

# Action Spécifique 17 du Département STIC

## Thème : Réseaux mobiles/Mobilité

Animateur : *Andrzej Duda*

### 1. Thématique de l'action

L'action a pour objectif de structurer les recherches menées en France dans le domaine des réseaux mobiles et de la mobilité. Il s'agit d'un des problèmes majeurs de l'évolution des réseaux de télécommunication mobiles. En effet, le déploiement de la téléphonie de type GSM a permis d'offrir le support de communications téléphoniques presque partout dans le monde, d'échanger des messages simples et des données avec un débit limité. Les nouvelles normes GPRS, EDGE et UMTS prévoient de faire évoluer la qualité et les performances de ce système pour élargir le spectre des applications mobiles. En particulier, ces nouveaux réseaux considèrent l'introduction du protocole IP dans le cœur des réseaux et le prolongement des services Internet jusqu'à l'utilisateur. En même temps, l'évolution de l'Internet tend vers la prise en compte de la mobilité dans le protocole IP. L'Internet devient aussi un réseau intégrant les mobiles grâce à l'avènement des réseaux locaux sans fil de type 802.11. Ces différents types de réseaux permettront de découvrir à la demande des services de communication adéquats, de les utiliser partout grâce aux différents réseaux d'accès (GPRS, UMTS, UWB, 802.11), et de gérer de manière transparente les déplacements, à la fois de l'utilisateur, du terminal ou du sous-réseau. La thématique de l'action spécifique est donc très pertinente par rapport aux développements du monde de télécommunications – elle se nourrit des problèmes concrets rencontrés dans les différents types de réseaux et tente d'intégrer des solutions proposées par les communautés de l'Internet et des réseaux de télécommunications.

La problématique de la mobilité se situe à différents niveaux :

- **Mobilité dans les réseaux d'accès** : partage des ressources, protocoles d'accès multiple, fiabilisation du lien radio, contrôle d'admission, réseaux locaux sans fil, protocoles de handover entre cellules
- **Mobilité dans l'infrastructure fixe et sans fil** : Mobile IP, micro-mobilité, communications multipoints dans les réseaux mobiles, intégration de la qualité de service avec la mobilité, protocoles de routage ad hoc, gestion par politiques, passerelles d'adaptation fixe-mobile
- **Mobilité de services** : découverte de services, services de localisation, mobilité au niveau transport et session, mobilité des personnes
- **Aspects transverses** : sécurité, adressage, mobilité généralisée, programmabilité et réseaux actifs, administration

### 2. Équipes participantes

L'action réunit des équipes de six laboratoires avec une vingtaine de permanents et une vingtaine de doctorants :

- **Laboratoire Traitement et Communication de l'Information (LTCI), URA 820** : Michel Riguide, Samir Thomé, Philippe Godlewski, Ahmed Serhrouchni, Nguyen Thi Mai Trang, Rola Naja, Philippe Martins, Nadia Boukhatem, Daniel Kofman, Noemi Simoni
- **Laboratoire d'Informatique de Paris 6 (LIP6), UMR 7606** : Guy Pujolle, Anne Fladenmuller, Lila Boukhatem, Yacine Ghamri, Vincent Guyot, Hakima Chaouchi, Anelise Fonseca
- **Laboratoire des Sciences de l'Image, de l'Informatique et de la Télédétection (LSIIT), UPRES-A 7005, Université Louis Pasteur de Strasbourg** : Jean-Jacques Pansiot, Thomas Noël, Mohamadou Diagne, Nicolas Montavont, Christophe Jelger, Jean-Marc Muller
- **Laboratoire LAAS, UPR 8001** : Thierry Gayraud, Pascal Berthou
- **Laboratoire SAMOVAR, FRE 2310, INT** : Hossam Afifi, Djamal Zeghlache, Ibrahima Niang, Bachar Zouari, Raoul Bruzonne, Salim Akhtar

- **Laboratoire Logiciels, Systèmes, Réseaux (LSR), UMR 5526** : Andrzej Duda, Franck Rousseau, Martin Heusse, Gilles Berger-Sabbatel, Jacques Chassin de Kergommeaux, Justinian Oprescu, Sorin Paun, Cristina Pop, Paul Starzetz, Pawel Hadam

### 3. Résultats

Les équipes participant ont développé des activités soutenues de recherche que nous présentons ci-dessous.

#### 3.1 Laboratoire Traitement et Communication de l'Information (LTCI), URA 820

Trois thèmes ont été développés en rapport avec l'action spécifique.

##### 3.1.1 Thème 1 : Performance de l'UTRAN

Dans la « Release 99 » de l'UMTS, l'architecture choisie au niveau du réseau d'accès à l'UMTS est basée sur l'AAL2 au dessus de la couche ATM. Nous avons analysé les performances de cette architecture en comparant deux scénarios de multiplexage des services. L'un s'effectue au niveau de la couche ATM où les services sont portés par des VC séparés avec une qualité de service différenciée. L'autre se fait au niveau AAL2 où il devient nécessaire d'introduire des mécanismes d'ordonnancement appropriés. L'analyse a permis le dimensionnement d'un contrôle d'admission multi-service.

Les résultats obtenus ont fait l'objet de plusieurs publications ([1], [4], [6]) et font parties des travaux de thèse de A-F. Canton (soutenue en novembre 02) et de R. Makké (soutenance prévue au printemps 03).

##### 3.1.2 Thème 2 : Adaptation de service

La mobilité d'un utilisateur dans un environnement sans fil expérimente des changements dans la qualité de service offerte par le réseau. Nous avons analysé les problèmes posés par le « handover » au niveau de la couche MAC dans le contexte multiservice de l'UMTS ([2]). Cette analyse a permis de dimensionner un contrôle d'admission. Dans une seconde étape, nous avons étudié et spécifié une fonction d'adaptation au niveau des couches hautes de l'architecture qui permet à l'application d'adapter au mieux son débit en fonction de la qualité de service offerte par l'utilisateur ([5]).

Ce travail fait partie de la thèse de R. Naja (soutenance prévue au printemps 03).

##### 3.1.3 Thème 3 : La qualité de service dans un réseau ad hoc ambiant

Nous avons commencé en janvier 02 des travaux de recherche sur la qualité de service dans un réseau ad hoc ambiant utilisant la technologie 802.11. Les problèmes posés par un tel environnement sont complexes et les solutions génériques risquent d'être non tractables. Ce qui différencie un réseau ambiant d'un réseau classique est la présence de « l'intelligence » aussi bien dans les éléments de réseaux que dans les terminaux. Nous avons introduit un certain nombre d'hypothèses simplificatrices (mobilité, nature des services) dans le cadre de scénarios de réseau et nous sommes en train d'analyser les mécanismes de qualité de service à pourvoir dans un tel contexte ([3]).

#### 3.2 Laboratoire d'Informatique de Paris 6 (LIP6), UMR 7606

Les recherches effectuées par l'équipe ont porté sur :

##### **Routage, qualité de service, sécurité et mobilité dans les environnements ambiants**

- Routage OLSR, QoS, passage à l'échelle.
- Économie d'énergie dans les réseaux ad hoc
- Allocation des ressources dans un réseau cellulaire par des filtres de Kalman
- OLSR, gestion de la qualité de service dans un environnement commandé par politique

##### **QoS et mobilité par politique**

- Un client PEP sécurisé dans la carte à puce virtuelle
- Un contrôle de qualité de service par politique
- Un contrôle de la mobilité par politique
- Sécurité des communications dans un réseau ambiant

## **Expérimentation sur un réseau de IPAQ par IEEE 802.11 et réseau ad hoc.**

### **Sécurité dans les réseaux ambiants**

- Architecture de sécurité et de mobilité SIP/COPS
- Release 6 de l'UMTS
- EAP (Extensible Authentication Protocol)
- Interface normalisée pour la carte à puce (RFC – Schlumberger, Gemplus, LIP6) Atlanta

### **3.3 Laboratoire des Sciences de l'Image, de l'Informatique et de la Télédétection (LSIIT), UPRES-A 7005**

Les activités du LSIIT sur la mobilité ont été axés autour de :

- Gestion du multicast dans la mobilité
- Utilisation d'interfaces sans fil multiples sur un terminal mobile
- Mobilité des communications sur équipements fixes
- Définition d'une nouvelle architecture de gestion de la mobilité sur l'Internet Nouvelle Génération
- Déploiement et évaluation des protocoles de mobilité à grande échelle
- Optimisations des communications sur les équipements mobiles embarqués

### **3.4 Laboratoire LAAS, UPR 8001**

Les activités du LAAS ont porté sur le problème des protocoles de communication multimédia sur des réseaux locaux sans fil ou des réseaux de satellites. Les applications multimédias distribuées nécessitent des Qualités de Service (QoS) différentes suivant le type de média utilisé et les catégories de réseau de communication disponibles, chacun d'eux fournissant des qualités de Service variées. LAAS a proposé un nouveau protocole MMPOC-MN ayant pour objectif de combiner les deux aspects énoncés précédemment. Ce protocole repose sur les concepts d'ordre et de fiabilité partiels et a été spécialement conçu pour supporter des flux de données multimédias. Il permet de tirer parti des réseaux de communication disponibles en accordant la QoS requise par les flux multimédias à celle fournie par ces réseaux. Le protocole proposé peut-être déployé dans le contexte des réseaux locaux sans fil ou des réseaux de satellites. En effet l'arrivée des réseaux de communication par satellites offre une nouvelle alternative de communication entre les ordinateurs classiquement reliés par liens terrestres. L'offre de service de communication par satellites géostationnaires est désormais une réalité, et celle par satellite en orbite basse se profile à l'horizon des 5 prochaines années avec l'arrivée des constellations type Skybridge, ou Teledesic. Des réseaux locaux sans fil de type 802.11 peuvent aussi constituer un réseau d'accès dans lequel le protocole MMPOC-MN permet de développer des applications multimédia mobiles.

### **3.5 Laboratoire SAMOVAR, FRE 2310, INT**

Les activités du laboratoire SAMOVAR ont porté sur deux aspects :

**L'amélioration des services sur un réseau local sans fil.** Cette thématique traite de l'étude de problèmes liés à la multiplicité des accès sans fil et à la proposition de mécanisme de changement de technologie très rapide (qu'on appelle un *vertical handover*) permettant un mouvement sans interruption du service. Nous regardons tous les aspects complémentaires tels que la sécurité (authentification rapide en mouvement), l'intégration de systèmes à cartes à puces intelligents et la configuration de la mobilité de manière optimale. Les personnes impliquées dans cet axe sont Hossam Afifi (HDR), Ibrahima Niang (Thésard) et Bachar Zouari (Thésard).

**La recherche de nouvelles technologies de support.** Nous étudions dans cet axe les techniques de transmission à large bande (UWB) et les extensions du 802.11 permettant des montées en débit. Nous étudions surtout les aspects des couches physiques, mais aussi la meilleure façon d'intégration dans le cadre du protocole IP. Il est à noter que la présence de plusieurs couches (débits) au niveau physique pourrait être fédéré par IP. Les personnes impliquées dans cet axe sont Djamel Zeghlache (Prof), Raoul Bruzonne (Directeur d'études) et Salim Akhtar (thésard).

### 3.6 Laboratoire Logiciels, Systèmes, Réseaux (LSR), UMR 5526

Les activités du Laboratoire LSR concernent l'étude des protocoles et des mécanismes de qualité de service dans les réseaux locaux sans fil, l'étude des mécanismes de mobilité des utilisateurs, des applications, des machines et des sous-réseaux à différents niveaux de protocoles : réseau, transport, session et applications. Le laboratoire explore aussi des réseaux actifs comme une nouvelle approche pour faciliter la mobilité des terminaux et l'adaptation du fonctionnement du réseau aux stations mobiles. À travers le concept des *réseaux ambiants*, nous pouvons intégrer des environnements ubiquitaires et définir un espace de communication entourant l'utilisateur. Chaque équipement est représenté comme un service. Les services peuvent être découverts et dynamiquement utilisés par des applications. L'ensemble de services et d'applications forme un *environnement spontané* qui s'adapte à l'utilisateur en prévoyant ses besoins et en l'accompagnant dans ses tâches et déplacements.

Plus précisément, nos activités ont porté sur :

- **Qualité de service et mobilité dans les réseaux locaux sans fil.** Nous avons défini une architecture de QoS couplée avec la gestion de la mobilité à l'échelle d'un ensemble des cellules 802.11. Nous avons conçu un schéma de micro-mobilité au niveau IPv6 avec des handoffs rapides entre cellules adjacentes. La qualité de service est gérée à deux niveaux : la gestion intra-cellule, et la gestion inter-cellules. Le premier niveau est effectué par le routeur d'accès qui gère les changements rapides des conditions locales. Les hôtes mobiles informent le routeur d'accès de la bande passante dont ils ont besoin et le routeur configure leurs paramètres de QoS. Le second niveau concerne un ensemble de cellules connectées à un routeur de bordure. Cette gestion globale est effectuée par le routeur de bordure qui fixe des politiques à long terme pour les routeurs d'accès. Nous travaillons actuellement sur l'évolution de ces mécanismes pour des réseaux sans fil hétérogènes 802.11 et Bluetooth.
- **Analyse des performances du réseau 802.11b.** Pour pouvoir gérer finement la qualité de service dans une cellule 802.11, nous avons étudié le comportement du réseau 802.11 en effectuant des mesures et ensuite en analysant le comportement de manière analytique et par simulation. Nous avons découvert une anomalie des performances : un hôte qui dégrade son débit nominal à cause de son éloignement de la station de base peut considérablement diminuer le débit de tous les hôtes de la cellule, mêmes de ceux qui se trouvent près de la station de base. Un modèle analytique simple permet d'expliquer le phénomène et de prévoir la dégradation des performances.
- **Omnisphère – l'environnement spontané de services mobiles.** Cet environnement offre aux petits équipements connectés par réseau sans fil un moyen d'intégration à l'intérieur d'un réseau de communication global. Il assiste de manière transparente ces appareils et leur fournit des fonctions avancées. Omnisphère offre un univers de communication et d'information englobant de tels équipements sans fil. Celui-ci est basé sur un concept de haut niveau appelé services ambiants qui permet de construire des services complexes par assemblage de services de base interconnectés par des flots de données typés. Un flot de données typé est une abstraction des communications entre les services ambiants qui encapsule trois éléments~: des canaux, du contrôle, et des méta-données. Omnisphère offre un service intégré de découverte et d'assemblage par connexion de flots de composants de services. Notre stratégie de découverte consiste à déléguer la plupart des opérations dans l'infrastructure réseau et à les automatiser au maximum.
- **Passerelle programmable sous Linux.** Nous avons développé une passerelle programmable qui permet d'associer des services actifs à des flux de paquets en fonction des besoins. À la demande il est possible de mettre en place un filtre qui pour un flux bien identifié remonte les paquets du noyau à l'espace d'utilisateur pour un traitement par un service. Le traitement peut être déclenché par un changement dans l'état des ressources ou dans le réseau. Une telle fonctionnalité permet d'ajouter de la flexibilité, de la dynamicité et de la réactivité au traitement de la mobilité.

## 4. Bilan des activités

L'action a permis de structurer et de coordonner les efforts de plusieurs équipes. Les résultats se traduisent essentiellement par des publications. La synergie entre les équipes a aussi profité à l'élaboration des projets communs nationaux et européens. Citons ici la participation des équipes à plusieurs projets RNRT :

- @IRS++,
- VTHD++,
- Cyberté,
- MMQoS,

- SAMU,
- IP-SIG,
- Constellation de satellites,
- Minicel,
- MPRIM,
- SWAP,
- SAFARI

ainsi qu'aux projets européens :

- 6Net,
- Ambience,
- MOBIVAS,
- Adanets,
- MONACIDRE,
- ANWIRE (Academic Network for Wireless Internet Research in Europe).

L'action a organisé le 7/6/2002 une journée thématique à ENST Paris. Elle a réunis non seulement les équipes participantes, mais aussi plusieurs autres acteurs du domaine :

1. Architecture de QoS et schéma d'allocation des ressources dans le réseau d'accès de l'UMTS, S. Tohmé (LTCI)
2. Contrôle dans les réseaux de mobiles, G. Pujolle (LIP6)
3. Gestion du multicast dans la mobilité, T. Noel (LSIIT)
4. Projet MobyDick, Ch. Bonnet (Eurecom)
5. Micro-mobilité et différenciation des services sur les réseaux sans-fil 802.11, F. Rousseau (LSR)
6. Ananas: une architecture de réseau adhoc, G. Chelius, E. Fleury (INRIA)
7. Réseaux mobiles, Bijan Jabbari (Université de George Mason)
8. Routage dans les réseaux ad hoc, A. Fladenmuller (LIP6)
9. Routage à contrainte de délai en environnement mobile, A. Bouabdallah (UTC)
10. Gestion de l'authentification dans les réseaux locaux sans fil, H. Afifi (SAMOVAR)

En collaboration avec GDR ING et RTP Réseaux, nous préparons une journée de travail sur les réseaux mobiles (MADNET 2003 - Workshop on Mobile Ad Hoc Networking and Computing) au mois de mars à Sophia-Antipolis. Le laboratoire SAMOVAR a organisé IEEE Workshop on Wireless Applications - ASWN 01 et ASWN 02.

## 5. Analyse prospective

La thématique de l'action est un domaine en constante évolution et présente un intérêt stratégique pour le développement des réseaux mobiles futurs.

À l'heure actuelle, le monde de la recherche liée au « sans fil » se focalise particulièrement sur les technologies d'accès. Une multiplicité de normes sont standardisées ou en cours de standardisation (GPRS, UMTS, IEEE 802.11a/b/g, IEEE 802.15.1/2/3, etc.). Toutes ces normes ont pour objectif d'offrir des connexions sans fil. Cependant, les recherches actuelles n'ont pas encore pu montrer quels sont ou seront les usages à venir de ces nouveaux moyens de communication. Bien sûr, la plupart des applications que nous utilisons actuellement fonctionnent ou fonctionneront sur ces médias. Mais les recherches menées dans ce domaine se bornent souvent à l'adaptation ou au simple portage de ces applications pour le monde du sans fil. On peut s'attendre à ce que les technologies sans fil continuent d'évoluer en offrant de plus en plus de bande passante. Mais il ne faudrait pas oublier qu'un utilisateur recherche avant tout un certain confort d'utilisation qui passe évidemment par la vitesse de réception de l'information, mais aussi par la continuité

de cette réception. Cette continuité pourra être apportée par les recherches menées actuellement sur l'Internet Ambiant, les Réseaux Ambiants en général, et les terminaux ubiquitaires. Elle passera également par l'augmentation de l'autonomie des terminaux, de la convivialité de ces derniers, et surtout par les services que l'on pourra offrir. Les années passées ont notamment montré qu'il ne suffit pas d'avoir une technologie d'avenir pour faire un succès, mais il faut également disposer des services pour les usagers associés. Enfin, l'avenir des Réseaux Mobiles et de la mobilité en général passera certainement par une meilleure intégration de ces technologies dans la vie quotidienne (dans les foyers, dans les automobiles, etc.).

Nous présentons ici quelques directions de recherche que nous jugeons primordiales à développer dans l'avenir.

- **Protocoles de mobilité** – même si un effort conséquent a été déjà consacré à la gestion de la mobilité, le problème est loin d'être résolu. Les solutions standardisées à base de Mobile IP apportent certes une solution globale à la macro-mobilité, mais leurs performances, la résistance au facteur d'échelle et la garantie de la sécurité ne sont pas encore satisfaisantes. Il s'agit donc de proposer de nouveaux protocoles qui pourront être déployés dans des réseaux mobiles de 4<sup>e</sup> génération.
- **Sous-réseaux mobiles (avions, trains, véhicules)** – la mobilité des terminaux a fait objet de nombreux travaux (Mobile IP, Hierarchical Mobile IP, protocoles de micro-mobilité). La mobilité d'un sous-réseau entier pose des problèmes intéressants qui n'ont pas encore été étudiés. En particulier, il s'agit de trouver des solutions adéquates pour des sous-réseaux dont le mouvement est contraint comme par exemple une file de véhicules.
- **Multicast dans les réseaux mobiles** – plusieurs protocoles efficaces ont été proposés pour des réseaux fixes. Ils permettent d'acheminer des données à des récepteurs multiples. La question du fonctionnement de ces protocoles dans un environnement sans fil avec des stations mobiles n'a pas encore été étudiée de manière approfondie. Il existe des solutions simples qui adaptent des protocoles de mobilité à base de Mobile IP, mais leurs caractéristiques ne sont pas satisfaisantes.
- **Qualité de service intégrée à la mobilité** – les protocoles de mobilité mentionnés ci-dessus ne tiennent pas compte des exigences de la qualité de service. Par exemple, dans Mobile IP un handoff entre des stations de base peut introduire une coupure de quelques secondes dans l'acheminement du trafic. Ceci n'est pas satisfaisant pour la plupart des services temps réel tel que le streaming multimédia.
- **Sécurité des réseaux mobiles** – le déploiement de la mobilité à grande échelle par des opérateurs multiples pose un problème crucial de l'authentification de l'utilisateur et de la confidentialité des données. De nouvelles solutions doivent être trouvées pour répondre à ce besoin.
- **Réseaux ambiants** – l'aspect logiciel sera de plus en plus important dans les futurs réseaux au-delà de l'UMTS. Il s'agit alors de développer des aspects "ambiants" (les services en fonction de la localisation et du contexte d'utilisation) qui permettront de « concevoir des technologies pour la personne et non pas faire que la personne s'adapte aux technologies ». Ceci doit être la base de technologies « invisibles », c'est à dire qui se fondent dans notre environnement quotidien et qui sont présentes au moment où nous en avons besoin tout en offrant une interaction simple et conviviale.
- **Réseaux ubiquitaires** – dans ce type de réseaux, on cherche à faire disparaître la technologie au profit de nouveaux services issus de la mobilité des utilisateurs ou des équipements (robots communicant par exemple). Ceci passe souvent par l'intégration des fonctionnalités dans des systèmes embarqués.
- **Découverte de services** – dans un environnement spontané, un mobile doit découvrir des services proposés dans son entourage, de les mettre en place (par exemple charger du code sur le mobile) et de les personnaliser en fonction des besoins d'utilisateur. Le problème est alors de définir comment trouver les services dans un environnement mobile et comment les adapter en fonction de l'utilisateur et de son terminal.
- **Auto-configuration** – introduction des objets mobiles dans notre environnement quotidien passe par un support d'auto-configuration qui permet à une personne non experte de facilement utiliser les fonctionnalités de communication.
- **Middleware pour le monde mobile ambiant** – l'ensemble des fonctions qui doivent être gérées par le mobile et son environnement peut être structuré de manière globale et inclure non seulement des

fonctions de communication de bas niveau, mais aussi des fonctions évoluées de niveau système (il existe un lien évident avec AS 18 - Nomadicité /mobilité)

- **Réseaux ambiants à domicile** – Les réseaux à domicile seront une cible de choix pour appliquer le concept des réseaux ambiants et les expérimenter avec de nouvelles applications. Actuellement, la plupart des applications rencontrées à la maison sont « fermées » à cause de l'intégration verticale des fonctionnalités : une chaîne restitue du son radio ou CD, un téléviseur présente des émissions acheminées par les ondes radio ou par le câble, le téléphone achemine de la voix, une centrale d'alarme pilote plusieurs capteurs. Nous pensons que des applications nouvelles exploiteront une intégration horizontale : différents équipements seront connectés à une infrastructure réseau, ils pourront communiquer et collaborer pour rendre de nouveaux services.
- **Réseaux ad hoc** – L'exploitation des supports de communication multiples permet d'envisager l'ubiquité des services. Elle est à la base des réseaux de 4e génération. Le modèle ad hoc permet d'étendre la couverture des réseaux d'accès sans fil (802.11b/a) en mode de base et l'utilisation conjointe de ces modes permet outre l'extension de la connectivité, la création de services novateurs dont les domaines d'application vont des réseaux embarqués aux réseaux domestiques en passant par les espaces intelligents. En raison de leur potentiel important, les technologies ad hoc peuvent devenir candidates à l'intégration dans le réseau de services que l'on trouvera dans l'Internet du futur.
- **Qualité de service dans les réseaux ad hoc** – la topologie variable de ce type de réseaux pose problème pour mettre en place des politiques de gestion de la qualité de service. Encore plus difficile que pour des réseaux avec des hôtes mobiles, ce problème devrait chercher des solutions originales.
- **Réseaux de capteurs** – cette nouvelle direction de recherche pose comme problème la mise en place et l'organisation de communications entre un grand nombre de capteurs autonomes. Comme les capteurs ont de fortes contraintes d'autonomie d'énergie, il faut trouver un compromis entre leur usage pour le calcul ou pour la communication. Un réseau de capteurs est une forme particulière d'un réseau ad hoc dans lequel le protocole de routage qui organise la communication doit tenir compte des contraintes d'énergie et d'échelle.
- **Gestion du coût énergétique des communications** – les terminaux mobiles ont des contraintes fortes en énergie. Il est donc important d'étudier comment il est possible de gérer de manière intelligente l'ensemble des ressources énergétiques d'un terminal.
- **Intégration de différentes technologies** – différentes technologies peuvent être intégrées pour former une chaîne de bout en bout. Par exemple, un terminal satellite pour accès à un système satellite DVB-RCS pourra être relié à l'utilisateur par un réseau local sans fil 802.11b. Les problèmes à traiter sont de trouver comment le "dernier kilomètre" influence la qualité de communication dans ce cas (débit/RTT, QoS, contrôle d'accès).
- **Interaction entre les couches protocolaires** – la gestion des ressources radio implique une interaction entre plusieurs couches protocolaires : la couche physique, la couche d'accès au medium MAC et la couche réseau. Actuellement, le découpage et le manque de coopération entre ces couches impliquent des solutions qui ne sont pas efficaces, par exemple le protocole Mobile IP repose sur la détection du mouvement d'un mobile par des annonces de routeurs, donc un protocole de même niveau. Si la couche MAC peut détecter qu'un mobile se trouve dans une nouvelle cellule, la procédure de handoff peut être accélérée. Une interaction avec la couche physique permettrait par exemple au protocole de routage ad hoc de cibler mieux les destinataires en évitant des communications en diffusion.

## 6. Publications

1. R. Makké, S. Tohmé, J-Y. Cochenec, S. Pautonnier, Architecture de QoS et Schéma d'Allocation des Ressources dans le Réseau d'Accès de l'UMTS. CFIP'2002, May 2002, Montréal, Canada.
2. R. Naja, S. Tohmé, QoS Provisioning and Handover Issues in Mobile Wireless Multimedia Networks. IEEE ASWN. July 2002, Paris, France.
3. A. Girard, M. Riguidel, S. Tohmé, QoS in Ambient Ad Hoc Networks, IFIP Med-Hoc-Net'2002, September 2002, Sardegna, Italy.
4. A-F. Canton, S. Tohmé, D. Zeghlache, T. Chahed, Performance analysis of AAL2/ATM in UMTS Radio Access Network. The 13th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications PIMRC 2002. September 2002, Lisbon, Portugal.
5. R. Naja, S. Tohmé, DYNAA Dynamic Adaptive Architecture for Multimedia Services in Wireless Mobile Networks. IFIP Personal Wireless Communication PWC'2002, October 2002. Singapore.

6. A-F. Canton, S. Tohmé, D. Zeghlache, T. Chahed, Statistical Analysis of Weighted Round Robin Service Differentiation at AAL2 Layer in UMTS Radio Access Network. IEEE GLOBECOM 2002, November 2002, Taipei, Taiwan.
7. K. Al Agha, G. Pujolle, D. Zeghlache, "VCB : an Efficient Resource Sharing Scheme for Cellular Mobile Systems", Telecommunication Systems Journal, June 2001.
8. H. Chaouchi, G. Pujolle, "COPS-MU: Policy based user mobility management", Proceeding IEEE Conference on Applications and Services In the Wireless Public Infrastructure, Evry, France, July 2001.
9. G. Pujolle, U. Körner, H. Perros, "Resource allocation in the new fixed and mobile Internet generation", IST'2001 (International Symposium on Telecommunications), Iran, September 2001.
10. C. Chaouchi, G. Pujolle, COPS-MU: Policy based User Mobility Management, MS3G'2001, Lyon, décembre 2001.
11. G. Pujolle, "Policy-based management in the next-generation Internet", Interop and Standards Journal, Décembre 2001.
12. T.M.T. Nguyen, N. Boukhatem, Y. Ghamri Doudane, G. Pujolle, "COPS-SLS: A Service Level Negotiation Protocol for Internet", IEEE Communication Magazine, May 2002.
13. Y. Ghamri Doudane, S-M Senouci, G.Pujolle, Contrôle des réseaux ad hoc à base de politiques, CFIP 2002 Montréal - Canada - May, 2002
14. M. G. Rubinstein, O. Duarte, G. Pujolle, Evaluating the Performance of a Network Management Application Based on Mobile Agents, IEEE Communication letters.
15. S.-M. Senouci, A.-L. Beylot, G. Pujolle, Call Admission Control for Multimedia Cellular Networks Using Neuro-Dynamic Programming, Networking 2002, Springer Verlag publisher, Pisa, Italy, May 2002.
16. H. Chaouchi, G.Pujolle, A new policy based management of Mobile IP users, Networking 2002, Pisa, Italy, May 2002.
17. H. Chaouchi, G. Pujolle, H. Afifi and H. Kim, A Trial towards Unifying Control Protocols: COPS versus RADIUS/DIAMETER, MWCN 2002, Kluwer, Stockholm, September 2002.
18. A. Munaretto, H. Badis, K. Al Agha, G. Pujolle, A Link-state QoS Routing Protocol for Ad Hoc Networks, MWCN 2002, Kluwer, Stockholm, September 2002.
19. E. Ermel, A. Fladenmuller, G. Pujolle, Geographical Routing for Heterogeneous Wireless Systems, Med-hoc-net'2002, Cagliari Septembre 2002.
20. N. Achir, M. Fonseca, Y. Ghamri, N. Agoulmine, G. Pujolle, Active Technology as an efficient approach to control DiffServ networks, IFIP/IEEE International Conference on Management of Multimedia Networks and Services - MMNS, 2002, Kluwer, Santa Barbara, October 2002.
21. G. Pujolle, U. Körner, H. Perros, "Scalability Issue in Policy-based Management", ACM International Journal of Network Management 13, 3-4, April 2003.
22. Hossam Afifi, Guy Pujolle, Djamel Zeghlache, UMTS and Public WLAN in France : Did the competition start? Soumis pour publication.
23. M. Loutrel, A. Ringapin, P. Urien, G. Pujolle, A smartcard for authentication in WLANs, soumis pour publication.
24. A. Munaretto, K. Al Agha, G. Pujolle, Quality of Service for the OLSR Protocol in Mobile Ad Hoc Networks, soumis pour publication.
25. T. Noël (editor), Wireless Mobile Phone Access to the Internet, Hermès Penton Editions, 236 pages, August 2002.
26. N. Montavont, T. Noël, Analysis and Evaluation of Mobile IPv6 Handovers over Wireless LAN, ACM Journal on Mobile Networks and Applications (MONET), (to appear).
27. C. Jelger, T. Noël, Multicast for Mobile Hosts in IP Networks: Progress and Challenges, IEEE Wireless Communications, Vol. 9 No 5, October 2002.
28. T. Noël, J.J. Pansiot, A Multicast Architecture for Mobile Nodes, International Journal of Computer and Information Science, Vol.3 No.2, August 2002.
29. N. Montavont, T. Noël, Handover Management for Mobile Nodes in IPv6 Networks, IEEE Communications Magazine, Vol. 40 No 8, August 2002.
30. T. Noël, M-LAR : A New Protocol for Communications with Mobile Hosts, ICT'03 - 10th IEEE International Conference on Telecommunications, February 23-March 1, 2003, Papeete, French Polynesia.
31. C. Jelger, T. Noël, Supporting Mobile SSM Sources for IPv6, IEEE Global Communications Conference (Globecom'02), Taipei, Taiwan, November 2002.
32. N. Montavont, T. Noël, Fast Handover Protocol over IEEE 802.11b WLANs, IEEE International Symposium on Advances in Wireless Communications (ISWC'02), Victoria, BC, Canada, September 2002.
33. T. Noël, M. Montavont, P. Bertin, Mobilité IPv6 et WLAN : Expérimentation et évaluation à l'échelle d'un campus, Actes de DNAC 2002, Paris, France, 2-4 Décembre 2002.
34. N. Montavont, T. Noël, Anticipation des handovers dans les réseaux locaux sans fil, Actes de DNAC 2002, Paris, France, 2-4 Décembre 2002
35. N. Montavont, T. Noël, M. Kassi-Lahlou, MIPv6 for Multiple Interfaces, draft-montavont-mobileip-mmi-00.txt, Internet Draft, Work in Progress, July 2002.
36. C. Jelger, T. Noël, Supporting Mobile SMM Sources for IPv6, draft-jelger-mssmsv6-00.txt, Internet Draft, Work in Progress, Janvier 2002.
37. P. Berthou, T. Gayraud, O. Alphand, C. Prudhommeaux, M. Diaz, A Multimedia Architecture for 802.11b networks, IEEE WCNC 2003, New Orleans, USA, 16-20 Mars 2003.
38. I. Niang, B. Zouari, H. Afifi, D. Seret, Amélioration de schémas de QoS dans les réseaux sans fil 802.11, Proc. CFIP 2002, Montréal.
39. J.A. Garcia-Macias, F. Rousseau, G. Berger-Sabbatel, L. Toumi, A. Duda. Quality of Service and Mobility for the Wireless Internet. Proc. First ACM Wireless Mobile Internet Workshop, 2001, Rome.
40. J.A. Garcia-Macias, F. Rousseau, G. Berger-Sabbatel, L. Toumi, A. Duda. Mobility Management for Providing QoS in Local Area, Proc. DAIS'2001, Third IFIP WG 6.1 International Working Conference on Distributed Applications and Interoperable Systems, Krakow, Pologne
41. J.A. Garcia-Macias, F. Rousseau, G. Berger-Sabbatel, L. Toumi, A. Duda. Providing Differentiated Services (DiffServ) in Wireless Ad-Hoc Networks. Réseaux et Systèmes Répartis, Calculateurs Parallèles, Special Issue on Mobility on Internet. 2002
42. J.A. Garcia-Macias, F. Rousseau, G. Berger-Sabbatel, L. Toumi, A. Duda. Différenciation des services sur les réseaux sans-fil 802.11. Proc. CFIP 2002, Montréal.
43. Hoa-Binh Nguyen, Andrzej Duda, An Active Node Architecture for Proactive Services, Poster presentation, IWAN 2002, Zurich.

44. Franck Rousseau, Justinian Oprescu, Laurentiu-Sorin Paun, Andrzej Duda. Omnisphere: a Personal Communication Environment, Proc. HICSS-36, 2003.
45. Martin Heusse, Franck Rousseau, Gilles Berger-Sabbatel, Andrzej Duda. Performance anomaly of 802.11b. INFOCOM 2003, San Francisco.
46. J.A. Garcia-Macias, F. Rousseau, G. Berger-Sabbatel, L. Toumi, A. Duda. Quality of Service and Mobility for the Wireless Internet. ACM WINET Journal, 2003.
47. A. Duda, Providing DiffServ Quality of Service in 802.11b Networks, Ad-hoc 2002, Scandinavian Wireless Adhoc Network Workshop, Stockholm 2002.
48. Andrzej Duda. Ambient networking, Tutoriel à l'École d'été RHDM 2002.