, editors, North-Holland, Proceedings of the IFIP/IEEE 2nd International Symposium on Integrated Network Management, Crystal City, DC, 1-5 April, 1991.

[CMRW93] J. Case, K. McCloghrie, M. Rose, and S. Waldbusser. Protocol Operations for version 2 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv2), April 1993. IETF RFC 1448.

[DBC⁺00] D Durham, J. Boyle, R. Cohen, S. Herzog, R. Rajan, and A. Sastry. The COPS (Common Open Policy Service) Protocol, 2000. IETF RFC 2748.

la recherche et de l'industrie dans le domaine persistent à promouvoir des approches traditionnelles dans le cadre de la normalisation. Ceci est un frein terrible à l'innovation⁴. D'autre part, le concept même de gestion de services et plus encore de gestion de services dynamiques ne commence qu'à attirer l'attention des chercheurs et de nombreux travaux sont à mener sur leur maîtrise en gestion avant d'aboutir à des solutions intégrées et efficaces. Résoudre le défi implique nécessairement la définition de nouveaux paradigmes qui contribuent à la conception d'une gestion autonome et proactive capable de résister au facteur d'échelle.

Notre approche de ce problème, i.e. **la conception de paradigmes pour une architecture de gestion autonome dédiée aux services dynamiques résistant au facteur d'échelle** rompt avec la vision traditionnelle du domaine. Notre objectif est en effet de s'appuyer sur des paradigmes qui permettent une architecture de gestion beaucoup plus souple et dédiée aux services gérés. Ceci remet totalement en cause l'approche monolithique de la normalisation mais offre de réels potentiels en terme de :

- simplicité (ex. les mécanismes d'un service peuvent servir à sa gestion, évitant la multiplication des technologies),
- autonomie maximale de l'infrastructure de gestion (découverte des composants de gestion, négociation de services, ...);
- évolutivité (la gestion peut suivre l'évolution d'un service sans être liée aux délais importants de la normalisation).

Cette vision a potentiellement un impact sur l'interopérabilité qui peut être affectée. Nous abordons ce problème au travers de modèles d'intégration d'information de gestion ainsi que par la conception de passerelles dynamiques.

Dans le but de concevoir ce nouveau modèle de gestion, nous développons des travaux sur plusieurs thèmes. Le premier est celui de l'auto-organisation des entités de gestion. Le second porte sur l'étude et la mise en œuvre d'architectures de communication distribuées basées sur le modèle pair-à-pair et exploitant le routage applicatif et les passerelles applicatives dans ce contexte, le troisième porte sur la représentation de l'information de gestion et sur son exploitation dans une architecture de supervision dynamique.

4.1.3 Auto-organisation des entités de gestion

L'auto-organisation dénote la capacité d'une entité placée dans un nouvel environnement à positionner ses paramètres pour participer efficacement à la délivrance des services sans intervention humaine. Cette capacité est vitale pour supporter les services dynamiques et la mobilité. Plusieurs solutions sont aujourd'hui proposées dans différents réseaux et pour différentes fonctions (ex. DHCP⁵ pour l'adressage IP^[Dro97,AD97], auto-configuration sans état Ipv6, SLP^{6[GPVD99]} pour la découverte de services dans l'Internet, Jini⁷ pour la découverte et l'invocation de services dans le monde Java, ...) et plusieurs initiatives sont actuellement en plein essor comme zeroconf à l'IETF qui vise à concevoir les mécanismes nécessaires à l'auto-configuration sans serveur de configuration ni intervention d'administrateur ou UDDI^{8,9} dans le cadre des Web Services.

La disponibilité de fonctions d'auto-configuration et de découverte de services est nécessaire à l'autonomie des services de gestion visés dans nos travaux. Pour les intégrer, notre approche consiste d'une part à définir quelles sont les informations nécessaires à une entité de gestion pour permettre son auto-configuration primaire (insertion dans le réseau et découverte du portail de gestion de l'environnement),

4. la gestion WBEM, apparue 15 ans après le RGT, n'apporte que peu d'évolution par rapport au modèle de gestion OSI!

5. Dynamic Host Configuration Protocol

6. Service Location Protocol

7. <http://www.jini.org>

8. <http://www.uddi.org>

9. Universal Description, Discovery, and Integration

[Dro97] R. Droms. Dynamic Host Configuration Protocol, 1997. IETF RFC 2131.

[AD97] S. Alexander and R. Droms. DHCP Options and BOOTP Vendor Extensions, 1997. IETF RFC 2132.

[GPVD99] E. Guttman, C. Perkins, J. Veizades, and M. Day. Service Location Protocol, Version 2, 1999. IETF RFC 2608.

d'autre part à définir les protocoles de négociation de l'activité de supervision à mettre en place entre les entités.

En parallèle avec cette approche, l'exploitation des mécanismes de découverte de services et de disponibilité pour la gestion de ces services sera développée dans le projet. Par exemple, UPnP¹⁰ offre aujourd'hui des mécanismes d'exposition des états d'un équipement qui se rapprochent de ce que l'on trouve dans les bases d'informations de gestion. Ces mécanismes peuvent servir à simplifier les interfaces de gestion (unification avec les interfaces de découverte de services par exemple), et offrent à une plateforme de gestion d'un environnement dynamique, un point d'entrée pour le recensement et l'invocation de services, la gestion pouvant ici apparaître elle-même comme un service ou un bout de service. Dans ce cas, des mécanismes issus des Web Services comme WSDL^{11, 12} et UDDI deviennent intéressants pour la supervision, notamment pour la partie découverte et négociation d'interfaces et services de gestion. Dans le contexte des terminaux mobiles d'autres approches comme SyncML¹³ sont également très intéressantes.

Ces études servent de référence à la sélection et/ou l'extension de services de découverte de services et d'auto-configuration existants. Au delà de la découverte et de la configuration, des travaux sont également nécessaires sur l'évolution de la chaîne de supervision dans le temps. L'évaluation du modèle de *leasing* pour les fonctions de monitoring et de collecte d'information est particulièrement intéressante dans ce sens. Nous disposons d'une première expérience très prometteuse sur ce dernier point au travers des modèles d'information temporels définis dans [3].

L'intégration découverte/exploitation/supervision permet également de réduire grandement la complexité prise en main de la composante supervision dans le développement des services. Ceci contribue à faciliter la création des interfaces de gestion et donc à réduire les délais entre la disponibilité d'un service et celle de son interface de gestion (actuellement de plusieurs mois à quelques années).

4.1.4 Architectures pair-à-pair et routage applicatif

Les modèles de communication pair-à-pair (P2P), rendus célèbres par des services d'échange de fichiers comme Napster¹⁴, Gnutella¹⁵ ou Kazaa¹⁶ proposent une architecture fortement décentralisée, basée sur la coopération entre participants (tout participant est à la fois client et serveur et tous les participants sont égaux), intégrant une forme d'auto-organisation et pour certains d'entre eux, capables de résister au facteur d'échelle. Les approches récentes (JXTA¹⁷, ALPINE¹⁸, Freenet¹⁹, Pastry^{20[RD01]}, ...) sont techniquement mieux conçues et plus poussées que leurs précurseurs plus médiatiques. Elles forment aujourd'hui une base solide sur laquelle on peut construire de nouveaux paradigmes et architectures.

De par leurs caractéristiques, ces modèles semblent particulièrement intéressants pour la gestion des réseaux et des besoins de décentralisation inhérents aux réseaux émergents. Afin de valider cet intérêt, des études sont nécessaires sur l'adéquation des modèles aux exigences des différentes fonctions de gestion. Plus particulièrement, nos travaux ont pour but de définir les besoins des fonctions en terme de cohérence de l'information et échelles de temps, extensibilité, sécurité et tolérance au pannes, montée en charge, ... et de

10. Universal Plug and Play

11. <http://www.w3.org/2002/ws/desc/>

12. Web Services Description Language

13. <http://www.syncml.org/>

14. <http://www.napster.com>

15. <http://www.gnutella.com>

16. <http://www.kazaa.com>

17. <http://www.jxta.org>

18. <http://cubicmetercrystal.com/alpine>

19. <http://www.freenet.org>

20. <http://research.microsoft.com/~antr/pastry>

[RD01] Antony Rowstron and Peter Druschel. Pastry: Scalable, distributed object location and routing for large-scale peer-to-peer systems. In *IFIP/ACM International Conference on Distributed Systems Platforms (Middleware)*, pages 329–350, November 2001.

les confronter aux différents protocoles proposés dans le monde du pair-à-pair. Nous travaillons notamment sur la gestion proactive, base de l'auto-gestion.

Dans le cadre de cette architecture, nous envisageons également la mise en place d'un routage applicatif permettant l'échange optimal de primitives de gestion de réseaux en fonction du contenu de celles-ci (par exemple routage par fonction de gestion, routage des alarmes en fonction de leur gravité, ...). Nous proposons notamment de développer le concept de communauté de service qui structure l'activité de gestion et les intervenants autour de sa cible dans une architecture pair-à-pair. Cette vision va au delà des patrons de communication définis par LIM et STADLER^[LS01].

Sur la base de ces études, nous visons la définition d'un protocole propre inspiré des modes d'organisation des approches pair-à-pair existantes mais intégrant des primitives spécifiques (alarmes, opérations de gestion) et proposant un nommage dédié aux objets de gestion (voir section suivante).

Nous disposons pour développer cet axe d'une solide expérience dans les architectures de supervision [3, 1, 7, 18], de l'ingénierie des modèles [4, 24, 26, 59] et du développement de plateformes complexes [33, 9, 34] et dynamiques [43, 11, 58, 40].

4.1.5 Représentation et intégration de l'information de gestion

La représentation des informations de gestion reste un domaine très ouvert. Preuve en est la pérennité des multiples approches existantes²¹. Ce domaine comprend à la fois la spécification des interfaces qu'offre une entité ainsi que le nommage global des objets qui constituent cette interface. Depuis les normes OSI en 1988 et SNMP en 1991, ces points n'ont guère évolué alors que les technologies ont fortement progressé, notamment autour d'XML²², des services Web et du Web sémantique.

L'objectif de ce travail est de définir un modèle de représentation des informations de gestion pour l'architecture de gestion visée. Nous souhaitons notamment promouvoir le support dans la spécification de rôles de services (i.e. une entité de gestion peut exposer différentes interfaces en fonction du contexte) ainsi que la capacité d'enrichissement dynamique d'un modèle et de son instrumentation associée. Le développement d'ontologies pour la représentation d'information de gestion et l'expression de la sémantique et des relations entre composants est crucial à l'autonomie des systèmes de gestion que nous visons. Un effort important sera réalisé dans ce sens.

Un second point majeur relatif à l'information de gestion est celui du nommage. Comme dans toute architecture distribuée, les composants doivent disposer d'un nommage universel assurant l'unicité identitaire de chacun. Il existe plusieurs approches aujourd'hui, mais la plus répandue est celle issue des services d'annuaires X.500. Son utilisation sera étudiée dans ce thème. Ces propositions seront confrontées aux besoins de routage applicatif qui seront définis dans l'activité autour du pair-à-pair.

Nous disposons aujourd'hui d'une forte expérience dans l'ingénierie des modèles de l'information [44, 59] et surtout dans les algorithmes et méthodes d'intégration [10, 12, 39]. L'environnement logiciel MODERES Java qui implémente les résultats de nos travaux sur ce domaine est distribué sous forme de logiciel libre sur Internet²³. Il est utilisé dans de nombreux sites industriels et universitaires à travers le monde.

Dans le contexte de l'évolution des approches de spécification de l'information de gestion au sein de l'IETF, nous contribuons déjà activement à l'expérimentation et la validation de l'approche SMIng²⁴ actuellement à l'étude pour la standardisation.

21. Guidelines for the Definition of Managed Objects (GDMO) à l'ISO et à l'UIT-T, Structure of Management Information (SMI) dans SNMP à l'IETF, Common Information Model dans WBEM au DMTF, Structure of Policy Provisioning Information (SPPI) dans COPS à l'IETF, ...

22. eXtensible Markup Language

23. <http://www.jsman.com>

24. Structure of Management Information : next generation

[LS01] K.-S. Lim and R. Stadler. A Navigation Pattern for Scalable Internet Management. IEEE Press, 2001. in Proc. 2001 IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management: Integrated Management Strategies for the New Millennium, 14-18 May, Seattle, WA.

4.1.6 Synthèse et objectifs

Les approches standard actuelles basées sur des paradigmes client/serveur centralisés avec information de gestion partagée figée sont incapables de traiter la dynamique et ne résistent pas au facteur d'échelle. Le défi relevé dans cet axe est de concevoir un ensemble de principes architecturaux et protocolaires pour la gestion des réseaux et services qui sont dédiés aux réseaux et services à forte dynamique.

Afin de relever ce défi, nous développons de façon complémentaire des travaux sur la distribution des fonctions de gestion, l'organisation des entités et fonctions, la représentation des modèles ainsi que sur les protocoles de communications utilisés à la fois pour cette structuration et pour l'échange d'informations de gestion. Ces paradigmes seront instanciés dans des architectures que nous validerons dans le contexte de la fonction de gestion de configuration ainsi que pour des services de monitoring (service transversal aux cinq fonctions de gestion).

Le premier objectif est bien sûr d'aboutir à la définition complète d'une approche de gestion nouvelle répondant aux besoins énoncés dans les critères de MADYNES. L'instanciation se caractérise par la volonté de proposer un démonstrateur sous forme d'une plateforme de supervision distribuée, intégrant les paradigmes de gestion étudiés dans l'axe (pair-à-pair, auto-organisation, communauté de service). Cette plateforme devra offrir tous les services que l'on trouve dans les environnements actuels (monitoring, logging, topologie, ...) sans utiliser de modèle gestionnaire/agent ni de bases d'informations de gestion statiques (faire aussi bien que ce que l'on fait aujourd'hui mais de façon plus simple).

Le second objectif est de valider la (les) proposition(s) d'architecture(s) dans un contexte de forte dynamique (réseau actif ou EJB²⁵ pour la dynamique des services), réseau *ad hoc* ou mobile pour la dynamique de l'infrastructure fixe, réseau P2P pour l'infrastructure de service.

La standardisation des modèles de l'information abordée dans le second thème de cet axe représente également un objectif important pour pérenniser les paradigmes et architectures développés dans cet axe. Le groupe de réflexion NMRG^{26, 27} de l'IRTF²⁸ est un excellent forum pour promouvoir les architectures que nous développons dans cet axe²⁹. DMTF³⁰ dont nous sommes membres en est un autre.

4.2 Axe 2 : Modèles d'instrumentation des services avancés

Participants Laurent ANDREY, Isabelle CHRISMENT, **Olivier FESTOR**, Jacques GUYARD, Hassen SALLAY, André SCHAFF, Radu STATE

4.2.1 Plateformes de services

Les réseaux programmables initiés en 1996, proposent une vision révolutionnaire de l'infrastructure et du fonctionnement des réseaux de télécommunications. Ces approches véhiculent de fabuleux espoirs envers l'ouverture des réseaux sur l'ensemble des plans : supervision, signalisation et données [?, 14, 15, 62, 60].

L'approche signalisation ouverte a été proposée pour la première fois en 1997 par LAZAR comme une réponse au besoin croissant de programmation des réseaux de télécommunication [Laz97]. Elle s'appuie sur le développement d'une architecture logicielle distribuée offrant des interfaces de programmation ouvertes permettant la conception, le développement et l'introduction rapide de nouveaux services.

Cette idée a abouti à plusieurs initiatives de définition d'interfaces multi-niveaux pour la conception de services dans des réseaux hétérogènes (ATM, IP et réseau intelligent principalement). Le projet le plus

25. Enterprise Java Bean.

26. <http://www.irtf.org/charters/management.html>

27. Network Management Research Group

28. Internet Research Task Force

29. Olivier FESTOR a été convié à rejoindre ce groupe de travail en juillet 2002.

30. <http://www.dmtf.org>

[Laz97] L. Lazar. Programming Telecommunication Networks. *IEEE Network Magazine*, pages 8–18, Septembre/Octobre 1997.

abouti à ce jour est le projet P1520³¹ conduit sous l'égide de l'IEEE. Ce projet propose un cadre architectural qui définit les niveaux d'abstraction nécessaires à la programmation de services et propose des interfaces de programmation qui instancient ce modèle pour les réseaux ATM, IP et les passerelles de média. On retrouve également dans cette famille d'approches l'initiative SoftSwitch³², le MSForum³³ et l'initiative de développement en logiciel libre XORP³⁴ (routeur ouvert programmable sur base Linux).

Parallèlement à cette approche d'ouverture du plan de signalisation, TENNENHOUSE et WETHERALL [TW96] ont lancé le concept de réseau actif qui est un réseau dans lequel tout ou partie de ses composants dans les différents plans (signalisation, supervision, données) sont programmables dynamiquement par des entités tierces (opérateur, fournisseur de services, applications, usagers).

En complément des deux approches ci-dessus, un ensemble d'architectures et d'interfaces se développent autour de la programmation des services opérateurs par des tiers. Ces approches comprennent les initiatives JAIN³⁵, PARLAY³⁶, OSA³⁷ ou OSGI³⁸ dans les réseaux domestiques. Toutes ces approches connaissent aujourd'hui un succès certain.

Au niveau services et applications distribuées, les modèles et plateformes fleurissent également, notamment autour des modèles à composants comme les EJBs³⁹ de Sun ou CCM⁴⁰ de l'OMG ainsi qu' autour des Web Services. L'ensemble de ces environnements forment aujourd'hui des bases solides pour la conception et le déploiement des services de télécommunication émergents.

4.2.2 Viser la convergence et favoriser la composition

Les approches et architectures pour la programmation des réseaux et services énumérées dans la section précédente sont essentiellement orientées vers la signalisation et les services applicatifs. Ces infrastructures offrent une formidable plateforme pour la conception, le développement, le déploiement et l'exploitation rapide de nouveaux services de communication. Couplées à des technologies émergentes comme les *Web Services* et les modèles à composants, elle permettent une diversité et une dynamique jamais atteinte dans le monde des services de télécommunication. À l'aide de ces infrastructures combinées, tout un chacun peut devenir fournisseur d'un service à valeur ajoutée sur Internet.

Cette démarche très intéressante engendre des problèmes importants pour la supervision. Ces problèmes que nous cherchons à résoudre dans MADYNES sont :

- la dynamique des services engendrés par ces infrastructure requiert la conception d'un ou plusieurs modèles de gestion adaptés. Ce modèle et sa réalisation doivent permettre aux concepteurs de services sur des infrastructures programmables de réaliser le plan de supervision dans les mêmes délais et conditions que le service;
- la qualité d'un service est associée à sa qualité de bout-en-bout. Cette dimension n'est pas prise en compte dans les architectures de réseaux programmables qui couvrent toutes un sous-ensemble des réseaux et composants qui entrent dans la livraison d'un service de bout-en-bout.

Notre approche vise à intégrer la supervision dans le cycle de vie d'une application distribuée : de sa conception à son exploitation. Elle repose sur trois pistes complémentaires. La première consiste à

31. <http://www.ieee-pin.org>

32. <http://www.softswitch.org>

33. <http://www.msforum.org>

34. <http://www.xorp.org>

35. <http://java.sun.com/products/jain/>

36. <http://www.parlay.org>

37. <http://www.3gpp.org>

38. <http://www.osgi.org>

39. <http://java.sun.com/j2ee/>

40. http://www.omg.org/technology/documents/corba_spec_catalog.htm##ccm

[TW96] D. Tennenhouse and D. Wetherall. Towards an Active Network Architecture. *Computer Communication Review*, 26(2), April 1996.

l'élaboration d'un modèle de gestion pour services développés sur des architectures basées sur des modèles à composants. La seconde est orientée vers la conception de services de supervision de base et la réalisation d'interfaces de programmation pour leur utilisation transparente dans les réseaux programmables. La dernière piste concerne l'élaboration d'un environnement de programmation permettant de supporter des services de bout-en-bout.

4.2.3 Briques d'interfaces et composition

Dans un environnement de programmation permettant la conception de services à partir de la composition de services élémentaires, la construction de l'interface de gestion du service visé devrait idéalement être automatisée.

Notre but est ici d'aboutir à la conception d'un modèle de gestion de service abstrait lié à un modèle abstrait de composition de services et que ces modèles soient instanciables sur de multiples technologies (WebService, J2EE, ...).

Partant de ce principe, nous nous intéressons aux règles de composition des services dans les architectures distribuées et étudions l'applicabilité de ces règles aux interfaces de gestion. Dans le contexte de ces interfaces, nous étudions principalement le modèle de gestion par politiques qui offre des facilités de composition et de vérification de propriétés. L'objectif est ici d'aboutir à un modèle abstrait de gestion de composants et de contrat de services pour composants assortis d'une ingénierie de composition et d'appliquer ce modèle à différents domaines comme les plateformes à composants, les réseaux actifs ou les services Web.

Afin de déployer une infrastructure de supervision pour la gestion d'un service composé, la conception de protocoles d'échange de politiques de gestion et de contrats de service entre les acteurs est également nécessaire. Dans une infrastructure de réseau programmable, ce problème est résolu au niveau du *middleware*, dans des infrastructures de type Web, ces protocoles doivent être déployés.

4.2.4 Convergence signalisation/supervision

La conception des interfaces de programmation dans les réseaux programmables s'est naturellement concentrée initialement sur le plan de signalisation. Nous poursuivons cette idée en cherchant à proposer des solutions aux questions suivantes : (1) comment étendre ces interfaces afin de leur permettre de couvrir également le plan de gestion, (2) la disponibilité d'une telle extension permet-elle de coupler des fonctions de supervision et de signalisation et quelle est l'ingénierie à mettre en place.

Notre approche sur le premier point vise à définir, à l'instar des interfaces du modèle P1520, un ensemble d'interfaces de programmation pour l'invocation d'opérations de gestion sur les différents niveaux (équipements, réseaux, services) et dans les différentes aires fonctionnelles. L'impact de ce travail contribue à relever le défi du support de la dynamique visé dans MADYNES.

Sur le second point (couplage signalisation/supervision), nous travaillons aujourd'hui dans le contexte de services et de fonctions de gestion spécifiques comme la communication de groupes et la gestion de performance ainsi que la comptabilité. Nous comptons poursuivre ces études afin de dégager les interactions entre ces deux plans et d'identifier des patrons de conception qui permettront la réalisation conjointe d'un service à valeur ajoutée dans un réseau programmable et de son service de supervision. Ce travail se fait en étroite collaboration avec le travail mené dans la tâche précédente.

4.2.5 Modèle de programmation pour services de bout-en-bout

Les plateformes de programmation réseaux disponibles actuellement n'offrent que des capacités limitées dans la couverture de l'infrastructure programmée. De ce fait, aucune ne permet réellement de supporter la réalisation d'un service de bout-en-bout couvrant les services d'une entreprise, d'un fournisseur, d'un ou plusieurs opérateurs et ceux d'une plateforme de réseau domestique.

Notre ambition est de contribuer à la conception d'un modèle de programmation réseau offrant véritablement une vision bout-en-bout aux services et supportant le concept de qualité de services, présent uniquement dans les couches basses de la programmation P1520 actuellement. Ceci comprend la définition d'un modèle abstrait de service étendant les modèles retenus dans les approches de type JAIN, OSGi ou Parlay (extension pour la qualité de service, abstraction pour les modèles d'appel), la conception d'un modèle de projection vers ces plateformes et la réalisation de passerelles de signalisation assurant l'interopérabilité.

4.2.6 Synthèse et objectifs

L'axe instrumentation de services explore une autre dimension de la dynamique des réseaux et services et de leur supervision. Deux défis majeurs y sont adressés : l'automatisation du processus de construction des interfaces de gestion des composants et le couplage de la signalisation et de la supervision dans un plan programmable homogène.

Les objectifs pour cet axe à court terme sont d'une part de sélectionner un modèle de composants générique qui servira de base à notre recherche sur la composition des interfaces de gestion. Actuellement, le modèle privilégié est le modèle FRACTAL⁴¹ utilisé dans l'approche ObjectWeb⁴². Sur la base de ce modèle, nous concevons des politiques de gestion et élaborons des règles de conception.

Sur le plan de la convergence supervision/signalisation, nous comptons dans un premier temps, proposer des fonctions de base pour la supervision des services programmables. Ce travail a démarré en janvier 2002. Il est réalisé dans le cadre de l'action spécifique du CNRS dédiée aux réseaux programmables (ASPRO-NET⁴³). À moyen terme, nous visons l'enrichissement des interfaces de programmation pour l'intégration du plan de supervision et à plus long terme la mise en œuvre de ces plans conjoints dans des expérimentations réelles de grande taille. Cet enrichissement proviendra également des travaux menés sur le troisième thème de l'axe avec un modèle abstrait de service et un support de l'expression de la qualité de services. La mise en œuvre de ces concepts dans une plateforme opérationnelle requièrera la compétence de plusieurs autres projets de l'INRIA, notamment ARES et SARDES.

Nous basons notre approche à la fois sur notre expérience dans le domaine de la conception d'interfaces de programmation de services pour la gestion de réseaux (CmisJavaApi), sur nos travaux antérieurs liés au couplage signalisation/supervision dans une architecture P1520 pour le multicast sur ATM [25, 32, 36] ainsi que sur nos travaux actuels autour de la supervision d'intergiciels dans le cadre du projet IMPACT.

4.3 Axe 3 : Sécurité & comptabilité des services dynamiques

Participants

Isabelle CHRISMENT, Olivier FESTOR, Hassen SALLAY, André SCHAFF

La sécurité et la comptabilité des services sont deux fonctions de gestion qui sont souvent couplées et qui partagent dans de nombreux environnements des architectures communes. Dans MADYNES, elles représentent les fonctions de gestion spécifiques qui seront développées afin de définir une architecture globale plus ouverte que celles utilisées aujourd'hui et qui se basent sur une intégration verticale.

4.3.1 Sécurité et comptabilité dans l'Internet

Les aspects de sécurité et de comptabilité sont devenus un axe crucial pour nombre d'entreprises, de fournisseurs de services et d'utilisateurs. Il a donc fallu faire face aux problèmes, en général, une fois que ceux-ci se posaient. Nous sommes ainsi arrivés dans le cadre de la sécurité à une approche par couche (toutes les

41. <http://www.objectweb.org/architecture/component/index.html>

42. <http://www.objectweb.org>

43. <http://www.aspronet.org>

couches sont isolées les unes des autres), comme :

- Au niveau applicatif, des solutions ont été proposées pour sécuriser le mail⁴⁴, les transferts HTTP⁴⁵, ou les transactions bancaires avec des cartes de paiement⁴⁶.
- Au niveau transport et session, SSL^{47, 48} et TLS [DA99]⁴⁹ permettent une utilisation de TCP pour offrir un service fiable de bout en bout. Il s'agit d'une approche moins spécifique non dépendante des applications.
- Au niveau réseau, IPsec [AK98]⁵⁰ fournit une transparence non seulement aux applications mais aussi aux utilisateurs terminaux. De plus IPsec inclut une possibilité de filtrage en fonction d'une politique de sécurité définie au préalable. Beaucoup de recherches ont été effectuées pour protéger la communication entre deux entités et aboutir à la définition de cette architecture de sécurité dans l'Internet que représente IPsec. Pourtant au bout de dix ans, la principale utilisation de IPsec réside dans la mise en place de réseaux privés virtuels.
IPsec repose sur la notion d'Associations de Sécurité (AS) détenues par les entités communicantes. Une association représente les paramètres nécessaires à la sécurisation des données notamment les clés partagées. Pour échanger les clés et permettre l'établissement d'un canal virtuel sécurisé, des protocoles ont été proposés comme ISAKMP/IKE [MSS98][HC98]. Ces protocoles se sont avérés trop lourds à mettre en œuvre et ont aboutis à la définition d'autres protocoles comme IKEv2 [HKS⁺02] ou JFK [ABM⁺02] qui se veulent plus simples.
- Au niveau physique et liaison de données, des protocoles comme IEEE 802.11⁵¹, Bluetooth⁵² offrent des niveaux minimum de sécurité. Ces réseaux possèdent déjà des réponses partielles au problème de confidentialité et d'authentification de leurs éléments. Cependant, les éléments constituant ces environnements posséderont des capacités limitées notamment pour ce qui concerne le calcul et la mémoire. De plus, l'authentification porte généralement sur l'objet connecté plutôt que sur l'identité de l'utilisateur

Nous voyons que, déjà, dans un contexte relativement statique, différentes solutions de sécurité existent qui doivent être adaptées en fonction des besoins des usagers et des applications. Les politiques de sécurité peuvent aussi amener à changer dans le temps. Cependant, l'évolution des réseaux et le développement des aspects dynamique complexifient les besoins en sécurité. Du simple modèle client/serveur, nous assistons à une mise en place de notion de communauté avec des applications comme l'audio, la vidéo conférence,

44. PGP (Pretty Good Privacy : <http://www.pgp.org>.) offre ce service

45. via S-HTTP (Secure HTTP) qui repose sur une amélioration du protocole HTTP.

46. à l'aide du protocole SET (Secure Electronic Transaction: <http://www.setco.org>) notamment.

47. Secure Socket Layer

48. <http://wp.netscape.com/eng/ssl3/draft302.txt>

49. Transport Layer Security

50. IP Security

51. <http://grouper.ieee.org/groups/802/11>

52. <http://www.bluetooth.com>

[DA99] T. Dierks and C. Allen. The TLS Protocol Version 1.0, January 1999. RFC2246.

[AK98] R. Atkinson and S. Kent. Security Architecture for the Internet Protocol, November 1998. Request For Comments rfc-2401: Network Working Group.

[MSS98] D. Maughan, M. Schertler, and M. Schneider. Internet Security Association and Key Management Protocol (ISAKMP), March 1998. Internet draft: [;draft-ietf-ipsec-isakmp-09.txt](#).

[HC98] D. Harkins and D. Carrel. The Internet Key Exchange (IKE), March 1998. RFC: [;draft-ietf-ipsec-isakmp-oakley-07.txt](#).

[HKS⁺02] D. Harkins, C. Kaufman, Kent S., Kivinen T., and Perlman R. Proposal for the IKEv2 Protocol, April 2002. [draft-ietf-ipsec-ikev2-02.txt](#).

[ABM⁺02] W. Aiello, S.M. Bellovin, Blaze M., Canetti R., Iaconidis J., Keromytis A.D., and Reingold O. Just Fast Keying (JFK), 2002. [draft-ietf-ipsec-jfk-03.txt](#).

l'e-learning. La convergence Mobilité / Internet entraîne un déplacement non seulement des données avec les usagers mais aussi des services.

La comptabilité vient en complément et regroupe les activités de collecte et de mesure des paramètres d'utilisation d'un service, d'allocation d'un coût par unité de consommation, de calcul des coûts par usager en appliquant le coût unitaire aux unités consommées et finalement la facturation. Cette fonction longtemps ignorée dans l'Internet (mais pas dans la téléphonie classique) prend aujourd'hui une importance primordiale et pose de nombreux défis dans le domaine des services à valeur ajoutée qui se multiplient sur l'Internet^[PvBSP01]. Ces défis viennent principalement du fait que le modèle le plus utilisé dans la téléphonie (temps et destination comme unités de base) s'applique très mal à l'Internet et que les solutions à proposer doivent supporter de multiples scénarii (mobilité, nomadisme, contenu, . . .), services et usages.

4.3.2 Interfaces et infrastructure pour la sécurité et la comptabilité dynamique

Comme nous l'avons vu dans la section précédente, les architectures de sécurité et de comptabilité se multiplient à tous les niveaux des couches protocolaires des réseaux et services. Cette multiplication est tout à fait encourageante mais n'est pas aujourd'hui assortie du support permettant leur exploitation dynamique. Toute approche doit être extrêmement flexible et dynamique. Concevoir cette architecture est le principal défi de cet axe.

Notre approche consiste à séparer l'infrastructure des services de sécurité dédiés des besoins spécifiques d'une application et de proposer une couche d'interconnexion reposant sur l'architecture de gestion capable de lier les besoins des applications aux services et disponibilités en terme de comptabilité et de sécurité. Ceci est réalisé dans le cadre de la comptabilité et bien sûr des services de sécurité.

Dans le cadre de MADYNES, nous plaçons le concept de sécurité en amont de la conception d'un service et non plus en aval. Ceci permet une prise en compte globale des aspects dynamique des entités communicantes et favorise la coopération entre les services de gestion des réseaux et services pour configurer l'infrastructure afin de délivrer le service avec le niveau de sécurité requis en fonction des besoins.

4.3.3 Comptabilité dynamique

L'IETF au sein du groupe AAA⁵³ a retenu une approche simple basée sur des serveurs interconnectés via le protocole Diameter⁵⁴ comme base d'architecture. Malheureusement, les travaux sont principalement focalisés sur les aspects autorisation et authentification laissant peu de place à la fonction de comptabilité.

Nous contribuons à la conception d'une architecture ouverte prenant en compte de nouveaux services de comptabilité dans des environnements multi-opérateurs et dans un contexte Ipv6. Nous nous appuyons pour cela sur notre expérience dans le domaine des architectures de comptabilité pour les services de communication de groupes. Nous disposons déjà d'une architecture active permettant le déploiement dynamique de fonctions de comptabilité pour des services spécifiques tels que le multicast [18, 51]. Nous comptons développer sur cette architecture des modules de comptabilité novateurs (comptabilité sur le contenu et comptabilité sur la localité des partenaires) et les appliquer à des environnements fortement dynamiques, notamment le multicast dans les environnements pair-à-pair.

4.3.4 Architecture d'intégration politiques/services de sécurité

L'approche développée dans MADYNES se distingue des approches spécifiques couche par couche développées dans le cadre des réseaux IP actuels en ouvrant les architectures intégrées verticalement, *i.e.* une application s'appuie de façon *harcodée* sur un service de sécurité par l'insertion d'un support d'expression

53. *Authentication, Authorization, Accounting*

54. <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-aaa-diameter-10.txt>

[PvBSP01] A. Pras, B.J. van Beijnum, R. Sprenkels, and R. Párhonyi. Internet Accounting. *IEEE Communications Magazine*, 39(5):108–113, May 2001.

de besoins de sécurité et d'une infrastructure de livraison des services de sécurité associés. Par exemple, un client Web pourra lors de son démarrage envoyer des politiques exprimant ses besoins à l'environnement de gestion. Sur la base de ces politiques et de son intégration forte aux fonctions de gestion qui lui fournissent la topologie du réseau (par exemple les VLANs) et les capacités de configuration (par exemple d'un pare-feux), la plateforme de gestion pourra configurer au mieux des intérêts de l'application et de façon harmonieuse l'ensemble des services disponibles sur le réseau.

Ceci nécessite la conception d'un langage d'expression des besoins, la réalisation d'un protocole d'échange et de négociation sécurisé et bien sûr la mise en oeuvre de la plateforme. Sur celle-ci plusieurs problèmes majeurs sont à résoudre dont le mapping de besoins vers des capacités du réseau et l'automatisation des procédures de configuration. La standardisation des interfaces d'accès aux services de sécurité est également un élément important pour la réussite d'une telle approche.

Au niveau des services de base, nous développons des travaux sur un des aspects de la dynamique dans l'Internet en regardant la sécurisation des groupes dans l'Internet et en proposant un protocole adapté Baal [22, 23, 29, 30]. Plusieurs propositions pour gérer la clé de groupe et sécuriser les communications de groupe avaient été proposées. On peut citer l'approche de IOLUS^[Mit97] où le groupe sécurisé est divisé en une hiérarchie de sous-groupes, celle de KHIP^[SGLA] qui change le modèle de routage multicast pour que seuls les membres autorisés puissent joindre l'arbre de multicast. A l'IETF un groupe de travail MSEC⁵⁵ s'est également constitué pour standardiser de tels protocoles. GSAKMP^{56, 57} propose ainsi un cadre et des mécanismes pour distribuer la politique de sécurité du groupe, distribuer et renouveler la clé de groupe. Cependant, aucune solution n'est vraiment satisfaisante pour les grands groupes ou les groupes à forte dynamique comme ceux pouvant exister sur l'Internet.

4.3.5 Synthèse et objectifs

Les fonctions de sécurité et de comptabilité sont des fonctions majeures de la gestion des réseaux et services. Existantes bien avant le modèle Gestionnaire/Agent, elles se sont développées autour de modèles et architectures spécifiques qui commencent à converger dans le contexte de l'Internet. Nos travaux sur ces fonctions portent sur la définition d'une approche unifiée dans le contexte des services dynamiques.

Les objectifs à court terme sont de proposer une architecture qui intègre les deux fonctions de sécurité et de comptabilité (utilisation par exemple d'une signalisation commune) en nous focalisant sur les communications de groupe dans l'Internet. En effet, dans nos travaux actuels, nous avons déjà regardé, de manière séparée, la problématique de la sécurité et des communications de groupe d'une part, et celle de la comptabilité dans les communications de groupes d'autre part. De plus, le modèle des communications de groupe est un exemple concret d'un service dynamique et ouvert, n'importe quel membre pouvant joindre et quitter un groupe à tout instant.

À moyen terme, nos travaux s'orientent sur la spécification des besoins par les applications. La gestion basée sur les politiques et les formalismes de description associés forment ici une première base de travail.

Les groupes de travail AAA, IPSEC et MSEC⁵⁸ à l'IETF et AAAARCH, GSEC⁵⁹ à l'IRTF sont des endroits privilégiés pour la dissémination de nos idées sur ces points.

55. <http://www.ietf.org/html.charters/msec-charter.html>

56. Group Secure Association Key Management Protocol

57. <http://www.securemulticast.org/draft-irtf-smug-gsakmp-02.txt>

58. <http://www.securemulticast.org/msec-index.htm>

59. <http://www.irtf.org/charters/gsec.html>

[Mit97] S. Mittra. Iolus: A Framework for Scalable Secure Multicasting. ACM-SIGCOMM'97, septembre 1997.

[SGLA] C. Shields and J.J. Garcia-Luna-Aceves. KHIP - A Scalable Protocol for Secure Multicast Routing.

Chapitre 5

Domaines d'application

L'Internet nouvelle génération est le domaine d'application principal des résultats des trois axes précédents. Son architecture ainsi que les services qui s'y déploient offrent toutes les caractéristiques de dynamique et de besoin de passage à l'échelle que nous abordons dans les autres axes du projet. Nous privilégions cinq services complémentaires : les communications de groupe, les intergiciels, les Web services, les réseaux pair-à-pair, les réseaux actifs et Ipv6. Chacun de ces services présente des caractéristiques de dynamique et ou d'intégration de gestion très complémentaires.

5.1 Communications de groupes et communications interactives

Participants Mouna BENAÏSSA, Isabelle CHRISMENT, Olivier FESTOR, Hassen SALLAY, André SCHAFF

Les **communications de groupes** (ou multicast) représentent un domaine d'application privilégié dans le projet depuis plusieurs années. Il présente des caractéristiques de dynamique tout à fait intéressantes pour la validation de nos approches. Cette dynamique se trouve à la fois dans les usages (arrivée, départ de membres) et dans l'exploitation des ressources du réseau (flux hiérarchiques, évolution des arbres de diffusion, ...). Aujourd'hui, seules quelques solutions sont proposées autour du monitoring et de la sécurité de tels services et de nombreux défis restent à relever.

Nous disposons déjà d'une expérience forte autour de la supervision de ces services. Tout d'abord nous avons conçu BAAL, une architecture pour la distribution de clefs dans des environnements multicast sécurisés [29]. Nous avons également conçu un environnement de supervision de fautes dans les arbres multicast. Celui-ci s'appuie sur une approche passive de supervision de groupes multicast¹ développé par WALZ^[Wal01] et a été implémenté à l'aide de la technologie active [51].

Nous travaillons actuellement au couplage de l'ensemble de ces approches via notre architecture active FLAME. Cet environnement intègre une fonction de comptabilité et de distribution de clefs. Cette intégration est partiellement réalisée dans le cadre du travail de thèse d'Hassen SALLAY. Au delà de cette intégration, nous comptons développer sur ces services de nouveaux modèles de comptabilité (comptabilité basée sur le contenu par exemple) et explorer la sécurité dans du multicast basé sur la source.

Les **communications interactives** à l'aide d'un média continu (parole, vidéo) sur un réseau à commutation de paquets nécessitent d'optimiser le compromis délai/taux d'erreurs résiduelles. Un réseau ad-hoc constitue un environnement de communication pour lequel cette optimisation est particulièrement intéressante. Le taux d'erreur est important dans certaines situations et le débit disponible est limité.

1. HPMM : Hierarchical Passive Multicast Monitoring.

[Wal01] J. Walz. Multicast Monitoring - Current Usage and a New Hierarchical Protocol . Master's thesis, Dept. of Computer Science, University of Massachusetts, February 2001.

Les recherches auxquelles participent Mouna BENAÏSSA et André SCHAFF, ont montré l'intérêt théorique d'un protocole de transport à contrôle déterministe direct de la fiabilité dans ce processus d'optimisation. Ce protocole développé à partir du concept de protocole à connexion d'ordre partielle (POC²) permet de donner une information précise au récepteur sur le comportement à tenir en cas d'erreur. Ceci évite d'encombrer le réseau avec des retransmissions inutiles et permet de rester correctement synchronisé [54, 53, 52, 50, 49, 48]. Cette recherche se situe dans une optimisation globale de la qualité de service, en complément des travaux menés sur la couche réseau.

Mais l'aspect temporel du problème du transport des flux continus reste à traiter pour disposer d'un protocole opérationnel. Le travail en cours consiste à spécifier le contrôle des échéances temporelles qui optimise le nombre de retransmissions "gagnantes". Il faudra ensuite déterminer l'ajustement des paramètres du protocole (quantification des paquets sous contrôle, taille des files d'attente dans le récepteur...) qui produit la meilleure qualité du service (en terme de qualité des images reçues) dans le respect des contraintes temporelles fortes qu'impose l'interactivité (temps de retournement).

L'efficacité de la proposition sera évaluée pour les applications de communication vidéo interactives sur une infrastructure réseau mobile fortement dynamique.

5.2 Intergiciels

Participants

Laurent ANDREY, Olivier FESTOR, Jacques GUYARD

Les nouveaux modèles de distribution et d'usage des applications distribuées entraînent le déploiement de nouvelles entités : les bus logiciels et les serveurs applicatifs. Ils s'imposent aujourd'hui comme des technologies de choix dans de multiples secteurs stratégiques comme la santé, la finance, l'industrie et les télécommunications. Leur gestion tout comme celle des applications ou composants de services qu'ils servent est primordiale.

Aujourd'hui, peu de modèles existent, les instrumentations sont rares et seules des solutions propriétaires spécifiques à certaines applications ou serveurs applicatifs sont réellement déployées. Cette approche propriétaire n'est pas satisfaisante pour les opérateurs et fournisseurs de services car elle isole les composants et ne permet pas l'intégration de gestion nécessaire à la gestion de services.

Afin de pallier ce déficit, les organismes de normalisation et les consortiums industriels lancent actuellement des initiatives pour la conception de solutions de gestion pour les intergiciels, les serveurs applicatifs et les applications distribuées. Parmi ces initiatives, les plus importantes sont celles du DMTF, celle de l'OMG^{3,4} et celle de Sun Microsystems sur les *Enterprise Java Bean: EJBs*. Toutes ces initiatives ne sont bien sûr pas coordonnées.

Dans ce contexte, nos objectifs de recherche sont :

- l'étude et la conception d'un modèle générique de représentation d'intergiciel et son instanciation vers les bus CORBA et sur les services d'échange de messages (MOM) via JMS⁵. Nous nous appuyons pour cela sur les différents modèles en cours de standardisation au DMTF, dans les groupes de travail de l'OMG et dans les groupes de travail sur l'instrumentation J2EE;
- la définition de services de mesure de performance au niveau de l'intergiciel, offrant aux applications, usagers et bien sûr aux applications de gestion des fonctions avancées de collecte de données de performance à différents niveaux (ORB, OS, services). Les métriques sont à définir. La mise en œuvre pourra s'appuyer sur les propositions techniques existantes autour des intercepteurs portables^[WPvHN00]

2. Partial Order Connection

3. Object Management Group

4. <http://www.omg.org>

5. <http://java.sun.com/products/jms/>

[WPvHN00] M. Wegdam, D-J. Plas, A. van Halteren, and B. Nieuwenhuis. Using Message Reflection in a Management Architec-

dans le cas des bus CORBA et/ou de l'interface ARM⁶ en cours de standardisation au sein de l'Open Group^[KvHSW00] ;

- la conception d'un modèle d'instrumentation générique d'un serveur applicatif de type EJB⁷ et son ouverture aux plateformes de gestion standard (notamment OSI),
- le support dans les serveurs applicatifs des commandes de gestion de déploiement, configuration et redéploiement de composants applicatifs qui seront issus des travaux de normalisation au sein de l'OMG.

De façon transversale à ces questions très précises, les aspects liés à l'insertion dynamique des applications nous intéresse tout particulièrement. Cette fonction est idéale pour valider les travaux des autres axes de recherche du projet.

Le travail sur l'instrumentation des applications ainsi que des serveurs applicatifs sera réalisé dans le cadre du projet RNTL IMPACT dans lequel nous participons. Dans ce projet, nous fournirons un modèle d'information de gestion de serveurs EJB, ainsi que des propositions de déploiement dynamique de composants de supervision (applications de management et instrumentation) liés aux applications.

5.3 Services Web

Participants

Laurent ANDREY, **Olivier FESTOR**, Jacques GUYARD, Radu STATE

Un service Web est une application logicielle identifiable sur le réseau, dont les interfaces sont définies, spécifiées et découvrables via XML et qui supporte des interactions avec d'autres applications basées sur des messages XML véhiculés par des protocoles de l'Internet.

Du point de vue de la gestion, les *Web Services* représentent un sujet de choix pour de nombreuses raisons :

- leur implication croissante dans les processus du commerce électronique requiert la mise en place de solutions de supervision dédiées à ce concept et couvrant l'ensemble des composants qui entrent dans leur mise en œuvre,
- l'usage exclusif d'XML facilite l'étude des approches de gestion de services basées sur le contenu des données échangées,
- les mécanismes de découverte et d'invocation dynamique permettent la création dynamique de services à valeur ajoutée à partir d'une chaîne de services de base (ex. un service de vente en ligne qui s'appuie sur un service de facturation, d'expédition, d'hébergement du site, . . .) qui peuvent tous être externalisés et invoqués en fonction des besoins (ex. on choisit le service de facturation le plus concurrentiel en fonction des indications de l'acheteur). Ceci implique un support pour des contrats de services dynamiques et pour l'automatisation de la supervision associée,
- la disponibilité des spécifications des interfaces et des liaisons associées permet d'envisager, comme cela est fait dans le cadre des intergiciels, d'automatiser la génération de l'instrumentation associée, pendant de la gestion automatisée citée dans l'item précédent.

Nous travaillons sur plusieurs de ces points. Les deux derniers sont cependant les plus importants dans le contexte de la dynamique, cible privilégiée de MADYNES.

De même, l'utilisation de WSDL pour la description des services peut, comme nous l'avons déjà évoqué dans l'axe 1, potentiellement servir à la description de capacités de supervision qui peuvent de ce fait être annoncées, découvertes et invoquées dynamiquement. À l'inverse disponibilité de spécifications de composition (par exemple via WSFL⁸) permet de découvrir dynamiquement les dépendances entre services et donc

6. Application Response Measurement

7. Enterprise Java Bean

8. Web Service Flow Language

ture for CORBA. In *Distributed Systems: Operations and Management Symposium DSOM*, pages 230–242. Springer Verlag, LNCS, 2000. Proceedings of the IEEE-IFIP DSOM'2000, Austin, TX, December 2-4, 2000.

[KvHSW00] A. Kath, A. van Halteren, F. Stoinski, and M. Wægdam, M. Fisher. Middleware Platform Management Based on Portable Interceptor. pages 107–118, 2000. Distributed Systems: Operations and Management Symposium DSOM, Springer Verlag, LNCS, Proceedings of the IEEE-IFIP DSOM'2000, Austin, TX, December 2-4, 2000.

de construire des politiques de gestion. Finalement, la supervision des services annexes (exemple découverte des services Web, composition des services Web) pose également des défis extrêmement intéressants.

5.4 Les services pair-à-pair

Participants Isabelle CHRISMENT, Guillaume DOYEN, Olivier FESTOR, Emmanuel NATAF, Radu STATE

Nous avons déjà présenté les caractéristiques des réseaux pair-à-pair dans l'axe 1 du projet où cette organisation est envisagée en complément d'autres approches comme support aux architectures de supervision de nouvelles générations.

L'utilisation de ces environnements dans des contextes commerciaux (par exemple pour de la distribution à grande échelle de mises à jour de systèmes d'exploitation) implique inévitablement que ces environnements soient correctement gérés. Actuellement, aucune approche coordonnée n'a été mise en œuvre dans ce domaine. Nos travaux visent à concevoir des propositions pour :

1. encourager la mise à disposition de ressources pair-à-pair par monitoring des usagers pour le compte de fournisseurs de contenu en concevant des modèles de comptabilité des services ainsi que les protocoles associés pour la rémunération virtuelle de ces mêmes services,
2. permettre le contrôle et la surveillance d'un environnement pair-à-pair en définissant les bases de la supervision de ces réseaux, en proposant des architectures modulaires et souples pour la mise en œuvre et en validant les propositions sur deux types de réseaux pair-à-pair : les réseaux décentralisés (à la Pastry^[RD01]⁹) et les réseaux centralisés (à la Napster¹⁰).
3. concevoir et proposer des mécanismes de comptabilité pour les environnements pair-à-pair.

Ce domaine est extrêmement prometteur et représente un formidable champ d'expérimentation des travaux développés dans tous les autres axes du projet.

5.5 Les réseaux actifs

Participants Olivier FESTOR, Hassen SALLAY, Radu STATE

L'expérience acquise lors de nos études précédentes dans le cadre des projets AMARRAGE et ANAIS démontre que : (1) l'environnement d'exécution universel n'existe pas et (2) la supervision des composants actifs pose encore de nombreux défis.

Notre contribution sur le premier point porte sur la conception d'une architecture active globale dédiée à la supervision des réseaux IP. Dans ce but, nous menons des études sur les besoins de délégation dans les réseaux IPv6. Ces études portent à la fois sur les opérations de supervision pour les fonctions de base (routage, QoS) et sur les services avancés (multicast, sécurité). Ce travail a déjà abouti à la conception d'un environnement d'exécution appelé FLAME [18] dont une première version a été réalisée dans le cadre d'une coopération avec ALCATEL (voir chapitre 8, section 8.5). Nous travaillons aujourd'hui sur la conception de nouvelles interfaces pour codes actifs, notamment autour de fonctions de sondes actives pour la mesure de qualité de service dans l'Internet.

Sur le second point (supervision des composants actifs), nous travaillons sur une approche de gestion basée sur des politiques pour l'administration des services dans un nœud actif. Nos travaux portent sur la définition de politiques d'autorisation et d'obligations pour les applications actives. Nous couplons ces

9. <http://research.microsoft.com/~antr/pastry>

10. <http://www.napster.com>

[RD01] Antony Rowstron and Peter Druschel. Pastry: Scalable, distributed object location and routing for large-scale peer-to-peer systems. In *IFIP/ACM International Conference on Distributed Systems Platforms (Middleware)*, pages 329–350, November 2001.

travaux avec ceux réalisés dans la thèse de Virginie GALTIER [2] sur l'expression des besoins de CPU à l'échelle du réseau pour une application active [37, 38, 27, 28, 5]. Ces recherches complètent des propositions précédentes que nous avons faites sur l'utilisation de la technologie active pour sa propre supervision [55, 56].

Dans le contexte de la supervision des réseaux actifs, nous travaillons également sur l'automatisation de l'instrumentation d'une application active, notamment autour de la composition de services dans les réseaux actifs et sur l'exploitation des spécifications d'interfaces pour la génération des points de supervision. Ce travail réalisé dans le cadre des réseaux actif est réalisé en parallèle dans sur les réseaux programmables et les intergiciels et représente l'expérimentation des propositions issues de l'axe 2 du projet.

5.6 IPv6

Participants Isabelle ASTIC, Isabelle CHRISMENT, Olivier FESTOR,

Dans les faits, la gestion d'un réseau IP se limite le plus souvent à la gestion individuelle de ses équipements, à la surveillance de ces même équipements par SNMP et à leur configuration via des solutions propriétaires (le plus souvent via des interfaces de commande en ligne). Chez certains opérateurs et fournisseurs de services, cette activité est assortie de tâches de gestion de trafic et de gestion de topologie. Pour IPv4, de nombreuses plateformes de supervision proposent ainsi des environnements de programmation et des services de base tels que la découverte de la topologie ou la journalisation d'événements par exemple.

Dans le monde IPv6, les choses ne sont pas aussi abouties. D'une part, les instrumentations SNMP ne sont pas disponibles. D'autre part, les algorithmes mis en œuvre dans les plateformes de gestion actuelles sont souvent inutilisables dans un contexte IPv6. L'exemple le plus flagrant est celui des services de découverte de topologie que l'on trouve dans toutes les plateformes. Tous prennent en entrée des plages d'adresses qu'ils balayent pour découvrir les machines connectées. Cet algorithme n'est pas applicable dans le cas d'IPv6 où les plages d'adresses sont gigantesques.

Les services spécifiques à IPv6 tels que l'auto-configuration, le multihoming, l'adressage lien-local posent des défis intéressants à la gestion [16]. Une autre phase du déploiement IPv6 est également très attractive pour la recherche en gestion de réseau : c'est la transition. Elle apporte de nombreux services et technologies (tunnel brokers^[DPGL01], 6to4^[CM01], passerelles applicatives ...). Ces services induisent des besoins de gestion mais également des nouvelles règles de supervision. Par exemple, la protection contre l'utilisation abusive de tunnels v6 requiert le positionnement par gestion des points de terminaison de tunnels sur un réseau.

Nous avons débuté les travaux sur la supervision des réseaux IPv6 en juillet 2001. Les premiers résultats portent sur une architecture hiérarchique d'un service de découverte de topologie [?]. Ces travaux se poursuivent dans le cadre du projet IST 6net auquel nous participons. Nous aborderons dans ce projet, la gestion des points de *peering* et des points de présence (PoP) nationaux. Nous participerons également à l'élaboration de test d'implantations d'agents SNMP IPv6.

Un second domaine d'application autour d'IPv6 est celui du test. Dans le contexte de la coopération avec l'Université Columbia de Montréal, nous évaluons l'utilisation de la technologie active pour les architectures de déploiement de tests de conformité et d'interopérabilité des protocoles de l'Internet. Dans cette étude nous utilisons l'environnement FLAME développé dans le projet et ses différentes interfaces pour IPv6. Des premiers résultats sur le test du protocole MLDv2¹¹ démontrent l'applicabilité de notre architecture.

11. Multicast Listener Discovery

[DPGL01] A. Durand, P. Pasano, I. Guardini, and D. Lento. IPv6 Tunnel Broker, january 2001. RFC 3053, Informational.

[CM01] B. Carpenter and K. Moore. Connection of Ipv6 Domains via IPv4 Clouds, february 2001. RFC 3056, Informational.

5.7 Synthèse

La conception de modèles et paradigmes génériques en supervision de réseaux et services ne peut aboutir que si les résultats sont confrontés aux besoins réels issus des services émergents. Cette confrontation est réalisée dans le cadre de MADYNES envers six services privilégiés de l'Internet nouvelle génération qui sont les communications de groupe, les intergiciels, les Web Services, les réseaux pair-à-pair, les réseaux actifs et IPv6.

Chapitre 6

Outils et composants logiciels

6.1 Outils et méthodes

MADYNES a une culture forte de recherche appliquée. Cette culture influence les outils mis en œuvre pour la validation des paradigmes développés dans le projet. Ces outils sont :

1. la modélisation et la simulation,
2. le prototypage,
3. le déploiement à grande échelle,
4. le transfert technologique et le logiciel libre,
5. la normalisation et/ou la standardisation.

La modélisation et l'outil de simulation représentent un support important pour la validation des protocoles visés dans le projet notamment pour la confrontation au facteur d'échelle. Nous utilisons dans ce cadre notamment les environnements ns (ns-2)¹ et OPNET².

Le prototypage, suivi dans la mesure du possible d'un déploiement pour une validation à grande échelle a toujours constitué une étape incontournable dans la validation de nos résultats. Cette confrontation des résultats aux réalités des infrastructures apporte outre une preuve de faisabilité, des retours d'expérience très formateurs. Les projets nationaux et internationaux autour des plateformes comme AMARRAGE et 6Net sont pour cela des excellents supports.

Le transfert technologique représente également un but du projet. En plus des transferts réalisés de 1999 à 2001 (CmisJavaAPI et MODERES) nous travaillons actuellement sur le transfert de l'environnement d'exécution FLAME chez ALCATEL. En complément des activités de transfert, nous utilisons également fortement la voie du logiciel libre pour la diffusion des composants logiciels issus du projet. Actuellement, tous les logiciels sauf FLAME sont distribués par cette voie et connaissent un succès certain.

Bien que la normalisation ne soit pas une fin en soi, elle représente un formidable instrument de valorisation et de reconnaissance pour nos résultats. Notre participation au DMTF ainsi qu'à deux groupes de travail à l'IRTF atteste de cette volonté de pérennisation de nos résultats. Cette activité sera poursuivie dans le futur.

6.2 Développements logiciels

Actuellement, 4 logiciels majeurs sont maintenus dans le projet. Ces logiciels sont :

- MODERESJava, l'environnement logiciel modulaire d'intégration des modèles de gestion de réseaux et services,

1. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>

2. <http://www.opnet.com>

- FLAME, un environnement d'exécution pour réseau actif dédié à la supervision des réseaux et services IP,
- IGMPv3, un moniteur multicast pour routeurs FreeBSD et,
- CmisJavaAPI, un environnement d'accès au service CMIS et une plateforme de supervision basée sur l'approche OSI en Java.

Ces logiciels sont détaillés dans les sections suivantes.

6.2.1 MODERESJava

MODERES Java est un environnement logiciel en Java dédié au traitement et à l'intégration de modèles de l'information de gestion issus de multiples approches de supervision (LDAP, SNMP, CORBA/IDL, GDMO/ASN.1, WBEM/MOF, CIM/XML). L'environnement fournit de nombreuses passerelles entre modèles, des facilités d'édition, de sauvegarde (notamment à l'aide de serveurs d'annuaire via le protocole LDAP) ainsi que des interfaces de programmation à différents niveaux permettant le développement de nouveaux outils sur le noyau de l'environnement.

Ce logiciel, qui en est aujourd'hui à sa version 3, est le seul à supporter l'ensemble des langages de spécification de modèles de l'information et qui respecte scrupuleusement les normes. Il est distribué sur Internet et utilisé dans de nombreux laboratoires et entreprises du secteur des télécommunications et des services.

6.2.2 FLAME

FLAME est un environnement d'exécution dédié au traitement d'applications actives pour la supervision des réseaux IPv6. L'architecture d'un nœud comprend un contrôleur d'applications actives, une organisation dynamique de bibliothèques et interfaces de programmation associées permettant l'extension des capacités de traitement du nœud et finalement un support d'exécution et d'administration d'applications actives téléchargeables comme les bibliothèques d'extension depuis un serveur distant. Parmi les interfaces offertes, on trouve : des interfaces de capture de paquets, de journalisation d'événements, d'envoi de paquets actifs, d'accès aux tables de routage multicast d'un nœud et de sauvegarde d'objets dans la mémoire partagée du nœud.

Pour son administration, l'environnement offre, outre une interface de commande en ligne pour le chargement, l'invocation et l'interaction avec les applications en ligne, un module de gestion par des politiques au travers d'une base d'information de politiques (PIB) et un transport COPS pour les interactions avec le point de décision de politiques du réseau (PDP).

Les applications actuelles disponibles sur l'environnement sont : des applications de base de la gestion comme ping et traceroute ainsi que des applications avancées comme la supervision hiérarchique du multicast (implantation d'HPMM^[Wal01]) ou les sondes actives.

L'environnement est développé en langage C (40.000 lignes de code) sur Free-BSD et a été transféré chez Alcatel. Nous poursuivons les développements sur cet environnement en y ajoutant des interfaces et applications actives pour le test de protocoles de service autour d'IPv6, la signalisation pour la comptabilité et la distribution de clefs dans les communications de groupes.

6.2.3 IGMPv3

Nous avons développé l'implémentation côté routeur de IGMPv3 sur FreeBSD. Cette implémentation est basée sur un code écrit par Wilbert de Graaf et est conforme à la version 7 du draft de IGMPv3. Le démon IGMPv3 maintient la table IGMP et agit comme un moniteur multicast, montrant les groupes d'un routeur multicast pour chacun de ses réseaux directement attachés.

[Wal01] J. Walz. Multicast Monitoring - Current Usage and a New Hierarchical Protocol . Master's thesis, Dept. of Computer Science, University of Massachusetts, February 2001.

Nous avons également étendu le code pour réaliser un IGMPv3 Proxy³. Ainsi pour chacun des paquets multicast en entrée, le proxy décide ou non de le diffuser aux membres dans son sous-arbre. L'utilisation du proxy évite la mise en place de protocoles de routage comme PIM-SSM à l'intérieur d'un site ou d'une organisation.

6.2.4 CMISJavaApi et ses applications

CmisJavaApi est une interface de programmation abstraite pour le traitement de primitives de communication CMIS, service normalisé par l'ISO et l'Union Internationale des Télécommunications pour l'échange d'informations de gestion entre gestionnaire et agent. CmisJavaApi comprend une gestion de pile CMIS ainsi qu'un patron de programmation des échanges (requêtes / indications / réponses / confirmations) basé sur la programmation événementielle de Java. Cette interface est construite sur plusieurs couches transports dont une pile CMIS commerciale (Evidian OpenMaster), RMI et XML/HTTP. CmisJavaApi est actuellement intégrée dans l'offre commerciale d'Evidian. Les versions RMI et XML/HTTP sont distribuées en Open Source par le projet. CmisJavaApi est un candidat potentiel à la standardisation dans l'initiative JMX⁴ (JSR 71).

JMX TMN Protocol Adapter est une extension qui permet aux concepteurs d'objets gérés implantés à l'aide de la technologie JMX de renseigner les objets qu'ils désirent rendre supervisés depuis une plateforme de gestion basée sur l'approche OSI en respectant des patrons de programmation. La distribution fournit l'agent d'adaptation générique exploitant cette information au dessus d'une pile CMIS. Cet environnement comprend la spécification d'un `CMISMBeanInfo` (interface abstraite que doit implanter tout objet géré pour être visible par l'adaptateur) et une implantation d'un agent générique (résolution de nommage OSI/JMX, support des opérations avec portée et filtrage, mise en correspondance des types Java/ASN.1 et bien sûr, interface agent d'une pile OSI).

6.3 Synthèse

Le projet s'appuie sur différents outils pour valider et valoriser ses résultats de recherche. Ces outils vont de la simulation au transfert technologique en passant par le prototypage, le déploiement à grande échelle ainsi que la normalisation. Deux logiciels qui ont fait l'objet d'un transfert industriel total ou partiel, à savoir MODERES et CmisJavaApi assorti de la plateforme *J^{TMN}* font l'objet d'un dépôt à l'Agence de la Protection des Programmes (APP).

Tous les composants, excepté les composants d'adaptation spécifiques pour les plateformes commerciales, sont distribués en Open Source au sein de l'initiative JSMAN⁵ dont nous sommes les créateurs. S'ajoutent à ces composants complets, une contribution à l'évolution de projets Open Source externes notamment l'initiative d'infrastructure SNMP libre NET-SNMP⁶ autour du support des bases d'information de gestion pour IPv6 dans les environnements Free-BSD et Linux.

Dans le cadre de MADYNES, nous poursuivrons les développements sur MODERES, permettant à cet environnement de supporter les évolutions des langages et approches de spécification des modèles d'information de gestion. Cet environnement s'enrichira notamment d'un support pour les versions à venir de SMIng, la future référence pour les modèles d'information de gestion à l'IETF. Nous comptons également maintenir les composants logiciels pour la communication de groupes (IGMPv3 et Proxy). Les autres composants continuent à être distribués par le projet mais nous n'envisageons pas de nouveaux développements sur ces souches dans le cadre de MADYNES.

3. <http://www.loria.fr/~hellel>

4. <http://java.sun.com/products/JavaManagement/>

5. <http://www.jsman.com>

6. <http://www.net-snmp.org>

Les réalisations projetées sont des briques d'architecture pour la gestion dynamique. Ces briques comprennent un environnement de gestion à base de politiques, des composants de monitoring et une infrastructure P2P pour le contrôle de services Web.

Chapitre 7

Relations nationales et internationales

7.1 Relations locales

Sous la coordination d'André SCHAFF, l'ACI¹ GRID² ARGE^{3,4} concerne 9 laboratoires (et 10 équipes de recherche) du Grand Est de la France, à savoir : Laboratoire Lorrain de Recherche en Informatique et ses Applications (2 équipes) (LORIA, INRIA Lorraine, Nancy), Laboratoire d'Informatique de l'U. de Franche-Comté (LIFC, Besançon), Laboratoire des Sciences de l'Image, de l'Informatique et de la Télédétection (LSIIT, Strasbourg), Laboratoire d'Informatique Théorique et Appliquée (LITA, Metz), Centre de Recherche en Automatique de Nancy (CRAN), SUPELEC, Campus de Metz, Laboratoire d'Études et de Recherches en Informatique, Équipe Réseaux et systèmes complexes (LERI/RESYCOM, Reims), Laboratoire Électronique, Informatique et Image (LE2I, DIJON), Département GTR, IUT de Colmar.

Depuis 1994, en partant des 4 équipes initiatrices (issues de Besançon, Nancy et Strasbourg), le groupe RGE a organisé 22 rencontres d'une journée et associé des jeunes équipes nouvelles et émergentes ainsi que d'autres laboratoires en particulier à Belfort, Colmar, Dijon, Metz et Reims. La démarche volontariste et conviviale a sans doute permis cela, et le soutien de ACI GRID permet d'aller plus en avant en particulier pour les points suivants :

1. renforcement des interactions et des coopérations en contribuant à l'élaboration d'une " grille expérimentale de ressources " dans le Grand Est de la France,
2. séjours de travail d'une semaine à un mois des doctorants ou des permanents,
3. encouragement et soutien financier de propositions innovantes,
4. organisation d'une école d'été régionale annuelle d'une semaine.

Le but du premier point est de renforcer les interactions et rendre encore plus concrètes les coopérations mutuelles entre les équipes participantes en encourageant l'élaboration et l'expérimentation d'une plateforme régionale en méta-computing, " grille expérimentale de ressources ", dans le Grand Est de la France. Nous développerons dans ce cadre des outils logiciels associés pour l'accès distribué, l'authentification, la supervision de la grille. Ce point inclut également la mise en œuvre de nouveaux protocoles Internet favorisant la supervision de celles-ci de manière plus dynamique.

En lien avec nos travaux sur les protocoles de sécurité pour le multicast notamment, une coopération avec le projet CASSIS est envisageable. Celle-ci pourrait par exemple porter sur la spécification formelle et la validation du protocole BAAL développé dans le projet.

Les résultats et paradigmes issus de MADYNES peuvent également s'appliquer à des services pour le méta-computing et la grille. Dans ce contexte, on remarque notamment que l'intégrité et la confidentialité

1. Action Concertée Incitative
2. Globalisation des ressources informatiques et des données
3. <http://www-r2.u-strasbg.fr/rge/>
4. Animation du Réseau Grand Est

des données prend une importance énorme. Des coopérations sur ce point avec les équipes du LORIA concernées par la grille et le calcul distribué sont souhaitables. Ceci est déjà une réalité avec le projet ISA dans le cadre du projet RNRT VTHD++.

L'un des résultats de recherche du projet ECOO est un environnement de travail coopératif distribué. Une coopération sur la supervision de cet environnement qui se déploie aujourd'hui à grande échelle serait pour nous un formidable champ d'expérimentation et constituerait pour ECOO un enrichissement de leur plateforme.

7.2 Relations au sein de l'INRIA

Les fondements scientifiques et les défis relevés par le projet MADYNES à savoir la gestion des services dynamiques et les réseaux programmables, positionnent l'activité du projet en complémentarité des autres projets du thème 1B de l'INRIA. Cette complémentarité nous permet de développer des coopérations et de maintenir de nombreux contacts avec d'autres projets de l'Institut. Ces relations sont présentées dans cette section.

7.2.1 ARMOR

Le projet ARMOR (Architectures et modèles de réseaux) centre ses activités de recherche sur l'analyse et le dimensionnement des réseaux ainsi que sur le contrôle dans les réseaux avec des applications à plusieurs types de protocoles et couches protocolaires : ATM, TCP, IP, UMTS, . . .

Les études sur l'analyse et le dimensionnement ont pour objectif de concevoir et développer de nouvelles méthodes pour l'évaluation de modèles (modèles markoviens, modèles fluides, Monte Carlo, . . .) ainsi que sur la génération de tests.

Les travaux menés dans le cadre du contrôle portent sur la qualité de services, la sécurité dans un contexte IP mobile et dans des réseaux très haut débit, le routage et la gestion des communications de groupes (définition d'heuristiques pour le maintien d'un arbre couvrant). Autour de la qualité de services, les travaux portent sur les architectures à différenciation de service (tests d'architectures et marquage à la source), les outils de mesure de performance (métriques IPPM notamment et mesures statistiques) ainsi que sur la qualité pseudo-subjective de flux multimédia.

Les recherches de MADYNES sont complémentaires de ces activités sur deux points. MADYNES est ciblée sur les services et les plateformes de programmation des réseaux, domaines qui ne sont pas abordés par ARMOR dont les orientations sont plus protocolaires.

Plusieurs coopérations potentielles apparaissent autour des environnements de programmation et de support à la gestion. Nous disposons d'une forte expérience autour des environnements actifs pour le déploiement dynamique de fonctions de gestion. De tels environnements (comme FLAME) peuvent servir d'infrastructure pour la réalisation de sondes et le déploiement de composants de mesure de qualité spécifiques comme nous l'avons déjà réalisé pour les flux vidéo dans [25, 3].

Dans le domaine des architectures de comptabilité, les travaux sont également complémentaires. ARMOR développe des algorithmes de facturation dans une approche d'enchères, MADYNES conçoit des infrastructures logicielles distribuées pour la collecte d'informations comptable relatives aux services dynamiques. Une coopération sur ce point est également envisageable.

Nous travaillons avec les membres du projet ARMOR dans le cadre des projets 6Net et VTHD++. Nous participons également conjointement aux réunions du G6.

7.2.2 ARES

Le projet ARES (Architectures de réseaux de services, INRIA Rhône Alpes/INSA Lyon) développe ses actions de recherche autour du déploiement des services dans des réseaux sans fil en mode *ad hoc* ou base reliés au travers d'une infrastructure fixe. Ce positionnement se décline en trois axes : (1) modélisation

des réseaux hybrides (planification, simulation, . . .), (2) adaptation de protocoles (adaptation des protocoles dans la passerelle fixe/sans fil), (3) protocoles dédiés au fonctionnement *ad hoc* et déploiement de services (architectures d'accueil, découverte automatique).

Les complémentarités entre MADYNES et ARES se situent principalement sur les deux derniers axes d'ARES. Au niveau de l'adaptation de protocoles dans des passerelles, on retrouve des préoccupations concernant les environnements d'accueil pour fonctions de traitement qui sont proches des contraintes identifiées pour les architectures de supervision. Des travaux communs sur ce point sont souhaitables. Dans le cadre des protocoles pour le déploiement de services dans les réseaux *ad hoc*, plusieurs coopérations sont également possible sur l'étude des mécanismes de déploiement. Finalement les protocoles et architectures de services conçus dans le domaine *ad hoc* représentent un domaine d'application intéressant pour évaluer les paradigmes et architectures que nous abordons dans MADYNES dans l'axe 1 : gestion autonome. L'expertise d'ARES sur la qualité de services dans les environnements *ad hoc* nous est ici très profitable.

Nous coopérons déjà fortement avec l'action ARES sur plusieurs points :

- au travers d'un séminaire commun sur la sécurité des réseaux *ad hoc* qui est prévu prochainement à Lyon,
- sur la supervision des intergiciels avec Stéphane FRÉNOT.

Il est à noter que la coopération avec ARES et ARMOR se traduit également par un séminaire commun également avec le projet HIPERCOM. Nous contribuons également tous au montage actuel d'un projet RNRT sur les réseaux *ad hoc* et leur supervision.

7.2.3 PLANETE

L'activité du projet PLANETE (INRIA Sophia-Antipolis et INRIA Rhône-Alpes) porte sur l'ingénierie des protocoles et sur l'évolution de l'Internet nouvelle génération. PLANETE développe des recherches sur de nombreux points autour de la qualité de services, de la mobilité, du multipoints et du paging. Les résultats sont mis en œuvre dans le cadre d'applications interactives multi-utilisateurs.

Dans le domaine de la qualité de services, les travaux portent sur l'expérimentation d'environnement DiffServ et sur la réalisation de composants de gestion par politiques pour ce service, sur l'évaluation des politiques d'ordonnancement et des algorithmes de gestion des files d'attente, sur des mécanismes de FEC⁵ hautes performances, le contrôle de congestion, la planification ainsi que sur l'impact des supports asymétriques (notamment satellite) sur les protocoles de l'Internet (routage et TCP principalement).

Autour des communications de groupes, le projet développe des approches basées sur l'implication forte des terminaux dans l'organisation des arbres de diffusion (multicast applicatif), sur les approches de codage en couches par groupes multiples, ainsi qu'à la sécurisation de ces groupes.

Dans le domaine de la mobilité IP, PLANETE développe des travaux sur une architecture hiérarchique du traitement de la mobilité (intra et inter-réseau), ainsi que sur la sécurisation de Mobile IP. Une contribution importante du projet porte également sur la pagination IP.

Bien que la supervision ne soit pas au centre des préoccupations du projet PLANETE, deux points sont particulièrement complémentaires. Le premier est celui de la sécurité des communications de groupes. Dans PLANETE, la sécurisation est abordée dans le contexte de réseaux privés virtuels établis (statiques) alors que les approches développées dans MADYNES portent sur un contexte à forte dynamique des groupes. Le second porte sur la mise en œuvre d'approche de gestion par politiques dans le contexte DiffServ. Pour cela, les infrastructures conçues dans MADYNES peuvent servir de support aux expérimentations proposées par PLANETE.

5. Forward Error Correction.

7.2.4 RESO

Le projet RESO développe des recherches sur les réseaux et services à très hautes performances pour la grille et le calcul distribué. L'un des axes du projet porte sur les réseaux actifs pour ces environnements.

Nous participons conjointement à l'action spécifique réseaux programmables ASPRONET du CNRS ainsi qu'au projet VTHD++.

7.2.5 SARDES

Le projet SARDES (INRIA Rhône-Alpes) a pour objectif le développement d'un intergiciel pour les services ubiquitaires basé sur les technologies à base de composants et sur les systèmes réflexifs.

L'un des domaines d'application du projet SARDES porte sur la supervision, le prototypage de fonctions d'observation, de contrôle et de gestion dynamique de configuration dans des systèmes répartis ouverts de grande taille.

Nous travaillons déjà avec les membres du projet sur la supervision dynamique des serveurs applicatifs de type EJB (Enterprise Java Beans) dans le cadre du projet RNTL Impact. Laurent ANDREY est le coordinateur du groupe de travail Supervision dans le consortium ObjectWeb. Nous apportons l'expertise en gestion de réseaux et de services et le projet SARDES nous apporte son modèle de composants comme modèle global.

7.2.6 Autres projets de l'INRIA

D'autres projets de l'INRIA, principalement ceux des thèmes 1A et 1B, conçoivent des architectures qui représentent d'excellents domaines d'application potentiels et/ou des fournisseurs de composants pour les paradigmes de supervision visés dans MADYNES. On peut notamment citer dans le thème 1, les actions ACES sur l'informatique diffuse, le projet ARLES sur les intergiciels pour terminaux mobiles, HIPERCOM autour de sa composante ad hoc.

Nous souhaitons également développer des coopérations avec des projets d'autres thèmes, notamment le projet COMPOSE qui conçoit des techniques et langages spécifiques de domaines. Un travail commun sur la mise en œuvre de ces techniques dans le contexte de la composition des services de supervision serait très intéressant. Les travaux d'autres projets autour du Web sémantique comme ORPAILLEUR en Lorraine et/ou TEXMEX sont également intéressants comme sources de composants pour la supervision.

De façon générale, MADYNES bénéficie de l'expertise de tous les projets dont les services ont une composante fortement dynamique. Cette expertise nous permet de mieux caractériser les contraintes envers la gestion et d'étendre la couverture des domaines d'application de nos solutions.

7.3 Relations nationales

Dans le cadre des projets et actions nationaux, nous travaillons directement avec plusieurs équipes d'autres laboratoires en France.

Nous travaillons notamment avec l'équipe de Michel DIAZ du LAAS-CNRS sur les réseaux actifs et programmables. Plus particulièrement, nous travaillons ensemble sur la conception d'environnements d'exécution actifs avec principalement Pascal BERTHOU et Thierry GAYRAUD. Dans le contexte des réseaux actifs, nous travaillons également avec le département Informatique et Réseau sous la direction de Michel RIGUIDEL à l'ENST sur la supervision des réseaux actifs et la sécurité (Ahmed SERHOUCHE).

Nous travaillons sur des thèmes similaires avec le LIP6 (équipe Réseaux et Performances dirigée par Serge FDIDA) autour des réseaux actifs (Kim LOAN-THAI) et de la supervision (Nazim AGOULMINE et Guy PUJOLLE). Nous travaillons également avec Marie-Pierre GERVAIS du LIP6 sur la thématique de la composition des services actifs.

Finalement, nous entretenons des relations de travail avec le laboratoire LSR de l'IMAG autour d'Andrzej DUDA sur les réseaux ambiants et leur supervision.

7.4 Relations internationales

Nous maintenons des coopérations soutenues avec différentes universités et laboratoires à travers le monde. Les laboratoires cités ci-dessous viennent en complément de ceux avec qui nous travaillons déjà dans le cadre de projets européens (6Net par exemple).

Dans le contexte de la définition de nouveaux langages de modélisation pour l'information de gestion dans l'Internet, nous travaillons avec les chercheurs des Universités de Twente aux Pays-Bas (Aiko PRAS, Co-Chair de DSOM'2001 à Nancy) et d'Osnabrück en Allemagne (Jürgen SCHÖNWÄLDER).

Nous avons également d'excellents contacts avec l'Université Macquarie de Sydney sur les thèmes de la gestion de réseaux et de la sécurité. Dans le cadre de ce contact et afin de développer ces relations, Vijay VARADHARAJAN Professeur à Macquarie, a passé un mois dans le projet MADYNES en 2002.

Nous travaillons avec l'équipe de la Professeure Rachida DSSOULI de l'Université de Concordia à Montréal sur les environnements logiciels pour la formalisation et la mise en œuvre des tests de protocoles Ipv6. Cette coopération est soutenue par le FFCR⁶.

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 [?, 8]. Depuis plusieurs années nous avons des échanges avec l'équipe du Professeur Paul AMER sur les protocoles et Services à Ordre Partiel.

Nous maintenons également des relations de travail avec le centre de recherche d'IBM Research à Yorktown aux Etats-Unis (département de recherche dirigé par Joe

6. Fonds France Canada pour la Recherche, qui permet d'encourager et de développer à un niveau d'excellence les échanges franco-canadiens dans les domaines de la recherche et de l'enseignement supérieur.

Chapitre 8

Actions contractuelles en cours

Les coopérations industrielles nous offrent un formidable champ d'expérimentation et de transfert technologique, suivant le type de coopération, un environnement de test qui serait impossible à construire au sein d'un laboratoire. Les coopérations industrielles sont sélectionnées en fonction de l'intérêt des domaines d'application qu'ils offrent aux approches conçues et développées au sein du projet.

Actuellement, nous participons à cinq projets financés en coopération avec des partenaires industriels ainsi qu'à une action spécifique du CNRS qui est elle décrite dans le chapitre suivant. Ces projets ainsi que leur apport sont présentés dans les sections suivantes.

8.1 AMARILLO

| | |
|-------------|----------------------------|
| Début | octobre 2002 |
| Fin | septembre 2004 |
| Partenaires | Thalès , ENST, LIP6 |

AMARILLO est un projet RNRT qui a pour but d'étudier l'impact de la technologie des réseaux actifs sur l'urbanisation des nouveaux réseaux, les infrastructures de conception des services et sur la supervision.

Notre contribution à ce projet est double. D'une part, nous évaluons la capacité des approches de gestion à base de politiques à supporter la dynamique induite par les réseaux actifs. D'autre part, nous menons une étude sur les mécanismes de composition de services et leur impact sur la construction des interfaces de gestion des services composés. Deux composants logiciels sont planifiés dans le projet : un environnement de gestion par politiques pour nœuds actifs et un service d'échange de politiques de gestion en Java.

8.2 6Net

| | |
|-------------|--|
| Début | janvier 2002 |
| Fin | décembre 2004 |
| Partenaires | CISCO , DANTE, DFN, GRNET, IBM, GARR, NORDUNet, NTT, Renater, SONY, SWITCH, TELIN, TERENA, UKERNA, ULB, UCL, University of Lancaster, University of Southampton, AConet, CTI, DTU, Fraunhofer Gesellschaft, Invenia, Oulu Polytechnic, CSC, UNINET, ULP, WWU-JOIN |

Projet IST, 6Net¹ (Large-scale International Ipv6 Pilot Network) vise la réalisation d'un backbone IPv6 pour expérimenter les services IPv6 dans un environnement inter-domaines à grande échelle. Notre contribution dans ce projet porte sur la conception d'une architecture de supervision du backbone IPv6 (notamment les points de *peering*), les courtiers de tunnels ainsi que sur l'évaluation des implémentations de supervi-

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

seurs et d'agents pour IPv6. Ceci comprend la réalisation de testeurs de bases d'information de gestion et la validation de plateformes de supervision.

8.3 IMPACT

| | |
|-------------|--|
| Début | janvier 2002 |
| Fin | décembre 2004 |
| Partenaires | INRIA , Bull, Evidian, France Télécom R&D, A3 Technologies, ExperLog, Kelua, LIBeLIS, I3S, LAMIH, LIFL, LIP6, LSR |

IMPACT (Infrastructure et Middleware pour Plateformes à Composants Techniques) est un projet RNTL. Il a pour objectif d'étendre la plateforme ObjectWeb². ObjectWeb est une initiative Logiciel Libre pour des composants logiciels de middleware. Le principal défi technique que devra relever le projet IMPACT réside dans la définition et l'implantation efficace d'une architecture de plateforme modulaire, facilement configurable en fonction des différents domaines d'application et de l'échelle des systèmes visés (depuis les petits objets de l'informatique nomade jusqu'aux grands serveurs d'applications du commerce électronique sur le Web).

Nous avons la charge au sein de ce projet de concevoir et réaliser l'architecture de supervision de l'infrastructure.

8.4 VTHD++

| | |
|-------------|---|
| Début | janvier 2002 |
| Fin | décembre 2004 |
| Partenaires | France Télécom R&D , INRIA, ENST, ENST-Bretagne, EURECOM, IMAG |

Le projet RNRT VTHD++ a pour ambition de maintenir au meilleur niveau d'innovation la plateforme d'expérimentation VTHD. Cette ambition est déclinée sur trois axes majeurs. Le premier vise à développer au dessus du réseau VTHD et vers ses utilisateurs potentiels, une plateforme de service offrant un service de transport IP sécurisé, différenciable et pouvant être invoqué dynamiquement. Le deuxième axe consiste à introduire les nouveaux réseaux Internet, aux premiers rangs desquels figurent les réseaux IPv6 et les réseaux actifs. Si leur ambition est de répondre plus définitivement aux besoins de qualité de service, de sécurité et de dynamique, leur évaluation sera menée d'abord sous l'angle de la performance. Enfin, la viabilité des techniques et des services à l'œuvre sur la plateforme sera évaluée contre des applications de télé-médecine et de systèmes de données distribués très exigeantes en bande passante et en interactivité, applications préfigurant les services futurs de l'Internet.

Notre implication dans ce projet porte sur la conception et l'expérimentation d'une plateforme de supervision ainsi que sur l'étude des protocoles de sécurité dans un contexte très haut débit.

8.5 FLAME

| | |
|------------|----------------|
| Début | novembre 2000 |
| Fin | octobre 2002 |
| Partenaire | ALCATEL |

Réalisé dans le cadre du contrat cadre ALCATEL/INRIA, ce projet porte sur la conception et la réalisation d'une architecture de réseau actif pour la supervision d'équipements et de réseaux IP.

Le projet comporte deux étapes. La première vise à prototyper une fonction de mesure de performances

2. <http://www.ObjectWeb.org>

active sur un environnement existant (Active Signaling Protocol de l'Université de Californie du Sud). La seconde étape consiste à définir un environnement d'exécution spécifique dédié à l'accueil et à l'exécution de fonctions de supervision dans un cadre IP sur des routeurs Alcatel. La première phase s'est achevée en décembre 2000 par une démonstration d'application de gestion de performance active sur un réseau IP.

La seconde phase a débuté en janvier 2001. Aujourd'hui, l'environnement actif de supervision est totalement défini et une implémentation a été livrée au partenaire. Plusieurs applications sont en cours de développement.

8.6 Synthèse

Nous participons actuellement directement à cinq projets financés en coopération avec des partenaires industriels. Ces coopérations sont parfaitement complémentaires : supervision IPv6 (6Net & VTHD++), sécurité (VTHD++), réseaux actifs (FLAME & AMARILLO) et supervision des intergiels (IMPACT, & AMARILLO). Ces projets viennent à la suite de coopérations qui se terminent ou qui se sont terminées récemment à savoir AMARRAGE (RNRT, réseaux actifs), ANAIS (CNRS, réseaux actifs), ANTARES, ANTARES-2 et PROSS-D (Bull puis Evidian, Java pour la supervision).

Aujourd'hui plusieurs pistes de coopérations nouvelles sont en cours d'évaluation dans le projet autour des thèmes majeurs de notre activité de recherche (supervision des services dynamiques, sécurité, comptabilité).

Chapitre 9

Participation à la vie de la communauté

Les membres de la proposition MADYNES sont fortement impliqués dans l'animation de la communauté scientifique du domaine des réseaux et services sous différentes formes.

9.1 Comité de programmes et organisation de manifestations scientifiques

Isabelle CHRISMENT est membre des comités de programme de :

- Colloque Francophone sur l'Ingénierie des Protocoles (CFIP) depuis 2001
- Colloque Francophone sur la sécurité : SAR'2002

Olivier FESTOR est membre des comités de programme de :

- IEEE Workshop on IP Operations and Management (IPOM) depuis 2002,
- IFIP/IEEE Network Operation and Management Symposium (NOMS) depuis 2000,
- IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Management (IM) depuis 2001,
- IFIP/IEEE DSOM (depuis 2000), General Co-Chair de la 12^{ème} édition du Workshop IFIP/IEEE Distributed Systems : Operations and Management (DSOM¹) qui s'est tenu à Nancy du 15 au 17 octobre 2001.
- conférence Gestion de Réseaux Et Services (GRES) depuis 1999.

Olivier FESTOR est également membre depuis 1999 du bureau des éditeurs (Boards of Editors) de la revue Journal of Systems and Network Management, journal de référence dans le domaine de la gestion des réseaux et services.

Il a été membre du comité d'organisation de RenPar'98 et de CFIP'99.

André SCHAFF est membre du comité de programme du Colloque Francophone sur l'Ingénierie des Protocoles (CFIP), colloque qu'il a organisé à Nancy en 1999.

9.2 Commissions et groupes de pilotage

Isabelle CHRISMENT est :

- membre élu de la commission de spécialistes 27^{ème} section de l'UHP-Nancy 1,
- membre suppléant de la commission de spécialistes 27^{ème} section de l'ULP-Strasbourg (depuis 2001).
- responsable du projet fédérateur formation innovante réseaux sans fil à l'UHP-Nancy 1,

1. <http://www.dsom2001.org>

- membre de la commission des postes d'accueil du LORIA et de l'INRIA Lorraine depuis mars 2002.

Olivier FESTOR est membre de :

- la commission 4 du RNRT² (Réseau National de Recherche en Télécommunication) depuis septembre 2001. Le domaine de compétence de la commission est celui des logiciels pour les télécommunications.
- comité de pilotage de l'école d'été RHDM'2002³ (Réseaux Hauts-Débits et Multimédia, ainsi que de l'édition 2002
- comité de pilotage du Réseau Thématique Pluridisciplinaire : Réseaux de communication du CNRS,
- commissions de spécialistes 27ème section de L'Université Louis Pasteur de Strasbourg (depuis 1998), de INPL (depuis 1999), de l'UHP-Nancy 1 (depuis 2001).

Emmanuel NATAF est membre de la commission de spécialistes 27ème section de l'Université de Nancy 2.

Pendant ces cinq dernières années, André SCHAFF est ou a été :

- président de la CS⁴ 27^e section de l'UHP (depuis octobre 2001),
- responsable scientifique du projet RESEDAS (depuis 1994),
- membre du bureau du DFD⁵ Informatique,
- membre des Comités de Programme CFIP depuis 1995, RENPAR depuis 1998 à 2001, EUNICE depuis 1997, NOTERE depuis 1998.
- membre des CS 27^e à l'ULP de Strasbourg et à l'UFC de Besançon (depuis octobre 2001),
- membre du Conseil d'Orientation Scientifique du LORIA et de l'INRIA Lorraine,
- responsable de la spécialisation TRS, en 2^e année et 3^e année ESIAL, depuis septembre 1996,
- responsable des Stages et des Projets Industriels des élèves de 3^e année ESIAL (85 élèves) depuis septembre 1999,
- directeur du CCH de début mars 1998 jusqu'à fin mars 2001⁶,
- membre du Comité des Projets du LORIA (de 1995 à décembre 2000),
- membre du groupe de travail interministériel sur le cahier des Charges des "Écoles de l'Internet",
- vice-président de la CS 27^e de Metz d'octobre 1998 à octobre 2001,
- membre élu à la CS 27^e UHP d'octobre 1998 à ce jour,
- membre du comité d'experts internationaux chargé d'évaluer les demandes du Fonds d'innovation 2001 de la Fondation Canadienne pour l'Innovation dans le secteur Technologique de l'Information
- membre élu au Conseil de l'UMR LORIA (de janvier 1998 à décembre 2000),
- responsable de l'orientation *Télécommunications* en 3^e année ESIAL (jusqu'en 2000),
- responsable de la 3^e année ESIAL filière Informatique (jusqu'en 2000).

2. <http://www.telecom.gouv.fr/rnrt/>

3. <http://www.inrialpes.fr/planete/people/roca/rhdm02>

4. Commission de Spécialistes

5. Département de Formation Doctorale

6. Après avoir été un PFR (Projet de recherche Fédérateur Régional) sur le calcul parallèle de 1994 à 2000, le CCH, ou Centre Charles Hermite (<http://cch.loria.fr/>) a étendu ses compétences aux *Calculs, réseaux et graphisme à hautes performances* dans le cadre du CPER (Contrat de Plan Etat Région 2000-2006) et est un des thèmes prioritaires du PRST "Intelligence Logicielle". Les activités scientifiques du CCH₂ concernent les expérimentations nécessitant des hautes performances dans le domaine du calcul parallèle, des réseaux et du graphisme. Ces activités se regroupent en opérations interdisciplinaires (25 en 1999, 33 en mars 2001) concernant la Chimie, les Mathématiques, la Physique et l'Informatique et les Télécommunications à Nancy et à Metz.

9.3 Actions spécifiques et groupes de travail

Nous participons activement à l'action spécifique Réseaux actifs⁷ du CNRS et sommes très impliqués dans la communauté Internet Nouvelle Génération, ex. ING-RHDM au sein du GRP ARP. Cette implication se traduit par l'organisation de tutoriels et par notre participation aux comités de pilotage du thème ainsi que notre implication dans le comité d'organisation de l'école d'été ING-RHDM.

Nous participons également au *Network Management Research Group* de l'IRTF.

7. <http://www.aspronet.org>

Chapitre 10

Synthèse

Le projet MADYNES a pour objectif de proposer des solutions logicielles et protocolaires aux exigences de dynamique et de passage à l'échelle envers l'activité de gestion des réseaux et services.

Dans ce but, le projet développe des travaux suivant trois axes :

- la conception de nouveaux paradigmes architecturaux pour l'activité de gestion comprenant des nouveaux modes d'organisation, d'échange et de représentation de l'information,
- l'instrumentation assistée des services au sein des plateformes et le couplage supervision/signalisation par la programmation et les réseaux programmables,
- l'évolution des fonctions de sécurité et de comptabilité pour les services à forte dynamique,
- la mise en œuvre des paradigmes dans le cadre de la gestion de l'Internet nouvelle génération.

Ce dernier axe représente à la fois le domaine d'application des résultats du projet (sécurité et comptabilité du multicast, pair-à-pair, Web Services, ...) et une source de nouveaux défis envers la gestion intégrée (intergiciels, IPv6, ...).

Largement reconnue au niveau national et international, l'activité centrée sur la gestion des réseaux et services est à la fois unique en France (et *a fortiori* au sein de l'Institut) et parfaitement complémentaires de nombre d'activités développées dans d'autres projets du LORIA ainsi que de l'INRIA. Les coopérations que nous avons développées avec d'autres équipes en France témoignent de cette complémentarité.

Chapitre 11

Bibliographie des membres du projet

Le présent chapitre comporte la bibliographie des membres du projet limitée aux publications en lien avec les thèmes de Madynes réalisées depuis 1997. Pour des raisons de place, les rapports de recherche, rapports techniques et rapports de contrats produits par les membres de la proposition ne sont pas cités dans la bibliographie.

Habilitations à Diriger des Recherches

- [1] O. Festor. Ingénierie de la gestion de réseaux et de services : du modèles OSI à la technologie active, décembre 2001. Habilitation à Diriger des Recherches de l'Université Henri Poincaré - Nancy I. Spécialité Informatique.

Thèses

- [2] V. Galtier. *Éléments de gestion des ressources de calcul dans les réseaux actifs hétérogènes*. PhD thesis, Université Henri Poincaré Nancy I, Avril 2002.
- [3] R. State. Modèles d'information étendus pour la supervision des réseaux et services dynamiques, october 2001. Thèse de l'Université H.Poincaré-Nancy I, France.
- [4] E. Nataf. Contribution à la spécification et à l'exploitation des relations entre objets de gestion de réseaux, october 1998. Thèse de l'Université H.Poincaré-Nancy I, France.

Journaux

- [5] V. Galtier. Un élément de gestion des réseaux actifs. *Technique et science informatiques*, 2002.
- [6] O. Festor and A. Pras. Internet Services : Management Beyond the Element - Report on DSOM'2001. *Journal of Networks and Systems Management*, 10(1), March 2002. ISSN 1064-7570.
- [7] R. State, E. Nataf, and O. Festor. Managing Highly Dynamic Services Using Extended Temporal Network Information Models. *Journal of Networks and Systems Management*, May 2002.
- [8] A. Schaff and V. Nemchenko. The test of the new generation internet protocols ipv6. *Revue ukrainienne "Radioelektronika informatika" 2001*, ISSN 1563-0064, P.87-89, December 2001.
- [9] L. Andrey, O. Festor, E. Nataf, and R. State. JTMN: A Java-based TMN Development and Experimentation Environment. *Journal on Selected Areas in Communications*, 18(5):664–675, May 2000.
- [10] G. Pavlou and O. Festor. Management information model engineering. *Journal of Networks and Systems Management*, 6(3), November 1998.

- [11] I. Chrismont and C Kaplan, D. and Diot. Design, Automated Implementation and Evaluation of an ALF Communication Architecture. *IEEE Journal of Selected Area in Communications*, pages 332–344, April 1998.
- [12] L. Andrey, O. Festor, E. Nataf, A. Schaff, and S. Tata. Validation de Bases d'Information de Gestion: expérience multi-FDT sur un modèle de gestion d'interconnexion de commutateurs. *Technique et Science Informatique*, 16(6):753–777, June 1997. Méthodes Formelles: validation de systèmes complexes.

Livres, chapitres de livre

- [13] DSOM'2001. *Proceedings of the 12th International Symposium on Distributed Systems : Operations and Management*. INRIA, Paris, october 2001. Festor, O. and Pras, A., Editors, ISBN: 2-7261-1190-4, 339 pages.
- [14] L. Andrey, I. Chrismont, O. Festor, and E. Fleury. *Systèmes multimédia communicants*. Hermès Science, Paris, 2001. Traité IC2, Rédaction du chapitre "ALF et les réseaux actifs".
- [15] I. Chrismont and O. Festor. *Logiciels et réseaux de communication*. Observatoire Français des Techniques Avancées, Paris, 2000. Rédaction d'un chapitre intitulé "Réseaux actifs", ARAGO 23.
- [16] G. Cizault. *IPv6: théorie et application*. O'Reilly, Paris, 1999. 2ème édition. Rédaction d'O.Festor et I. Chrismont du chapitre sur la supervision de piles IPv6.
- [17] A. Schaff, F. Lepage, and J-P. Thomesse. *Colloque Francophone sur l'Ingénierie des Protocoles - CFIP'99*. Hermès Science Publications, April 1999. Actes du 7e Colloque Francophone sur l'Ingénierie des Protocoles, Nancy, France, 26-29 Avril, 1999.

Conférences internationales avec comité de lecture et actes

- [18] H. Sallay, O. Festor, and R. State. A distributed Management Platform for Integrated Multicast Monitoring. pages 483–496, 2002. Proc. IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium NOMS'2002, R. Stadler and M. Ulema, editors, IEEE ISBN 0-7803-7382-0, Florence, Italy, april 2002.
- [19] V. Galtier, K. Mills, and Y. Carlinet. Modeling cpu demand in heterogeneous active networks. In *DARPA Active Network Conference and Exposition*, Californie, Etats-Unis, Mai 2002.
- [20] A. Dima and L. Ciarletta. The Case for simulation-based Evaluation of Ubiquitous Computing Environments. In *Workshop on Evaluation Methods for Ubiquitous Computing, UbiComp 2001*, October 2001.
- [21] L. Ciarletta, I. Vassil, and A. Dima. Using Intelligent Agents to access Pervasive Computing Technologies. In *Proc. International Conference on Intelligent Agents, Web Technology and Internet Commerce, IAWTIC 2001*, July 2001.
- [22] G. Chaddoud, I. Chrismont, and A. Sschaff. Dynamic Group Communication Security. In *The 6th IEEE Symposium on Computers and Communications*, Hammamet, Tunisie, July 2001.
- [23] G. Chaddoud, I. Chrismont, and A. Schaff. Dynamic Group Key management. In *Proc of MMM-ACNS'2001*, St Petersburg, Russie, 2001.
- [24] R. State, O. Festor, and E. Nataf. Managing Highly Dynamic Services using Extended Temporal Network Information Models. 2001. Integrated Network Management, VII: Integrated Management Strategies for the New Millenium, Pavlou, G. and Anerousis, N. and Liotta, A., editors, IEEE Press, 2001, Proceedings of the IFIP IEEE 7th International Symposium on Integrated Management, Seattle, WA, 14-18 May, 2001.

- [25] R. State and O. Festor. Active Network-based Management for QoS assured Multicast Delivery Media. April 2001. Proc. IEEE Joint 4th Conference on ATM and High Speed Internet ICATM'2001, April 22-25, Seoul, Korea.
- [26] R. State and E. Festor, O. and Nataf. A Design Pattern for Connection Management in Hierarchical Dynamic Virtual Private Networks. June 2001. Proc. IEEE International Conference on Telecommunications (ICT'2001), June 4-7, Bucarest, Romania. *The paper received the ICT'2001 Best Paper Award.*
- [27] V. Galtier, K. Mills, Y. Carlinet, S. Bush, and A. Kulkarni. Predicting and controlling resource usage in a heterogeneous active network. In *Active Middleware Services*, San Francisco, Californie, Etats-Unis, août 2001.
- [28] V. Galtier, K. Mills, and Y. Carlinet. Predicting resource demand in heterogeneous active networks. In *MILCOM 2001*, Vienna, Virginie, Etats-Unis, octobre 2001.
- [29] G. Chaddoud, I. Chrisment, and A. Schaff. Baal: sécurisation des communications de groupes dynamiques. In *Proc.CFIP'2000*, Toulouse, France, October 2000.
- [30] G. Chaddoud, I. Chrisment, and A. Schaff. Secure Multicasting Survey. In *in Proc. of SEC2000, IFIP World Computer Congress 2000*, Beijing, China, August 2000.
- [31] L. Ciarletta and A. Dima. A Conceptual Model for Pervasive Computing. In *ICPP WORKSHOPS, workshop on Pervasive Computing*, August 2000.
- [32] R. State, E. Nataf, and O. Festor. Managing Concurrent QoS assured Multicast Sessions using a Programmable Network Architecture. 2000. Distributed Systems: Operations and Management Symposium DSOM, Springer Verlag, LNCS, Proceedings of the IEEE/IFIP DSOM'2000, Austin, TX, December 2-4, 2000.
- [33] R. State, O. Festor, and L. Andrey. A Java-based Implementation of a network Level Information Model for the ATM/Frame Relay Interconnection. 2000. Poster presentation, IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium, IEEE Press, Proceedings of the IEEE/IFIP NOMS'2000, Honolulu, Hawaï, April 10-14, 2000.
- [34] L. Andrey, O. Festor, and N. Ben Youssef. COJ: A Free CMIS Compliant API and its Various Implementations. 2000. IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium, IEEE Press, Proceedings of the IEEE/IFIP NOMS'2000, Honolulu, Hawaï, April 10-14, 2000.
- [35] R. State, O. Festor, and E. Nataf. A Toolkit for Managing Multi-Protocol Connections. 2000. IEEE International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks, Split, Croatia, 10-14 october 2000.
- [36] R. State, O. Festor, and E. Nataf. A Programmable Network-based Approach for Managing Dynamic Virtual Private Networks. June 2000. Proc. Int. Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA'2000), Las Vegas, Nevada.
- [37] Y. Carlinet, V. Galtier, K. Mills, S. Leigh, and A. Rukhin. Calibrating an active network node. In *Active Middleware Services*, Pittsburgh, Pennsylvanie, Etats-Unis, août 2000.
- [38] V. Galtier, K. Mills, Y. Carlinet, S. Leigh, and A. Rukhin. Expressing meaningful processing requirements among heterogeneous nodes in an active network. In *Second International Workshop on Software and Performance (WOSP 2000)*, Ottawa, Canada, septembre 2000.
- [39] O. Festor, P. Festor, L. Andrey, and N. Ben Youssef. Integration of WBEM-based Management Agents in the OSI Framework. 1999. in *Integrated Network Management*, VI, Sloman, M. and Mazumdar, S. and Lupu, E. editors, IEEE Press, Proceedings of the IFIP/IEEE 6th International Symposium on Integrated Management, Boston, MA, 24-29 Mai, 1999.
- [40] A. Ranganathan, V. Schaal, V. Galtier, and D. Montgomery. Mobile streams: A middleware for reconfigurable distributed scripting. In *Proceedings of the First International Symposium on Agent Systems and Applications, Third International Symposium on Mobile Agents (ASAMA '99)*, pages 162–175, Palm Springs, Californie, Etats-Unis, octobre 1999.

- [41] V. Galtier, C. Hunt, S. Leigh, K. Mills, D. Montgomery, M. Ranganathan, A. Rukhin, and D. Tang. How much cpu time? expressing meaningful processing requirements among heterogeneous nodes in an active network. Technical report, NIST, Albuquerque, Nouveau Mexique, Etats-Unis, septembre 1999.
- [42] M. Michel, A. Schaff, and J. Devaney. Managing data-types : the CORBA Approach and Auto-Map/AutoLink, an MPI Solution. In *Message Passing Interface Developer's and User's Conference - MPIDC, Atlanta, GA USA*, March 1999.
- [43] E Nataf, O. Festor, and L. Andrey. RelMan: A GRM-Based Relationship Manager. pages 661–672, 1997. Integrated Network Management, V, A. Lazar and R. Saracco and R. Stadler, editors, Chapman & Hall, Proceedings of the IFIP IEEE 5th International Symposium on Integrated Management, San Diego, CA, 12-17 May, 1997.
- [44] S. Tata, L. Andrey, and O. Festor. A practical experience on validating gdm-based information models with sdl'88 and '92. In *SDLForum'97*, September 1997.
- [45] O. Festor and E. Nataf. Formalizing TMN Information Models for Improving Management Applications. In *ICT'97*, July 1997. Melbourne, Australia.
- [46] O. Festor, L. Andrey, and E. Nataf. Fdts and osi-based management information modelling: a fruitful wedding. In *Proc. ECOOP'96 Workshop on Object Oriented Technology for Service and Network Management, July 8, 1996 - Linz, Austria*, September 1996.
- [47] A. Schaff, C. Inglebert, I. Chrisment, O. Festor, and J. Guyard. De quelques livres sur les Réseaux, les Télécommunications et les Systèmes Distribués. Rapport de recherche, 1997.

Conférences francophones avec comité de lecture et actes

- [48] M. Benaïssa, V. Lecuire, and F. Lepage. Jitter control for interactive voice application in mobile ad hoc networks. In *International Network Conference , INC'02*, 2002. Plymouth - UK.
- [49] V. Benaïssa, M. Lecuire and F. Lepage. An algorithm for playout delay adjustment for interactive audio applications in mobile ad hoc networks. In *IEEE Symposium on Computers and Communications, ISCC'02*, 2002. Taormina - Italy.
- [50] M. Benaïssa, V. Lecuire, F. Lepage, and A. Schaff. Un algorithme d'ajustement du délai de playout pour les flux audio continus dans les réseaux mobiles ad hoc. In *Colloque Francophone sur l'Ingénierie des Protocoles, CFIP'02*, 2002. Montréal- Canada.
- [51] I. Astic and O. Festor. A Hierarchical Topology Discovery Service for IPv6 Networks. pages 497–510, 2002. Proc. IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium NOMS'2002., R. Stadler and M. Ulema, editors, IEEE ISBN 0-7803-7382-0, Florence, Italy, april 2002.
- [52] M. Benaïssa and V. Lecuire. Adaptation du délai de playout pour les applications audio interactives dans un réseau mobile ad hoc. In *Journées Doctorales Informatique et Réseaux, JDIR'02*, pages 121–130, 2002. Toulouse-France.
- [53] M. Benaïssa, V. Lecuire, and A. Schaff. Impact du protocole de routage sur le contrôle de la gigue des flux audio dans les réseaux ad hoc. In *Gestion de Réseau et de Service, GRES'01*, pages 75–86, 2001. Marrakech-Maroc.
- [54] M. Benaïssa, V. Lecuire, and A. Schaff. Impact du protocole de routage sur le contrôle de la gigue des flux audio dans les réseaux ad hoc. In *in Gestion de Réseaux et de Services, GRES'2001, Marrakech, Maroc*, December 2001.
- [55] S. D'Alu, G. Chelluis, I. Chrisment, O. Festor, and E. Fleury. Intégration du support Ipv6 dans l'environnement de supervision de réseaux ANAIS. 2000. Actes du Colloque Francophone sur l'Ingénierie des Protocoles (CFIP).17 - 20 Octobre, Toulouse, 2000.
- [56] L. Andrey, I. Chrisment, O. Festor, and E. Fleury. Supervision et contrôle dans les réseaux actifs: une nécessité à la mise en œuvre et au déploiement dans les réseaux de télécommunication. 1999. in Proc. GRES'99, 7-12 juin 1999. Montréal, Québec.

- [57] L. Andrey, O. Festor, and N. Ben Youssef. Intégration WBEM/RGT: Conception et mise en œuvre dans les environnements MODERES et COJ. 1999. in Proc. GRES'99, 7-12 juin. Montréal, Québec.
- [58] M. Ranganathan, L. Andrey, V. Galtier, and V. Schaal. Agni : encore des agents mobiles ! In *Actes du 7e Colloque Francophone sur l'Ingénierie des Protocoles (CFIP'99)*, pages 383–398, Nancy, France, avril 1999.
- [59] O. Festor. Spécification, validation et réalisation de l'intégration en gestion de réseaux et services. In *GRES'97*, Septembre 1997.

Cours, Tutoriels

- [60] O. Festor, I. Chrisment, and E. Fleury. Les réseaux programmables, mai 2001. Tutoriel des Rencontres Francophones sur l'Algorithmique des Télécommunications (ALGOTEL'2001), Saint-Jean de Luz.
- [61] O. Festor. Java Management Extensions, september 2000. Tutorial at the 6th EUNICE Summer School, U. Twente, The Netherlands.
- [62] O. Festor, I. Chrisment, and E. Fleury. Les réseaux programmables, septembre 1999. Tutoriel de l'Ecole d'été RHDM'99, Pointe du Diable, ENST-Bretagne.

Sigles utilisés

| | |
|--------------------|---|
| AAA | Authentication, Authorization, Accounting |
| ACI | Action Concertée Incitative |
| ANMP | Ad hoc Network Management Protocol |
| ARGE | Animation du Réseau Grand Est |
| ARM | Application Response Measurement |
| ATM | Asynchronous Transfer Mode |
| BAN | Body Area Networks |
| CCM | Corba Component Model |
| CIM | Common Information Model |
| CMIS | Common Management Information Service |
| COPS | Common Open Policy Service |
| CORBA | Common Object Request Broker Architecture |
| DMI | Desktop Management Interface |
| DMTF ¹ | Distributed Management Task Force |
| DVBT | Digital Video Broadcasting Terrestrial |
| EJB | Enterprise Java Bean |
| FCAPS | Faults, Configuration, Accounting, Performance and Security |
| FFCR | Fonds France Canada pour la Recherche |
| GPRS | General Packet Radio Service |
| GRID | Globalisation des ressources informatiques et des données |
| GSM | Global System for Mobile communications |
| HPMM | Hierarchical Passive Multicast Monitor |
| IPSec ² | IP Security |
| IEEE ³ | Institute of Electrical and Electronics Engineers |
| IETF ⁴ | Internet Engineering Task Force |
| IKE | Internet Key Exchange |
| IP | Internet Protocol |
| IRTF ⁵ | Internet Research Task Force |
| ISO ⁶ | International Organization for Standardization |
| J2EE | Java 2 Platform, Enterprise Edition |
| JAIN | Java APIs for Integrated Networks |
| JFK | Just Fast Keying |
| JMX | Java Management Extensions |
| LAN | Local Area Networks |

1. <http://www.dmtf.org>

2. <http://www.ietf.org/html.charters/ipsec-charter.html>

3. <http://www.ieee.org>

4. <http://www.ietf.org>

5. <http://www.irtf.org>

6. <http://www.iso.ch>

| | |
|--------------------|--|
| MRM | Multicast Reachability Monitor |
| NAN | Neighborhood Area Networks |
| NMRG | Network Management Research Group |
| OMG | Object Management Group |
| OSA | Open Service Access |
| OSGI | Open Service Gateway Initiative |
| OSI | Open Systems Interconnection |
| PAN | Personal Area Networks |
| PGP | Pretty Good Privacy |
| PKI | Public Key Infrastructure |
| POC | Partial Order Connection |
| QoS | Qualité de Service |
| RADIUS | Remote Authentication Dial-In User Service |
| RNTL | Réseau National des Technologies Logicielles |
| SMIME | Mail Security |
| SDR | Software Define Radio |
| SET | Secure Electronic Transaction |
| SIP | Session Initiation Protocol |
| SNMP | Simple Network Management Protocol |
| SSH | Secure Shell Security |
| SSL | Secure Sockets Layer |
| TLS | Transport Layer Security |
| UIT-T ⁷ | Union Internationale des Télécommunications - standardisation des Télécommunications |
| UMTS | Universal Mobile Télécommunications System |
| VLAN | Virtual Local Area Network |
| VPN | Virtual Private Networks |
| WBEM | Web-Based Enterprise Management |
| WDM | Wavelength Division Multiplexing |

Suite des sigles

Évolution du manuscrit

Cette section préliminaire à la présentation scientifique de la proposition MADYNES a pour objectif de permettre aux différents évaluateurs et rapporteurs de suivre l'évolution du manuscrit au cours de ces versions. Pour chaque nouvelle version, elle résume les modifications apportées par les rédacteurs en réponse aux commentaires des rapporteurs. Elle a vocation à disparaître à la fin du processus de construction du projet MADYNES.

| Version (date) | Modifications |
|-----------------|---|
| 1.6 (2/12/2002) | <ul style="list-style-type: none"> – Version enregistrée sous forme de rapport de recherche LORIA – Section modification est passée en annexe – Publications de rapports de recherche ont été retirées de la liste des publications à la demande d'un rapporteur interne |

7. <http://www.itu.int>

| | |
|--------------------|--|
| 1.5 (23/09/2002) | <ul style="list-style-type: none"> – typos, – réaffectation des participants dans les axes, – positionnement dans thèmes LORIA (Introduction) |
| 1.4bis (7/09/2002) | <ul style="list-style-type: none"> – renommage de l'axe 2 en: <i>Modèles d'instrumentation des services avancés</i> |
| 1.4 (21/08/2002) | <ul style="list-style-type: none"> – intégration des commentaires de Radu. – corrections typos mineures. |
| 1.3 (26/07/2002) | <ul style="list-style-type: none"> – Chapitre positionnement : précisions sur les apports des autres projets INRIA (ARES et SARDES) + général en terme d'expertise à MADYNES, – correction de typos et quelques reformulations, – refonte de l'axe 1 : domaine, défis, approche. – refonte de l'axe 2 : domaine, défis, approche. <li style="padding-left: 40px;"><i>Modification majeure : le point concernant les réseaux actifs passe dans les domaines d'application, celui-ci ne faisant l'objet que d'études de mise en œuvre de la composition des interfaces de gestion.</i> – refonte de l'axe 3 : domaine, défis, approche. – ajout des réseaux actifs dans les domaines d'application – précision dans l'introduction des axes de recherche sur le rôle des 2 premières sections : évolution du domaine puis défi (problème difficile) abordé par MADYNES. – ajout du projet RNRT AMARILLO, labellisé en juillet 2002. |
| 1.2 (17/07/2002) | <ul style="list-style-type: none"> – correction des typos relevées par PZ – redécoupage du projet en 3 axes et un domaine d'application – ajout des partenaires dans les projets financés. |
| 1.1 (03/07/2002) | <ul style="list-style-type: none"> – insertion de cette section, – positionnement au sein de l'INRIA étendu, – purge partielle des acronymes dans le texte, – corrections orthographiques multiples. |

Demandes de modification de la part des rapporteurs et relecteurs

17/07/2002 PZ: Dans chaque axe, il faut commencer par les points difficiles suivi de la manière dont on les aborde;

Cette demande a été intégrée dans la version 1.3 du manuscrit. Tout axe comporte maintenant une section qui décrit les défis relevés ainsi que les pistes suivies par le projet avant de les détailler par la suite.

17/07/2002 PZ: Méthodes et applications logicielles : ajouter dans la synthèse des informations sur les perspectives : quels logiciels seront maintenus et développés dans MADYNES et quels nouveaux logiciels sont envisagés.

Cette demande a été intégrée dans la version 1.3 du document. La synthèse du chapitre application logicielles comporte une section qui spécifie quels logiciels seront maintenus et étendus. Elle comprend également une énumération de logiciels planifiés dans le projet.

17/07/2002 PZ: Mieux indiquer de quels projets INRIA, MADYNES pourrait utiliser l'expertise.

Demande intégrée dans la version 1.3 du manuscrit. Des précision sur l'expertise que les autres projets peuvent nous apporter sont données dans le chapitre positionnement.

16/07/2002 PZ: Domaine d'application doit être traité à part des axes de recherche.

Cette demande a été prise en compte dans la version 1.2 du manuscrit. Les axes ont été réduits au nombre de 3 et un chapitre spécifique "Domaines d'applications" a été introduit.

16/07/2002 PZ: Il faut indiquer les partenaires dans les projets

Cette demande a été prise en compte dans la version 1.2 du manuscrit.