

mobilité et ubiquité : vers le nomadisme numérique

Les cahiers de l'ANR - n° 1

juin 2009

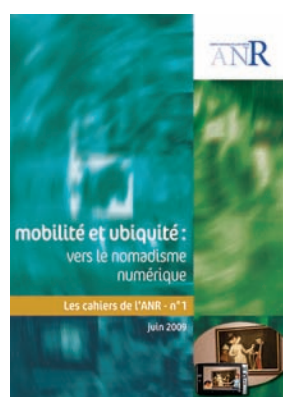


Les cahiers de l'ANR traitent de questions thématiques transverses aux différents appels à projets de l'ANR. Cette collection met en perspective les recherches, les innovations et les avancées technologiques en cours dans un domaine spécifique. Quels sont les enjeux technologiques, sociétaux, économiques, prospectifs ? Quelles sont les actions de l'ANR ?

Sans prétention d'exhaustivité, l'objectif est d'explicitier les grandes problématiques. Il est fait référence à différents projets de recherche financés par l'ANR. Une présentation synthétique des projets est proposée.

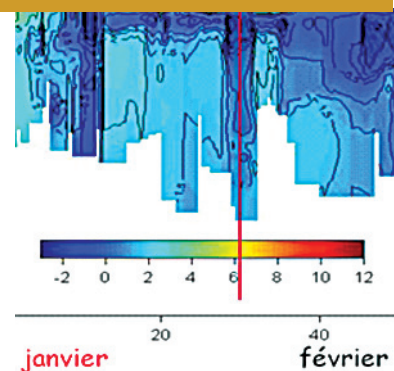
Chaque cahier permet donc d'approfondir la connaissance scientifique du domaine choisi. Il est utile pour les chercheurs, les décideurs mais aussi pour un large public. L'importance et la diversité des projets de recherche et des équipes scientifiques sont ainsi mises en lumière.

Une version en ligne est également disponible : www.agence-nationale-recherche.fr



Ce premier cahier a été conçu et réalisé par Patrick-Yves Badillo et Franck TARRIER.

Nous remercions Bertrand Braunschweig, Marie-Ange Folacci, Louis Laurent, Nakita Vodjdani, les membres du Comité scientifique sectoriel STIC et l'ensemble des responsables de programmes. Nos remerciements vont également aux porteurs de projet qui ont accepté la responsabilité de remplir les fiches.



préface

L'ANR finance des projets de grande qualité. Il est donc important que l'ANR mette en perspective les résultats marquants et les avancées scientifiques liés à ces projets. En complément des colloques de bilans organisés à mi-parcours et à la fin de chacun de ses programmes, la collection des cahiers a pour objectif de présenter l'action de l'ANR sur des grands domaines thématiques transverses.

Ce premier cahier présente les résultats obtenus par un ensemble de projets portant sur des sujets de recherche en relation avec l'essor de la société ubiquitaire. Les technologies pour la mobilité ont connu une accélération impressionnante au cours de la dernière décennie. Au-delà de la mobilité proprement dite, ce cahier met en avant des idées émergentes relatives aux concepts de société ubiquitaire et de nomadisme numérique.

Il montre, également, comment les avancées technologiques peuvent apporter des solutions à des problèmes fondamentaux de notre société. Ainsi, la gestion des fréquences est une question de sécurité pour sauver des vies humaines lors des interventions des forces de sécurité civile ; l'internet des objets débouche sur des applications dans le domaine de la santé ; les technologies mobiles sont utiles pour aider les victimes de la maladie d'Alzheimer ou contribuent à la protection de la biodiversité de notre planète. Enfin, les projets de recherche soutenus par l'ANR permettent aux entreprises de préparer leur compétitivité de demain, par exemple, grâce au développement de nouveaux services de communication mobile.

Les projets présentés, financés en raison de leur excellence scientifique et technique, sont issus d'appels à projets de différents départements thématiques de l'agence, ainsi que du Programme Blanc. L'approche transversale et interdisciplinaire retenue pour concevoir ce cahier montre toute la complémentarité et l'utilité sociale de la grande variété des projets présentés.

Au service de la science et de la technologie, l'ANR apporte sa pierre à l'édifice des connaissances et des innovations afin de répondre aux besoins de notre société. Les cahiers de l'ANR devraient permettre au plus grand nombre d'appréhender les actions de recherche soutenues par l'ANR sur des sujets essentiels pour notre futur.

Jacqueline Lecourtier

Directeur général de l'ANR

Une agence de développement de la recherche est aussi la vigie scrutant le futur. Identifiant les grandes évolutions technologiques et sociétales, elle doit, longtemps à l'avance, car la compétitivité des prochaines décennies se joue aujourd'hui, analyser les tendances lourdes et financer les recherches dans les domaines porteurs.

Ce cahier appréhende l'émergence de la société ubiquitaire : les réseaux mobiles, les RFID, les réseaux de capteurs et, d'une façon générale, l'ensemble des STIC (Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication) constituent un facteur clé, fondamental, du paradigme techno-économique en développement.

Ce cahier met d'abord en perspective les notions de mobilité, d'ubiquité et de nomadisme. Toutes les études prospectives des grands pays occidentaux le montrent : la société ubiquitaire (concept défini notamment par le Japon) et ses réseaux se mettent en place. Les réseaux ubiquitaires apportent des solutions génériques dans de très nombreux domaines, comme la santé par exemple.

Les enjeux technologiques ont trait à la mise en place des infrastructures des réseaux du futur, à la valorisation des fréquences. Au-delà des réseaux, c'est l'ensemble de la chaîne de la valeur qui est en mutation. Le domaine est stratégique pour la France dont la position est de plus en plus difficile à maintenir dans un contexte de concurrence exacerbée.

L'impact économique se mesure aussi en termes de consommation et de modes de vie. L'ère de l'accès et de la mobilité devient une réalité de plus en plus forte, portée par la génération internet.

Les enjeux sociétaux sont majeurs. Intelligence ambiante, capteurs, RFID et autres technologies en cours de développement conduiront

dans un futur proche à une nouvelle gestion des grandes infrastructures de transport, de santé, d'éducation, par exemple...

Quelles sont les actions de l'ANR dans ces domaines ?

Par référence à quatre thématiques - les technologies génériques pour la mobilité, les objets communicants et la mobilité des personnes, les liens sociaux et communicationnels ubiquitaires, et la dimension humaine (santé, sécurité, respect de la vie privée, développement durable)-, ce cahier présente 85 projets sélectionnés par l'ANR sur la période 2005-2007. La seconde partie du cahier détaille les objectifs et les résultats de ces projets. Il est à noter que différents pôles de compétitivité sont ainsi soutenus à travers les financements de l'ANR dans ce secteur.

L'ANR prépare donc le futur grâce à des financements importants dans des domaines stratégiques. Le présent cahier aide le lecteur à cerner les enjeux liés au développement de la société ubiquitaire. Le lecteur pourra aussi prendre connaissance dans le détail des projets financés et mesurer leur ampleur et leur diversité.

Notons que ce numéro n'aborde pas la crise actuelle et ses retombées : aucun économiste ou/et prospectiviste n'est actuellement capable de prévoir l'inflexion ou la rupture qu'impliquera la crise. Cependant il est clair que les innovations et la recherche sont unanimement considérées comme les meilleurs atouts pour le futur.

Le diagramme page suivante résume la démarche.

résumé

Définitions et mise en perspective : Mobilité, ubiquité et nomadisme Quels sont les enjeux de la société ubiquitaire ?

Toutes les analyses prospectives le montrent. Nous entrons dans une société ubiquitaire caractérisée par les problèmes de vieillissement, de santé, de développement durable, etc.

Les technologies ubiquitaires prennent un essor remarquable et sont susceptibles d'apporter des réponses à de nombreux problèmes.

Les impacts technologiques, industriels et économiques des réseaux ubiquitaires sont considérables.

Quelles sont les actions de l'ANR dans ce domaine ?

Une liste non exhaustive de 85 projets financés par l'ANR sur la période 2005-2007, soit un montant d'aide de 66 M€, est présentée.

Ces projets sont issus de 10 appels à projets thématiques, du Programme Blanc et du programme interne aux Instituts Carnot et contribuent au financement de 17 pôles de compétitivité.

Enjeux technologiques, industriels, économiques et sociétaux : la dimension humaine au cœur des réseaux ubiquitaires

Fiches détaillées des 85 projets, classées en 4 thématiques

1 Les technologies génériques pour la mobilité

Nouveaux réseaux,
optimisation du spectre

2 Objets communicants et mobilité des personnes

Transports intelligents,
aide aux handicapés,
e-transactions

3 Liens sociaux et communicationnels ubiquitaires

Télévision du futur,
réseaux sociaux,
monde virtuel,
réalité augmentée

4 Au cœur de la dimension humaine

Sécurité, respect de la
vie privée, prévention,
santé, écologie et dé-
veloppement durable

sommaire

Partie 1 Enjeux de la société ubiquitaire et actions de l'ANR 5

MOBILITÉ, UBIQUITÉ ET NOMADISME 5

- Du nomadisme à l'ubiquité
- L'ubiquité ou la « distribution de la réalité sensible à domicile » (P. Valéry)
- Mobiquité
- Le nomadisme numérique

LES ENJEUX DE LA SOCIÉTÉ UBIQUITAIRE 7

- Les tendances lourdes
- L'essor de la société ubiquitaire

LES ACTIONS DE L'ANR 10

- Les projets retenus sont transverses
- Un grand nombre de projets retenus dans ce cahier fait partie des technologies clés
- Différents projets s'inscrivent dans la logique des pôles de compétitivité
- L'ANR mesure l'impact de ses projets en termes d'emploi

Partie 2 85 projets de l'ANR 13

LES TECHNOLOGIES GÉNÉRIQUES POUR LA MOBILITÉ 14

- Au cœur des infrastructures technologiques : les réseaux
- Des enjeux stratégiques pour l'industrie française
- Des fréquences en « or » !
- Tableau récapitulatif des projets « Technologies génériques pour la mobilité »
- 25 fiches projets

OBJETS COMMUNICANTS ET MOBILITÉ DES PERSONNES 46

- Les technologies de base pour les objets communicants : RFID, NFC, Intelligence ambiante
- Des milliards d'objets communicants et des enjeux de souveraineté
- Tableau récapitulatif des projets « Objets communicants et mobilité des personnes »
- 16 fiches projets

LIENS SOCIAUX ET COMMUNICATIONNELS UBIQUITAIRES 66

- Vers un nouveau modèle de consommation : mobilité et nomadisme de la génération Internet
- La nouvelle chaîne de la valeur pour l'industrie
- Une nouvelle vie sociale et digitale
- Tableau récapitulatif des projets « Liens sociaux et communicationnels ubiquitaires »
- 19 fiches projets

AU CŒUR DE LA DIMENSION HUMAINE 92

- Santé, télémédecine et éducation
- La mobilité durable
- Tableau récapitulatif des projets « Au cœur de la dimension humaine »
- 25 fiches projets

Partie 1

Enjeux de la société ubiquitaire et actions de l'ANR

Mobilité, ubiquité, mobiquité, nomadisme... autant de termes caractérisant la société ubiquitaire symbolisée par l'acronyme ATAWADAC (AnyTime, AnyWhere, AnyDevice, AnyContent). La société ubiquitaire en plein essor permet une connexion permanente des individus, notamment via les mobiles et Internet et facilite le travail à distance, le contrôle à distance d'appareils électro-ménagers... ou encore les relations communautaires en ligne, etc. Dans quelle mesure les technologies seront-elles utiles pour résoudre les problèmes qui se profilent à long terme, avec par exemple les questions de santé ou de vieillissement de la population ? Quelles sont les actions de l'ANR ?

MOBILITÉ, UBIQUITÉ ET NOMADISME

L'homme a longtemps été nomade avant de devenir sédentaire. Le luxe suprême, grâce aux réseaux du futur, est d'avoir le don d'être mobile tout en gardant les avantages de la sédentarité : la mobiquité !

Être la vigie scrutant le futur : tel est l'un des rôles d'une agence de développement de la recherche¹. Identifier les grands mouvements qui se dessinent dans le futur et préparer l'avenir en finançant des recherches qui déboucheront sur les prochaines vagues d'innovations. L'une des dimensions de cet avenir est liée à la mobilité et à l'ubiquité. D'ailleurs, au niveau symbolique, « le cerveau planétaire » annoncé par Joël de Rosnay² prend forme, « l'intelligence des réseaux³ » et « la société en réseaux⁴ » deviennent une réalité. Mais, le rôle de vigie intègre aussi, très au-delà des aspects technologiques, une réflexion sur l'analyse des usages et plus généralement sur la société qui émerge. En effet, il faut comprendre, analyser la « détresse informationnelle⁵ » ou l'absence de communication humaine⁶ qui, paradoxalement, se renforcent dans la société dite de l'information et de la communication. La nécessité d'un effort pros-

pectif pour appréhender notre avenir est d'autant plus impérieuse.

Dans le présent cahier, nous mettrons en lumière les technologies en gestation qui débouchent sur une mobilité et une ubiquité accrues et permettent un nouveau nomadisme.

Du nomadisme à l'ubiquité

Le nomadisme est indissociable de l'histoire de l'humanité. La sédentarité était un « luxe » dont bénéficiaient les hommes il y a près de 10 000 ans. Le chasseur, à cette époque, « apprend à réutiliser les graines, à arroser des terrains, à stocker des réserves (...) l'homo sapiens invente ainsi la sédentarité⁷ (...) ». S'ensuit le développement des civilisations que l'on connaît. Les premiers États, par nature sédentaires, s'érigent... L'agriculture « sédentarise » les populations soumises aux cycles immuables des récoltes tandis qu'émergent de nouveaux nomades (mongols, indo européens...).

L'homme, nomade depuis les temps les plus anciens, a toujours été fasciné par la mobilité et l'ubiquité. En effet, Dieu apparaît comme étant celui qui est partout, simultanément, et dans tous les temps. Les techniques permettent de dépasser le temps et l'espace. Déjà, à l'époque de l'empire perse, l'écriture avait cette vertu : seul l'écrit pouvait abolir le temps

¹ Le terme de vigie est utilisé par Futuribles qui a un partenariat avec l'ANR. Futuribles développe diverses analyses prospectives.

² Joël de Rosnay, *Le cerveau planétaire*, Paris, Olivier Orban, 1986. L'auteur utilise aussi les termes de « Cybionte » ou « macro-organisme planétaire » dans divers travaux.

³ Derrick de Kerckhove, *L'intelligence des réseaux*, Paris, Odile Jacob, 2000 (Édition originale en anglais : *Connected Intelligence*, Sommerville House publishing, 1997).

⁴ Manuel Castells, *La société en réseaux*, Paris, Fayard, 1998 (Titre original : *The Rise of the Network Society*, Oxford, Blackwell Publishers, 1996).

⁵ Edgar Morin, *Pour entrer dans le XXI^e siècle*, Paris, Éditions du Seuil, 2004, p. 26.

⁶ Dominique Wolton, *Penser la communication*, Paris, Flammarion, 1997. Badillo P.-Y., Proulx S., « *La mondialisation de la Communication : à la recherche du sens perdu* », in *Société de la connaissance, changements et fractures*, coord. Michel Durampart, Paris, Les Essentiels d'Hermès, 2009.

⁷ Jacques Attali, *L'homme nomade*, Paris, LGF, Le Livre de Poche, 2005

et l'espace. Ainsi la pierre de Rosette permettait de transmettre éternellement, et en tout lieu, les lois de l'empire.

L'ubiquité ou la « distribution de la réalité sensible à domicile » (P. Valéry)

Dans une nouvelle intitulée « Ubiquité », Dino Buzzati raconte l'histoire d'un journaliste qui a, tout à coup, ce don d'ubiquité. Pourtant le journaliste préfère renoncer à ce don, source aussi de différents maux selon le romancier. Ceci rappelle qu'il faut être conscient de certains inconvénients de la mobilité, de l'ubiquité et des risques liés à toute technologie. Cependant, l'ubiquité reste une opportunité exceptionnelle pour l'homme du XXI^e siècle. Déjà, en 1928, en des termes poétiques remarquables, Paul Valéry louait l'ubiquité : « Sans doute ce ne seront d'abord que la reproduction et la transmission des œuvres qui se verront affectées. On saura transporter ou reconstituer en tout lieu le système de sensations – ou, plus exactement, le système d'excitations – que dispense en un lieu quelconque un objet ou un événement quelconque. Les œuvres acquerront une sorte d'ubiquité. Leur présence immédiate ou leur restitution à toute époque obéiront à notre appel. (...) Je ne sais si jamais philosophe a rêvé d'une société pour la distribution de Réalité Sensible à domicile »⁸. À notre époque, ce n'est pas le hasard si c'est le Japon qui a autant développé les sciences et technologies de l'information et de la communication (STIC) : il s'agit notamment d'abolir l'espace grâce aux STIC. C'est ainsi que le programme Japon Ubiquitaire a été lancé en 2005.

Les nouvelles générations de réseaux prennent en compte de façon croissante les usages et les applications. Le plan e-Japan et la mise en place de 2001 à 2005 par le MIC (Ministry of Internal Affairs and Communications) d'une infrastructure du haut débit à travers tout le Japon ont conduit à retenir sept

domaines phares de ce développement : la médecine, l'alimentation, la vie quotidienne, la finance des PME, la connaissance, l'emploi et les services administratifs. Depuis 2005, le plan u-Japan (u pour ubiquitous) a été adopté. Il s'agit de réaliser une société appelée « ubiquitous⁹ » où tout le monde, partout et à tout moment, pourrait bénéficier des services liés aux technologies de l'information.

Mobiquité¹⁰

Une nouvelle ère, celle de l'ubiquité, se profile. Mark Weiser (1952-1999) qui fut directeur (Chief Scientist) à Xerox Parc a introduit l'idée d'informatique ubiquitaire. Il s'agit de la troisième vague de l'informatique. Après celle de l'informatique des années 1950-1960 caractérisée par un ordinateur desservant de nombreuses personnes et l'ère de la micro-informatique (un ordinateur, une personne), on assiste à l'ère de l'ubiquité où une personne a accès à différents terminaux communicants et intelligents (micro-ordinateurs, mais aussi téléphones mobiles multimédia, agendas électroniques communicants, etc.). Selon Marc Weiser, l'ubiquité doit être aussi le vecteur d'une technologie « calme ». L'ubiquité doit nous aider à faire de nouvelles choses. Le meilleur ordinateur est un ordinateur calme, invisible, au service de l'homme. Il doit être possible de l'utiliser par intuition, sans effort particulier. Plus la technologie est invisible, mieux c'est : la technologie doit créer le calme. Une technologie « calme » est une technologie qui informe mais ne demande pas un effort d'attention soutenu.

Le terme de mobiquité a ensuite été introduit. Fusion des mots mobilité et ubiquité, il correspond au concept d'ATAWAD (AnyTime, AnyWhere, AnyDevice) déposé par Xavier Dalloz. Un usager a la possibilité de se connecter à un réseau sans contrainte de temps, de localisation, ou de terminal. On parle aussi d'ATAWADAC (ATAWAD + AnyContent).

⁸ Paul Valéry, « La conquête de l'ubiquité », in *Œuvres*, tome II, Pièces sur l'art, NRF, Gallimard, Bibl. de la Pléiade, 1960. Paru dans *De la musique avant toute chose*, Editions du Tambourinaire, 1928. Texte disponible en ligne dans la collection : "Les classiques des sciences sociales" http://www.uqac.quebec.ca/zone30/Classiques_des_sciences_sociales/index.html

⁹ <http://www.johotsusintokei.soumu.go.jp/whitepaper/eng/WP2005/2005-index.html>

¹⁰ Le paragraphe « mobiquité » est extrait de Patrick-Yves Badillo et Dominique Roux, *Les 100 mots des Télécommunications*, Paris, PUF, 2009

Avec les mobiles et diverses technologies liées aux réseaux du futur se développent de nouvelles formes de communication entre les personnes, mais bientôt aussi entre les objets eux-mêmes. Nous passons de la connectivité *anytime, any place for anyone*, à une connectivité *anything*. Se profilent à la fois de nouveaux services de l'Internet, avec par exemple l'essor de l'intelligence ambiante, mais aussi l'Internet des objets.

La réalité augmentée et l'intelligence ambiante prolongent et complètent cette capacité d'ubiquité. Dans le cadre de la réalité augmentée, l'utilisateur pourra évoluer dans un monde où apparaissent des éléments du réel complétés par des éléments virtuels. Une nouvelle ubiquité se dessine donc : l'homme agit dans un espace à mi-chemin entre le réel et le virtuel.

Le nomadisme numérique

Nous proposons de définir un nouveau nomadisme : le nomadisme numérique, celui du XXI^e siècle. Les STIC favorisent le nomadisme habituel, le nomadisme humain, traditionnel : dans ce cas l'homme se déplace. Le nouveau nomadisme intègre une nouvelle dimension : les STIC sont en mesure de se substituer aux déplacements humains de toute sorte. Les STIC facilitent la vie de l'homme en lui permettant d'être à plusieurs endroits à la fois. **Telle est la problématique de ce cahier : qu'apportent les STIC à travers le nouveau nomadisme numérique ?** Ce nomadisme numérique peut être illustré non seulement par l'exemple du cadre supérieur en déplacement qui pourra disposer de son environnement de travail habituel, mais aussi par le cas de la personne âgée et malade qui pourra être suivie à distance sans avoir besoin de se déplacer. Un autre exemple est le diagnostic à distance d'une panne dans une usine. Ces derniers cas de figure constituent le cœur de ce que l'on appelle le nouveau nomadisme numérique ; la technologie donne à l'homme une capacité ubiquitaire : il peut intervenir à distance sans être présent en un lieu précis.

LES ENJEUX DE LA SOCIÉTÉ UBIQUITAIRE

Toutes les études prospectives le montrent : les tendances lourdes sont notamment le vieillissement de la population, les problèmes d'explosion du coût de la santé ou le développement durable.

Les hommes ont toujours interrogé le futur. Avenir confondu avec le Destin dans l'Antiquité, avenir maîtrisable par les hommes dans nos sociétés contemporaines. La science fiction (*la machine à remonter le temps* d'H.G. Wells ou *1984* de George Orwell) cède le pas à la prospective. Gaston Berger, le créateur du mot *prospectif*, a clairement montré l'évolution de la pensée scientifique et la nécessité de la prospective : « La prévision (...) est faite pour

l'action. (...) Demain ne sera pas comme hier. Il sera nouveau et il dépendra de nous. Il est moins à découvrir qu'à inventer »¹¹. La prospective tente d'appréhender les changements pour participer à la création de l'avenir. « Il ne s'agit plus (...) de deviner l'avenir probable, mais de préparer l'avenir souhaitable »¹² et « de prendre en considération non seulement la dynamique de la science et de la technologie, mais également celle des besoins sociaux au sens large et, comme l'on ne saurait tous les satisfaire, d'opérer des choix »¹³. L'ANR fait un effort permanent de prospective et s'appuie d'ailleurs sur un Conseil de prospective¹⁴ présidé par Christian de Boissieu. La définition des appels à projets s'appuie notamment sur l'avis de Comités scientifiques sectoriels.

¹¹ Gaston Berger, « L'idée d'avenir », Les Annales, nouvelle série, n° 118, août 1960, repris in *Phénoménologie du temps et prospective*, Paris, P.U.F., 1964, p. 230.

¹² Pierre Massé, Cours de prospective économique, Paris, Les cours de Droit, 1965-1966.

¹³ Hugues de Jouvenel, « La recherche et l'innovation à la lumière de la prospective des besoins », chapitre 1 in Denis Randet et Jacques Lesourne (Dir.), *La Recherche et l'Innovation en France, FutuRIS 2007*, Paris, Éditions Odile Jacob, 2007, p. 49.

¹⁴ <http://www.agence-nationale-recherche.fr/FaitsMarquants?IngInfol=196> L'ANR s'appuie aussi sur des Ateliers de Réflexion Prospective : <http://www.agence-nationale-recherche.fr/ARP>

A titre d'exemple le lecteur pourra se référer au document d'orientation émanant du comité scientifique sectoriel STIC¹⁵.

Les tendances lourdes

Différentes études appréhendent le futur. *Futuribles*¹⁶, *Prosodies*¹⁷, « FutuRIS »¹⁸, peuvent être mentionnées. Thierry Gaudin¹⁹ propose une approche de très long terme. Le Conseil d'Analyse Économique a publié un numéro très intéressant sur les tendances lourdes, liées à la démographie et au vieillissement²⁰. Nous pouvons mentionner également le rapport Attali²¹ et les deux rapports d'Eric Besson : *France 2025*²² et *France numérique 2012*²³. Ces rapports mettent en lumière les tendances longues et les inflexions souhaitables à moyen terme.

Les tendances lourdes clairement identifiées sont les suivantes :

- **la nécessité de mettre en œuvre un développement durable, la maîtrise de la consommation d'énergie, ou l'importance de l'alimentation** font évidemment partie des tendances lourdes. On sait que toute la planète est concernée par ces questions qui ont des retombées sur l'économie, la santé et même les relations politiques internationales. Les STIC sont susceptibles notamment de limiter la croissance de la consommation d'énergie et de favoriser un développement durable.
- **le vieillissement de la population et les problèmes de santé** : la population s'accroît, avec un vieillissement de la population dans les pays occidentaux qui sera une donnée majeure. Corrélativement, les problèmes de santé et de sécurité (sécurité des biens, sécurité des personnes, sécurité alimentaire, sécurité sanitaire, etc.) deviendront essentiels. Pour ce qui concerne la France, le scénario central de l'INSEE²⁴ (qui suppose notamment un solde migratoire positif constant de 100 000 personnes par

an) prévoit en 2025 plus de 21,7 % de personnes âgées de plus de 65 ans (contre 16,4 % en 2005). À l'horizon plus lointain de 2050 les personnes âgées de plus de 65 ans représenteraient 26,2 % contre 16,4 % en 2005. Les plus de 75 ans dépasseraient le seuil des 15 % de la population en 2045 (contre 8 % en 2005). Le vieillissement de la population induirait inévitablement une croissance du risque de dépendance : le nombre de personnes dépendantes pourrait dépasser un million dès 2025. Dans ce contexte, les applications des STIC dans la santé et tous les services aux personnes peuvent jouer un rôle considérable, non seulement pour diminuer certains coûts, mais surtout pour améliorer les conditions de vie.

- **les migrations internationales, la mondialisation du marché du travail** : la mondialisation, vecteur d'échange de marchandises mais aussi de mobilité des populations, est de plus en plus prégnante. Le nombre de migrants internationaux a doublé en 25 ans pour atteindre quasiment 200 millions de personnes, soit 3 % de la population mondiale. La mondialisation de l'économie s'accompagne d'une mise en concurrence croissante des travailleurs de tous les pays. D'abord limitée à l'industrie, cette concurrence s'élargit aux services et ne se limite plus aux emplois faiblement qualifiés. Les technologies mobiles et ubiquitaires font partie des éléments qui accompagneront cette concurrence : la mobilité physique des hommes sera couplée à la mobilité numérique dans nombre de métiers.

L'essor de la société ubiquitaire

Pratiquement tous les pays développés ont élaboré des analyses sur la thématique des réseaux.

Les États-Unis ont lancé l'important programme *GENI*²⁵ qui permet d'expérimenter

¹⁵ http://www.agence-nationale-recherche.fr/documents/uploaded/2007/ANR_STIC_2008_2010.pdf

¹⁶ <http://www.futuribles.com/conseil.html>

¹⁷ http://www.prosodie.fr/fileadmin/files_FR/pdf/livres_blancs/2006/Livre_blanc.pdf

¹⁸ http://www.anrt.asso.fr/fr/futuris/futuris_2008.jsp?index=4

¹⁹ <http://www.2100.org/odyseyethology.html>

²⁰ <http://www.cae.gouv.fr/>, Vieillesse, activités et territoires à l'horizon 2030, Rapport n°63, Michel Godet et Marc Mousli, octobre 2006

²¹ <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/084000041/index.shtml>

²² [http://www.premier-ministre.gouv.fr/IMG/pdf/RAPPORT OFFICIEL.pdf](http://www.premier-ministre.gouv.fr/IMG/pdf/RAPPORT_OFFICIEL.pdf)

²³ <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/084000664/>

²⁴ http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?ref_id=ip1089®_id=0#inter2 on notera aussi une étude récente de la DREES sur l'impact du vieillissement de la population. Etudes et résultats, DREES, N° 654, Août 2008

des architectures novatrices pour l'internet du futur grâce à la virtualisation des réseaux. Il faut aussi mentionner, aux États-Unis, l'initiative *FIND*²⁶ sur les réseaux Internet du futur et le programme de recherche sur les sans fils piloté par la DARPA²⁷.

La Commission européenne, à travers son programme *i2010*²⁸, prépare l'Europe numérique et met l'accent sur le futur d'Internet. Le volet « *The Future of Internet* »²⁹, avec un budget de 300 millions d'euros, est au cœur du programme ICT³⁰ dans le cadre du 7^{ème} PCRD. Il inclut plusieurs axes. L'axe « *Future Networks* » traite de problèmes techniques et d'architecture de réseaux notamment liés à la mobilité : « *Mobility is becoming an aspect that will heavily characterize both the terminals and the services and will have to be taken into consideration in future designs.* » (page 9). L'axe « systèmes de média en réseau » concerne les architectures *peer-to-peer*, les réseaux collaboratifs, la 3D et la télévision du futur. L'Internet des objets est un axe central du point de vue de la société ubiquitaire. Les questions de sécurité font aussi l'objet d'un axe. On doit noter aussi l'initiative « *Networked and Electronic Media* »³¹. Cette initiative soutient un très grand nombre de projets liés, par exemple, aux réseaux sociaux, à la production de contenus par les utilisateurs...

Les rapports japonais *Information and Communications in Japan*³², *Social vision toward 2025*³³ insistent sur l'essor de la société ubiquitaire. L'infrastructure numérique deviendra de plus en plus performante; dans la société connectée et ubiquitaire, les contrats, les règles, les négociations seront de plus en plus automatisées. L'identification individuelle deviendra une thématique centrale. Cette tendance est confirmée par les rapports suédois *Swedish Technology Foresight*³⁴ et fin-

landais *FinnSight 2015*³⁵. Pour le premier, nous serons toujours en ligne (*Always on line*). Les hommes, indépendamment de l'espace et du temps communiqueront « électriquement » les uns avec les autres. Cette ère sera celle des réseaux sans fil à domicile et de la convergence des médias. Le rapport finlandais souligne que nous serons entrés de plein pied dans l'ubiquité vers 2015. Par ailleurs, le programme européen ITEA2³⁶ d'aide à la R&D dans le domaine du logiciel a spécifiquement identifié, parmi ses 5 domaines d'application, le nomadisme, qu'il définit ainsi : « *All activities that may be required by nomadic actors/people/agents away from their home or workplace and on the move to exchange information and perform corresponding tasks. It also includes all mobile and transportation applications* »³⁷.

Enfin, le rapport américain *Disruptive Civil Technologies* identifie pour 2025 six technologies de « rupture » : les « *biogerontechnology* »³⁸ : le stockage de l'énergie, biocarburants et « chimie verte » (*biofuels and bio-based chemicals*), l'essor d'une industrie du charbon propre, la robotique et l'Internet des objets.

Il est utile de citer également les plans stratégiques ou les réflexions de grands organismes comme le CNRS, l'INRIA, l'Institut TELECOM, l'INRA ou OSEO³⁹. L'INRIA⁴⁰, par exemple, met l'accent sur les STIC comme technologies « génériques » (« Les STIC sont partout une priorité des politiques de recherche nationales », page 12). L'INRIA affiche, parmi ses priorités, la communication ubiquitaire et les réseaux du futur (pages 58 et sq). Citons aussi le récent dossier de l'ARCEP consacré au futur des télécommunications⁴¹.

Le rapport « *Social vision toward 2025* »⁴², du National Institute of Science and Technology Policy considère que l'on se dirige vers une

²⁵ http://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=109589

²⁶ <http://www.geni.net/office/office.html>; <http://www.nets-find.net/>

²⁷ <http://www.darpa.mil/sto/strategic/wireless.html>

²⁸ http://ec.europa.eu/information_society/eeurope/i2010/docs/annual_report/2008/i2010_midterm_review_fr.pdf

²⁹ ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/ch1-g848-280-future-internet_en.pdf

³⁰ http://cordis.europa.eu/fp7/ict/programme/home_en.html

³¹ <http://www.nem-initiative.org/Documents/NEM-V-03.pdf>

³² <http://www.soumu.go.jp/joho-tsusin/eng/whitepaper.html>

³³ <http://www.nistep.go.jp/achievements/eng/rep101e/pdf/rep101se.pdf>

³⁴ <http://www.dimea.se/customers/tfOld/old/eng/index.html>

³⁵ http://www.tekes.fi/julkaisut/FinnSight_2015_EN.pdf

³⁶ Information Technology for European Advancement (<http://www.itea2.org/>)

³⁷ http://www.itea2.org/attachments/27/Executive_Summary-Chapter_1_ITEA_Roadmap-web.pdf

³⁸ http://www.dni.gov/nic/confreports_disruptive_tech.html

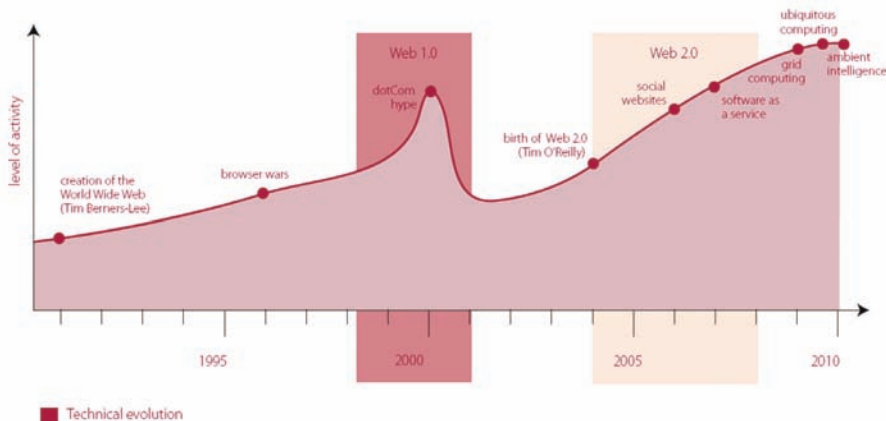
³⁹ http://www.cnrs.fr/cnrs2020/IMG/pdf/Plan_Strategique_CNRS_CS_16_juin_2008_080613.pdf
http://www.institut-telecom.fr/archive/174/Livre_vert_version_web.pdf
http://www.inra.fr/content/download/1665/13671/file/INRA2020_1.pdf
www.oseo.fr/content/download/35661/599887/file/Syntheses.pdf

⁴⁰ <http://www.inria.fr/inria/strategie/download.fr.html>

⁴¹ <http://www.inria.fr/inria/strategie/planstrat08-12/planstrat2008-2012.pdf>

⁴² « Les télécoms, demain... », *La Lettre de l'Autorité*, n° 64, nov -déc 2008, http://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/lettre64.pdf

société connectée et ubiquitaire. Après l'essor exceptionnel d'Internet, la vitesse du changement s'accélérera encore.



Le réseau ubiquitaire et l'intelligence ambiante au sommet de la vague d'innovations contemporaines

Évolution du paysage technique

Source : DLA Piper repris à partir de :

http://ec.europa.eu/information_society/eeurope/i2010/docs/annual_report/2008/i2010_mid-term_review_fr.pdf

Nous sommes aux balbutiements de la société ubiquitaire, dont le développement nécessite encore des recherches très importantes. Le Japon est novateur dans ce domaine et a déjà expérimenté de premières applications de l'ubiquité à Tokyo, avec par exemple le WIFI installé sur le lampadaire qui permet d'avoir accès au plan du quartier et d'avoir l'indication de l'itinéraire. De façon très concrète, le terminal mobile avec NFC (voir définition infra, page 46) facilite les accès pour prendre le métro, le train, le bus, entrer chez soi, créditer sa carte de crédit, interagir avec une affiche publicitaire ou un plan, échanger des données avec un mobile ou un PC, payer avec un mobile ou obtenir des informations sur un produit dans un rayon.

La société de l'ubiquité est fondée sur une connexion permanente qui permet :

- à domicile de régler et de contrôler à distance les appareils de gestion de l'énergie, de compensation des situations de handicap, etc.,

- de consulter des services, d'effectuer des achats, ou de programmer ses opérations liées à la santé (carte SESAM Vitale, examens...),
- du point de vue de sa vie professionnelle, de gérer et partager facilement des dossiers au bureau ou n'importe où,
- enfin, du point de vue de la vie sociale, de développer les relations communautaires, les loisirs, les déplacements.

Les technologies « nomades » présentent donc un intérêt majeur. Elles sont susceptibles d'apporter des solutions à certains grands problèmes sociétaux comme ceux liés au vieillissement de la population et à l'explosion des dépenses de santé...

LES ACTIONS DE L'ANR

L'ANR finance de très nombreux projets. Comment avons-nous sélectionné 85 projets, illustrant la thématique générale de la mobilité et de l'ubiquité ? Les projets sélectionnés sont transverses à différents programmes et proviennent de différentes éditions d'appels à projets de l'ANR (2005 à 2007). Ils font partie des technologies clés et nombre de ces projets contribuent à renforcer les pôles de compétitivité.

Les projets retenus sont transverses et proviennent d'une grande diversité d'appels à projet de 2005 à 2007

L'Agence Nationale de la Recherche organise chaque année des appels à projets thématiques, visant à favoriser la production de nouvelles connaissances ainsi que le développement de partenariats entre laboratoires publics et laboratoires d'entreprise. Elle joue un rôle d'accélération et d'amplification en fonction de priorités ayant fait l'objet d'une large concertation. Par ailleurs, les projets de recherche ne correspondant pas à l'un de ces thèmes peuvent être financés dans le cadre du Programme Blanc.

⁴³ http://www.recherche-innovation.equipement.gouv.fr/article.php3?id_article=399

⁴⁴ Rapport réalisé par le BIPE pour la Direction Générale des Entreprises (DGE), ministère de l'Industrie http://www.industrie.gouv.fr/technocles_2010/html/sommaire.html

⁴⁵ Etabli en juin 2008 par Joseph Kergueris et Claude Saunier, au nom de la délégation du Sénat pour la planification.

Ce cahier présente une image de l'action de l'ANR à travers le prisme d'un enjeu de société précis, c'est-à-dire comment la science peut rendre service aux citoyens en leur proposant un « nouveau nomadisme ». Il n'est donc pas surprenant que les projets orientés dans cette direction soient issus d'appels à projets très diversifiés.

Un grand nombre de projets retenus dans ce cahier fait partie des technologies clés

Parmi les travaux intéressants, mentionnons le rapport Agora 2020⁴³ et le rapport sur les technologies clés⁴⁴ qui a mobilisé plus d'une centaine d'experts internationaux. Il débouche sur une liste de 83 technologies clés. Chacune de ces technologies fait l'objet d'une fiche descriptive mettant en lumière l'analyse des enjeux, des marchés et des acteurs.

Le rapport « Recherche et innovation en France: surmonter nos handicaps au service de la croissance »⁴⁵ souligne l'absence de référentiel commun permettant de disposer d'une vision stratégique globale des efforts de recherche français. Il qualifie l'exercice « Technologies Clés 2010 » de « perfectible, mais méritoire ».

Le tableau ci-contre récapitule les technologies clés en rapport avec les projets de recherche faisant l'objet de ce cahier.

Les actions de l'ANR permettent de surmonter les verrous technologiques

Vigie pour apercevoir le futur, l'ANR est aussi un acteur essentiel, catalyseur des changements en cours. Les projets de l'ANR permettent de surmonter nombre de verrous technologiques et de faciliter les processus d'innovation. En finançant différentes recherches très en amont des marchés, l'agence ouvre le champ des possibles pour l'industrie et les technologies françaises. Ces verrous sont explicités dans la seconde partie du cahier.

Départements et programmes ANR finançant les projets figurant dans ce cahier

Département	Appels à projets
Non-thématique	Blanc
Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication	RNTL - Télécommunications RNTL - Technologies logicielles RIAM - Audiovisuel Multimédia
Ecosystèmes et développement Durable	Biodiversité
Energie durable et environnement	Programme de Recherche et d'Innovation dans les Transports terrestres (PREDIT) Vulnérabilité : climat et milieux
Ingénierie, procédés et sécurité	Concepts, systèmes et outils pour la sécurité globale
Biologie – Santé	Technologies pour la santé
Sciences Humaines et Sociales	Les Suds, aujourd'hui Apprentissages, connaissances et société
Partenariats et compétitivité	Instituts Carnot

Nous avons retenu, en général, les éditions 2005 à 2007 (les éditions 2008 ne sont pas prises en compte car, trop récentes, elles ne fournissent pas encore de résultats significatifs).

Les technologies clés que nous retrouverons dans le présent cahier

Technologies de l'information et de la communication

- 4 RFID et cartes sans contact
- 6 Ingénierie des systèmes embarqués
- 7 Composants logiciels
- 8 Infrastructures et technologies pour réseaux de communication « diffus »
- 9 Virtualisation des réseaux
- 12 Gestion et diffusion des contenus numériques
- 13 Technologies du Web sémantique
- 14 Interfaces humain - machine
- 16 Réalité virtuelle, augmentée, 3D

Technologies du vivant - santé - agroalimentaire

- 55 Imagerie et instrumentalisation associées aux sciences du vivant

Transports

- 57 Travaux d'infrastructures furtifs
- 58 Infrastructures routières intelligentes
- 59 Sécurité active des véhicules
- 68 Liaisons de données véhicules - infrastructure
- 71 Gestion des flux de véhicules

Distribution - consommation

- 72 Technologies d'authentification
- 73 Traçabilité

Technologies et méthodes de production

- 75 Capteurs intelligents et traitement du signal

Différents projets s'inscrivent dans la logique des pôles de compétitivité

Les projets labellisés par les pôles de compétitivité et figurant dans le présent cahier sont présentés dans le tableau ci-dessous. L'ANR finance ainsi une partie des projets des pôles.

L'ANR mesure l'impact de ses projets en termes d'emploi

L'ANR a engagé une enquête sur l'impact en ressources humaines du déroulement de ses projets, en particulier sur le devenir des personnels non permanents. Un premier travail de suivi des ressources humaines a été fi-

nalisé, portant sur l'appel à projets RIAM 2005 - 23 projets sélectionnés, 87 partenaires (43 académiques, 44 partenaires privés), budget global de 12 M€ - qui donne les premiers résultats suivants :

- Sur 118 non permanents recensés sur l'ensemble de l'appel à projets, nous comptons 98 personnes embauchées pour au moins 6 mois.
- A l'issue de la période, parmi ces 98 personnes on compte 43 CDI, 20 CDD, 26 thésards ou stagiaires et 9 personnes pour lesquelles la situation reste incertaine.

Ce type de bilan sera fait de façon régulière par l'ANR et sera approfondi.

Projets labellisés par les pôles de compétitivité et retenus dans le présent cahier

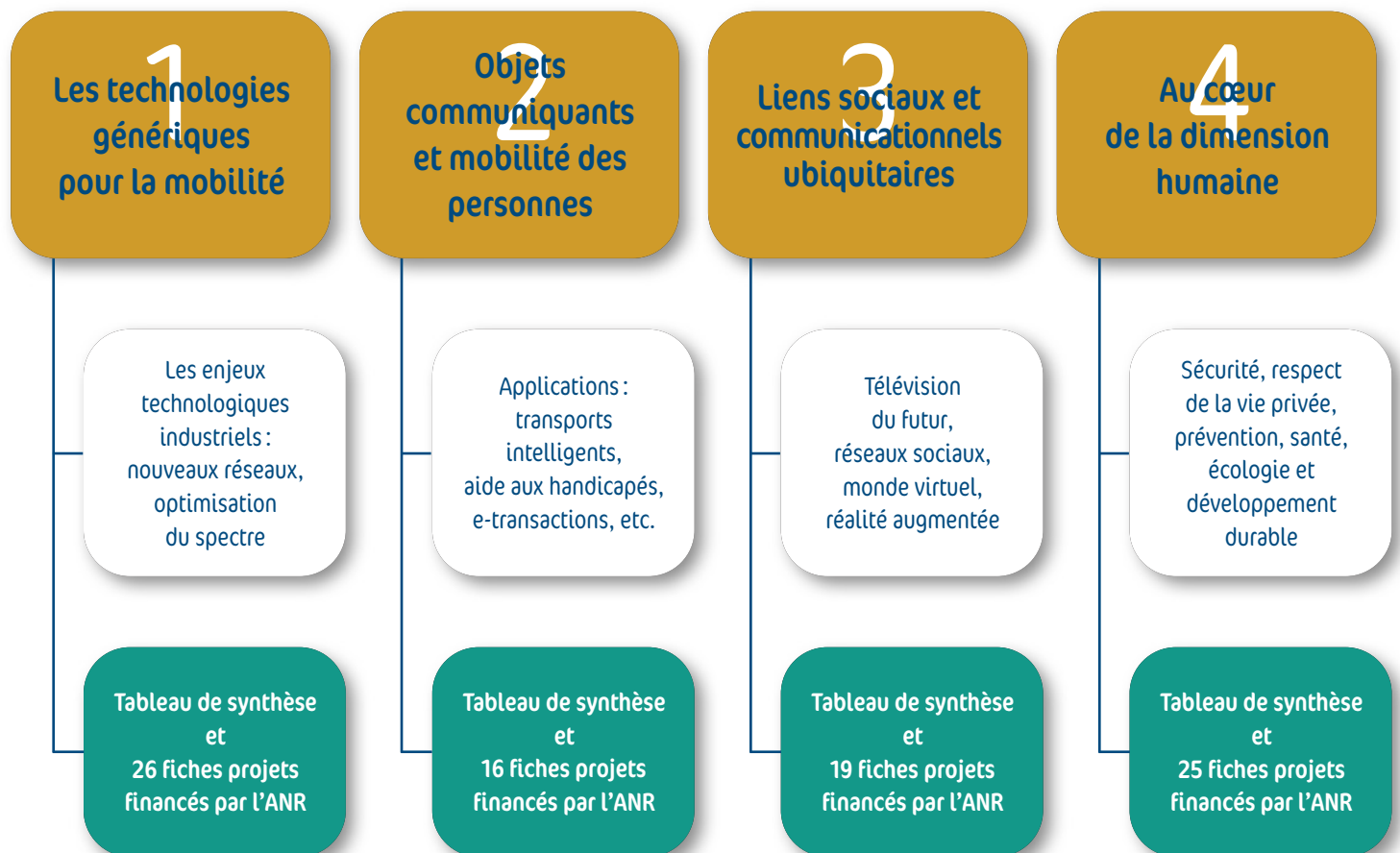
Pôle	Nombre de projets labellisés
Cap Digital	14
IMAGES ET RESEAUX	12
MINALOGIC	8
SCS (Solutions Communicantes Sécurisées)	7
ELOPSYS	6
SYSTEM@TIC PARIS-REGION	5
Aerospace Vallée	3
Ville et Mobilité Durables	2
TES (Transactions Electroniques Sécurisées)	2
i-Trans (association Transports terrestres promotion)	2
VIAMECA	2
Mer PACA	1
Céramiques	1
SPORALTEC (Industrie du sport et des Loisirs)	1
Véhicule du futur	1
Mobilité et transports avancés	1
MOV'EO	1

Partie 2

85 projets de l'ANR

La société ubiquitaire est en marche. La maîtrise des technologies mobiles est un enjeu stratégique. En effet, les applications sont multiples. Grâce au RFID, à la NFC et aux capteurs, de nouveaux modes de transport intelligent sont possibles. Les personnes handicapées peuvent être aidées de plus en plus efficacement. C'est l'ensemble de la société qui bascule avec la génération Internet et développe de nouveaux liens sociaux et communicationnels (réseaux sociaux, monde virtuel, etc.). Se profilent de nouveaux marchés liés à la télévision du futur et à de nouvelles applications Internet. Au cœur de la dimension humaine apparaissent les enjeux dans le secteur de la santé, les questions de prévention, de sécurité et de développement durable.

Cette partie du cahier est organisée comme illustré dans le schéma ci-dessous.



Pour chacune des quatre parties le lecteur dispose d'une présentation des enjeux technologiques, économiques et sociétaux. Un tableau de synthèse est ensuite proposé. Dans les pages suivant chacun des quatre tableaux, le lecteur trouvera les fiches détaillées de différents projets de l'ANR.

1 LES TECHNOLOGIES GÉNÉRIQUES POUR LA MOBILITÉ

Les enjeux technologiques et industriels sont multiples. Dans le cadre de la société ubiquitaire, il convient d'abord de disposer d'une infrastructure de réseaux optimale du point de vue de l'interopérabilité et de l'allocation des ressources rares. En effet, le nombre de fréquences disponibles pour les services de communication est limité et doit faire l'objet d'une utilisation efficace. La nouvelle répartition de fréquences permet d'envisager un dividende numérique, c'est-à-dire un gain pour la collectivité de plusieurs milliards d'euros. Les fréquences sont en or ! Les enjeux pour l'industrie française, en termes de normalisation notamment, sont considérables.

Au cœur des infrastructures technologiques : les réseaux

Le nomadisme est en premier lieu la liberté que donne la capacité d'échanger des informations à distance. Sous l'effet de la convergence des réseaux, l'ensemble des réseaux de communication contribuent au développement du nomadisme pour une réception avec une antenne fixe ou bien sur un terminal mobile : réseaux de téléphonie cellulaires (2G, 3G et évolutions), réseaux d'accès à l'Internet sans fil, réseaux terrestres et satellitaires de diffusion de services audiovisuels, réseaux satellitaires de géolocalisation, réseaux de communication en champ proche pour les objets communicants.

La capacité des réseaux pourra être augmentée grâce à l'introduction de nouveaux systèmes de transmission, portant par exemple sur l'utilisation de relais innovants des signaux de transmission. Elle bénéficiera également de

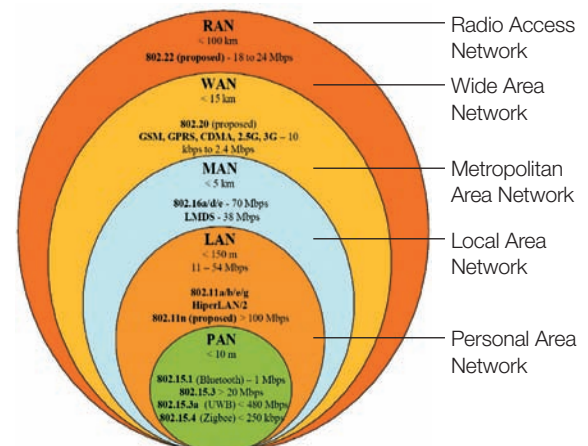
nouveaux procédés de codage plus efficace de l'information pour sa propagation sous forme hertzienne.

Toutefois, au-delà d'une amélioration des standards existants, le développement de services haut débit en situation de mobilité passera nécessairement par un recours à une combinaison de réseaux hétérogènes, de manière transparente pour l'utilisateur (convergence). Cette évolution est qualifiée de « quatrième génération » (4G) des réseaux mobiles.

Cette évolution soulève de nouveaux défis en termes d'interopérabilité.

Des réseaux hétérogènes, situés dans zones géographiques différentes, devront être en mesure d'interopérer pour acheminer jusqu'à l'utilisateur les services demandés de manière totalement transparente. Les travaux de recherche visent également à doter ces réseaux de facultés d'autonomie et d'auto-organisation, en fonction du lieu où ils se trouvent, afin de s'adapter aux terminaux de communication qui se présentent à eux.

Ainsi, les réseaux de diffusion de services audiovisuels ou de données sont appelés à coopérer avec les réseaux de communication point à point. Ces derniers sont eux-mêmes très divers, en termes de portée, de débit, de normes. Le schéma ci-dessous en présente une classification par portée.



Classification des normes de systèmes sans fil les plus utilisées

Source : projet ANR INFOP

Ces normes ne présentent pas le même degré de maturité. Ainsi, la norme LMDS, lancée dans les années 90 aux Etats-Unis, n'a pas rencontré un succès commercial. En revanche, à titre d'exemple, l'Ultra Large Bande (ULB) a vocation à se développer comme prolongement naturel des réseaux d'accès à très haut débit par fibre optique. Contrairement au WiFi tel qu'il est mis en œuvre aujourd'hui, il permet en effet d'assurer une connectivité internet jusqu'à 100 Mb/s. Il permettra d'interconnecter le nombre croissant d'objets communicants au sein du domicile de manière aussi transparente et naturelle que le fait de les connecter à une alimentation électrique.

Enfin, les réseaux sont également hétérogènes par les différentes bandes de fréquences utilisées. Celles qui sont appelées à se développer sont notamment celles libérées par l'arrêt de la diffusion de la télévision analogique, en particulier la bande 790-862 MHz pour le haut débit mobile. L'industrialisation des équipements sera facilitée par une harmonisation technique au niveau européen, le choix de cette bande étant commun à l'Europe.

Des enjeux stratégiques pour l'industrie française

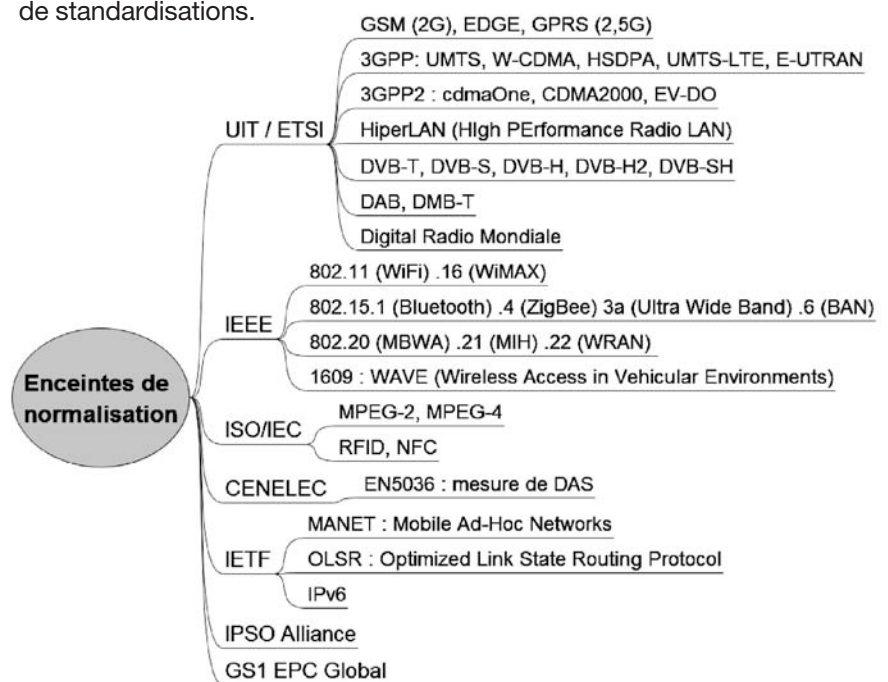
La France et l'Europe comptent plusieurs entreprises parmi les mieux positionnées sur le plan international dans le secteur des réseaux de communication. Toutefois, la position des acteurs est menacée sous l'effet d'une importante concurrence internationale, notamment asiatique avec les équipementiers chinois Huawei et ZTE.

Standardisation et interopérabilité. Les forums internationaux de standardisation représentent un enjeu majeur pour cette industrie. En effet, les technologies font l'objet d'une normalisation quasi systématique afin d'assurer l'inter-opérabilité entre les différents équi-

pements et services. Dès lors, la participation aux travaux de normalisation revêt un aspect stratégique, afin d'assurer la pérennité des innovations développées dans le cadre des activités de recherche et développement.

La participation française dans les organismes de normalisation est primordiale, afin d'assurer un plus grand impact des recherches effectuées.

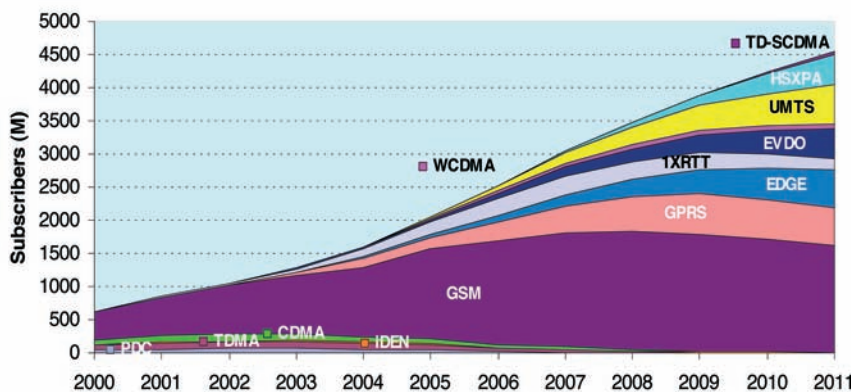
Les normes sont issues de différents forums de standardisations.



Si certains choix sont déjà arbitrés, par exemple dans le domaine de la diffusion (DVB-H pour la télévision mobile personnelle en Europe, DMB-T pour la radio numérique en France) des incertitudes demeurent (dans le développement du haut débit mobile) sur le poids respectif des familles de normes UMTS et WiMAX.

Dans le sillage des réseaux WiFi, les réseaux WiMAX se déploient de façon continue. Le chiffre d'affaires mondial des fabricants d'équipements WiMAX a augmenté de 11 % le dernier trimestre 2007 et de 46 % en un an à 1,90 \$Mds sur l'ensemble de l'année 2007. En 2011, il atteindra les 7,70 \$Mds.

Dans le même temps, l'UMTS et ses évolutions connaissent un développement soutenu à l'échelle mondiale.



Cellular subscribers worldwide

Source: NXP own research based on Gartner, Informa, proprietary and corrected EMC subscriber figures

Face aux incertitudes d'une guerre des normes, et en raison des investissements très lourds, les industriels sont dans un premier temps conduits à faire des choix. A titre d'exemple, Intel a décidé de ne pas inclure les fonctionnalités de réception du WiMAX dans ses processeurs pour ordinateurs portables Centrino 2 commercialisés en Europe. De même, Alcatel-Lucent a annoncé en décembre 2008 une réorientation de ses activités de recherche et développement mettant davantage l'accent sur les standards tels que le CDMA EV-DO, l'UMTS LTE ou le WCDMA, au détriment du WiMAX.

Les technologies ne sont toutefois pas à opposer sur le long terme. Ainsi, presque tous les opérateurs, à l'instar d'Orange, proposent maintenant une continuité de service entre WiFi et GSM. On s'aperçoit que cette offre correspond à un vrai besoin lorsqu'on regarde l'augmentation des revenus des terminaux hybrides WiFi-GSM. Dans un autre segment de marché, les constructeurs automobiles, tels que Audi ou Peugeot, offrent le basculement automatique de l'interface du téléphone sur celui du véhicule via Bluetooth.

Dans tous les cas, le positionnement futur de l'industrie française dans le domaine des réseaux de communication est intimement lié à ses efforts de recherche et développement dans le domaine des standards, et à sa capacité à faire adopter ces standards par les instances internationales.

Les enjeux de positionnement international exposés ci-dessus pour les réseaux de communication pourraient se décliner pour toutes les composantes technologiques du nomadisme. Ainsi, Google a lancé en 2007 un projet de plate-forme ouverte de système d'exploitation pour les téléphones mobiles : « Open Handset Alliance ». Ce consortium regroupe notamment 9 opérateurs de téléphonie mobile, 9 fabricants de terminaux, 13 entreprises de semi-conducteurs, 10 éditeurs de logiciels. Les premiers téléphones utilisant cette plate-forme ont été commercialisés en octobre 2008.

Des fréquences en « or » !

Le développement de ces réseaux bénéficiera, de plus, à l'avenir de la formidable opportunité que représente le « dividende numérique », c'est-à-dire l'usage des fréquences libérées par le basculement de la télévision analogique vers le numérique. Celles-ci sont qualifiées de « fréquences en or », dans la mesure où elles présentent des qualités de propagation supérieures à celles des réseaux actuels de télécommunications.

Le dividende numérique permettra l'essor du haut débit mobile avec une couverture généralisée, notamment dans les zones rurales, ainsi qu'une meilleure pénétration dans les bâtiments⁴⁶. Il permettra également une couverture encore plus complète de la télévision numérique terrestre (TNT) et de ses services en haute définition (HD), et des possibilités plus grandes de diffusion à destination des mobiles, en termes de services et de zones couvertes. Enfin, la radio numérique pourra également se développer.

⁴⁶ Une étude réalisée en mai 2008 par Analysys Consulting et Hogan&Hartson évalue le surplus économique généré à environ 27 milliards € sur 12 ans (2012-2024).

Toutefois, le dividende numérique ne permettra pas de répondre à l'explosion des besoins générés par les technologies liées au nomadisme. Les fréquences hertziennes sont et resteront des ressources rares et précieuses. Leur attribution faisant généralement l'objet de contreparties, les opérateurs sont amenés à optimiser la consommation spectrale de leurs équipements, au même titre que la consommation électrique pour les terminaux mobiles. Dans ce cadre, les technologies de « radio cognitive » s'avèrent prometteuses pour optimiser l'usage des ressources radioélectriques. Elles permettent de tirer profit des disparités locales dans l'occupation du spectre, liées au relief, à la planification des fréquences, aux puissances d'émission, etc. afin d'insérer des services supplémentaires.

Les technologies de radio cognitive contribuent ainsi à valoriser de manière dynamique, sans générer de brouillage, les fréquences localement non utilisées. Il s'agit de systèmes d'émission en mesure de sonder l'occupation locale du spectre afin de décider de manière autonome quelle est la meilleure bande de fréquence et la meilleure norme pour communiquer le service désiré avec le moins de puissance émise possible. Ils disposent des ressources matérielles et logicielles pour ajuster effectivement leur fréquence et standard d'émission en temps réel, en fonction de l'état du spectre.

De nombreux travaux de recherche visent ainsi à intégrer l'usage économe de ces ressources dès la conception des systèmes de communication, tant au niveau des antennes et composants électroniques que de l'architecture générale des réseaux. En particulier, les réseaux seront en mesure de détecter localement les ressources disponibles afin d'optimiser l'usage global du spectre.

Un exemple d'application est la fourniture d'accès haut débit mobile, en utilisant des

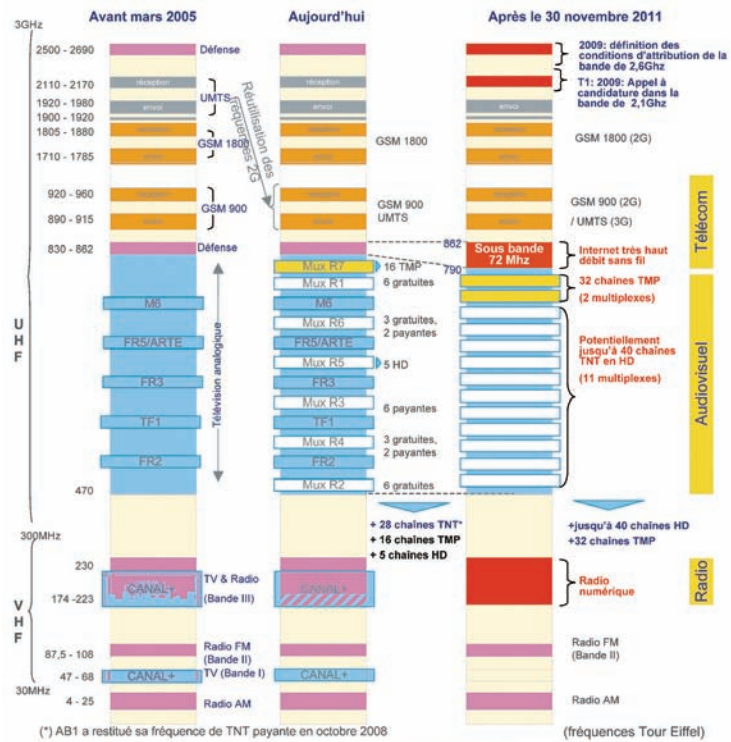


Schéma des bandes de fréquences

Source: Secrétariat d'Etat chargé du développement de l'économie numérique

standards tels que le 802.22, dans les interstices de la diffusion fixe de services audiovisuels. Dans un contexte de convergence des modes de réception, ce scénario pourrait améliorer la couverture de ces services, ou bien permettre de proposer des services d'une autre nature. La norme 802.22 également appelée WRAN (Wireless Regional Area Network) permet de couvrir des zones dans un rayon d'environ 100 km.

Le marché pour des équipements de communication exploitant les « espaces blancs » entre les canaux de diffusion de la télévision numérique se développera d'abord aux Etats-Unis, où la date d'arrêt de diffusion de la télévision en mode analogique est le 18 février 2009. La FCC⁴⁷ y est favorable, dès lors que ces futurs appareils ne causeront pas d'interférences avec l'usage primaire des fréquences par les opérateurs titulaires d'une licence, et a développé à cet effet un protocole de mesures.

Les technologies de radio cognitive permettront également d'assurer l'interopérabilité des équipements dans des zones géographiques où des normes différentes ont été retenues pour l'usage d'une même bande de fréquence.

⁴⁷ Federal Communications Commission : Agence de régulation des Etats-Unis dans les secteurs des télécommunications, des médias et des nouveaux médias.

Le développement des technologies génériques pour la mobilité et l'ubiquité nécessite de financer des projets permettant de lever des verrous en recherche.

En effet, s'agissant des nouveaux systèmes de communication et de l'interopérabilité au niveau du réseau, les principaux verrous technologiques concernent :

- la définition de protocoles assurant l'interopérabilité des services sur un parc de terminaux hétérogènes (MOBISIP),
- l'optimisation des systèmes de mise en œuvre de la norme UMTS-LTE, au niveau des couches physique et d'accès (OPUS, APOGEE),
- la définition de protocoles de routage et le développement d'algorithmes d'allocation de puissance pour la mise en œuvre de communications coopératives (RADIC-SF, R2M, ORIANA),
- l'élaboration d'outils de mesure et de prédiction de champs électromagnétiques (SEMAFOR),
- l'introduction de codes correcteurs d'erreur innovants (XCODES, CAPRI-FEC),
- l'amélioration des liaisons sans fil par des antennes multiples, abordée dans de nombreux projets,
- les techniques de codage-conjoint source/canal pour adapter le contenu aux liens et protocoles de transport (DITEMOI),
- développement de protocoles de routage et d'algorithmes d'allocation des ressources

pour l'optimisation d'un réseau d'accès sans fil WiMAX (WINEM),

- la maîtrise de la réalisation de dispositifs passifs hautes performances en bandes millimétriques et terahertz (DOPROCOF).

S'agissant de l'optimisation de l'usage du spectre :

- le développement de la radio cognitive par la réalisation des briques de base nécessaires au niveau de la couche physique (GRACE), de convertisseurs analogique-numérique à large bande (VERSANUM, HYPERSCAN), d'algorithmes d'exploration du spectre (DEMAIN), de fonctions de filtrage actif distribuées sur la chaîne de réception (SRAMM), d'un prototype fonctionnel complet (IDROMEL), et l'étude de l'intégration dans les terminaux (TERROP),
- la réalisation d'antennes reconfigurables en temps réel, agiles en fréquence et en diagramme par l'utilisation de métamatériaux (METABIP), de matériaux composites (NAOMI), d'un réseau réflecteur composé de MEMS radiofréquence (R3MEMS),
- la réalisation d'un prototype pour des communications opportunistes dans la bande UHF (APOGEE).

Les projets de l'ANR sont particulièrement variés et soutiennent la recherche et l'industrie française dans le domaine stratégique des technologies génériques pour la mobilité, comme le montre le tableau ci-contre.

Les technologies génériques pour la mobilité

Acronyme et nom du projet

Le projet résumé en un titre

Nouveaux systèmes de communication, interopérabilité

MOBISIP	SIP en environnement mobile pour permettre le déploiement rapide des nouveaux services mobiles multimédia	Des services de convergence fixe-mobile multimédia facilement déployables
OPUS	Optimisation des futures évolutions de l'UMTS	Comment satisfaire le besoin croissant de mobilité des usagers et des débits ?
RADIC-SF	Réseaux A Diversité de Coopération-Sans Fils	Coopération entre les bornes d'un réseau WiFi pour optimiser les performances
R2M	Réseau Mesh et Mobilité	Réseaux radios performants pour réseaux de transport
SEMAFOR	Système d'Evaluation par une Métrologie Avancée des Formes d'Ondes et des Réseaux	Élaboration d'une plate-forme de métrologie, prédiction, planification et optimisation de réseaux cellulaires et de radiodiffusion
CAPRIFEC	Design and Analysis of Application-Level Forward Error Correction (AL-FEC) Codes and Application to Mobile Communications	Les codes FEC applicatifs, ou comment reconstruire l'information perdue
DITEMOI	Diffusion et Téléchargement sur lien Mobile Ip	Robustesse et efficacité pour la diffusion de contenu sur liens Internet sans fil
ORIANA	Optimisation de Réseaux Interopérables sans fils à base de systèmes multi-ANTennes et de relais coopératifs	L'utilisation de relais coopératifs pour améliorer les communications sans fil
WINEM	WINEM: WiMAX Network Engineering and Multihoming	Un réseau WiMAX plus performant face à la mobilité et en présence d'autres systèmes
XCODES	Nouvelles interactions des codes correcteurs d'erreurs et de systèmes cryptographiques alternatifs	Les mathématiques au service de nouveaux types de communications
APOGEE	Analyse et optimisation des systèmes d'après 3ème Génération	Vers des réseaux cellulaires plus flexibles, performants et adaptés aux besoins des utilisateurs
ORMAC	Optimisation des Réseaux Mobiles par Accroissement de la Capacité	Techniques d'accroissement de capacité pour réseaux cellulaires 4G
AIRNET	Mobilité et Interopérabilité dans une Infrastructure Sans Fil	Vers un accès à Internet sans fil, en tous temps et en tous lieux...
3MING	Mobilité Multi-technologie Multi-homing	La mobilité sur tous les fronts

Optimisation de l'usage du spectre

DOPROCOF	Développement d'Outils de conception et de Procédés technologiques adaptés à la réalisation de Composants analogiques Optimisés en Forme	Des moyens logiciels et matériels pour réaliser des dispositifs électroniques innovants
GRACE	Gestion du spectre radio et radio cognitive	Une nouvelle génération de terminaux radio intelligents pour mieux exploiter le spectre
IDROMEL	Impact des équipements reconfigurables pour le déploiement des futurs réseaux mobiles	Terminaux mobiles universels pour les communications sans fil du futur
METABIP	Antenne multi-bandes et multi-faisceaux pour le DCS-UMTS-WIFI-WiMAX reconfigurable, à base de Matériaux et de matériaux à Bande Interdite Photonique	Antenne active large bande multi-faisceaux à matériaux pour le DCS-UMTS-WIFI
VERSANUM	NUMÉRISATION VERSATILE LARGE BANDE Services Ad hoc : Réalisation d'une Plate-forme pour les Applications Pair à Pair sur Réseaux Mobiles Ad Hoc	Numérisation versatile large bande pour les radio-communications du futur
DEMAIN	radio Evolutive, Mobile, Adaptative et Intelligente	Pour des terminaux intelligents et multi-standards
HYPERSCAN	Portage de circuits intégrés Hyper-fréquences Supraconducteurs de Conversion Analogique-Numérique sigma-delta, 200GHz pour les applications radio logicielle et télécommunications spatiales	Une Supra-puce Hyperfréquence de Conversion Analogique Numérique pour l'Espace
SRAMM	Systèmes de Réception Adaptatifs Multimodes Multistandards	Rendre plus simple la convergence mobile : le filtrage actif appliqué à la téléphonie mobile
INFOP	Infrastructures opportunistes	INFOP infrastructure opportuniste Vers une utilisation étendue des bandes TV
NAOMI	Nouvelle génération d'Antennes miniatures et agiles à base de matériaux composites pour terminaux mobiles	Les nouveaux matériaux au service de la miniaturisation des antennes
R3MEMS	Antenne Réseau Réflecteur Reconfigurable à base de MEMS	Des nouvelles antennes reconfigurables à coût réduit
TERROP	Intégration de la radio opportuniste au niveau des terminaux	Le smartphone de demain sera encore plus intelligent

Programme « RNRT », édition 2005

Projet MOBISIP

Des services de convergence fixe-mobile multimédia facilement déployables

La définition d'un environnement de déploiement de service

L'arrivée effective du "haut débit" mobile et l'évolution technologique rapide des terminaux permet le développement de nouveaux services de convergence fixe-mobile multimédia.

Néanmoins un certain nombre de problématiques subsistent dans la mise en œuvre de ces services. En ce qui concerne les terminaux, l'hétérogénéité du parc devrait perdurer avec une coexistence de plusieurs générations très disparates (téléphones basiques ou smartphone sous Windows Mobile, Symbian, Android, iPhone...). Du côté du cœur de réseau, l'architecture IMS (IP Multimedia subsystem) a été définie pour les déploiements de services d'opérateurs 3G mais est difficilement exploitable pour des opérateurs mobiles virtuels (MVNO). Or ces derniers sont reconnus comme des acteurs pouvant apporter des services innovants sur le marché. Il est donc primordial qu'ils puissent disposer de moyens simples de mise en œuvre de nouveaux services.

Les objectifs du projet sont donc de définir :

- les fonctionnalités clés nécessaires à la mise en œuvre des nouveaux services,
- une architecture simple et modulaire adaptée au cas spécifique des MVNO.

L'utilisation de SIP et de la Présence au cœur des nouveaux services

Ce projet se base sur le protocole SIP et l'IP Multimedia Subsystem (IMS). SIP est un protocole de signalisation conçu pour la gestion de sessions multimédias et des informations de présence.

L'utilisation la plus commune de la présence est celle faite par la messagerie instantanée, permettant de voir le statut de ses contacts (connecté, déconnecté, occupé, au téléphone, etc.).

Mais au-delà, la présence est un outil approprié à la gestion tout entière de l'individu, qu'il s'agisse des caractéristiques de son état, mais aussi des différents terminaux ou services auquel le client a pu souscrire (présence dite enrichie).

Le projet exploite ainsi les possibilités de mise en œuvre de services liés à la présence, ainsi que les moyens pour les terminaux de notifier les informations de présence, quelles que soient leurs capacités.

L'IMS constitue l'évolution majeure du cœur de réseau 3G, permettant de remplacer le cœur de réseau des opérateurs mobiles par un réseau basé sur IP et sur le protocole SIP. Le projet s'attache à définir quels éléments de l'IMS sont nécessaires aux MVNO pour déployer leurs propres services de façon autonome.



Le projet « MOBISIP SIP en environnement mobile pour permettre le déploiement rapide des nouveaux services mobiles multimédia » est un projet de recherche industrielle coordonné par Transatel. Il associe aussi Local Exchange Global Operation Services, Telecom SudParis. Le projet a commencé en novembre 2006 et dure 30 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 684 k€ pour un coût global de l'ordre de 1,2 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Les résultats principaux obtenus du côté des terminaux concernent l'utilisation de la carte SIM comme moyen de contrôler des services tout en s'affranchissant du type de terminal utilisé. En particulier une application de convergence fixe-mobile a été développée à partir des résultats d'étude et a été à l'origine d'un produit vendu à Alcatel-Lucent.

Des applications résidentes dans la carte SIM ou directement dans le mobile ont été développées pour remonter des informations de présence enrichies vers l'infrastructure réseau et permettre le déploiement de services collaboratifs avancés.

Du côté architecture, le modèle de l'IMS a été étudié selon une perspective MVNO afin de déterminer les différents scénarii possibles pour ce type d'acteur. Ces scénarii ont permis de déterminer les composants (CSCF, HSS, etc.) nécessaires au MVNO pour le contrôle et le déploiement de ses services en toute indépendance.

Production scientifique et brevets

Les travaux concernant les scénarii MVNO et la prise en compte du contexte dans la logique de service ont abouti à des publications et au dépôt d'un nouveau brevet.

Les résultats ont été disséminés dans des journaux et conférences IEEE. Ils ont aussi été à l'origine de contribution en normalisation au 3GPP.

Programme « RNRT », édition 2005

Projet OPUS

Comment satisfaire le besoin croissant de mobilité des usagers et des débits ?

Etude de la faisabilité d'un récepteur intégré pour la forme d'onde 3GPP/LTE

L'organisme de standardisation 3GPP a lancé en décembre 2004 un groupe de travail sur les évolutions futures de l'UMTS (LTE), afin que les futurs réseaux mobiles cellulaires puissent faire face à l'accroissement permanent du trafic à transporter ainsi qu'à la diversification des services à supporter. Les principaux objectifs de l'interface radio visent une amélioration significative de l'efficacité spectrale du système et le support d'une allocation flexible de la bande passante. Dans ce contexte, les partenaires du projet se sont donnés l'objectif d'étudier des algorithmes innovants de transmission et des techniques d'allocation de ressources pour le lien descendant basé sur les technologies multi-antennes MIMO et multi-porteuses OFDMA. Un démonstrateur temps-réel complet incluant une tête RF, les traitements numériques du couple station de base / terminal mobile, ainsi que le mécanisme d'allocation dynamique des ressources, sera aussi développé pour vérifier expérimentalement que l'on peut obtenir l'efficacité spectrale recherchée de 5 bit/s/Hz. Le démonstrateur permettra ainsi de vérifier l'adéquation entre les objectifs du 3GPP/LTE et les moyens nécessaires pour les atteindre.

Solution OFDMA MIMO intégrée : de l'étude algorithmique à la réalisation en air

L'approche choisie par le projet OPUS visait dans un premier temps à définir les scénarii et critères d'évaluation des techniques d'accès multiples OFDMA et MIMO puis à sélectionner les algorithmes de la couche physique (PHY) et d'accès (MAC) à mettre en œuvre dans le démonstrateur. Le suivi des évolutions du processus de normalisation a permis d'aligner les simulateurs lien et le démonstrateur au plus près de la norme en devenir. En parallèle, des activités spécifiques de recherche ont été menées afin d'améliorer les performances du système de référence sur les algorithmes de la couche physique, sur l'interface PHY/MAC et sur les algorithmes d'allocation des ressources radio. Enfin il s'agissait de développer un démonstrateur matériel utilisant des composants programmables et des circuits dédiés destinés à mettre en œuvre les principales caractéristiques du LTE ainsi que les améliorations identifiées. Pour faciliter l'intégration du prototype, une méthodologie de validation (horizontale / verticale) des développements matériels entre l'émetteur et le récepteur a été définie.

Le consortium OPUS a développé un démonstrateur matériel mettant en œuvre des techniques de transmission avancées afin de prouver la faisabilité d'un système de type 3GPP/LTE.



Le projet « OPUS Optimisation des futures évolutions de l'UMTS » est un projet de recherche industrielle coordonné par le CEA-LETI. Il associe aussi l'Institut Eurecom, France Telecom, Mitsubishi, Supélec et Teamcast. Le projet a commencé en janvier 2006 et a duré 27 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 965 k€ pour un coût global de l'ordre de 2,5 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Les mesures de performances obtenues par simulation logicielle nous conduisent à dire que des schémas MIMO à multiplexage spatial permettront d'atteindre les objectifs souhaités de 5bit/s/Hz jusqu'à des couvertures de 400 mètres. Les résultats obtenus à la fois aux niveaux lien et système seront donc très utiles afin de dimensionner un réseau LTE (planification cellulaire) et de les comparer à d'autres systèmes B3G (WiMAX, HSDPA...).

Au niveau du développement du démonstrateur matériel, le prototype OPUS a non seulement permis de prouver la faisabilité d'un récepteur intégré pour la forme d'onde 3GPP/LTE, mais apporte également une information qualitative sur la complexité d'un récepteur LTE, en particulier pour les blocs critiques que sont le décodeur MIMO et le bloc de mesure de qualité du lien.

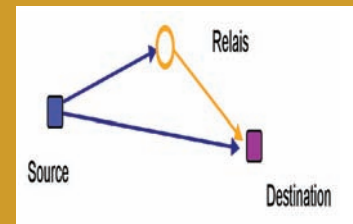
Production scientifique et brevets

Les études réalisées durant le projet ont abouti à la publication de 16 communications internationales, dont deux papiers multipartenaires, ainsi qu'à un article accepté dans la revue à comité de lecture EURASIP traitant des mécanismes de transmission MIMO avec feedback limité. Les résultats collaboratifs aux niveaux lien et système ont été présentés lors de la conférence IEEE VTC Spring en mai 2008. Les publications effectuées dans le cadre du projet traitent principalement de l'optimisation des systèmes MIMO OFDMA, en particulier pour l'estimation de canal, pour l'expression du compromis optimal diversité/débit ainsi que pour les techniques avancées de la couche MAC. Un brevet européen a été déposé. Il s'agit d'une nouvelle méthode permettant de déterminer une métrique de qualité du lien MIMO améliorant les performances du récepteur.

Programme « RNRT », édition 2005

Projet RADIC-SF

Des réseaux WiFi plus performants grâce aux communications coopératives



Des solutions pour améliorer le débit et la qualité de service

Les systèmes MIMO, mettant en œuvre des codes spatio-temporels, offrent le meilleur compromis entre débit et fiabilité. Dans ce contexte, une nouvelle configuration de transmission en mode coopératif est proposée par le projet RADIC-SF. L'idée est d'employer d'autres terminaux potentiels comme des « assistants » pour fournir une structure similaire à un système MIMO, que nous avons appelé MIMO virtuel. Il s'agit de concevoir, de développer et de valider une transmission avec relais dans un ensemble de base : source-relais-destination, puis d'étendre ce concept à une liaison quelconque source-relais avec mise à l'échelle.

Mais l'existence d'une couche physique performante n'est pas suffisante pour garantir un débit utile proche au débit théorique, ni une qualité de service pour certain type d'applications comme la vidéo. Pour ce faire, il fallait que les couches supérieures adaptent leurs protocoles à la structure coopérative (pour profiter des informations sur l'état des liens par rapport à l'évanouissement du canal et pour gérer la structure du réseau) et qu'elles partagent ces informations afin d'éviter la perte de ressources (approche « crosslayers »).

Une optimisation inter-couches et validation au niveau système par un démonstrateur matériel

Les contributions théoriques et technologiques peuvent être résumées comme suit :

1. Couche physique : Proposition et validation de nouveaux schémas de codage spatio-temporel dans le cas des systèmes SISO et/ou MIMO, ainsi qu'un schéma de codage généralisé au cas de la coopération multi-sauts.
2. Couche MAC : Nouveau protocole MAC de gestion de la coopération proposé et validé. Ce protocole offre une meilleure exploitation de la coopération (relaying) par la prise en compte de métriques issues de la couche physique (SNR, distance minimale de décodage, coefficients du canal). Par ailleurs un nouvel algorithme d'adaptation de lien dans un contexte coopératif Amplify and Forward a été proposé et validé.
3. Couche de routage : Nouvelle métrique intégrant des informations des couches PHY et MAC a été proposée et validée. Mise en œuvre dans l'algorithme DSR, elle permet la prise en compte du relaying de façon explicite et opportuniste.
4. Validation système. Les algorithmes de codage espace-temps ont été portés sur FPGA de façon à évaluer l'adéquation algorithmes/architectures. Ce passage est nécessaire avant la synthèse d'un circuit ASIC en cours de développement chez COMSIS. Un démonstrateur MAC/PHY WIFI MIMO a été réalisé sous OMNET++ ainsi que sur une plateforme de développement de COMSIS à base de FPGAs.

Le projet « RADIC-SF Réseaux A Diversité de Coopération-Sans Fils » est un projet de développement expérimental coordonné par Comsis. Il associe aussi le Centre d'études et de recherche en informatique du CNAM, Telecom ParisTech, le Laboratoire d'Informatique de Paris 6 et le Laboratoire Images, Signaux et Systèmes Intelligent de l'Université de Paris 12. Le projet a commencé en janvier 2006 et a duré 26 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 968 k€ pour un coût global de l'ordre de 1,9 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Le projet RADIC-SF a conçu et validé des couches : physique, MAC et réseaux adaptées à la coopération dans les réseaux WiFi proposant une nouvelle approche de partage des informations inter couches. Ces travaux ont permis de lever plusieurs verrous théoriques et technologiques et de proposer ainsi une solution intégrée de coopération dans des réseaux WIFI indoor/outdoor avec une gestion de la qualité de service pour les applications multimédia (VoIP, Visio...). Un Chip MAC bande de base WiFi802.11a/b/g/n est en cours de développement.

Production scientifique et brevets

La complémentarité des partenaires a été particulièrement bénéfique et fructueuse dans ce projet multidisciplinaire, permettant une excellente collaboration qui a facilité la mise en perspectives des résultats dans le contexte global et une meilleure compréhension des besoins.

Trois thèses ont été développées pendant le projet et plusieurs publications internationales ont été réalisées dans les différents domaines concernés :

- Cunha, D. O., Duarte, O. C. M. B., and Pujolle, G. - "An Enhanced Routing Metric for Fading Wireless Channels", to appear in IEEE Wireless Communications and Networking Conference - IEEE WCNC 2008, Las Vegas, USA, March/April 2008.
- B. Rouvio and K. Djouani, "Diversity driven cooperation protocol specification and MAC level performance evaluation", accepted for publication in PDCS, 2007, Cambridge, USA.
- C. Pereira, F. Le Pennec, Y. Pousset, R. Vauzelle "Impact of mutual coupling on MIMO channel characteristics according to both propagation context", PIMRC 07, Athènes, 3-7 septembre 2007.
- Application of Cooperative Diversity in 802.11a Ad-hoc Networks, Alexandre Zhao et Jean-Claude Belfiore, 16/08/07, conférence WIMAN, USA.
- M. Badr, J.-C. Belfiore, "Distributed Space-Time Codes for the Amplify-and-Forward Multiple-Access Relay Channel", IEEE International Symposium on Information Theory, Toronto, July 2008.

Programme « RNRT », édition 2005

Projet R2M

Réseaux radios performants pour réseaux de transport

Des métros communicants

L'usager du métro n'en a pas forcément conscience, mais pour garantir la sécurité et une fréquence importante des rames, les trains ont besoin d'une communication continue et sans perte avec des équipements installés au sol. A l'heure du « sans fil » et de l'IP omniprésents, les réseaux radio se sont donc invités dans les tunnels.

Dans un tel environnement, la radio doit s'adapter à des exigences de mobilité fortes. En effet, un train se déplace rapidement : il est donc amené à changer de point d'accès très fréquemment. Les effets de « masquage » (fort affaiblissement de la propagation des signaux radio dû à la présence d'un autre train dans le tunnel) nécessitent le placement d'un grand nombre de bornes radio au sol.

Ce projet introduit la possibilité d'utiliser les trains comme relais, de manière à pouvoir faire face aux effets de masquage et ainsi de pouvoir diminuer significativement le nombre de bornes au sol, avec un niveau de service identique. Le choix de chemin (quelles bornes au sol, ou passage par d'éventuels relais) nécessite un protocole de routage « ad-hoc ». De nombreux protocoles de ce type ont été proposés à l'IETF. Cependant, aucune solution n'était compatible avec nos besoins, car ces protocoles ne supportaient pas des vitesses rapides et, surtout, pouvaient parfois conduire à quelques secondes d'interruption lors d'un changement de topologie.

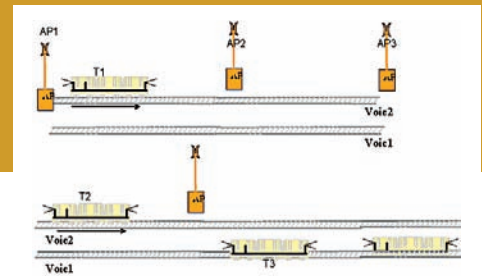
Adaptations du protocole pour la mobilité rapide.

Validation en vraie grandeur

Les travaux de ce projet sont basés sur le protocole de routage ad-hoc OLSR, de l'IETF. La gestion des adjacences, permettant à tout instant de détecter les nœuds voisins avec qui il est possible de communiquer, a dû être modifiée pour supporter la mobilité rapide. Cette gestion s'appuie sur la réception successive de plusieurs messages de contrôle pour valider un lien vers un nœud voisin, et sur la perte de plusieurs messages pour déclarer un lien invalide. A partir des liens valides vus par chaque nœud et d'échanges optimisés entre eux, chacun des nœuds établit de proche en proche une table de routage complète vers n'importe quel point du réseau. L'algorithme OLSR-r2m proposé s'appuie sur un autre critère pour valider/dévalider un lien. Il utilise en particulier les variations du niveau de signal reçu, afin de ne pas attendre de perdre des données pour dévalider un lien. Il est alors possible d'assurer un routage « sans coupure » des flux, même en présence de mobilité ou de masquage.

Cet algorithme a été étudié par simulation puis mis en œuvre sur des routeurs sans-fil réels de LUCEOR.

Un test complet a ensuite été réalisé sur le site d'Orlyval. Trois radios ont été installées au sol et, jusqu'à trois trains ont été équi-



Scénarios de test à un train et à trois trains

pés de radio à leurs deux extrémités. Ainsi la continuité de la transmission a pu être éprouvée et la plupart des situations de croisements de trains et de masquage ont pu être reproduites.

Le projet « R2M Réseau Mesh et Mobilité » est un projet de recherche industrielle coordonné par Luceor. Il associe aussi Siemens Transportation System (STS), le groupe Réseaux Mobilité et Sécurité du département Informatique et Réseaux de Telecom Paris, l'Institut d'électronique Fondamentale du CNRS/Paris Sud-XI. Le projet a commencé en Septembre 2006 et s'est achevé en juillet 2008 : il bénéficie d'une aide ANR de 401 k€ pour un coût global de l'ordre de 953 k€.

IMPACTS

Résultats majeurs

La continuité de la transmission radio sur la zone de test a été démontrée. Les tests ont permis de montrer que les croisements et masquage des trains n'entraînaient pas de coupure de la transmission, mais pouvaient au contraire être utilisés. Des règles de dimensionnement nécessaires au bon fonctionnement des algorithmes ont également été étudiées et proposées par l'ensemble des partenaires. Des techniques permettant de diminuer la quantité d'information de routage dans ce type de réseaux ont également été proposées et analysées.

Production scientifique et brevets

Différents travaux issus du projet ont fait l'objet de présentations dans des conférences internationales [1][2]. Un article a également été publié dans une revue internationale [3].

[1] Husnain Ali, Amina Meraihi Naimi, Anthony Busson, Véronique Vèque. An Efficient Link Management Algorithm for High Mobility Mesh Networks. In proceedings of ACM MobiWAC 2007. October 2007. Crete Island.

[2] Y. Faheem, J.L.Rougier. Loop Avoidance for Fish-Eye OLSR in Sparse Wireless Mesh Networks. to appear in Proceedings of IFIP/IEEE WONS 2009, Snowbird, USA. Feb. 2009

[3] Husnain Ali, Amina Meraihi Naimi, Anthony Busson and Véronique Vèque. Signal Strength based link sensing for mobile Ad Hoc Network. Special Issue of Telecommunication System. Springer. Autumn 2008.

Programme « RNRT », édition 2005

Projet SEMAFOR

Élaboration d'une plate-forme de métrologie, prédiction, planification et optimisation de réseaux cellulaires et de radiodiffusion

Amélioration des outils de métrologie et de planification dans les scénarios de convergence pour les radiocommunications

Les scénarios de convergence pour les radiocommunications sont caractérisés par l'utilisation simultanée et parfois mutualisée de plusieurs réseaux de communication présentant de fortes capacités d'interopérabilité, partageant éventuellement les mêmes fréquences. Ces scénarios de convergence posent des problèmes cruciaux de gestion du spectre radioélectrique, d'ingénierie et de contrôle des réseaux. Ils renouvellent en pratique complètement les besoins en métrologie tout comme en planification et en ingénierie des réseaux. Le projet SEMAFOR s'inscrit directement dans cette perspective et fournira des outils ainsi que des méthodes avancées de prédiction, de planification, et d'optimisation centrées sur des techniques de mesure et des procédés d'évaluation qui seront déclinés au cours du projet.

Il s'agit en particulier de proposer une plate-forme unique (optique « tout en un »), installable dans un véhicule léger, capable de mutualiser les différentes fonctions et procédures nécessaires à appréhender des scénarios de convergence en radiocommunication, et ce sur l'ensemble des formes d'ondes prises en charge (UMTS, DVB, WiMAX, GSM...).

Mise en œuvre des techniques de traitement d'antenne et développement de modèles comportementaux des terminaux

Pour faire face aux environnements radioélectriques en perpétuelle évolution et qui deviennent de plus en plus complexes de par la multiplicité des services radio et des applications sans fil, les opérateurs et les régulateurs ne disposent le plus souvent que d'un choix limité d'équipements de métrologie proposés par les industriels du domaine, basés sur la même technologie que les terminaux. Ces équipements sont de ce fait trop limités en performances et ne permettent pas d'établir un diagnostic fiable de situations d'interférences ou de conditions de propagation difficiles. Le démonstrateur Semafor met en œuvre des techniques d'antennes intelligentes pour la détection, l'identification, l'estimation des paramètres physiques (niveau reçu et canal de propagation) et la localisation des émetteurs en milieu urbain dense.

Le projet vise également à améliorer les outils de prédiction de capacité et de qualité de service utilisés par les équipes de planification des réseaux. A cette fin, il développe des modèles comportementaux de terminaux, basés sur des métriques et des méthodes de simulation adaptées à chacune des normes prises en charge, qui permettent de prendre en compte de manière réaliste les para-

mètres radio qui impactent le comportement « physique » des réseaux. Dans ce contexte, l'exploitation des mesures terrain effectuées par le démonstrateur permet un calibrage des métriques développées ainsi que des outils de prédiction de propagation, dont l'intérêt et les performances seront étudiés au cours du projet.



Semafor développe un démonstrateur permettant de remplir les besoins de métrologie et de planification d'un opérateur.

Le projet « SEMAFOR Système d'Evaluation par une Métrologie Avancée des Formes d'Ondes et des Réseaux » est un projet de recherche industrielle coordonné par Thales Communications. Il associe aussi TDF, France Telecom R&D, Eurecom et une PME, Siradel. Le projet a commencé en mars 2006 pour une durée de 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 762 k€ pour un coût global de l'ordre de 2,1 M€.

IMPACTS**Résultats majeurs**

Le projet a permis le développement de techniques d'antennes intelligentes permettant un diagnostic précis du fonctionnement des réseaux UMTS, DVB et WiMAX : identification des interférences dans une dynamique de 20 à 30 dB, mesures de désynchronisation temporelle ou fréquentielle d'un émetteur, etc.

Le second résultat concerne le développement de modèles comportementaux de terminaux dans les outils de planification réseau. Enfin, le mixage des mesures et des simulations permet un calibrage du modèle de prédiction de propagation et des modèles comportementaux des terminaux.

Production scientifique et brevets

Plusieurs papiers ont été publiés par Eurecom (congrès...) décrivant les différentes techniques de localisation potentiellement utilisables dans un milieu urbain dense.

Un papier a été publié au congrès PIMRC'08 décrivant les résultats des mesures du canal de propagation effectuées sur un réseau DVB à Metz et du calibrage du modèle de propagation.

Programme « Télécommunications », édition 2006

Projet CAPRIFEC

Les codes FEC applicatifs, ou comment reconstruire l'information perdue

Fiabiliser les transferts de données de bout en bout

L'évolution sociétale vers les applications nomades, connectées à tout moment, de partout, passe en général par des communications sans fils, soulevant la question de la fiabilité des transmissions. Une technique permettant d'atteindre cette fiabilité repose sur l'usage de « codes correcteurs d'effacements », ou FEC, qui constituent l'objet d'étude du projet CAPRI-FEC. Grâce à la redondance ajoutée par l'émetteur au flux de données, un certain nombre de paquets perdus lors de la transmission peuvent être reconstruits par le terminal mobile (ou plus généralement par le récepteur, qu'il soit mobile ou non).

Ces techniques FEC sont devenues une pièce essentielle, au cœur d'enjeux commerciaux (dans les standards de la télévision mobile personnelle par exemple, DVB-H/SH) et stratégiques (les domaines spatial et militaire sont bien évidemment intéressés). La dimension sociétale est également présente, puisque ces codes peuvent aider au déploiement d'infrastructures à bas coût pour les pays émergents, ou bien être intégrés à des outils du domaine du libre, que ce soit pour le Pair-à-Pair, ou pour des outils de synchronisation de serveurs web, ou de stockage distribué, ou de transmission vidéo robuste, ou encore de fiabilisation de supports de stockage.

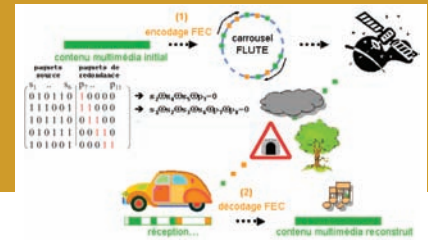
L'ambition du projet CAPRI-FEC est de contribuer au domaine en proposant des solutions performantes, standardisées et libres de droits. Le caractère libre des technologies proposées est en effet seul à même de diminuer le coût de fabrication des équipements, de permettre une dissémination plus rapide des produits, et de contribuer à la constitution d'un ensemble de techniques librement accessibles.

Le projet CAPRI-FEC s'intéresse donc aux « codes correcteurs d'effacements »

qui par la redondance ajoutée au flux permet au récepteur de reconstruire les paquets manquants. Ces codes sont typiquement implantés dans les couches supérieures de la pile de communication TCP/IP (les protocoles régissant les échanges sur Internet), d'où leur nom de « codes de niveau applicatif ». Ils peuvent également être utiles plus bas dans les couches, par exemple au niveau « liaisons de données », comme c'est le cas dans les standards de la télévision mobile personnelle. En revanche ces codes sont différents de, et complètent, les codes que l'on trouve sur la couche physique, qui eux ont pour rôle de corriger des erreurs de transmission (ainsi un bit qui passe de 1 à 0 du fait de perturbations extérieures).

Concevoir des codes efficaces, capables de récupérer de façon optimale les informations manquantes est essentiel. Un objectif de CAPRI-FEC est clairement de proposer des codes s'approchant le plus possible de codes idéaux, qui ne sont pas nécessairement utilisables du fait d'une complexité algorithmique trop importante.

Mais disposer de codes proches des bornes optimales n'est pas suffisant. Il faut également disposer d'implantations efficaces, que ce soit à l'encodage (côté émetteur, afin de produire la redondance) ou



Cette figure montre une application de diffusion de contenus audio (bibliothèque de contenus numériques) à destination de véhicules, via un système de transmission sous forme de carrousel, qui diffuse l'ensemble des contenus durant un laps de temps suffisant pour que la plupart des récepteurs aient l'opportunité de les récupérer. Les transmissions doivent bien sûr faire face aux aléas inhérents à ce type de scénario, liés à l'environnement.

La matrice d'encodage des codes LDPC utilisés est également représentée et montre les relations à partir desquelles on peut (étape 1) soit générer les paquets de redondance (notés p7 à p1) en fonction des paquets source (notés s1 à s6) durant l'encodage, soit (étape 2) recréer les paquets source durant le décodage en résolvant un simple système d'équations linéaires.

au décodage (côté récepteur, afin de reconstruire les données originales). Le décodage est souvent un aspect critique, puisqu'il s'exécute potentiellement sur des équipements nomades ou embarqués, disposant des faibles ressources systèmes (mémoire et CPU). Cette problématique doit donc être considérée dès le départ.

Enfin, chaque champ d'application est caractérisé par des contraintes spécifiques, et les solutions à apporter ne seront pas nécessairement les mêmes. Aussi est-il essentiel d'identifier les conditions d'utilisations optimales de chaque technologie (à savoir les couples {code; implantation}) afin de les utiliser au mieux de leurs capacités.

Le projet « CAPRIFEC Design and Analysis of Application-Level Forward Error Correction (AL-FEC) Codes and Application to Mobile Communications » est un projet de recherche industrielle coordonné par l'INRIA. Il associe aussi l'ENSICA, le CEA-LETI, ST Microelectronics et Eutelsat. Le projet a commencé en mars 2007 pour une durée de 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 863 k€ pour un coût global de l'ordre de 2,2 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Les codes LDPC sur lesquels certains des partenaires CAPRI-FEC travaillent depuis quelques années ont été standardisés en juin 2008 (RFC 5170) par l'IETF, l'organisation qui développe les protocoles de l'Internet. En parallèle, il a été montré que ces codes peuvent s'approcher très près de codes idéaux dans de nombreuses situations, tout en ayant de faibles coûts de traitement. Ces résultats font de ces codes, libres de droits, et du codec open source diffusé en parallèle, une solution crédible pour de nombreuses situations. D'autres développements sont en cours, concernant d'autres méthodes de construction de codes ainsi que des algorithmes de décodage plus efficaces.

Le projet CAPRI-FEC entend contribuer au déploiement des codes FEC applicatifs dans des domaines aussi variés que la télévision mobile personnelle, le stockage de données (distribué ou non), la diffusion vidéo, ou le transfert entre serveurs.

Enfin, le consortium travaille sur une stratégie dans le but de créer une structure de soutien économique de ces technologies prometteuses, structure capable également d'accompagner les déploiements industriels et d'en assurer la promotion.

Programme « Télécommunications », édition 2006

Projet DITEMOI

Robustesse et efficacité pour la diffusion de contenu sur liens Internet sans fil

Une meilleure qualité de service pour l'Internet mobile

Après s'être converti à la navigation sur Internet, ce qui a amené une utilisation de plus en plus fréquente de site web comme source principale d'information, le grand public s'intéresse de plus en plus aux applications multimédia, par exemple pour télécharger la dernière vidéo à la mode sur tel ou tel réseau social. Il est intéressant de voir que ces applications, tant web « standard » que multimédia sont maintenant portées vers des plateformes sans fil à la demande des utilisateurs qui n'envisagent plus de vivre sans connexion à Internet. L'heure de l'Internet mobile semble pourtant encore loin, lorsque l'on prend en compte les contraintes d'hétéro-généité de canaux de transmission, de fiabilité, de qualité et de délai qui sont nécessaires pour satisfaire pleinement aux nouveaux besoins applicatifs. L'enjeu économique est majeur pour autant, et la communauté scientifique travaille activement à relever les défis pratiques et théoriques de telles transmissions.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le travail du projet DITEMOI dont l'objectif est l'amélioration de la robustesse et de l'efficacité du téléchargement et de la diffusion de contenu sur les liens Internet sans fil.

Diversité et codage conjoint pour une plus grande robustesse

Le projet DITEMOI propose d'étudier différents axes d'amélioration, complémentaires entre eux, dont l'objectif commun est l'augmentation de la robustesse face aux pertes et erreurs qu'une transmission dans un milieu non parfait entraîne.

Le premier axe correspond à l'introduction combinée de techniques de diversité pour lutter contre les erreurs et les évanouissements sur le canal sans fil, soit par utilisation d'antennes multiples, au niveau de la couche accès radio, suivant en cela l'approche proposée par le standard IEEE 802.11n, soit par utilisation d'un routage et distribution protégée au niveau transport au moyen de la nouvelle génération de codes correcteurs dits codes Fontaines, qui se révèlent notamment intéressants dans le cas de transmissions multi-point à multi-point.

Le second axe correspond à l'emploi de techniques de codage conjoint pour adapter le contenu aux liens et protocoles de transport considérés, et ainsi permettre d'utiliser toute redondance existante dans le flux pour améliorer son décodage et finalement la qualité perçue par l'utilisateur.



Architecture de routage hybride filaire/sans fils avec serveurs et pairs

Le projet « DITEMOI Diffusion et Téléchargement sur lien Mobile Ip » est un projet de recherche industrielle coordonné par THALES. Il associe aussi COMSIS, TELECOM ParisTech et le LSS. Le projet a commencé en novembre 2007 pour une durée de 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 600 k€ pour un coût global de l'ordre de 1,7 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Les résultats qui sont espérés dans le cadre de DITEMOI sont de deux types : tout d'abord des études reposant sur une chaîne de simulation globale de type (point, multi-point) vers (point, multi-point) sur un lien IPv6 montreront l'intérêt des techniques de diversité et de codage conjoint retenues et les gains qui peuvent en être attendus. Dans un second temps, un démonstrateur sera réalisé par les partenaires du projet, ce démonstrateur ayant pour objet de montrer la diffusion de contenu sur une architecture hybride filaire/sans fil 802.11n en deux étapes :

- visualisation d'une page HTML décompressée avec décodage robuste aux erreurs après téléchargement, proposant essentiellement un texte et incorporant éventuellement des images décrivant les possibilités de diffusion vidéo (streaming) disponibles ;
- visualisation d'une vidéo (clic sur l'un des choix proposés à l'étape 1).

Production scientifique et brevets

Un brevet a été déposé qui permet d'améliorer la robustesse de la transmission en insérant des en-têtes compressées robustes pour des paquets IP. Différentes actions de dissémination ont été engagées, avec pour cette première année du projet déjà un article de revue et trois papiers présentés dans des conférences internationales. Enfin, la première version de la carte 802.11n réalisée par COMSIS a été montrée lors du Consumer Electronic Show 2008 de Las Vegas.

Programme « Télécommunications », édition 2006

Projet ORIANA

L'utilisation de relais coopératifs pour améliorer les communications sans fil

Renforcer la diversité dans le canal de propagation

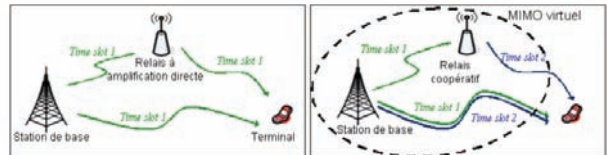
Aujourd'hui, les réseaux sans fil comme le WiMAX ou le futur standard LTE semblent être les solutions adéquates pour fournir un accès haut débit avec la meilleure qualité de service. Le problème bien connu de ce type de réseau cellulaire reste la connectivité en mode haut débit quelle que soit la position de l'utilisateur dans la cellule (problème d'ubiquité), en particulier en environnement « indoor ».

Pour répondre à ce défi, le projet ORIANA propose de déployer des relais intelligents, associés à des techniques de coopération. En renforçant ainsi la diversité du canal de propagation, il est possible d'améliorer les performances des réseaux sans fil WiMAX.

Le projet ORIANA propose une double innovation dont l'impact industriel se situe à court et moyen termes. A court terme, en plus d'éprouver les techniques développées sur un standard émergent et prometteur, la conception d'un relais fonctionnant en mode TDD ("Time Division Duplex") est un challenge technologique important pour les partenaires industriels. A moyen terme, les techniques coopératives développées par les laboratoires sont prometteuses.

Développer des outils de conception puissants : du banc de simulation système complet et réaliste au démonstrateur performant. Le projet ORIANA s'appuie sur le développement d'un outil de simulation système prenant en compte de bout en bout la chaîne de communication. L'ensemble des matériels protocolaires, standards, de propagation ou radio fréquences sont modélisés dans des environnements réalistes. En particulier, ORIANA analyse le contexte difficile des transmissions Outdoor-to-Indoor (O2I). En ce sens, les modèles caractérisant les canaux de propagation sont issus à la fois de mesures sur terrain et de simulations électromagnétiques 3 D.

L'originalité du projet réside dans la réalisation d'un démonstrateur expérimentant les communications avec relais selon deux axes : l'un associe des traitements numériques à base de codage spatio-temporels et de protocoles de relayage développés par les partenaires et l'autre porte sur de l'amplification directe. D'un point de vue radiofréquences, une architecture de relais supportant un mode TDD fait apparaître des verrous technologiques se traduisant par des caractéristiques ambitieuses d'isolation et la nécessité d'une synchronisation solide entre liens montants et descendants.



(a) Relais simple à amplification directe : diversité par enrichissement du canal
(b) Relais en mode coopératif : diversité supplémentaire liée au codage

Le projet « ORIANA Optimisation de Réseaux Interopérables sans fils à base de systèmes multi-Antennes et de relais coopératifs » est un projet de recherche industrielle coordonné par Radiall Systems. Il associe aussi le CEA-LETI, la PME ETSA, France Telecom R&D, CISTEME, l'Université de Limoges XLIM et TELECOM ParisTech. Le projet a commencé en mars 2007 pour une durée de 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 970 k€ pour un coût global de l'ordre de 2 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

A mi-parcours, une campagne de mesures a permis de conforter et raffiner les modèles de canaux issus du projet IST WINNER utilisés dans les chaînes de simulation. Cette campagne s'est concentrée sur les canaux Outdoor-to-Indoor (O2I) en environnement macrocellulaire urbain, où la visibilité directe entre la station de base et le bâtiment contenant le terminal est rare. Elle a montré que la diversité fréquentielle et spatiale du canal de propagation O2I est très proche de celle en Outdoor-to-Outdoor.

D'un point de vue protocole et traitements numériques, une première étude a évalué les performances de techniques coopératives de type Alamouti et les a comparées à celles de liens sans relais. Il a été montré que le type de protocole de relayage "Amplify and Forward" fournit des résultats comparables au "Decode and Forward" pour des complexités technologiques et coûts moindres. Des premiers line-up radiofréquences ont été proposés en conséquence.

Production scientifique et brevets

Depuis le début du projet, six communications internationales et un article IEEE ont été acceptés. Ils traitent notamment de la réduction de la complexité de codes spatio-temporels robustes à l'asynchronisme, des caractérisations de canaux Outdoor-to-Indoor, d'antennes multi-bandes à diversité, de la valorisation des démonstrateurs WiMAX – OFDM.

Programme « Télécommunications », édition 2006

Projet WINEM

Un réseau WiMAX plus performant face à la mobilité et en présence d'autres systèmes

De nouveaux protocoles qui feront la différence en termes de débit, couverture, qualité-de-service (QoS) et qui optimisent l'interopérabilité avec d'autres systèmes (3GPP LTE, HSDPA, etc.)

La norme IEEE802.16 plus connue sous son nom commercial WiMAX définit les réseaux d'accès sans fil large bande métropolitains et permet d'atteindre des débits de plusieurs dizaines de Mbps sur des rayons de couverture de quelques dizaines de kilomètres. WiMAX est envisagé pour transmettre aussi bien des données que des applications interactives temps réel, type voix ou vidéo. Pour supporter ces différents types de service, la norme laisse toutefois une certaine liberté aux constructeurs et aux opérateurs pour définir leurs propres protocoles qui permettront de différencier la QoS.

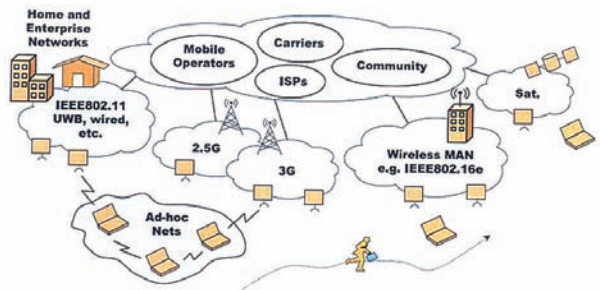
Dans ce contexte, nous proposons des mécanismes intervenant au niveau de différentes couches qui permettent d'améliorer la qualité de service. Nous jouons ainsi sur le scheduling, le contrôle d'admission, la gestion de la mobilité, etc. Le multihoming, qui est la possibilité pour un terminal de se connecter simultanément à plusieurs technologies est également envisagé, comme degré de liberté supplémentaire dans la gestion de la ressource.

Grâce à ces mécanismes, il est possible de fournir un niveau de qualité de service maîtrisé, indépendamment de la localisation et du degré de mobilité du terminal, et de son voisinage.

Des outils innovants au service de l'optimisation : théorie de l'information, théorie des jeux

Afin d'optimiser les performances du système, nous utilisons différents concepts de capacité qui peuvent s'étendre de manière dynamique à différentes couches, de la couche physique à la couche transport. Ces métriques de capacité peuvent ainsi tenir compte de la localisation du terminal dans la cellule (pour assurer une couverture totale), le type de trafic transmis et la qualité de service associée.

Pour éviter les problèmes d'échelle et afin de s'adapter aux architectures de réseau d'accès radio futures qui vont en se simplifiant, nous cherchons à effectuer une optimisation distribuée de l'allocation de ressource qui évite d'accumuler la complexité en un nœud central. Pour cela, nous nous servons d'outils innovants tels que la théorie des jeux qui permet de modéliser les interactions entre les différents acteurs du réseau. La théorie des jeux peut ainsi être exploitée dans le cadre du multihoming afin de répartir au mieux la charge sur les différents réseaux d'accès en présence, ou pour améliorer les mécanismes de handover d'un réseau à l'autre.



Le projet « WINEM : WiMAX Network Engineering and Multihoming » est un projet de recherche industrielle associant Orange Labs à des partenaires académiques : l'Institut Telecom Sud-Paris, l'Institut Telecom Bretagne, l'INRIA/MAESTRO et l'IRISA (UMR 5506 et UMR 6074), le Laboratoire Informatique d'Avignon et Eurécom. Le projet a commencé en janvier 2007 pour une durée de 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 1 M€ pour un coût global de l'ordre de 2,9 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Une grande partie de ce projet est consacrée à la mobilité intra-cellulaire et inter-cellulaire. Nous avons défini des nouveaux algorithmes de contrôle d'admission qui garantissent la qualité de service pour chaque mobile indépendamment de sa position dans la cellule et de l'état de son canal. Pour mieux garder une bonne stabilité de ces mécanismes, nous avons intégré un ordonnancement prioritaire qui donne une priorité absolue aux appels en cours en cas de handover intra-cellulaire ou inter-cellulaire par rapport aux nouveaux appels.

Dans le cadre de multihoming, nous avons utilisé des outils innovants tels que la théorie des jeux et la tarification pour modéliser les interactions entre les différents acteurs du réseau. Cela nous permet de mieux équilibrer la charge de trafic et de simplifier les mécanismes de handover vertical. Dans le même sens, nous avons étudié une nouvelle architecture pour étendre la couverture de WiMAX par un réseau ad-hoc.

Production scientifique et brevets

Plus de 20 articles en conférences internationales avec comité de lecture comme INFOCOM et SIGMETRICS entre autres, 3 articles en revues internationales, plusieurs autres soumis ou en cours de rédaction.

De plus, notre travail sera publié très prochainement dans les deux premiers chapitres du livre « Radio Resource Management in WiMAX » des éditions Wiley et Iste.

Programme « Télécommunications », édition 2007

Projet APOGEE

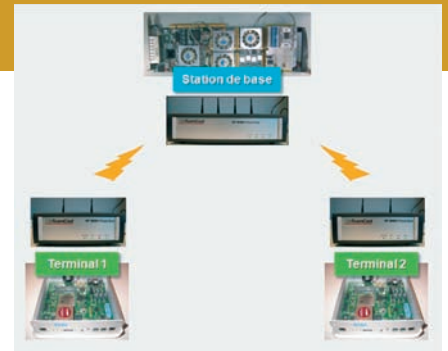
Vers des réseaux cellulaires plus flexibles, performants et adaptés aux besoins des utilisateurs

Optimisation des performances du lien montant des réseaux cellulaires d'après troisième génération

Avec déjà plus de 150 millions d'abonnés aux réseaux de troisième génération (UMTS), l'organisme de standardisation 3GPP a lancé dès 2004 l'étude d'une nouvelle évolution de l'UMTS (LTE pour Long-Term Evolution) visant à répondre à l'accroissement constant du trafic ainsi qu'à la diversification des services à supporter. Une première version de cette norme dite d'après troisième génération a été figée en décembre 2008 pour un premier déploiement attendu en 2010/2011. Eu égard à la nature et à l'ampleur des ruptures technologiques incluses dans la norme LTE, plusieurs évolutions sont d'ores et déjà planifiées. Le projet APOGEE (Analyse et optimisation des systèmes d'après 3ème génération) vise précisément à proposer, étudier et valider sur plateformes logicielle et matérielle des techniques innovantes pour l'amélioration de la transmission en voie montante, c'est-à-dire des terminaux mobiles vers la station de base. Ce projet fait suite au projet OPUS (Optimisation des futures évolutions de l'UMTS) qui étudiait plus précisément la transmission en voie descendante.

Optimisation des performances par amélioration combinée des techniques de transmission et d'accès au réseau

Au niveau lien, l'optimisation du système LTE concerne essentiellement les techniques à antennes multiples (MIMO) et le codage de canal. Sont aussi considérés au niveau système, l'optimisation de l'allocation de ressources, l'optimisation conjointe des liens montant et descendant, l'ordonnancement entre les utilisateurs ainsi que le contrôle de puissance. En parallèle des traditionnelles études et simulations, le projet APOGEE inclut le développement d'un prototype temps réel dans le but de valider un sous-ensemble des solutions innovantes identifiées. Le démonstrateur inclut des têtes radiofréquences à antennes multiples (4 en réception et 2 à l'émission), l'ensemble des traitements numériques du couple émetteur/récepteur ainsi qu'une couche d'accès avec mise en œuvre de mécanismes d'adaptation dynamique de lien et de répétition automatique hybride. Ces travaux permettront ainsi de vérifier l'adéquation entre les objectifs du 3GPP/LTE et les moyens nécessaires pour les atteindre.



Synoptique général du démonstrateur APOGEE avec deux terminaux mobiles et une station de base

Le projet « APOGEE Analyse et oPTimisatiOn des systèmes d'après 3ème GEnEratiOn »

est un projet de développement expérimental coordonné par Mitsubishi Electric ITE-TCL. Il associe aussi le CEA-LETI, France Télécom Rennes, l'Institut EURECOM, l'École Supérieure d'Electricité (SUPELEC), Teamcast. Le projet a commencé en 2008 pour une durée de 26 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 878 k€ pour un coût global de l'ordre de 2,2 M€.

IMPACTS**Résultats majeurs**

Le premier résultat marquant du projet est la définition des spécifications fonctionnelles et matérielles du démonstrateur. Cinq algorithmes avancés ont été retenus, à savoir deux schémas de codage avancés, un schéma MIMO à diversité, une technique de précorrection adaptative des imperfections RF à l'émission et un schéma d'adaptation de lien. Un autre résultat marquant est la décision prise par l'ensemble des partenaires de développer une chaîne de simulation commune qui est actuellement en cours d'intégration dans sa version de base. Le développement du terminal mobile est en cours avec la mise en fabrication du circuit intégré MAGALI et de la carte électronique associée. De même, le développement de la station de base et des têtes RF a été initié. En parallèle, des études d'algorithmes avancés ont débuté chez certains partenaires, donnant lieu à plusieurs publications.

Production scientifique et brevets

Quatre papiers ont été publiés depuis le lancement du projet. Une première publication a été présentée à la conférence ISSSTA'08 sur les performances de décodeurs MIMO itératifs. Un autre papier a été publié pour la conférence ITA'08 sur l'analyse de la capacité asymptotique de canaux dispersifs. D'autres résultats théoriques concernant cette fois la capacité des canaux MIMO ont été présentés à la conférence ICC'08. La dernière publication présentée à la conférence ISIT'08 introduit un nouveau codage spatio-temporel pour une voie de retour analogique.

Programme « Télécommunications », édition 2006

Projet ORMAC

Techniques d'accroissement de capacité pour réseaux cellulaires 4G

Amélioration de la qualité de services et diminution du coût du bit transporté

Les systèmes de télécommunications cellulaires du futur s'orientent vers des débits de plus en plus élevés. Ainsi WiMAX et 3GPP LTE, technologies éligibles pour la 4G, annoncent d'ores et déjà des débits théoriques pouvant atteindre plusieurs centaines de Mb/s dans une cellule.

Pour répondre à cette demande, dans un contexte où les ressources fréquentielles sont rares et donc coûteuses, et offrir aux utilisateurs un service de bonne qualité (en termes de débit/couverture), au meilleur prix, l'efficacité spectrale des systèmes de transmission doit être optimisée.

A cet effet, WiMAX et 3GPP LTE mettent en oeuvre des méthodes d'accès innovantes, et proposent l'usage de techniques multi-antennes ou MIMO (Multiple-Input, Multiple-Output). Cependant, en dépit des gains importants en capacité qu'elles procurent, ces dernières posent des problèmes environnementaux, car elles imposent une multiplication des antennes sur le toit des habitations et un redéploiement du réseau.

Le projet ORMAC vise à étudier et proposer une démonstration de concept de techniques, compatibles avec les infrastructures cellulaires actuelles, permettant d'accroître la capacité des réseaux 4G, tout en garantissant une qualité de service équitable sur l'ensemble de la cellule, dans un contexte de réutilisation agressive des fréquences.

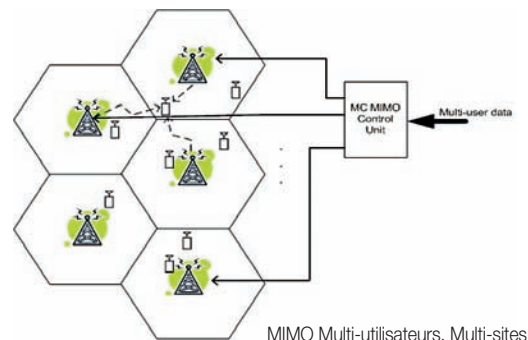
Des modes d'accès innovants adaptés aux conditions d'interférences et de propagation difficiles

Les techniques proposées dans ORMAC devront respecter les contraintes imposées par les infrastructures cellulaires, en vue d'un déploiement réseau. Notre recherche se portera donc sur des algorithmes distribués, minimisant la signalisation inter-cellules.

Différentes solutions d'accroissement de capacité seront étudiées, parmi lesquelles les techniques MIMO virtuel, telles que le MIMO multi-site, qui traite conjointement le signal provenant de plusieurs cellules et le MIMO mono-antennaire à diversité temporelle et fréquentielle. Nous proposerons également des mécanismes de réduction d'interférences (inter et intra-cellulaires) basés sur une connaissance imparfaite du canal de propagation à l'émission : pré-codage MIMO à signalisation réduite et réutilisation fractionnelle de sous-porteuses.

On montrera par ailleurs comment l'allocation de ressources OFDMA en voie descendante peut être optimisée de façon à assurer une qualité de service équitable sur l'ensemble de la cellule.

Toutes ces techniques seront validées par simulation, sur un modèle de canal réaliste issu de mesures réalisées lors d'une phase de sondage de canal et les plus prometteuses seront intégrées dans un démonstrateur de transmission temps réel WiMAX.



MIMO Multi-utilisateurs, Multi-sites

Le projet « ORMAC Optimisation des Réseaux Mobiles par Accroissement de la Capacité » est un projet de recherche industrielle coordonné par Thales. Il associe aussi le laboratoire ETIS du CNRS, l'Institut EURECOM, la PME ETSA et SFR. Le projet a commencé en avril 2007 pour une durée de 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 763 k€ pour un coût global de l'ordre de 1,9 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

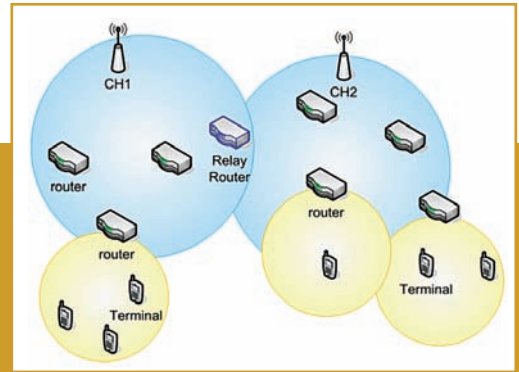
Les campagnes de mesures de sondage de canal, réalisées à l'aide d'un sondeur MIMO OFDM mis au point dans le cadre du projet, ont permis de caractériser finement le canal de propagation et d'orienter l'étude des techniques d'accroissement de capacité en tenant compte des particularités des environnements cibles dans les bandes de fréquences visées, spécifiées par l'opérateur. Le démonstrateur de transmission permettra d'évaluer l'accroissement de capacité effectif obtenu sur le terrain par l'utilisation des techniques innovantes développées au cours du projet.

Production scientifique et brevets

Une importante action de dissémination a été engagée dans le cadre du projet ORMAC. Au total sept papiers ont fait l'objet de présentations en conférences internationales avec actes, un article a été accepté en revue internationale avec comité de lecture et un autre est actuellement en cours de soumission. Parmi ces neuf articles, cinq concernent les problématiques d'allocation de ressources OFDMA en voie descendante et quatre traitent de mécanismes de réduction de signalisation pour le MIMO multi-utilisateurs.

Programme « RNRT », édition 2005

Projet AIRNET

Vers un accès à Internet sans fil,
en tous temps et en tous lieux...

Architecture AIRNET à base de clusters

Une infrastructure d'interconnexion sans fil

L'objectif du projet est d'étudier comment concevoir et mettre en œuvre une infrastructure d'interconnexion fondée entièrement sur des réseaux locaux sans fil opérant dans une bande de fréquence publique. La motivation pour le projet vient de l'observation que des réseaux de type WiFi sont déployés graduellement dans des endroits à grande densité de population et offrent une technologie d'accès à l'Internet à travers des points d'accès. Pour l'instant il n'y a ni coordination ni collaboration entre zones couvertes : par exemple des points d'accès d'opérateurs différents ne communiquent pas entre eux. Imaginons une infrastructure d'interconnexion dans laquelle un nouveau point d'accès rejoint dynamiquement un ensemble de points déjà existants en participant au relaiage multi-sauts de paquets pour étendre la zone de couverture. Les éléments de base de cette architecture peuvent être des points d'accès WiFi au sens traditionnel, mais aussi certains hôtes mobiles qui souhaitent prendre une part active dans la communication. L'infrastructure spontanée des réseaux sans fil devient alors le cœur du réseau d'interconnexion et fournit à l'utilisateur un service de communication mobile banalisé.

Repousser les limites des technologies et des protocoles

Les réseaux locaux sans-fil sont largement basés sur la technologie 802.11 (WiFi), dont les limites sont bien connues : portée limitée, sensibilité aux interférences, débit variable selon les conditions de transmission, inéquité... Les moyens de mieux exploiter cette technologie, et si possible de l'améliorer sont un des enjeux majeurs du projet. Par ailleurs, l'Internet est basé sur des protocoles adaptés à des transmissions filaires où les notions de distance et de localisation géographique sont peu pertinentes : deux machines géographiquement proches peuvent être lointaines pour le réseau s'il n'existe pas de fil entre elles... Il en va différemment avec les réseaux sans-fil, où l'information la plus utile et facile à obtenir est la localisation géographique des éléments du réseau : le routage et l'adressage doivent donc être reconsidérés pour permettre la prise en compte de ces données. Le projet a développé deux nouvelles technologies d'accès (niveau MAC) et de routage (niveau réseau). La première propose un routage géographique à large échelle à base d'un partitionnement binaire de l'espace d'adressage (Binary Waypoint Geographical Routing). Il est couplé avec une méthode d'accès au canal radio qui utilise le changement dynamique des canaux pour améliorer les performances du relaiage de paquets. Elle modifie la méthode standard 802.11 en organisant les rôles des

nœuds dans un réseau maillé selon le principe du MAC Moleculaire. La deuxième technologie emprunte une voie différente, celle de la méthode MAC fondée sur le multiplexage temporel (TDMA) et l'organisation du réseau maillé en clusters des nœuds contrôlés par un nœud superviseur. Un autre aspect du projet construit sur ces deux technologies une abstraction des communautés logiques qui coopèrent de manière approchée.

Le projet « AIRNET Mobilité et Interopérabilité dans une Infrastructure Sans Fil » est un projet de recherche industrielle coordonné par Laboratoire d'Informatique de Grenoble- Institut d'informatique et de Mathématiques appliquées de Grenoble. Il associe aussi FRANCE TELECOM, Institut Eurecom, Laboratoire Lorrain de Recherche en Informatique et ses Applications, Laboratoire d'Informatique de Paris 6, THALES COMMUNICATIONS, Laboratoire des Sciences de l'Image, de l'Informatique et de la Télédétection, OZONE. Le projet a commencé en juin 2006 et dure 42 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 1,2 M€ pour un coût global de l'ordre de 3,5 M€.

IMPACTS**Résultats majeurs**

Conception de :

- mécanismes pour la création des communautés spontanées opérant un réseau sans fil maillé
- architecture de réseaux maillés à base de clusters
- architecture de réseaux maillés à base de routage géographique
- protocoles de mobilités avancés
- mécanismes d'inter-couches pour l'optimisation de performances
- protocoles d'administration de réseaux maillés
- applications de localisation

Production scientifique et brevets

Les résultats du projet Airnet ont fait l'objet d'une quarantaine de publications dans des conférences internationales, et de cinq publications dans des revues internationales (dont plusieurs à paraître), par exemple :

- P. Antoniadis et al. "Community building over Neighborhood Wireless Mesh Networks", IEEE Technology and Society Magazine, 2008.
- H. Aiache et al. "XIAN Automated Management and Nano-Protocol to Design Cross-Layer Metrics for Ad hoc Networking", IFIP Networking 2008. Singapore - May 2008.
- U. Javaid et al. "Distributive Adaptive Gateway Discovery Scheme for Hybrid Wireless Networks". Proceedings of IEEE WCNC 2008, mai 2008.

Programme « Télécommunications », édition 2007

Projet 3MING

La mobilité sur tous les fronts

Utiliser toutes les ressources radio disponibles

L'apparition de nouvelles technologies sans-fil (WiMAX, LTE) qui viennent enrichir le paysage existant (Wi-Fi, GSM/GPRS, UMTS) s'accompagne de l'intégration dans les terminaux de plusieurs de ces technologies.

Une fois un terminal équipé de plusieurs interfaces, il devient possible d'utiliser simultanément les différentes interfaces et non simplement de basculer de l'une à l'autre.

Un des objectifs du projet 3MING est de développer des solutions de gestion du multi-homing, c'est-à-dire les solutions permettant la gestion des sessions parallèles, la redirection opportuniste de sessions, la sélection d'interface et le partage de charge.

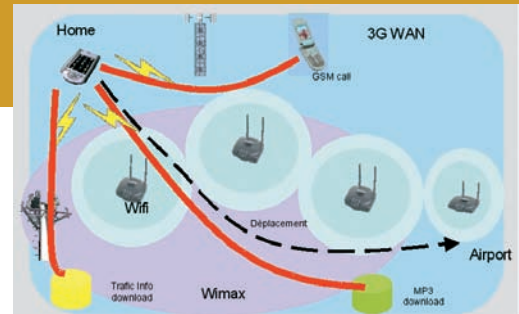
De plus, le projet 3MING vise le développement des mécanismes de gestion de mobilité dans un contexte multi-homé. En effet, les solutions de gestion de mobilité existantes ne sont pas capables de supporter une utilisation simultanée et différenciée d'une multitude de technologies d'accès.

Afin d'assurer un handover sans couture dans un contexte multi-homé, un objectif du projet 3MING est de proposer des solutions d'optimisation de la mobilité incluant les problématiques de sécurité d'identification, d'authentification, et de sécurisation des communications. Une plate-forme d'étude intégrant, évaluant et validant les fonctions innovantes de multi-homing et mobilité sera déployée.

Gérer conjointement les différentes connexions sans-fils

Le multi-homing dans le cadre de la mobilité des terminaux est complexe car il nécessite des mécanismes capables de gérer et de supporter les changements constants des interfaces disponibles. L'hétérogénéité des solutions proposées, agissant à des niveaux différents (couche 2 à 7), est révélatrice d'un manque de maturité des travaux sur le multi-homing pour les terminaux mobiles (parfois jusque dans la façon de concevoir le multi-homing). Assurer un handover transparent pour des terminaux multi-homés à travers des réseaux hétérogènes constitue également un défi majeur car, d'une part, les réseaux d'accès ont des caractéristiques très différentes en termes de qualité de service, bande passante et sécurité, et d'autre part, la multiplicité des interfaces nécessite une gestion appropriée et des solutions adaptées.

Les protocoles de gestion de mobilité existants ne sont pas capables de supporter une utilisation simultanée et différenciée d'une multitude de technologies d'accès.



Mobilité et multi-homing dans un réseau

Notons également que le multi-homing introduit des problématiques supplémentaires au niveau sécurité, puisque plusieurs adresses associées au terminal multi-homé changent suite à son déplacement, et les opérations d'authentification doivent en tenir compte.

Le projet « 3MING Mobilité Multi-technologie Multi-homING » est un projet de recherche industrielle coordonné par Alcatel-Lucent. Il associe aussi le LIP6, Telecom Paris Tech, Orange Lab, Telecom Management Paris Sud et Bearstech. Le projet a commencé en décembre 2007 pour une durée de 30 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 1 M€ pour un coût global de 2,3 M€.

IMPACTS**Résultats majeurs**

Les résultats attendus visent à fournir l'ensemble des solutions technologiques pour une utilisation optimale des différentes interfaces sans-fil d'un terminal : sélection et gestion parallèles de sessions, mobilité optimisée par le multi-homing, sécurité et identification.

Un prototype de terminal basé sur un environnement matériel et logiciel issu de l'Open Source permettra de valider la performance et la faisabilité industrielle des solutions proposées.

Production scientifique et brevets

Les premières études de 3MING ont déjà fait l'objet de plusieurs publications, dont :

P.N. Tran and N. Boukhatem, "The distance to the ideal alternative (DiA) algorithm for Interface Selection in Heterogeneous Wireless Networks", (MobiWac 2008)

N. Abid, M. Laurent-Maknavicius, H. Chaouchi, "Experimental experience with Host Identity Protocol (HIP)", RR TMPS, 08-014 LOR, 2008.

Kassar M., Kervella B. and Pujolle G., "An Overview of Vertical Handover Decision Strategies in Heterogeneous Wireless Networks", Elsevier Computer Communications Journal, January 2008.

Programme « Blanc », édition 2005

Projet DOPROCOF

Des moyens logiciels et matériels pour réaliser des dispositifs électroniques innovants

Nos orientations pour améliorer les performances des dispositifs micro-ondes

Des travaux importants ont été menés ces dernières années pour fournir des outils efficaces aux concepteurs de composants micro-ondes. Les logiciels électromagnétiques permettent ainsi aujourd'hui l'analyse de dispositifs de formes complexes. Ils ne sont cependant que très mal adaptés à la synthèse de ces dispositifs, les solutions commerciales se limitant à des optimisations à 2 ou 3 paramètres. L'objectif de ce projet était de se projeter au delà de cette optimisation de dimensions géométriques et physiques, en fournissant au concepteur un outil capable d'imaginer la forme même de son dispositif. L'analyse des topologies des objets utilisés aujourd'hui permet en effet de constater une association de formes simples, limite imposée par nos connaissances et méthodes de conception classiques.

Par ailleurs, il faut également se donner les moyens d'être en mesure de repousser les limites technologiques actuelles pour permettre la réalisation d'une part importante de ces formes complexes générées par ce nouvel outil. Nous avons travaillé dans le cadre de ce projet à la mise au point d'un procédé de prototypage rapide innovant pour composants céramiques.

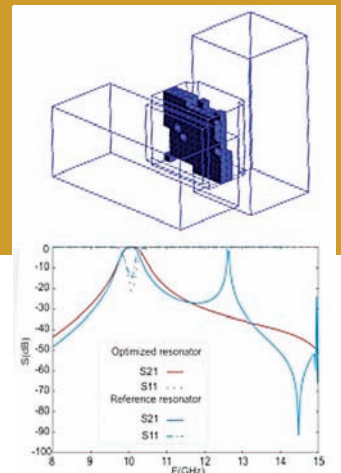
Une démarche pluridisciplinaire pour atteindre nos objectifs

L'objectif de ce projet était ainsi de mettre au point un procédé technologique et des outils de conception permettant de maîtriser la réalisation de dispositifs passifs hautes performances en bandes millimétriques et térahertz.

Des compétences pluridisciplinaires ont été associées en ce sens :

- Un outil d'optimisation de forme (level set) a été adapté au domaine de l'électromagnétisme par des travaux menés en collaboration entre le CMAP (qui a développé ce type de méthode pour le domaine de la mécanique en particulier) et XLIM (qui possède une longue expérience dans le domaine de l'électromagnétisme pour les micro-ondes).
- Cet outil a généré des structures de formes complexes et il n'est intéressant de travailler en ce sens que si nous disposons de moyens de réalisation de ces formes. Le SPCTS, qui maîtrisait un procédé de prototypage rapide de matériaux céramiques, la stéréolithographie, a amélioré sensiblement la précision de ce procédé dans le cadre de ce projet (microstéréolithographie)
- Différents dispositifs de filtrage novateurs ont été conçus par XLIM (résonateurs micro-ondes et térahertz très faibles pertes, filtres isolés dans de larges bandes de fréquences en particulier).

Un exemple de pièce céramique (en bleu, figure du haut) optimisée en forme pour éviter l'apparition d'une résonance parasite dans la réponse passe bande d'un filtre micro-onde à résonateur parallélépipédique classique.



Le projet « DOPROCOF Développement d'Outils de conception et de PROCédés technologiques adaptés à la réalisation de Composants analogiques Optimisés en Forme » est un projet de recherche fondamentale coordonné par le laboratoire XLIM du CNRS. Il associe aussi SPCTS de l'Université de Limoges et le CMAP, laboratoire de l'Ecole Polytechnique. Le projet a commencé en janvier 2006 pour une durée de 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 220 k€ pour un coût global de l'ordre de 1,2 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

L'outil d'optimisation de forme est fonctionnel et est utilisé par des concepteurs de circuits micro-ondes. Le procédé de réalisation est également disponible, et l'expérience acquise au cours du projet permettra d'en optimiser les performances (précision de réalisation de l'ordre de 20 micromètres aujourd'hui), en adaptant des éléments du système. Des dispositifs innovants destinés à être intégrés dans des systèmes de télécommunications ont ainsi pu être réalisés.

Ce programme a généré des transferts, en cours actuellement, vers le secteur industriel (Thales, TEKELEC, EADS). Dans le cadre d'un programme des pôles de compétitivité Elopsys et PEC, une machine industrielle de dépôt par microstéréolithographie est en particulier installée au sein du CTTC, CRT installé à Limoges, démarche qui contribuera à favoriser l'accès à cette nouvelle technique par le secteur industriel.

Production scientifique et brevets

La production scientifique liée au projet est aujourd'hui limitée à un article dans une revue internationale et 3 publications dans des congrès internationaux. Cependant, ces résultats publiés résultent de travaux menés conjointement d'une part par le CMAP et XLIM sur la partie outil, d'autre part par le SPCTS et XLIM sur la partie procédé. Ce n'est que dans la dernière phase du projet que nous avons tiré profit du couplage des travaux des 3 partenaires. Nous avons ainsi récemment soumis des articles de revues, qui sont en cours d'expertise. Par ailleurs, nous souhaitons protéger certains de nos résultats, dont un résonateur fort facteur de qualité pour applications spatiales.

Programme « RNRT », édition 2005

Projet GRACE

Une nouvelle génération de terminaux radio intelligents pour mieux exploiter le spectre

Améliorer l'utilisation du spectre à travers des terminaux radio intelligents et flexibles

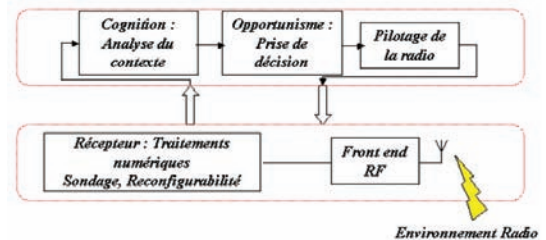
Il est généralement admis au niveau international que les techniques actuelles de gestion des bandes de fréquences (spectre) ont atteint leurs limites et ne sont désormais plus optimales. En effet, la plus grande partie du spectre est sous-utilisée ou mal utilisée : il est par conséquent nécessaire d'optimiser l'accès à cette ressource rare et donc précieuse. Le développement de terminaux agiles en fréquence, qui seraient capables de déterminer les « trous » dans le spectre (c'est-à-dire une bande de fréquence occasionnellement libre) et d'adapter leurs caractéristiques de transmission pour utiliser ces « trous », permettrait de disposer d'un outil pour optimiser l'utilisation du spectre.

Le projet GRACE a pour objet de mener une recherche sur ce type de terminaux, dits cognitifs, qui seront capables de mesurer l'occupation de l'environnement radio et de s'adapter à travers un cycle d'apprentissage.

Dans le cadre de GRACE, une analyse des fonctions clés de la radio cognitive (sondage, filtrage, gestion de ressources, agilité, architecture) sera menée. Elle sera complétée par des études d'architecture au niveau système pour fixer le cadre d'emploi de cette radio opportuniste selon des scénarii identifiés et par l'implémentation pratique d'une fonction de reconfiguration dans un démonstrateur.

La technologie de la radio cognitive

Le projet GRACE s'intéresse à la réalisation des briques de base de la radio cognitive en se focalisant sur la partie relative aux protocoles de communication la plus proche de l'environnement radio, appelée couche physique. En particulier, de nouvelles techniques de sondage du spectre seront étudiées pour estimer la qualité de l'environnement radio et la définition des zones d'utilisation possibles. Un terminal agile sera conçu à la fois pour mieux contrôler l'interférence générée par ces nouveaux systèmes cognitifs et pour reconfigurer la transmission sans perdre la connexion lorsque des signaux plus prioritaires sont transmis dans la même bande. La couche physique sera basée sur une modulation à porteuses multiples (OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplexing). L'étude d'une architecture préliminaire d'émission et des fonctions critiques de filtrage à la réception sera également menée. Ces résultats fourniront des entrées pour la réalisation d'un démonstrateur, mais aussi pour des études sur les algorithmes de gestion de ressources spectrales.



La radio cognitive est une radio intelligente qui sonde l'environnement radio, est capable de prendre des décisions et de s'adapter pour optimiser l'utilisation du spectre ou d'autres critères comme l'efficacité du système de communication.

Le projet « GRACE Gestion du spectre radio et radio cognitive »

est un projet de recherche industrielle coordonné par Thales. Il associe aussi la PME ETSA, le CEA-LETI, l'Institut Eurecom et le CNRS (laboratoire XLIM). Le projet a commencé en septembre 2006 pour une durée de 30 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 756 k€ pour un coût global de l'ordre de 2,7 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

L'analyse des scénarii d'application a mis en évidence que la radio cognitive pourra être mise en œuvre dans les bandes de fréquences libérées par la télévision numérique, à condition que les régulateurs le permettent. Dans ce contexte, des algorithmes de gestion de ressources et de sondage adaptés au déploiement du DVB-T (télé numérique) français ont été produits. Un autre contexte d'application est l'optimisation de l'utilisation de la ressource spectrale dans les systèmes cellulaires. Dans ce cas aussi, des algorithmes de gestion de ressources et de sondage adaptés ont été déjà publiés. Des versions distribuées de ce type d'algorithmes seront étudiées. Les futurs travaux vont également fournir des solutions pour le contrôle de l'interférence et la spécification d'un modulateur OFDM agile, ainsi que des filtres adaptables. Le démonstrateur constituera une première étape nécessaire à la démonstration du système cognitif complet.

Production scientifique et brevets

Un article de journal (ELSEVIER), 4 articles de conférence (dont GLOBECOM et CrowCom) et une contribution à un workshop ETSI ont été publiés pour ce qui concerne la gestion des ressources radio ; 4 articles de conférence (IEEE et EURASIP) ont été publiés sur la partie algorithmique ; GRACE était présent au colloque STIC organisé par l'ANR en novembre 2007. D'autres articles sont en préparation ou ont été soumis.

Programme « RNRT », édition 2005

Projet IDROMEL

Terminaux mobiles universels pour les communications sans fil du futur



Partie bande de base d'IDROMel

Les équipements futurs de télécommunication s'adapteront à leur environnement

Ces dernières années ont vu foisonner de nouvelles normes parallèles et concurrentes dans le domaine des communications mobiles (Wifi, WiMAX...). Devant le nombre important de normes à considérer pour les équipementiers et opérateurs, une solution émergente vise à concevoir des terminaux et stations de base pouvant non seulement supporter une multitude de ces standards, mais aussi passer d'un standard à l'autre en temps réel, et de façon parfaitement souple et transparente pour l'utilisateur quel que soit l'endroit où il se trouve.

Ainsi, les nouveaux équipements pourront s'adapter à plusieurs standards, y compris à des standards qui n'existaient pas encore lors de leur conception. La reconfigurabilité permettra des gains considérables de débit, de qualité et de confort d'utilisation. En utilisant le spectre radio de manière plus efficace on augmentera également la capacité des réseaux et on offrira aux utilisateurs une mobilité élargie : leurs terminaux changeront imperceptiblement de standard en fonction des besoins, de la couverture radio et des conditions de transmission.

Les nouveaux standards et les améliorations des standards existants pourront se déployer beaucoup plus simplement et rapidement car il ne sera plus nécessaire de remplacer les équipements. Le projet IDROMel poursuit deux objectifs principaux. Le premier est de réaliser, en plusieurs exemplaires, un prototype de système de communication universel, comprenant un terminal mobile (c'est-à-dire un téléphone mobile très évolué) et une station de base (c'est-à-dire une station relais). Ce prototype sera mis à la disposition des chercheurs français et étrangers.

Le second objectif, s'appuyant sur le premier, est d'étudier les possibilités d'adaptation rapide des équipements de télécommunications en fonction des conditions de transmission, préalable indispensable aux améliorations citées plus haut.

Une interface radio large bande et une technologie avancée de traitement numérique du signal en bande de base

L'une des principales originalités du projet est de produire un prototype fonctionnel complet, intégrant une partie matérielle et une partie logicielle, le tout permettant de réaliser des communications en situation réelle. La partie matérielle est constituée :

- d'une interface radio large bande capable de s'adapter à des fréquences de transmission allant de 200 MHz à 7,5 GHz et de couvrir ainsi un large éventail de standards existants ou futurs.



Interface radio large bande d'IDROMel

- d'un ensemble de processeurs de traitement numérique des signaux, appelés « partie bande de base ». Ces processeurs sont spécialisés chacun dans une classe particulière d'algorithmes mais ils sont tous très polyvalents et peuvent ainsi prendre en charge les innombrables variations d'une norme à l'autre.

La partie logicielle contrôle la partie matérielle et, en particulier, pilote les changements de configuration lorsqu'ils sont nécessaires.

Le projet « IDROMEL Impact des équipements reconfigurables pour le déploiement des futurs réseaux mobiles » est un projet de recherche industrielle coordonné par Eurecom. Il associe aussi le CEA-LETI, FRANCE TELECOM, TELECOM ParisTech, Supélec, THALES COMMUNICATIONS, SIRADEL. Le projet a commencé en février 2006 et dure 38 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 1,1 M€ pour un coût global de l'ordre de 3 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Le prototype développé, qui constitue le principal résultat du projet, est un formidable tremplin pour l'étude des services radio de demain et des problèmes qu'ils posent. Ces études se heurtent en effet souvent au problème de la vérification en vraie grandeur, étape indispensable à un déploiement commercial.

Grâce au projet IDROMel il sera possible de mener des expériences nombreuses, par exemple sur la sécurité dans les communications, la mobilité élargie, la qualité de service, les nouvelles architectures de réseaux, la radio dite « opportuniste » ou « cognitive » (celle qui « renifle » le spectre radio pour trouver en permanence les meilleures possibilités de transmission), etc.

Production scientifique et brevets

Depuis le début du projet, un grand nombre d'actions de communication et de dissémination ont été menées. Plus d'une demi-douzaine de démonstrations ont été réalisées par les partenaires du projet, au cours de colloques ou de conférences scientifiques internationales. Un dizaine d'articles scientifiques ont également été présentés dans des congrès internationaux.

Programme « RNRT », édition 2005

Projet METABIP

Antenne active large bande multi-faisceaux à métamatériaux pour le DCS-UMTS-WIFI

Le challenge des télécoms mobiles actuelles

Les systèmes de télécommunications radio connaissent une accélération de leurs domaines d'application du fait du développement sans précédent des technologies sans fil. Pour des raisons de capacité de débit et de nombre d'utilisateurs, les systèmes dits de 2^{ème} génération (2G) avec le GSM et le DCS évoluent vers la 2,5G avec EDGE. La 3^{ème} génération (3G) appelé UMTS évolue déjà vers le 3,5 G avec le HSDPA en particulier. Ces systèmes sont depuis peu menacés par les systèmes non prévus par les opérateurs, rapidement déployables, avec ou sans licence, comme le WIFI et le WiMAX. Ces systèmes sans fil doivent leur formidable essor aux progrès du traitement du signal, du codage et aux énormes progrès faits dans les technologies intégrées. Aujourd'hui, pour toutes les couches du réseau, les algorithmes de calculs et de gestion des systèmes pour mobile ont atteint la limite des possibilités des processeurs en termes de mémoire et de temps de calcul avec plusieurs milliards d'opérations à la seconde. L'ultime possibilité de progression dans ce domaine repose sur l'introduction d'antennes reconfigurables en temps réel, agiles en diagramme comme en fréquence, permettant ainsi de gérer efficacement l'énergie disponible.

Une antenne intelligente à base de métamatériaux pour les télécoms mobiles

Les antennes actuelles utilisées dans les stations de base ont des tailles proportionnelles à leurs longueurs d'onde d'émission. En basses fréquences, autour de 1 GHz, on obtient des antennes multiples de plusieurs mètres fixées sur des pilônes imposants au nombre de 4 pour couvrir l'espace environnant sur 360°. Certaines applications, mais aussi le respect de l'environnement, nécessitent plutôt des antennes discrètes. Le remplacement de ces antennes multiples par une seule antenne reconfigurable de taille réduite est l'objet de ce projet. Les métamatériaux peuvent nous permettre d'obtenir ce résultat. Ceux que nous utilisons ici sont constitués de cellules résonantes de type L-C. L'épaisseur du matériau est très faible, inférieure au dixième de la longueur d'onde. Ces cellules sont organisées en réseau bidimensionnel. Dans chaque cellule, la phase à la réflexion et à la transmission varie rapidement et peut devenir nulle à la résonance. Il est possible de rendre ce réseau reconfigurable en y insérant des composants électroniques. Le matériau est alors utilisé pour constituer une antenne cavité ultraplate de quelques mm d'épaisseur. La reconfigurabilité permet à la fois le contrôle du rayonnement et de la fréquence d'émission de l'antenne. On obtient ainsi une antenne unique agile en fréquence et en dépointage, beaucoup plus discrète que les antennes actuelles.

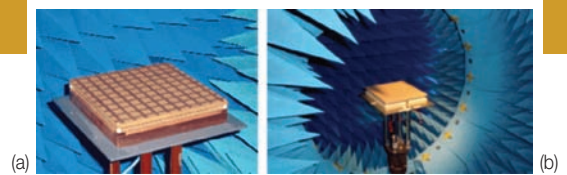


Figure (a) : Antenne passive large-bande fonctionnant entre 1,5 et 2,1GHz. Figure (b) : Antenne active à fréquence d'émission contrôlable en test dans les laboratoires d'Orange Labs.

Typiquement la taille de l'ensemble est divisée par un facteur 5 à 10, voire plus. De plus, une antenne unique suffit pour remplacer les 4 antennes actuelles.

Le projet « METABIP Antenne multi-bandes et multi-faisceaux pour le DCS-UMTS-WIFI-WiMAX reconfigurable, à base de méta-matériaux et de matériaux à Bande Interdite Photonique » est un projet de recherche industrielle coordonné par l'Institut d'Electronique Fondamentale d'Orsay. Il associe aussi le Laboratoire d'Electronique, Antennes et Télécommunications de Nice, ORANGE, l'Institut d'Electronique et de Télécommunications de Rennes et la société ADVANTEN. Le projet a commencé en février 2006 pour une durée de 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 934 k€ pour un coût global de l'ordre de 2 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

La conception et la caractérisation expérimentale d'un métamatériau large-bande à phase variable.

- La conception d'une antenne quasiment invisible de quelques mm d'épaisseur à 10GHz.
- La conception d'une antenne passive large-bande entre 1,7 et 2,5GHz.
- La réalisation d'un métamatériau à phase variable reconfigurable.
- La conformation de ce matériau sur une surface cylindrique permettant un contrôle d'émission sur 360°.
- La réalisation de deux antennes multifonctions accordable en fréquence et en émission à 10GHz et entre 1,7 et 2,5GHz

Production scientifique et brevets

- Cette étude a abouti en 3 ans à 29 publications en congrès nationaux et internationaux, et dans des journaux scientifiques internationaux.
- Un brevet est en cours de dépôt. D'autres devraient suivre bientôt.
- Un projet de start-up en émergence basée sur les résultats de ce projet a été primé cette année par OSEO.

Programme « RNRT », édition 2005

Projet VERSANUM

Numérisation versatile large bande pour les radio-communications du futur

Des solutions pour la numérisation versatile exigée par la radio du futur

L'évolution actuelle des télécommunications tend vers l'augmentation des débits et l'interopérabilité des matériels mobiles. Or l'encombrement annoncé de certaines bandes de fréquence et le foisonnement de standards de radiocommunication font qu'il n'y aura plus de relation claire entre une application donnée et un canal de fréquence.

La versatilité des matériels est donc une caractéristique majeure. Par exemple, choisir la fréquence de travail d'une liaison nécessite aussi bien la recherche d'une zone spectrale disponible que l'adaptation de la liaison à cette zone. Les concepts de radio cognitive, définie par logiciel, adressent en partie ces problèmes, mais un goulot d'étranglement essentiel subsiste : celui de la conversion analogique-numérique. Une fonction intéressante est la « focalisation spectrale », c'est à dire la capacité d'un système de numérisation à convertir une très large bande avec une résolution limitée et à être ensuite reconfiguré pour obtenir une résolution plus importante dans une bande plus étroite autour d'une fréquence d'intérêt : la recherche d'une liaison optimale dans une zone de fréquence pourrait alors être complètement effectuée par logiciel.

Elargissement des bandes par la mise en parallèle de convertisseurs

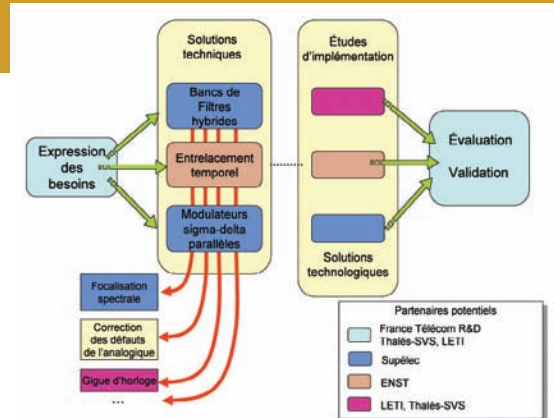
Dans l'espoir de l'élargissement des bandes passantes, la notion importante est ici le « parallélisme ». Compte tenu d'une technologie donnée, et de ses limites, l'utilisation de convertisseurs en parallèle fournit une solution simple à l'élargissement de la bande passante. Au premier ordre, quelle que soit la solution, un système composé de N convertisseurs, capables de convertir une bande passante B, permettrait de convertir une bande passante NxB, avec un accroissement de la consommation d'un facteur N.

Au cours de ce projet, trois solutions vont être comparées en termes de coût, surface, performance, possibilité d'adaptation, consommation. Ce sont :

- les bancs de filtres hybrides,
- les systèmes à entrelacement temporel à base de sigma-delta,
- la parallélisation de convertisseurs sigma-delta passe-bande.

Nous déterminerons, à partir de scénarios proposés par les partenaires industriels, quelle solution est la mieux adaptée à chaque scénario.

De plus une étude est menée sur les synthétiseurs de fréquence, avec la mise en adéquation avec les contraintes en terme de gigue d'horloge de chaque solution.



Le projet « VERSANUM NUMÉRISATION VERSATILE LARGE BANDE » est un projet de recherche industrielle coordonné par Supélec. Il associe aussi le CEA-LETI, TELECOM ParisTech, FRANCE TELECOM, et Thomson. Le projet a commencé en septembre 2006 pour une durée de 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 928 k€ pour un coût global de l'ordre de 2,1 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Le premier résultat a été l'établissement de scénarios de radio du futur en exprimant clairement les besoins en termes de fréquence d'échantillonnage, de résolution, et de reconfigurabilité. La théorie de chacune des solutions est terminée, avec en particulier les méthodes d'appariement entre les étages analogiques et le traitement numérique. Chaque solution donne lieu à une implémentation : pour l'entrelacement temporel, un premier circuit de test a été fabriqué et un deuxième est en cours de finalisation. La solution à bancs de filtres hybrides est implémentée sur une maquette à base de convertisseurs du commerce et d'un circuit FPGA. Une première version de la carte a été testée. La carte finale est en cours de fabrication. L'ensemble du traitement numérique de la solution sigma delta a été implémenté sous forme d'un code VHDL. L'architecture des modulateurs a été définie. Les éléments constitutifs du modulateur sont en cours de conception.

Production scientifique et brevets

Plusieurs publications ont été faites concernant les solutions proposées dans VERSANum. Une demande de brevet a été déposée, une autre est en cours de rédaction. Quatre papiers ont été publiés ou sont en cours de finalisation pour la revue IEEE Circuit and systems. 6 papiers ont été publiés dans les conférences ISCAS et NEWCAS 2008. Une session invitée est en cours de préparation pour NEWCAS 2009.

Programme « Télécommunications », édition 2006

Projet DEMAIN

Pour des terminaux intelligents et multi-standards

Poser des bases pour le développement des radios opportunistes et universelles

Dernièrement, des réseaux, reliés ou non à l'Internet, sont devenus accessibles à partir de terminaux sans fils grâce au développement de nouveaux standards permettant des communications haut débit (Wifi, WiMAX, UMTS...). De plus, la demande croissante des utilisateurs pousse les systèmes de communications à évoluer. De nombreuses propositions ont été faites pour prendre en charge cette évolution. Parmi celles-ci, deux solutions semblent se distinguer : la radio opportuniste, qui permet d'améliorer la gestion de la ressource spectrale en exploitant les parties inutilisées du spectre, et la radio universelle, récepteur radio capable de recevoir et d'émettre des signaux de différents protocoles.

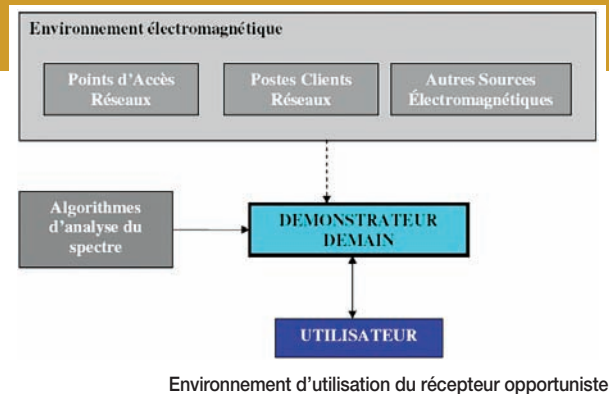
Le consortium du projet DEMAIN réalise un tour d'horizon des techniques d'estimation de l'environnement spectral et de l'état des systèmes autour d'un récepteur. Ces résultats sont essentiels pour le développement des radios opportunistes et universelles puisqu'une bonne connaissance de l'environnement spectral est nécessaire à la mise en place d'une politique ambitieuse et flexible de gestion des ressources disponibles.

Trouver de nouveaux algorithmes et les simuler dans des environnements réalistes

Le contexte du projet DEMAIN est un terminal opportuniste et universel pouvant recevoir et émettre dans les trois standards WiFi, WiMAX et UMTS. Un tel terminal doit être capable de sonder son environnement à la recherche de bandes libres et d'établir une communication avec le meilleur système à l'instant présent. Le travail au sein du projet se répartit selon deux axes majeurs.

Le premier axe consiste à créer de nouveaux algorithmes ; ils serviront à la détection de bandes libres (y-a-t-il une opportunité de communiquer dans mon environnement ?), à la détection de systèmes (quel système suis-je en train de recevoir ?) et à l'estimation de la qualité du lien (est-ce que je reçois le signal avec une bonne qualité ? Le système est-il surchargé ?).

Le deuxième axe est la création de simulateurs pour tester les algorithmes précités. Le projet DEMAIN réalisera un démonstrateur matériel pour l'estimation des algorithmes WiFi et trois démonstrateurs logiciels pour jauger les performances des algorithmes WiFi, WiMAX et UMTS.



Le projet « DEMAIN raDio Evolutive, Mobile, Adaptative et Intelligente » est un projet de recherche industrielle coordonné par TELECOM SudParis. Il associe aussi le CEA, I2E, France Telecom et l'Université Marne la Vallée. Le projet a commencé en 2007 pour une durée de 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 585 k€ pour un coût global de l'ordre de 1,3 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

À mi-projet, le consortium DEMAIN a d'ores et déjà créé, publié et/ou breveté plusieurs algorithmes, notamment servant à la discrimination de signaux OFDM, à l'estimation du SNR (rapport signal à bruit) de signaux OFDM et à l'estimation de la qualité du lien UMTS. Un simulateur matériel pouvant recevoir des bandes GSM 900 (900 MHz) aux bandes WiFi (5,4 GHz) a été implémenté et testé grâce à un banc de test WiFi permettant l'acquisition de signaux réels et des traitements a posteriori.

Production scientifique et brevets

Les algorithmes pour la discrimination de signaux OFDM ont donné lieu à la publication de 6 articles dans des conférences internationales IEEE (SPAWC, PIMRC, VTC, GLOBECOM et WCNC). Ces mêmes algorithmes ont abouti à 3 brevets. Les algorithmes pour l'estimation du SNR des systèmes OFDM ont été publiés dans IEEE Communication Letters et soumis à la conférence ICASSP.

Programme « Télécommunications », édition 2006

Projet HYPERSCAN

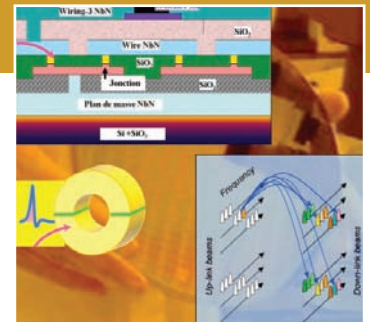
Une Supra-puce Hyperfréquence de Conversion Analogique Numérique pour l'Espace

Une technologie hyperfréquence de puce en nitrure supraconducteur résolument innovante

Les physiciens et technologues CEA Minatec du programme « HyperSCAN » ont imaginé d'implémenter un circuit numérique sub-THz de la logique supraconductrice « Rapid Single Flux Quantum » aux figures de mérite projetées bien au-delà des CMOS et des 'Roadmaps' de la loi de Moore en le fondant justement pour obtenir la fiabilité visée, en plateforme de circuits CMOS, sur silicium 200 mm (voir figure). Cela est possible grâce à la mise en œuvre d'une filière innovante très robuste, de production à coût modéré, de couches nitrures et silice empilées. La puce intègre plusieurs milliers de portes logiques basées sur une jonction Josephson amortie NbN/TaN/NbN d'un demi micron carré de surface, à la fois diode et transistor RSFQ, dont le CEA INAC a démontré le premier, l'oscillation à la fréquence record, toutes technologies électroniques confondues, de 1,9 THz. La qualification de la puce de démonstration 'HyperSCAN' de Conversion Analogique-Numérique devrait déboucher sur un marché de composants numériques, analogiques et radio-logiciels en nitrure supra-conducteur. Cette filière opérant à 9K, née du projet, au label Minalogic, plus performante, mieux industrialisable que la filière niobium 4K en compétition, pourrait conduire à la création d'une fonderie commerciale de production de circuits issue du CEA.

Valider la filière de radio logicielle et configurer les télécoms spatiales du futur

L'industriel exploitant le circuit Hyperfréquence Supraconducteur de Conversion Analogique-Numérique (S-CAN) a d'abord dimensionné l'application de la puce aux télécoms spatiales. La configuration des faisceaux associés aux antennes d'un satellite constitue un enjeu majeur des télécoms du futur qui opéreront sur des porteuses de dizaines de GHz et devront satisfaire des clients exigeants en performances. Le partenaire TAS saura tirer le meilleur parti de la numérisation directe d'une batterie de S-CANs, positionnés derrière les antennes et possédant les performances requises pour la radio logicielle, insensibles aux radiations, dissipant très peu et réfrigérés collectivement à 9K grâce à une connectique développée par ID3-S. L'architecte TELECOM exploite le langage VHDL-AMS pour concevoir le modulateur sigma-delta cadencé par l'horloge RSFQ au-delà de 100GHz et ses registres de décimation. Pour cela l'IMEP-LAHC de l'Université de Savoie a dessiné et adapté aux règles NbN 9K, des portes déjà conçues pour le niobium 4K et issues de bibliothèques européennes du réseau S-Pulse-Fluxonics. Deux lots de circuits seront fabriqués par le CEA et testés en 2009, reposant sur un nouvel enchaînement de procédés innovants combinant le recours aux plateformes LETI-DPTS et INAC-PTA. Le premier lot, déjà en route, est destiné à optimiser la fabrication des composants clés, le second produira les puces 'HyperSCAN' de démonstration.



La puce HyperSCAN refroidie à 9K réalisée dans un empilement de couches et jonctions Josephson en nitrure de niobium (NbN) et de silice (SiO₂) sur la plaque de silicium 200 mm, fait circuler les impulsions RSFQ d'une picoseconde (bits logiques).

Le projet « HyperSCAN Portage de circuits intégrés Hyperfréquences Supraconducteurs de Conversion Analogique-Numérique sigma-delta, 200GHz pour les applications radio logicielle et télécommunications spatiales » est un projet de recherche préindustrielle coordonné par l'Institut Nanosciences et Cryogénie du CEA-Grenoble. Il associe Thales Alenia Space, ID3-Semiconductors, la plateforme DPTS du CEA LETI, TELECOM Paris Tech et l'Université de Savoie (IMEP-LAHC). Le projet a commencé en mars 2007 pour une durée de 36 mois. Il bénéficie d'une aide ANR de 983 k€ pour un coût global de l'ordre de 2 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Les résultats majeurs acquis durant la première phase d'HyperSCAN en 2007-8, démontrent que toutes les technologies conçues en synergie entre partenaires sont industrialisables à coût modéré et s'adosent aux grands développements microélectroniques des vingt dernières années :

- la logique RSFQ NbN profite d'une description générique en langage VHDL-AMS et de bibliothèques de portes RSFQ existantes.
- le dimensionnement des fonctionnalités télécoms spatiales tire parti des ressources de la filière 9K-NbN mais a pu être réalisé avec des outils existants,
- les performances record obtenues en technologie simplifiée et publiées sur la filière innovante de jonction NbN/TaN/NbN sont directement transposables en plateforme CMOS 200 mm sans nécessiter d'investissement en machine ou procédé nouveaux.

Production scientifique et brevets

Plus d'une vingtaine de présentations orales (ASC-Chicago...) et d'affiches pluri-partenaires ont été effectuées lors de conférences internationales et plusieurs articles soumis à des revues à comités de lecture ont été publiés en 2008 ou acceptés pour publication en 2009 (ex : IEEE TAS, Journal of Physics...). La phase d'intégration du démonstrateur engagée en 2009 devrait conduire à une prise de brevets sur plusieurs aspects innovants et en rupture des différents domaines concernés.

Programme « Télécommunications », édition 2007

Projet INFOP

Infrastructure opportuniste : vers une utilisation étendue des bandes TV

Libéralisation des ressources radio dans la bande UHF

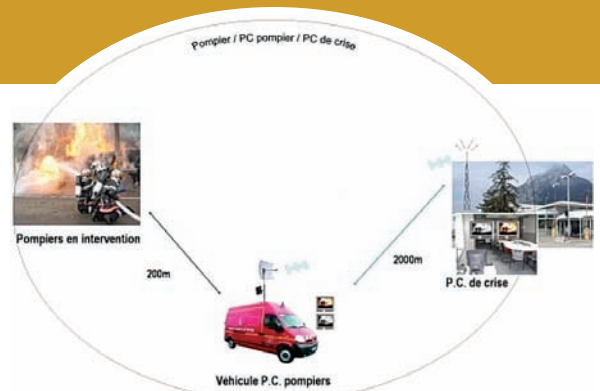
En France et en Europe, la télévision analogique est vouée à disparaître. L'arrêt total a été fixé en fin 2011 afin de permettre le passage progressif au « tout numérique ». Par conséquent, de nombreuses bandes UHF (bande de 8 MHz dans 470-862 MHz) vont être libérées. A l'instar de la situation aux Etats-Unis, une réutilisation du spectre libéré serait envisageable à moyen terme.

L'onde radio émise dans ces bandes possède une pénétrabilité à l'intérieur des bâtiments ainsi qu'une atténuation en espace libre bien meilleure que les bandes directement supérieures attribuées aux opérateurs télécom (GSM, UMTS) ou aux systèmes de réseaux sans fil (WiFi, WiMAX). Ainsi, une transmission dans ces bandes conduit à des améliorations de débits et/ou portée, des simplifications d'infrastructure.

Afin de réguler le spectre, deux approches sont possibles : attributions strictes des bandes, ou utilisation opportuniste d'une bande si celle-ci est libre. L'une comme l'autre doit préserver le bon fonctionnement du (ou des) système(s) primaire(s) (TV numérique et éventuellement microphone sans fil). Le projet INFOP se place dans le second cas de figure et se propose de mettre en place une communication opportuniste dans les bandes UHF.

Mise en place de la communication opportuniste

La mise en place d'une communication opportuniste se déroule en deux temps. Une première phase consiste à sonder le canal bande par bande, par pas de 8 MHz, afin de déterminer celles utilisables. Le projet proposera des algorithmes de « sensing » basés sur les propriétés du signal à détecter. Les performances attendues dépendent principalement du taux de couverture du système opportuniste à déployer (ex : WLAN, WRAN...). Les performances « terrain » seront mesurées afin de valider les choix algorithmiques effectués. Lorsqu'une bande libre est détectée, la seconde étape peut avoir lieu. Elle consiste à initier la mise en réseau des composants du système « secondaire ». Les paramètres de sa couche physique seront optimisés pour la transmission dans les bandes UHF, les types de canaux considérés, et les scénarii d'utilisation. Un aspect complémentaire au projet réside dans la conception d'opérateurs reconfigurables ayant pour objectif l'intégration de plusieurs schémas de transmission au sein d'un même équipement.



Scénario de test du projet COCPIT utilisant les résultats du projet INFOP
Le projet INFOP est synergique avec COCPIT. La figure suivante propose 2 scénarii de communication : courte et longue distance. Si leur problématique en termes de couverture est différente toutes deux opèrent dans les bandes UHF et ne doivent pas interférer avec les systèmes primaires. L'organe de « sensing » est alors commun aux deux types de communication.

Le projet « INFOP Infrastructures opportunistes » est un projet de recherche industrielle coordonné par le CEA-LETI. Il associe aussi EADS Secure Networks, l'Ecole Supérieure d'Electricité (SUPELEC), TEAMCAST. Le projet a commencé en 2007 pour une durée de 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 756 k€ pour un coût global de l'ordre de 1,6M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Un premier résultat consistera à valider l'algorithme permettant la détection des signaux DVB-T afin de prouver que l'utilisation opportuniste du spectre est viable. De plus, un exemple de communication point à point (type émetteur broadcast / récepteur) sera étudié, le but étant de définir la couche physique compatible avec les contraintes WiMAX. Des mesures de taux d'erreurs binaires pourront alors être obtenues pour qualifier cette couche physique. Pour cela un prototype sera réalisé. Il inclura les parties émissions et réceptions des systèmes définis. Outre les résultats attendus et décrits ci-dessus, ce prototype permettra de valider ou d'étudier différentes fonctionnalités telles le balayage des bandes UHF, le changement de bande en cours de communication, et autres problématiques liées à la communication entre composants du système secondaire.

Production scientifique et brevets

Plusieurs brevets sur la détection et la reconnaissance des signaux OFDM (dont le système DVB-T fait partie) ont été déposés. Des articles présentant les performances simulées de ces algorithmes ont été soumis et présentés aux conférences suivantes GLOBECOM '08, SPAWC '08, VTC '08 et PIMRC '08.

Sur la thématique « opérateurs reconfigurables », des articles ont été présentés à DSD '08, ISWPC '08 et ISSSTA '08.

Programme « Télécommunications », édition 2007

Projet NAOMI

Les nouveaux matériaux au service de la miniaturisation des antennes

Forte pression pour réduire la taille des antennes dans les terminaux portables du futur

Les terminaux multimédia portables de la future génération intégreront de plus en plus d'interfaces de communication radioélectriques pour répondre à la multiplication des réseaux et services sans fil couvrant une large gamme de fréquences et de standards. Pour pouvoir assurer l'intégration et la coexistence d'un nombre croissant de composants matériels de communication dans l'espace limité d'un terminal portable, il est nécessaire de réduire de manière drastique la taille des antennes associées. Par ailleurs, l'ubiquité des techniques à multiples antennes telles que les systèmes MIMO (Multiple-Input Multiple Output) pour supporter la montée en débit et la qualité de service imposées par les nouvelles applications vidéo, met encore plus de pression sur la miniaturisation des antennes.

Le projet NAOMI cherche à apporter des réponses innovantes au défi technique, mais aussi économique et ergonomique lié à l'intégration de plusieurs antennes dans les futurs terminaux mobiles. Il contribue ainsi à simplifier la vie de l'utilisateur en lui permettant l'accès de façon transparente à plusieurs réseaux et dans les meilleures conditions de qualité et de prix.

Une solution de rupture pour la miniaturisation des antennes

Alors que les techniques classiques utilisées à ce jour pour réduire la taille des antennes ont atteint leur limite théorique, le projet NAOMI propose une approche de rupture combinant les caractéristiques uniques de nouveaux matériaux avec les méthodes de conception les plus avancées dans le domaine des antennes. Deux classes de matériaux composites sont étudiées dans le contexte de ce projet : les matériaux magnétodiélectriques et les matériaux ferroélectriques. Les premiers sont utilisés en priorité pour la miniaturisation des antennes grâce à l'optimisation de leurs caractéristiques radioélectriques (permittivité électrique, perméabilité magnétique, pertes, etc.). Les propriétés d'accordabilité électronique de la seconde classe de matériaux seront avantageusement utilisées pour la conception d'antennes agiles en fréquence, en polarisation ou en diagramme. Elles permettent ainsi de réduire non seulement la taille des antennes mais aussi leur nombre grâce par exemple à l'utilisation de la diversité de polarisation ou de diagramme.



Le projet « NAOMI Nouvelle génération d'Antennes miniatures et agiles à base de matériaux COMposites pour terminaux mobiles » est un projet de recherche industrielle coordonné par Thomson. Il associe aussi l'entreprise SATIMO, le CNRS (laboratoire XLIM), le CEA-LETI, l'INSA Rennes, l'Université de Bretagne Occidentale, l'Université de Nantes et l'Université de Nice-Sophia Antipolis. Le projet a commencé en janvier 2008 pour une durée de 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 1,4 M€ pour un coût global de l'ordre de 3M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Le premier résultat marquant à cette étape du projet est la production d'un document de référence, fruit des interactions entre les partenaires du projet chargés du développement des matériaux (Lab STICC, IREENA) et ceux chargés de la conception et de la caractérisation des antennes à base de ces matériaux (LETR, LEAT, XLIM, CEA-LETI, SATIMO, THOMSON). Ce document décrit les applications visées en priorité, les spécifications préliminaires pour les matériaux et les antennes qui seront développées dans le cadre du projet ainsi que les scénarii réalistes de démonstrateurs permettant de mettre en œuvre et de valoriser les résultats attendus.

Production scientifique et brevets

Des résultats préliminaires intéressants concernant un matériau ferrite spinelle et des matériaux ferroélectriques ont donné lieu à une publication d'un article à *Ferroelectrics Journal* et à la soumission de deux autres articles à des revues internationales. D'autre part, des études préliminaires sur la modélisation et la conception d'antennes combinant les techniques classiques de miniaturisation des antennes avec l'utilisation des nouveaux matériaux ont fait l'objet de deux soumissions de communications à des conférences internationales majeures dans le domaine des antennes.

Programme « Télécommunications », édition 2007

Projet R3MEMS

Des nouvelles antennes reconfigurables à coût réduit

Un concept et une technologie de rupture

Actuellement, il n'existe pas de solution d'antennes reconfigurables à des prix accessibles aux opérateurs de télécommunications, et aux particuliers. Les solutions existantes, à base d'antennes actives, ont des complexités et des coûts prohibitifs.

R3MEMS vise à mettre au point une solution de rupture.

En effet, par l'association d'une nouvelle technologie (MEMS RF : Micro Electro Mechanical Systems, Radio Fréquence) et d'un concept émergeant d'antenne (Reflectarray), il devient possible de réaliser des antennes reconfigurables très intégrées avec des procédés de fabrication dérivés de l'industrie micro-électronique.

Le premier objectif du projet est la démonstration de cette solution technique qui sera une première européenne.

Le second objectif est d'élaborer une solution industrielle qui répondra à une forte attente des opérateurs de télécommunications et du grand public.

La technologie MEMS RF pour des antennes très intégrées

Le réseau réflecteur est une antenne composée d'une surface périodique, constituée de patchs métalliques, illuminée par une source unique.

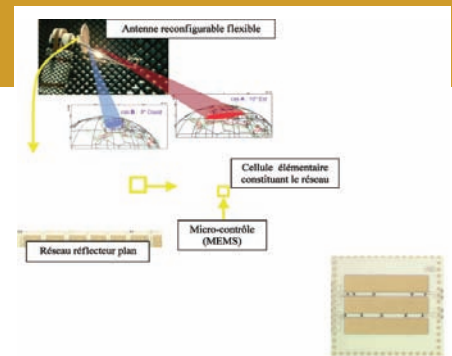
Des commutateurs MEMS RF sont des interrupteurs microscopiques, activés par des commandes en tension. Lorsque l'on intègre ces MEMS RF dans des patchs métalliques, il est possible de contrôler les caractéristiques radio-électriques de la surface réfléchissante et par conséquent d'agir sur le rayonnement de l'antenne.

Ces cellules à MEMS RF sont la partie active de l'antenne, elles peuvent être réalisées à grande échelle puis reportées sur la surface réfléchissante par un processus industriel répétitif.

Pour parvenir à cette intégration, des travaux balayant des compétences diverses sont nécessaires : antenne, micro-technologie, commande software, ingénierie mécanique et thermique, industrialisation.

La fiabilité est un axe majeur de développement.

Plusieurs stratégies sont mises en œuvre pour limiter l'influence des pannes des micro-contrôles : conception de cellules tolérantes aux pannes, détection des pannes par un dispositif intégré de commande et de diagnostic, couplé à un algorithme de correction.



Antenne reconfigurable flexible : sélection dynamique de la couverture, par exemple choix entre la zone A en rouge ou la zone B en bleu.

Le projet « R3MEMS Antenne Réseau Réflecteur Reconfigurable à base de MEMS » est un projet de recherche industrielle coordonné par Thales Alenia Space France. Il associe aussi NOVA-MEMS, EPSILON Ingénierie, HCM, l'Institut d'Electronique et de Télécommunications de Rennes, le Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes, le Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Micro-électronique de Montpellier. Le projet a commencé en 2007 pour une durée de 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 861 k€ pour un coût global de l'ordre de 1,5 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

La première réalisation marquante de ce projet est la conception d'une cellule élémentaire, constituant le réseau plan, aux performances radio-électriques très avancées : large bande, faible perte et haute résolution.

Un premier run de MEMS RF a été réalisé et testé.

Un premier démonstrateur d'antenne est en cours de mesures, il permettra de valider la définition de la cellule. Un second démonstrateur, déjà défini, permettra de valider les caractéristiques des micro-contrôles intégrés dans cette antenne.

Enfin, un démonstrateur final intégrant les micro-contrôles et toutes les commandes d'actuation et de diagnostics a été défini après de nombreux échanges entre les partenaires.

Production scientifique et brevets

Deux communications multi-partenaires seront présentées à Eucap en 2009, à Berlin. Elles traitent de la prise en compte des pannes des micro-contrôles sur le fonctionnement de l'antenne et sur le travail d'optimisation des cellules constituant le réseau afin de le rendre robuste aux pannes.

Deux communications mono-partenaire ont été présentées à l'« European Symposium on Reliability of Electron Devices, Failure Physics and Analysis » à Maastricht. Elles traitent de l'étude et de la conception des micro-contrôles.

Programme interne aux Instituts Carnot, édition 2007

Projet TERROP

Le smartphone de demain sera encore plus intelligent

Permettre à un individu nomade d'accéder à ses services en ligne quel que soit son environnement

Le réseau mobile du futur, dit de 4^{ème} génération (4G), sera caractérisé par la coexistence de différents systèmes sans fil de type cellulaire (GSM, GPRS, EDGE, UMTS...) et radio (Wi-Fi, WiMAX...). Cette complexité est riche de possibilités, car elle permet d'assurer une couverture large et optimale, mais elle doit être masquée pour l'utilisateur en fournissant un terminal « opportuniste », décidant de lui-même du réseau à utiliser pour fournir au mieux le service souhaité en fonction des conditions de connexion optimum et des disponibilités de spectre. L'objectif de TEROPP est de développer les technologies clés du terminal mobile reconfigurable et opportuniste qui permettront demain à un individu nomade d'accéder à ses services « en ligne » habituels grâce à une connectivité optimale au réseau et un accès transparent et continu – « sans couture » – quel que soit son environnement. Les enjeux scientifiques et industriels sont considérables, car ces technologies seront au cœur des communications mobiles du futur.

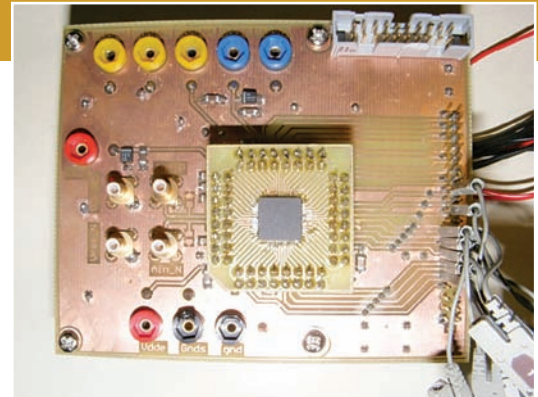
Aboutir à un terminal intégrant les solutions de chacun des partenaires

Le projet TEROPP est axé sur trois verrous essentiels : les approches innovantes pour la gestion de spectre et la reconfiguration, le développement d'une plateforme de calcul embarquée suffisamment puissante et enfin la co-conception optimisée des éléments de façade (front end) large bande en réception et en émission.

Une masse critique significative (soit l'équivalent de 10 doctorants et de leur encadrement) est mobilisée dans le projet afin de permettre de réelles avancées sur les points étudiés. L'ensemble de ces résultats est mis en perspective à travers des scénarios d'application de radio opportuniste (accès au spectre dans des zones telles que campus, aéroport, situations d'urgence, etc.).

Le partenariat franco allemand est particulièrement fructueux : une plateforme hardware fournie par les partenaires Fraunhofer sera utilisée pour l'intégration de certains éléments développés dans le projet.

La cohérence avec les visions et objectifs industriels est assurée à travers un conseil industriel formé de représentants de grands groupes : Thalès, STMicroelectronics, Alcatel Lucent, Orange, Thomson multimédia et de PME actives dans le domaine. Ce conseil sera élargi en 2009 à des partenaires allemands.



Credit photo : Institut TELECOM

Le projet « TERROP Intégration de la radio opportuniste au niveau des terminaux » est un projet franco-allemand de recherche industrielle, coordonné en France par l'Institut TELECOM. Il réunit depuis le début 2008, et pour une durée de 3 ans, six instituts Carnot (français) : Institut TELECOM-EURECOM, CEA List, CEA Leti, TIE, C3S, IEMN et trois instituts Fraunhofer : IIS (coordinateur allemand), HHI, FOKUS. Il bénéficie en France d'une aide ANR de 1,5 M€ pour un coût global de 3,5 M€. Les partenaires allemands bénéficient d'une aide du ministère allemand du même montant.

2 OBJETS COMMUNIQUANTS ET MOBILITE DES PERSONNES

Les réseaux deviennent intelligents et sont supports d'applications multiples dans la mesure où ils sont capables d'« agir » en fonction d'informations précises. Les informations sont captées et des « ordres » sont donnés à travers les réseaux. Les technologies de base pour capter ces informations sont constituées par les RFID, la NFC, l'intelligence ambiante, etc. et les objets communicants en général. Les capteurs peuvent entrer en communication avec des systèmes GPS par exemple. Des applications multiples dans le domaine des transports sont en cours de développement.

Les technologies de base pour les objets communicants : RFID, NFC, Intelligence ambiante

RFID et NFC⁴⁸ : les puces Radio Fréquences (RFID signifiant « Radio Frequency Identification ») et les systèmes « Near Field Communication » (NFC) font partie des réseaux personnels sans fils. Il s'agit de technologies aujourd'hui en plein développement.

L'idée de RFID date pratiquement d'il y a 50 ans. A l'origine les codes barres permettaient l'identification mais n'offraient pas la possibilité de stocker des données. Les codes barres ont présenté l'avantage d'être peu coûteux et ont permis les premières grandes applications, notamment dans les supermarchés. Cependant, les applications restaient limitées. L'apport majeur des étiquettes RFID est de permettre la reconnaissance d'objets, d'animaux ou de personnes. Il est possible de reconnaître un objet ou une personne à distance (3 mètres environ au maximum) porteurs de cette étiquette et dans un délai rapide.

Le système d'identification est composé d'une étiquette électronique (ou tag) qui mémorise

des informations, et d'un lecteur. Le transfert d'information de l'étiquette électronique vers le lecteur s'effectue par radiofréquence et non plus par lecture optique, comme dans le cas des codes à barres. Si le code à barres permettait d'identifier une famille de produits, l'étiquette RFID permet d'identifier un objet précis, « individualisé ». Existence différentes catégories de RFID : les étiquettes peuvent être passives ou actives. Les étiquettes passives ne disposent pas d'alimentation, avec une distance de lecture réduite. Pour être actives, elles doivent être dotées d'une alimentation. Elles offrent des distances de lecture supérieures.

Le RFID se combine avec l'essor de la NFC (voir infra). Cela permet, par exemple, d'utiliser son téléphone portable comme carte de crédit, comme passeport, d'y stocker des informations, etc. L'originalité du RFID est la possibilité d'une connexion et d'une transmission d'information via Internet. Cela permet d'envisager dans le domaine médical des alertes précoces ou même des alertes vitales, un RFID signalant par exemple, via Internet, la situation précaire d'un patient.

Les applications du RFID sont donc multiples : accès aux transports publics, accès sans formalité aux bibliothèques, remplacement des codes à barres dans les supermarchés, existence de postes de péage automatique sur les autoroutes, applications logistiques (pour suivre l'acheminement de marchandises), lutte contre la contrefaçon, notamment des produits pharmaceutiques, régulation permanente de la consommation énergétique. Un attaché case pourra se signaler lui-même, si vous l'égarez, et vous prévenir via Internet!

La technologie NFC (Near Field Communication) permet d'effectuer des échanges de données à courte distance entre un mobile et un lecteur sans contact. Le téléphone mobile peut ainsi devenir un portefeuille électronique capable d'offrir des services de paiement, de

⁴⁸ Source P.-Y. Badillo et D. Roux, op. cit.

transport, de fidélité. Il devient aisé d'échanger des informations : il sera possible d'échanger des cartes de visite, de télécharger un poster lors d'un colloque. Les technologies NFC pourront concerner, outre les téléphones mobiles, les tourniquets contrôlant les entrées (métro, bibliothèque, cantines, etc.), les parcmètres, les distributeurs de billets, les portes de maisons, de garages, les ordinateurs individuels, les distributeurs automatiques de boisson, les billets de train, etc. Les premiers téléphones portables NFC devraient arriver en France en 2009 ; il y en a déjà plus de 40 millions au Japon.

Il convient de signaler les risques liés au respect de la vie privée qui sont soulevés, par exemple l'utilisation de capteurs furtifs, le marquage abusif de certaines personnes, la lecture non sollicitée d'informations confidentielles... En effet, l'internet des objets permet la traçabilité des déplacements des objets ou même des personnes. En France, la CNIL considère que les étiquettes RFID sont des données personnelles au sens de la loi « Informatique et Libertés ». L'ANR finance aussi des recherches sur les moyens technologiques permettant de respecter la vie privée.

Cette préoccupation est devenue d'autant plus importante que les RFID sont entrés dans les mœurs puisque parmi les cadeaux de Noël ont figuré en 2008 des lapins communicants ou des miroirs équipés de RFID ; ils vous indiqueront le temps lorsque vous montrerez un parapluie... (voir <http://www.violet.net/>).

L'intelligence ambiante : Avec les progrès de la miniaturisation et des moyens de télécommunications, l'informatique devient invisible et plus performante. Elle permet de favoriser « l'humain étendu ». L'individu est mieux informé et dispose d'un accès permanent à tous ses documents et services, quel que soit l'endroit où il se trouve.

« L'environnement actif » permet une connectivité permanente. L'individu peut interagir

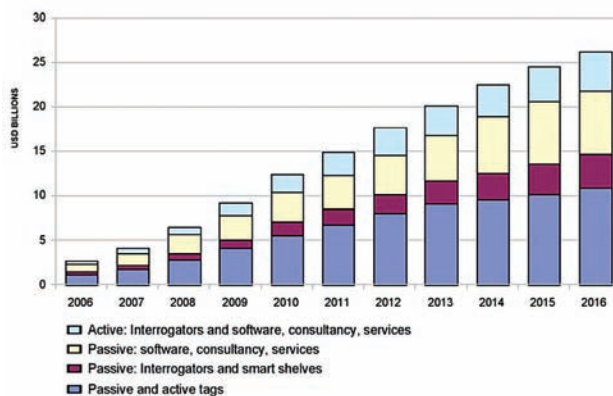
avec des capteurs qui sont des relais de communication et qui peuvent à distance provoquer certaines actions. Les capteurs facilitent les surveillances de bâtiment, la mobilité en général, les péages, l'accès aux services d'information routière, etc. La généralisation du RFID permet un suivi en temps réel des systèmes de logistique et de transport.

L'effet d'entraînement des technologies du nomadisme inclut l'intelligence ambiante. Ce domaine scientifique se révèle extrêmement prometteur tant par la diversité des champs d'application que par la singularité des nouvelles générations de services rendus possibles. « Par opposition à l'informatique traditionnelle dont l'ordinateur de bureau est l'archétype, l'intelligence ambiante c'est l'intégration des systèmes numériques dans le milieu physique au point de s'y confondre, et ceci de manière spontanée, à de multiples échelles » selon Joëlle Coutaz, Professeur à l'UJF et James Crowley, Professeur à Grenoble INP. Grâce à leur propriétés ubiquitaires, perceptives, adaptatives et interactives, les technologies de l'intelligence ambiante permettent de fournir des services répondant au mieux aux besoins individuels des humains et machines dans des environnements hétérogènes exigeant souplesse de déploiement, robustesse et autonomie. En assurant la charnière entre le monde réel et les mondes virtuels, ces technologies se trouvent au cœur de la convergence entre ces deux univers.

Elles ont des applications dans de nombreux domaines : sécurité civile, assistance à domicile des personnes fragiles, intervention en milieux hostiles ou fortement contraints, transports intelligents, systèmes de localisation, services de communication ubiquitaires au sens où ils sont en mesure d'emprunter de manière autonome des ensembles de réseaux hétérogènes par des mécanismes d'auto-organisation.

Des milliards d'objets communicants et des enjeux de souveraineté

Pour 2010, ABI Research prévoit plus de 12 milliards d'objets communicants pour l'Europe (dont une majorité d'étiquettes RFID) et plus de 100 milliards dans le monde. Le chiffre d'affaires de la technologie RFID a atteint les 5 \$Mds en 2007, avec une prévision de 12 \$Mds en 2010.



Total RFID market projections

Source : « RFID Technologies: Emerging Issues, Challenges and Policy Options », European Commission, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies

Le développement des objets communicants soulève un enjeu de gouvernance et

de normalisation. En l'absence d'initiative européenne, le modèle international de gestion de ces objets s'oriente vers un modèle similaire à celui des noms de domaines de l'Internet. La gestion d'un serveur racine ONS, équivalent du DNS pour le monde des objets, a, en effet, été confiée en 2005 à l'entreprise américaine Verisign. En raison d'enjeux d'intelligence économique et de souveraineté, il est apparu nécessaire de ne pas laisser s'instaurer un statu quo en la matière.

Afin de proposer une vision plus ouverte, une seconde racine a été ouverte en France en 2007, par GS1 France, en partenariat avec Orange, en lui donnant une portée européenne. Celle-ci est devenue une plate-forme opérationnelle dans le monde des objets communicants en avril 2008, et pourrait ouvrir la voie à d'autres racines, par exemple en Chine. Il s'agit maintenant d'acter un standard de communication entre les serveurs racines. Les Etats-Unis maintiennent toutefois une longueur d'avance dans ce domaine, comme en témoigne le lancement du consortium « IPSO Alliance » en septembre 2008 par CISCO.

Les technologies génériques, liées aux capteurs, RFID, NFC débouchent sur des applications multiples mais exigent pour lever les verrous, en amont, des recherches fondamentales. Les verrous concernent :

- les protocoles de sécurité dans l'usage des technologies NFC,
- la définition de nouveaux algorithmes de cryptographie pour les objets communicants,
- l'optimisation du canal de transmission pour les objets sans contact,
- la fusion de données provenant de capteurs hétérogènes, des algorithmes d'analyse d'images,
- les protocoles de routage de communication inter véhicules,
- la faisabilité d'un radar communicant sur sa propre fréquence et de circuits de traitement des signaux associés en temps réel, de logiciels de localisation couplés à des capteurs inertiels,

- l'optimisation des systèmes d'information géographique en temps réel,
- la conception d'interfaces homme-machine.

Les objets communicants (RFID, NFC, etc.) impliquent des recherches pour protéger la vie privée des utilisateurs d'objets portables (COPRIM) ou effectuant des transactions (PACE, SACOSE). Il convient d'accélérer les capacités d'applications fondées sur la NFC (FACIL) qui favorisent aussi de nouvelles transactions: achats multiples et applications médicales, administratives...

Les capteurs trouvent des terrains d'application féconds par rapport à la problématique de nouveaux modes de transports intelligents.

Avec LOVE les véhicules peuvent détecter automatiquement des piétons susceptibles d'être en danger. Des projets de sécurité routière (DIVAS) améliorent la connaissance des conducteurs, qui peuvent être prévenus de certains dangers inhérents à un itinéraire précis.

SURTRAIN permet d'aider à la détection de situation à risque pour des passagers circulant dans des trains. L'aide aux déplacements peut se faire en accompagnant les voitures. On peut, par exemple, utiliser plusieurs terminaux mobiles dans un véhicule (TRAFIC) mais aussi sauver des vies grâce à un radar équipant les véhicules (VELO). La régulation du trafic est aussi possible (CIPEBUS); de même, on peut « tracer » des véhicules pour assurer une fluidité urbaine plus grande

(SINERGIT) ou développer des capteurs anti-collision (PRIMA-CARE). Il est également possible de localiser des piétons (FIL) et de rendre « intelligents » des bus qui, en habitat dispersé, adapteront leur itinéraire au besoin des usagers (MODULOBUS).

Enfin, un dernier volet de ce nouveau nomadisme consiste à aider les personnes handicapées qui peuvent se déplacer malgré les déficiences visuelles ou des handicaps divers (DANAM, INFOMOVILLE).

Mobilité des personnes et objets communicants

Acronyme et nom du projet

Le projet résumé en un titre

Les objets communicants (NFC, RFID, etc.)

COPRIM	Near Field - COntractless PRivacy Manager	Sciences Exactes et Sciences Humaines au service de la protection de la vie privée
FACIL	FAst Contactless Intuitive Layers	Pour découpler les capacités de débits des applications sans contact tout en conservant leur simplicité
PACE	Pairings and Advances in Cryptology for E-cash	Les mathématiques au service de la protection de la vie privée dans les e-transactions
SACOSE	SAns COntract SEcurisé	La protection des systèmes sans contact contre la fraude et la malveillance

Transports intelligents et aide à la mobilité des personnes

LOVE	Logiciels d'Observation des Vulnérables	La perception artificielle au service de la sécurité des piétons
DIVAS	Dialogue Infrastructure Véhicules pour Améliorer la Sécurité	Quand les véhicules et la route se parlent directement pour assurer la sécurité de tous
SURTRAIN	SURveillance des TRansports par Analyse de l'Image et du soN	Des moyens de transports publics plus sûrs par l'analyse de l'image et du son
TRAFIC	Architecte pour les Réseaux véhiculaire A Forte Mobilité groupée pour la gestion de serviCes temps réel	Véhicules intelligents : des véhicules qui communiquent pour une meilleure sécurité routière
VELO	Communication Inter Véhicules et Localisation relative Précise	Sauver des vies : Un Radar Automobile Communicant bas coût équipant tous les véhicules
CIPEBUS	Carrefour Intelligent - Pôle d'Echange -BUS	Capteurs innovants et réactivité au service de la gestion de nœuds routiers urbains complexes
DANAM	Dispositif d'Assistance à la Navigation pour personnes Aveugles dans les couloirs du Métro	« GPS d'intérieur » pour la localisation de piéton
FIL	Fusion d'Information pour la Localisation	Hybridation et micro-systèmes pour la localisation étendue aux bâtiments
MODULOBUS	Prototypage d'une nouvelle approche du transport à la demande en milieu urbain et périurbain : le concept de Modulobus	Prototypage d'une nouvelle approche du transport public : le concept de MODULOBUS
SINERGIT	Système d'information sur les déplacements par véhicules traceurs avec Galileo pour l'agglomération toulousaine	Ensemble, construisons l'information trafic de demain
PRIMA-CARE	Prévention de la collision Routière par association Intelligente Mufti-capteurs - radar	Alerte sonore au conducteur d'un danger potentiel détecté dans son environnement proche
INFOMOVILLE	Environnement temps-réel pour l'INFOrmation, l'orientation et la sécurité des voyageurs à handicap sensoriel (visuel ou auditive) au cours de leurs déplacements dans les transports collectifs, les pôles d'échanges et de façon plus générale pour la Mobilité en VILLE »	Accéder à l'information voyageur quand on a un handicap sensoriel visuel ou auditif

Programme « Télécommunications », édition 2007

Projet COPRIM

Sciences Exactes et Sciences Humaines
au service de la protection de la vie privéeProtection des informations personnelles
sur les objets nomades de type mobile NFC

L'accroissement des fonctions de connectivité embarquées sur les objets portables de type téléphone mobile augmente les risques d'accès aux données personnelles de l'utilisateur par des acteurs malveillants. La convivialité de ces objets et leur utilisation quotidienne et fréquente nécessitent de disposer de fonctions de communications sécurisées. Ces communications sécurisées doivent inspirer confiance aux utilisateurs qu'ils soient propriétaires de l'objet nomade ou fournisseurs de services à distance.

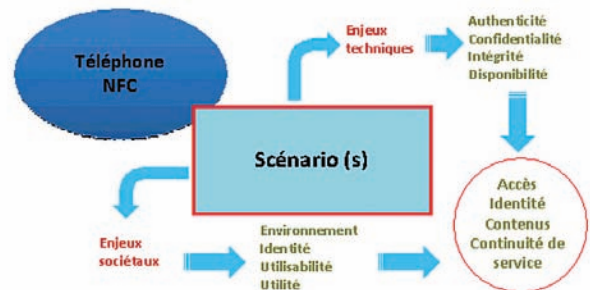
La contribution du dispositif COPRIM à l'établissement de la confiance chez l'utilisateur repose notamment sur deux éléments complémentaires : la technologie déployée pour protéger les utilisateurs et l'acceptabilité par le consommateur des solutions techniques mises en oeuvre. C'est pourquoi un partenariat multidisciplinaire intégrant des compétences techniques du domaine des technologies de l'information et de la sociologie des usages a été mis en place. Il se propose de fournir des solutions techniques validées vis-à-vis de leur acceptation par l'utilisateur d'objets portables de type mobile NFC.

Scénarios d'usage et acceptabilité
des solutions techniques

Une approche méthodologique est en cours de définition et de validation. Il s'agit, à partir de scénarios tirés des pratiques quotidiennes, d'une part d'identifier les lacunes des transmissions sans contact vis-à-vis de la protection des données personnelles et d'autre part de proposer des solutions de protection intégrant à la fois les contraintes technico-économiques et d'acceptabilité par l'utilisateur.

Le scénario de base est construit autour d'un objet grand public à large diffusion potentielle que représente le téléphone mobile équipé d'une interface sans contact NFC.

Cette scénarisation de l'usage du dispositif permet de faire « sortir du laboratoire » tant les attaques protocolaires que les menaces sur la couche physique : l'intervention du système COPRIM est ainsi pensée dans une dynamique de conception sécurisée centrée autour de l'utilisateur. C'est à partir de cette première phase d'analyse que seront construits des scénarios d'application confrontés à un public d'utilisateurs potentiels. La méthode du focus group sera alors déployée pour comprendre les réactions des utilisateurs potentiels, et apprécier leur acceptabilité et le sens de l'usage.



Le projet « COPRIM Near Field - COntactless PRIVacy Manager » est un projet de recherche industrielle coordonné par le Commissariat à l'Énergie Atomique. Il associe le Laboratoire PRISM (Université de Versailles Saint-Quentin en Yvelines), le Laboratoire de l'UPMF (Université Pierre Mendès-France de Grenoble) ainsi que la société INSIDE Contactless. Le projet a commencé en janvier 2008 et dure 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de l'ordre de 917 k€ pour un coût global d'environ 1,7 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Pendant la première année du projet les travaux se sont concrétisés autour d'une approche méthodologique multidisciplinaire : méthode d'analyse conjointe, technologique et sociologique, des lacunes en protection des données relevant de la vie privée, sur des objets personnels de type téléphone mobile mettant en oeuvre une technologie sans contact.

Production scientifique et brevets

Le projet est trop récent pour avoir eu la possibilité de valoriser ses travaux par des articles scientifiques publiés ou des brevets.

Programme « Télécommunications », édition 2007

Projet FACIL

Pour découpler les capacités de débits des applications sans contact tout en conservant leur simplicité

Préparer la technologie sans contact aux challenges et besoins à venir

La pénétration fulgurante sur les marchés transport, paiement et identités des technologies sans contact a créé des attentes. Cette forte progression se justifie par les qualités de simplicité et faible coût de cette technologie.

Son prochain défi est de s'adapter à des facteurs de forme autres que celui de la carte à puce et de permettre au même coût et avec la même simplicité de transférer des volumes de données beaucoup plus importants.

Ce changement est déjà engagé grâce aux initiatives NFC qui ouvrent un champ d'application illimité.

L'objectif du projet F@CIL est de conserver les caractéristiques qui ont fait le succès de la technologie sans contact tout en décuplant ses possibilités de transfert de données en passant de 1Mb/s à plus de 10Mb/s.

Des principes de communication originaux

Transférer d'un objet à l'autre à la fois :

L'énergie nécessaire pour le faire fonctionner, et de gros volumes de données est une vraie difficulté.

Les phénomènes d'induction rendent les canaux particulièrement variables en termes de qualité de signaux et l'objectif de coût ne permet pas d'utiliser toutes les technologies radio. Aussi, la démarche originale des partenaires du projet consiste à identifier les paramètres du canal de transmission ainsi que ses variations pour en déterminer les limites et verrous afin de développer un système de transmission fortement adaptatif.

Le projet « FACIL FAst Contactless Intuitive Layers » est un projet de recherche industrielle coordonné par Gemalto (Gemplus SA). Il associe aussi CEA/DRT/LETI : Laboratoire d'Electronique et de Technologies de l'Information Services Architectures et Sécurité des Technologies de l'Information, RAISONANCE. Le projet a commencé en 2008 pour une durée de 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 1,5 M€ pour un coût global de l'ordre de 3,1 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

A ce jour, les débits enregistrés en utilisant ce nouveau schéma de transmission ont permis d'atteindre des débits d'information jusqu'à 6 Mb/s, (soit 7 fois plus rapides que les débits actuels) tout en conservant la possibilité de télé-alimenter l'objet distant par le champ magnétique produit. Les applications de transfert de fichiers type MP3 musicaux, voire d'imagerie, sont ainsi à la portée de la technologie sans contact.

Production scientifique et brevets

Des dépôts de brevets sont en cours, ainsi que des rapports techniques qui restent pour l'instant internes au projet.

Programme « Télécommunications », édition 2007

Projet PACE

Les mathématiques au service de la protection de la vie privée dans les e-transactions

Nouveaux services des télécommunications et cryptographie : comment protéger la vie privée ?

Face aux risques croissants de dérapage liés à l'accroissement des collectes de données à caractère personnel dans le déploiement de nouveaux services, l'un des objectifs de la cryptographie est de minimiser les données à traiter pour l'accomplissement de transactions électroniques sécurisées. Touchant à la préservation de la vie privée, l'anonymat est en particulier une valeur primordiale pour le consommateur désireux qu'on lui offre la complète maîtrise de son identité numérique. Au-delà de cet aspect, l'impossibilité de tracer un utilisateur, ou même la confidentialité de ses données personnelles, sont autant de sujets sensibles qu'il est aujourd'hui important de prendre en compte. Un exemple flagrant est le commerce électronique, et en particulier l'émulation électronique de la monnaie traditionnelle, où le mariage entre la sécurité, la protection de la vie privée et l'efficacité est primordial et pour autant difficile à atteindre. Le but du projet PACE est de concevoir et fournir des outils permettant la sécurisation des services liés aux transactions électroniques, tout en protégeant au mieux la vie privée des acteurs du système et sans pour autant augmenter les risques de fraude.

Les applications bilinéaires : un nouvel outil pour les besoins cryptographiques

L'algorithmique basée sur les courbes elliptiques est omniprésente dans les évolutions cryptographiques actuelles. En particulier, les applications bilinéaires sont devenues un outil central et irremplaçable dans la création de systèmes cryptographiques aux propriétés multiples. Cette tendance est par ailleurs observée au niveau industriel où les implémentations cryptographiques classiques sont progressivement remplacées par des techniques basées sur les courbes elliptiques. Par ailleurs, les applications bilinéaires sont attendues pour résoudre de nombreux problèmes ouverts en cryptographie. Et c'est déjà le cas pour certains d'entre eux, comme par exemple les signatures de groupe courtes ou le chiffrement à base d'identité. Cela le sera encore pour les nouveaux besoins cryptographiques introduits par les services où la protection de la vie privée des utilisateurs est importante. Le projet PACE a ainsi pour but de mettre en avant ces nouvelles problématiques, de trouver les solutions cryptographiques nécessaires et de chercher des constructions efficaces au niveau algorithmique.



Le projet « PACE Pairings and Advances in Cryptology for E-cash » est un projet de recherche industrielle coordonné par France Telecom. Il associe aussi les laboratoires LIENS (Ecole Normale Supérieure), LIX (CNRS), GREYC (Université de Caen) et les entreprises NXP Semiconductors France, Gemalto (Axalto SA) et Cryptolog International. Le projet a commencé en février 2008 et dure 48 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 1,3 M€ pour un coût global de l'ordre de 2,7 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Le consortium du projet a regardé les besoins algorithmiques au niveau des courbes elliptiques et des applications bilinéaires ainsi que les recommandations internationales existantes ; il a mis en évidence les briques cryptographiques à étudier dans la suite du projet (avec un bilan du travail déjà fait ou à faire et des résultats proposés sur des systèmes de proxy chiffrement et de proxy signature) ; il a étudié l'émulation électronique de la monnaie fiduciaire, autrement appelée monnaie électronique.

Il a aussi étudié les différentes possibilités d'anonymat dans la monnaie électronique transférable et a fourni le meilleur schéma de monnaie transférable existant à ce jour. Puis, l'ensemble des partenaires a spécifié un nouveau système de monnaie électronique possédant une phase de dépense de plusieurs pièces de monnaie. Ce système très efficace nécessite très peu d'échanges de données entre l'acheteur et le commerçant.

Production scientifique et brevets

Trois articles publiés dans les conférences ACM CCS'08, PKC 2008 et Pairing 2008 sur les briques cryptographiques de proxy chiffrement et de proxy signature et deux autres dans les conférences Financial Cryptography 2008, ACNS 2008 sur le transfert de pièces de monnaie électronique. L'un des membres du projet a par ailleurs été invité à la conférence CARDIS 2008 pour une présentation générale sur la monnaie électronique. Enfin, un autre article a été soumis par l'ensemble des partenaires du projet à la conférence Financial Cryptography 2009 et traite de la dépense efficace de plusieurs pièces de monnaie électronique.

Les mathématiques aux services de la protection de la vie privée dans les e-transactions.

Programme « Télécommunications », édition 2007

Projet SACOSE

La protection des systèmes sans contact contre la fraude et la malveillance

Amélioration de la protection des communications sans contact

Les cartes à puce sans contact sont de plus en plus utilisées dans la vie quotidienne des citoyens : cartes de paiement, titres de transports, cartes santé, passeports électroniques, etc. La grande qualité de ces objets nomades est qu'ils permettent d'une part à l'utilisateur d'accéder à un service public ou privé de manière très conviviale et d'autre part de diminuer les coûts de fabrication et de maintenance de l'opérateur. Au travers du lien sans contact, ces services peuvent potentiellement faire l'objet d'attaques de la part de fraudeurs ou de personnes malveillantes. La motivation de l'attaquant allant du gain économique au pur vandalisme. Dans tous les cas il y a pertes économiques pour l'opérateur et/ou l'utilisateur.

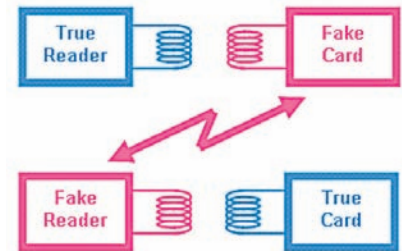
Le projet SACOSE a comme objectif de réduire au maximum, voire d'annuler, les éventuelles vulnérabilités liées au lien sans contact. Dans ce cadre, il s'attache à répertorier les différentes possibilités d'attaques pour les hiérarchiser afin de proposer des contremesures efficaces et pertinentes. Il recherche aussi à anticiper des vulnérabilités non encore identifiées et à les prévenir en amont au niveau de la conception initiale des systèmes et des composants intégrés.

Une étude conjointe couche physique et couche protocolaire

Le point clé du projet SACOSE est de faire travailler ensemble sur toutes les couches du protocole de communication des équipes aux compétences techniques et scientifiques complémentaires : électronique et traitement du signal pour la couche physique et cryptographie et authentification pour la couche protocolaire. Dans un premier temps, une méthodologie d'analyse du risque dédiée plus particulièrement au sans contact a été entreprise. Elle met en œuvre des scénarios typiques et prend en compte les vulnérabilités spécifiques du lien de communication sans contact : écoute passive et activation à distance.

Dans un deuxième temps une quantification précise des moyens à mettre en œuvre et des gains potentiels sera entreprise sur des vulnérabilités types afin de valider par l'expérience la cotation des risques. Le projet s'intéressera plus particulièrement aux systèmes compatibles avec la norme ISO 14443. Les résultats de ces travaux seront en partie généralisables aux systèmes NFC et aux étiquettes RFID.

Dans un troisième temps, les vulnérabilités les plus fortes seront réduites par la mise en place de contremesures conjointes impliquant les couches physique et protocolaire. Une méthodologie d'évaluation sécuritaire et des plateformes de test seront proposées et développées.



Exemple de cas traité par le projet SACOSE : l'attaque relai

Le projet « SACOSE SAns Contact SEcurisé » est un projet de recherche industrielle coordonné par le CEA LETI. Il associe aussi le Laboratoire Matériaux et Microélectronique de Provence (L2MP) du CNRS, l'Ecole des Mines de Saint-Etienne, GEMALTO, l'ISEN et STMicroelectronics. Le projet a commencé en janvier 2008 pour une durée de 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 1,3 M€ pour un coût global de l'ordre de 2,7 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

- Pendant la première année du projet deux résultats sont significatifs :
- Une compilation des différentes possibilités d'attaques sur le lien sans contact avec une première évaluation des difficultés de mise en œuvre et de leur efficacité.
 - Une proposition de méthodologie d'analyse de risques orientée sur la problématique du lien sans contact et sur les scénarios types. Dans ce dernier cas, on prend en considération que le lien sans contact, radioélectrique par essence, ouvre une possibilité d'attaque hors laboratoire en environnement extérieur.

Production scientifique et brevets

Des présentations très générales sur le sujet ont été faites en 2008 lors du forum ICTF de Lille et lors de la conférence e-Smart'08 de Sophia-Antipolis.

Programme « PREDIT », édition 2005

Projet LOVE

La perception artificielle au service de la sécurité des piétons

Amélioration de la sécurité des piétons

Une forte proportion des accidents de la circulation en ville met en jeu des piétons. Il est important de se mobiliser pour en réduire la gravité voire en diminuer le nombre. L'intégration de la perception artificielle à bord des véhicules doit permettre de détecter, reconnaître et localiser automatiquement les piétons susceptibles d'être en danger afin d'en déduire une action pertinente sur le véhicule. L'action qui sera ensuite imaginée par les constructeurs automobiles à partir des logiciels de perception est hautement stratégique. Elle pourra aller de la simple alarme à la prise en main du véhicule afin qu'il ralentisse en passant par le déclenchement d'un air bag pour protéger le piéton.

Une information plus sûre grâce à la combinaison des informations multicapteurs

Des données issues de capteurs variés (radar, laser, caméra, stéréovision) sont utilisées afin d'exploiter les redondances et leurs complémentarités. Elles permettent ainsi d'obtenir des informations inaccessibles lors de l'utilisation d'un seul capteur et de renforcer la confiance sur les résultats en cas de redondance.

La fusion de données qui permet donc la combinaison de ces informations est une thématique de recherche fondamentale dans la quête de résultats toujours plus fiables. En effet, malgré l'extrême complexité de la tâche, il serait tout à fait inacceptable que de mauvaises détections viennent perturber le conducteur.

Un effort algorithmique est ainsi tout particulièrement fait sur l'auto-évaluation des logiciels, ce qui permet de quantifier le crédit accordé à leur résultat lors de la combinaison et ainsi de minimiser l'impact de mauvaises interprétations. Les résultats issus de données plus fiables prennent en effet le pas sur ceux émanant de mesures moins bien adaptées à la situation routière en cours.



Détection (préalable à la localisation) et localisation d'objets par stéréovision (Résultats du LVMC)

Le projet « LOVE Logiciels d'Observation des Vulnérables »

projet de recherche coordonné par l'Université de Clermont-Ferrand, fait intervenir 12 partenaires : Renault, Valeo, 3 équipes du CNRS, 3 de l'INRIA, 1 du CEA, 1 du LCPC et 2 de l'École de Mines. Le projet, d'une durée de 3 ans, a débuté en septembre 2006. Son budget global de 8,5 M€ est cofinancé à 22 % par le conseil régional d'Île de France, à 19 % par l'ANR et à 3 % par le conseil général des Yvelines.

IMPACTS

Résultats majeurs

Les logiciels de détection, reconnaissance et suivi monocapteurs sont en phase de finalisation et d'évaluation. Ils ont donné lieu à une production scientifique originale. Le fruit de cette analyse va désormais permettre le choix de chaînes complètes de traitement adaptées en fonction de la pertinence de chaque algorithme. Le développement des logiciels de combinaison d'information se poursuit donc désormais avec une meilleure connaissance des briques logicielles de base dont ils disposent.

Production scientifique et brevets

Les premiers résultats obtenus, essentiellement sur les solutions monocapteurs, mais aussi sur les premiers résultats de combinaison des informations ont fait l'objet d'une vingtaine de publications internationales dans des conférences spécialisées.

Programme « Transports intelligents 2006 », édition 2006

Projet DIVAS

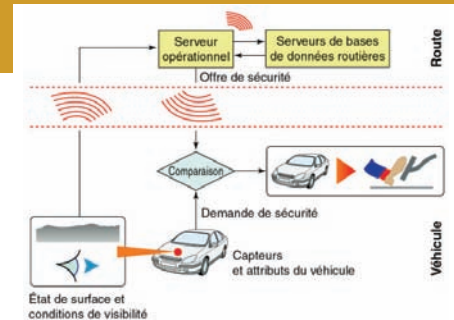
Quand les véhicules et la route se parlent directement pour assurer la sécurité de tous

Une vision proactive et dynamique de la sécurité routière

Sur la route, une conduite sûre résulte de la prise de conscience des risques, et de leur anticipation. Principalement liés au comportement des conducteurs, ces risques peuvent néanmoins être renforcés par une infrastructure qui surprend (virage plus fermé que prévu, obstacle physique à la visibilité tels que hauts de côtes, constructions en bord de voie, bois...) ou par l'effet des conditions météorologiques qui en dégradent les performances (réduction de visibilité due à la pluie, au brouillard, chaussée mouillée, donc glissante). Parce que le gestionnaire de l'infrastructure connaît son réseau et ses points délicats, parce que les véhicules aujourd'hui mesurent de nombreux paramètres météorologiques, voire mécaniques, là où ils passent, la confrontation de ces informations en temps réel donne les moyens de prévenir chaque conducteur des difficultés qui l'attendent dans les quelques centaines de mètres qui sont devant lui, en lui transmettant une information synthétique mais précise et appropriée (conseil sur la vitesse, message explicite sur un écran...). Une plateforme communicante embarquée dans chaque véhicule et un réseau de serveurs répartis en bord de voie suffiront demain à assurer ces échanges.

Une architecture dédiée pour ajuster l'offre et la demande de sécurité sur la route

Toute infrastructure routière offre un certain niveau de « sécurité objective », principalement selon sa géométrie (visibilité), la texture du revêtement (adhérence) et la météo (à la fois la visibilité et l'adhérence). Un véhicule qui parcourt une section exige, à tout instant, une réserve de « sécurité objective », fonction de sa vitesse et de ses caractéristiques propres, notamment de masse et de freinage. L'exigence de sécurité objective d'un véhicule doit toujours, et en tout point, être inférieure à l'offre de l'infrastructure. L'architecture conçue par le projet DIVAS permet, grâce à une confrontation, en temps quasi-réel, des caractéristiques et de l'état de l'infrastructure connus du gestionnaire, de la météo mesurée par le véhicule et ceux qui l'ont précédé, et des caractéristiques du véhicule lui-même, d'actualiser en permanence offre et demande de sécurité objective, et de proposer au conducteur d'adapter sa vitesse, et plus généralement son comportement, pour que sa demande soit adaptée à l'offre de l'infrastructure.



Le concept et l'architecture DIVAS

Le projet « DIVAS Dialogue Infrastructure Véhicules pour Améliorer la Sécurité » est un projet de recherche industrielle innovante, coordonné par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC). Il associe d'autres laboratoires publics (INRETS, INRIA, CSTB, CETE Rhône-Alpes, CETE Normandie-Centre), des unités mixtes CNRS-universités (Clermont-Ferrand, Poitiers), des écoles (Mines ParisTech), des industriels (MICHELIN, VEOLIA), des gestionnaires d'infrastructure (ASF, CG44, CG22). Le projet a commencé en mai 2007 et dure 36 mois. Il bénéficie d'une aide ANR de 1,2 M€ pour un coût global de l'ordre de 2,5 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

1. Analyse des comportements de conduite actuels (2-roues, voitures et autocars), incluant d'une part l'évolution récente de l'accidentologie d'après les fichiers BAAC et ASF, d'autre part le relevé des vitesses pratiquées (approche combinant l'analyse d'itinéraires par véhicules instrumentés et le suivi en continu de sites, par observatoires de trajectoires) pour positionner les enjeux du système.
2. Une approche holistique de la sécurité procédant par combinaison (# sommation) des risques liés à l'infrastructure (pertes de contrôle par temps sec, d'adhérence, de visibilité...).
3. Conception d'une approche de la sécurité par un système coopératif et définition de l'architecture ad hoc (cf. figure).
4. Identification des informations à échanger et des moyens de les collecter.
5. Sensibilisation des gestionnaires routiers à l'intérêt des systèmes coopératifs pour la sécurité via le projet et son groupe d'utilisateurs.

Production scientifique et brevets

Plusieurs papiers ont été publiés, dans la conférence TRA'2008 (Ljubjana, Slovénie), dans la conférence IEEE intitulée ICCP'2007 (Cluj-Napoca, Roumanie) et dans la conférence IEEE intitulée IROS'2008 (Nice, France). En outre des présentations invitées ont été faites à « Safe Highways of the Future » (Bruxelles, Belgique) et « Interoute'2008 » (Rennes, France). Ces documents couvrent essentiellement le concept et la structure du système tels que décrits dans la figure, les travaux sur la mesure embarquée de la visibilité et le calcul des vitesses nominales et recommandées.

Programme « Transports intelligents 2006 », édition 2006

Projet SURTRAIN

Des moyens de transports publics plus sûrs grâce à l'analyse de l'image et du son

Amélioration de la sécurité des passagers et de la protection des infrastructures

L'insécurité et les actes d'incivilité dans les transports publics sont devenus un problème reconnu de notre société. Augmenter la sécurité des personnes dans ces transports, conditionne en partie une plus grande attractivité de ceux-ci. La réduction des actes de vandalisme sur les équipements ne peut également que contribuer à diminuer les coûts d'exploitation et améliorer la rentabilité du système de transport.

Aujourd'hui lorsqu'un acte délictueux est commis à bord d'un train, il est certes très difficile de détecter cet acte, mais il est encore plus difficile de suivre l'individu, notamment lorsqu'il quitte le train, afin de l'interpeller.

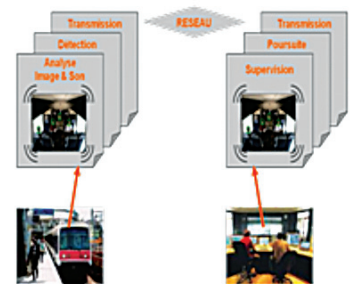
L'objectif du projet SURTRAIN est le développement d'une plateforme de surveillance basée sur la mise en œuvre conjointe d'algorithmes d'analyse d'image et du son en environnement mobile et permettant la détection de situations à risque pour les passagers et la mise en œuvre rapide des mesures conservatoires par un opérateur en charge de la supervision du système de surveillance. La plateforme présente une architecture à ressources distribuées (capteurs vidéo et audio, unités d'analyse, stockage, serveur d'application) et s'appuie sur un réseau de communication permettant un travail coopératif entre elles.

Des algorithmes robustes, des interfaces de communication et des services performants

Les enjeux scientifiques et techniques du projet portent sur l'amélioration des algorithmes d'analyse d'images opérant en milieu mobile, ainsi que sur l'amélioration des algorithmes d'analyse sonore opérant en milieu bruité. Cette démarche vise en priorité l'obtention de solutions robustes et complémentaires (l'analyse du son pour la détection de situations anormales à bord, et l'analyse d'images pour le suivi assisté d'un individu suspect).

La mise en œuvre de tels algorithmes est associée à une définition de l'architecture de la plateforme et des techniques intégrées devant les supporter et les exploiter afin de présenter des solutions compatibles avec l'environnement embarqué et adaptées au besoin de l'utilisateur : architecture distribuée des ressources de traitement à bord du train et communiquant via un réseau inter-voitures de transmission de données à haut débit, compression des données vidéo pour l'optimisation de leur diffusion sur le réseau et de leur stockage à bord, interfaces opérateur.

Les solutions sont développées et évaluées au cours du projet en s'appuyant sur plusieurs campagnes de tests et d'acquisitions sur un train d'essais ainsi qu'en exploitation commerciale.



SURTRAIN développe une meilleure continuité des services de surveillance entre les véhicules et les centres de contrôle

Le projet « SURTRAIN SURveillance des TRansports par Analyse de l'Image et du son » est un projet de recherche industrielle coordonné par MARTEC. Il associe la SNCF ainsi que deux laboratoires, le CEA LIST et l'INRETS LEOST. Le projet a débuté en mai 2007 pour une durée de 30 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 1,4 M€ pour un coût global de l'ordre de 2,9 M€.

IMPACTS**Résultats majeurs**

Les premières réalisations du projet ont été la définition des besoins des opérationnels et, à l'issue, des scénarii de démonstration devant et pouvant être traités par les algorithmes de détection de situations anormales et d'assistance à la surveillance (e.g. tirage de signal d'alarme, cris de voyageurs, bris de glace, poursuite d'individu suspect). Les premières campagnes de tests sur train ont permis la caractérisation de l'environnement en termes de contraintes à prendre en compte pour le développement des algorithmes d'analyse des images et du son.

Des essais de communication haut débit à bord du train et intégrant la problématique inter-caisses ont été menés sur des solutions de type courant porteur (CPL) et ont donné des résultats encourageants pour le besoin ciblé. L'architecture matérielle de la plateforme a été définie au regard du type de matériel roulant mis à disposition pour l'ensemble des essais et démonstrations.

Production scientifique et brevets

Pas de publication scientifique ni de dépôt de brevet dans l'état actuel d'avancement du projet.

Programme « Télécommunications », édition 2006

Projet TRAFIC

Véhicules intelligents : des véhicules qui communiquent pour une meilleure sécurité routière

Vers une sécurité routière et un confort renforcés

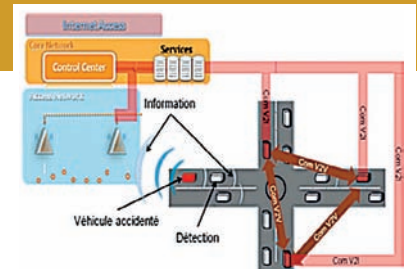
Depuis quelques années, les communautés scientifique et industrielle étudient la possibilité de faire bénéficier les systèmes de transport urbains et routiers des derniers développements dans le domaine des technologies sans fil. L'idée est de faire « dialoguer » les véhicules entre eux mais également avec l'infrastructure routière pour aboutir à un système coopératif dont l'objectif majeur est d'augmenter la sécurité routière et de réduire le nombre d'accidents et de décès sur les routes.

Un exemple d'application peut être la propagation de messages d'alertes aux véhicules arrivant dans une zone d'incident (accident, chaussée verglacée, etc.). Ces messages peuvent être émis par l'infrastructure ou les véhicules à proximité.

Outre les applications de sécurité routière, ce réseau de communications véhicule-véhicule (V2V – Vehicule to Vehicule) et véhicule-infrastructure (V2I – Vehicule to Infrastructure) fournit une base de communication qui peut être également exploitée pour offrir aux voyageurs des services complémentaires dits de « confort » tels que l'accès à leur réseau d'entreprise, la vidéo à la demande, l'accès au web, et le rapatriement d'informations en temps réel sur l'état du trafic routier (densité, saturation, temps de parcours...). Le projet TRAFIC s'inscrit dans cette démarche de développement et de recherche. Il a pour objectifs de définir une architecture de communication hybride capable de répondre aux besoins des différents types de services à supporter. Une de ces spécificités est de gérer efficacement le déplacement groupé des véhicules en définissant des protocoles de communication et de routage fiables et adaptatifs.

Un routage adaptatif et une meilleure gestion de la mobilité groupée des véhicules

La démarche utilisée dans le projet a consisté à définir clairement les besoins utilisateurs et les services attendus pour identifier tous les composants conceptuels et physiques de l'infrastructure de communication. Dès lors, de nouvelles solutions de routage optimisées ont été définies pour trouver le meilleur chemin pour acheminer les messages (via les véhicules et/ou via l'infrastructure). Certains messages tels ceux liés à la sécurité routière nécessitent d'être livrés rapidement aux bons véhicules pour permettre aux conducteurs de réagir à temps. Par ailleurs, une meilleure gestion de la mobilité groupée des véhicules a été proposée pour simplifier la communication d'un ensemble de véhicules intéressés par un service commun (comme par exemple pour simplifier la convergence des véhicules de secours vers un lieu d'accident, (cf. illustration).



Sur la figure précédente, illustrant un cas d'accident, la communication entre le centre de contrôle et les véhicules (V2I) est utilisée afin de gérer l'intervention des véhicules de secours (pompiers, police, etc.) et la communication inter-véhiculaires (V2V) assure le routage d'informations d'urgence et la gestion de la coordination des véhicules de secours.

Le projet « TRAFIC Architecture pour les Réseaux véhiculaire A Forte Mobilité groupée pour la gestion de services temps réel »

est un projet de développement expérimental coordonné par Arion. Il associe aussi le Laboratoire de Recherche en Informatique de l'Université Paris XI, Telecom ParisTech et l'ESIGEELEC. Le projet a commencé en avril 2007 pour une durée de 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 427 k€ pour un coût global de l'ordre de 935 k€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Au stade actuel de réalisation, une architecture hybride ainsi que tous les schémas de communication ont été définis. De même, les besoins de routage et une définition exacte de la mobilité groupée ont été identifiés. Ces points présentent un élément important permettant la proposition de différentes solutions pour la problématique de routage et la détermination des différentes contributions possibles pour la gestion de la mobilité.

A ce jour, l'état de nos travaux est le suivant :

- Un protocole de routage est en phase de validation, il est réalisé à partir de la mise en commun des diverses solutions proposées par les partenaires.
- Un modèle de mobilité groupée exploitant le concept du lien virtuel est proposé. Ce modèle définit les fonctionnalités offertes par l'architecture de communication pour assurer le transfert de messages entre un groupe de véhicules.
- Enfin les scénarii de tests permettant de prouver la pertinence de l'architecture et des solutions proposées sont spécifiés.

Production scientifique et brevets

Deux papiers ont été publiés, un dans la conférence Intelligent Transport System Telecommunications 2008 et l'autre dans le workshop international Location-aware and Positioning technique organisé par la conférence internationale New Technologies, Mobility and Security.

Véhicules intelligents : des véhicules qui communiquent pour une meilleure sécurité routière.

Programme « Télécommunications », édition 2006

Projet VELO

Sauver des vies : Un Radar Automobile Communiquant bas coût équipant tous les véhicules

Le «Préviseur électronique» : contribuer à l'anticipation de la tâche de conduite grâce aux fonctionnalités regroupées dans un capteur/terminal embarqué

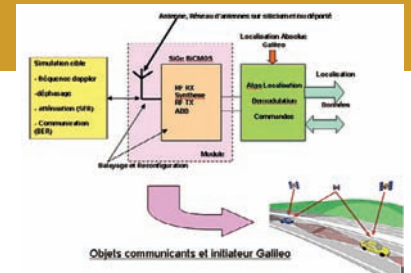
Les contrôleurs d'allure intelligents « CAI » exploitent une bande de fréquences millimétriques exceptionnellement large afin d'assurer la fonction de télémessure de vitesse et de distance. L'existence de cette bande passante, alliée à la présence d'une source radio-fréquence font penser que cet émetteur peut être exploité aussi pour assurer la fonction de communication entre véhicules.

Le capteur CAI se trouve localisé devant le véhicule, très bas vers le sol pour des impératifs de conception automobile. Le signal millimétrique, qui transporte les informations de perception de l'environnement recueillies par le véhicule de tête du peloton, utilise donc le guide d'onde virtuel constitué par la route et le bas de caisse des véhicules. La communication peut être relayée de façon à coordonner certaines manœuvres telles que freinage, évitement en cas d'obstacle inopiné devant le véhicule de tête. Ces informations intègrent nécessairement une localisation absolue du véhicule fournie par un capteur « GNSS » (GPS, Galileo) ainsi que des informations calculées sur la base des distances mesurées des véhicules proches. Les véhicules sont soit coopératifs, lorsqu'ils sont équipés, soit non coopératifs et détectés alors par la fonction radar seule.

Communication-Radar Ultra Large Bande, Faible Débit, 80GHz, faible coût, en technologie Silicium – Germanium

Le projet vise plus particulièrement les objectifs suivants :

- Démontrer la faisabilité d'un système radar avec de nouvelles fonctionnalités, en particulier au niveau reconfigurabilité en intégrant un balayage spatial, une commutation radar longue portée/courte portée, une communication Ultra Large Bande faible débit. La possibilité de temps partagé entre communication et fonction localisation sera étudiée au niveau de la définition du système.
- Démontrer la faisabilité d'une tête radar Ultra Large Bande (UWB) 80GHz en technologie BiCMOS SiGe (FT 250GHz) avec antenne miniaturisée associée, pouvant supporter plusieurs types de signaux à 80GHz, selon les spécifications système qui seront définies dans le projet.
- Développer les concepts de module et de sources émission/réception associées aptes à répondre aux besoins des radars automobiles courte portée.
- Développer les outils et systèmes de traitement du signal associés à la localisation et à la modulation – démodulation de données.
- Contribuer à une réduction des coûts par une intégration globale sur des technologies supports en cours de vulgarisation.
- Réaliser un démonstrateur et les supports de test associés.



Objets communicants et initiateur Galileo

Le projet « VELO Communication Inter Véhicules et Localisation relative Précise » est un projet de recherche industrielle coordonné par STMicroelectronics. Il associe aussi les laboratoires du CNRS IMS, LAAS, IEMN, LABSTIC, le laboratoire de l'INRETS LEOST, le Laboratoire du CEA LETI, ainsi que la société Autocruise. Le projet a commencé en janvier 2007 pour une durée de 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 1,2 M€ pour un coût global de l'ordre de 2,9 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

L'état de l'art sur le silicium millimétrique est très peu développé, ce projet permet aux partenaires universitaires de se placer dans la communauté scientifique comme des spécialistes de ce domaine émergent, notamment dans la réalisation de circuits actifs à 80GHz, de synthèses de fréquence à 80GHz et bien entendu d'intégration d'antennes, de réseau d'antenne sur silicium. ST poursuit deux objectifs principaux dans ce projet, le premier est d'accroître ses parts de marché dans le domaine de l'électronique Automobile, le radar 79GHz et son extension à un niveau de communication inter-véhicules est incontournable pour cet objectif dans la prochaine décennie. D'autre part, la réalisation d'une technologie silicium pour les applications mmW, ouvrira à ST un domaine du marché de l'électronique qui est actuellement réservé aux fabricants de semi-conducteurs à base AsGa et autre InP. Une prospective raisonnable du marché Européen des radars automobiles en 2013 se base sur 10 % des véhicules neufs (soit 1.5 million de véhicules par an actuellement), équipés de 6 à 8 radars, le tout représente donc environ 10 millions de radar par an.

Production scientifique et brevets

- EuCAP 2009, Mars 09 : « 79GHz Integrated Antenna on Low Resistivity Si BiCMOS exploiting above-IC processing »
- IEEE Vehicular Technology Conference, Spring- 09 : « Millimeter Wave Ultra Wide Band Short Range Radar Localization Accuracy »
- Transportation Research Part C Ed. Elsevier pour publication dans le Special Issue on Vehicular Wireless Communication Networks for Transportation : « Communicating Radars for Enhanced Car-to-Car Communication ».

Programme « Transports », édition 2007

Projet CIPEBUS

Capteurs innovants et réactivité au service de la gestion de nœuds routiers urbains complexes

Amélioration de la qualité de service des transports en commun aux abords des gares

L'amélioration de la qualité de service des transports en commun de surface (TC) est un élément clef pour parvenir à un meilleur transfert modal en faveur des modes de déplacements compatibles avec un développement durable et une réduction des gaz à effet de serre.

C'est aux abords des gares que les temps de parcours ainsi que les indicateurs de régularité et de ponctualité des TC enregistrent leurs pertes. Cela est principalement dû aux congestions mais aussi aux flux très importants de piétons que ces pôles occasionnent.

Ce projet propose de promouvoir la qualité de service des TC par l'amélioration de leur desserte aux abords des grands pôles d'échange. Pour atteindre cet objectif trois axes sont poursuivis avec la mise en œuvre de systèmes innovants : la lutte contre la congestion globale de la zone, la priorité des TC aux feux lors de leur passage des carrefours, la détection des gênes occasionnées par les piétons et les voitures particulières (VP) sur le cheminement des TC.

Intégration de capteurs innovants et d'outils temps réel pour la régulation

Le projet repose sur deux éléments essentiels : des outils liés à la régulation et à l'observation des carrefours, et des capteurs innovants. Ces outils sont d'une part une commande des feux des carrefours qui cherche à minimiser le temps de parcours des bus tout en minimisant au mieux les temps d'attente des VP aux feux. Cette méthode prend en compte plusieurs carrefours simultanément tout en étant très réactive. Elle sera intégrée à un superviseur qui analyse la formation et l'évolution des congestions et propose des actions à la commande des feux en vue de les résorber. Enfin un observatoire basé sur des méthodes de classification et de fusion de données identifie les types de situations de gêne entre les TC et les autres flux en présence. Un deuxième aspect du projet est l'utilisation d'une grande diversité de capteurs pour mesurer en temps réel le trafic routier et piétons : caméras vidéo associées à du traitement d'image, gps, boucles magnétiques et stations de classification des types de véhicules. Ces capteurs permettent d'accéder à une richesse d'information essentielle pour traiter des situations de trafic complexes : file d'attente aux feux, débit, occupation de la chaussée, présence de bus et de piétons...

Ce système sera testé en vraie grandeur sur un site de cinq carrefours autour de la gare de Versailles-Chantiers à Versailles (78).



Carrefour à Versailles-Chantiers : le projet s'intéresse à la gestion de zone urbaine complexe

Le projet « CIPEBUS Carrefour Intelligent - Pôle d'Echange - BUS » est un projet de recherche coordonné par l'INRETS. Il associe aussi l'INRIA (IRISA), ainsi que des gestionnaires : la Ville de Versailles, SVTU et des industriels : THALES, CITILOG, FARECO. Le projet a commencé en juillet 2008 et dure 36 mois. Il bénéficie d'une aide ANR de 1,3 M€ pour un coût global de l'ordre de 2,8 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Les six premiers mois du projet ont permis de spécifier l'ensemble du système et préparer les travaux nécessaires à l'équipement du site expérimental.

L'année 2009 est consacrée au développement et aux tests des différents éléments : commande des feux, intégration au superviseur, observatoire, chaîne d'acquisition des mesures... L'expérimentation prévue en 2010 permettra de comparer grâce à des indicateurs d'évaluation la situation sans et avec le système. Des indicateurs de congestion, de gênes, de temps de parcours seront élaborés et mesurés.

Production scientifique et brevets

Deux articles ont été publiés dans la revue « Transportation Research » Part C et Part D en 2004 et 2006 : ils montrent les gains obtenus sur le trafic VP lors d'une expérience précédente en termes de fluidité et d'impact environnemental.

Concernant les capteurs on peut citer : un article dans la revue Transport, Environnement, Circulation sur l'apport de l'image au service de la gestion du trafic urbain ; un article de la conférence JSI en 2003 sur le traitement des signaux des boucles magnétiques pour la classification des types de véhicules (système eye-way sur lequel existe un brevet). Enfin des travaux préliminaires pour la détection des piétons par traitement d'images vidéo ont été rapportés, en particulier, dans la revue IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence.

Programme « Transports », édition 2007

Projet DANAM

« GPS d'intérieur » pour la localisation de piéton

Amélioration de l'accessibilité du métro aux personnes aveugles et mal voyantes

La loi pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes « handicapées », adoptée le 11 février 2005, a rendu obligatoire l'accès à tout pour tous, et ce quel que soit le type de déficiences ou d'incapacités motrices, sensorielles, cognitives ou psychologiques. De fait, elle oblige les systèmes de transport à mettre en accessibilité leurs services dans un délai de 10 ans.

Le guidage des personnes à déficience visuelle reste un problème non résolu à ce jour, et ce particulièrement dans les espaces souterrains que peuvent constituer les couloirs du métro de la RATP. Le projet DANAM a pour objectif de répondre à cette problématique : guider les personnes à déficience visuelle, pour leur assurer un déplacement dans de meilleures conditions. Il propose une solution de guidage original ne nécessitant pas de pré-équipement des infrastructures (bornes, tirages de câbles, énergie), basée sur un système de localisation tirant partie, à la fois de capteurs d'orientation portés par la personne, d'une cartographie des lieux et des facultés de perception de l'utilisateur.

Une fusion des données des capteurs portés par la personne couplée à une cartographie des lieux

Un ou plusieurs capteurs sont fixés sur la personne (nous utiliserons dans le cas présent une centrale inertielle mesurant les accélérations et les vitesses de rotation, placée sur le pied).

Les données de ces capteurs sont traitées par le Logiciel de Localisation, qui, à l'aide de la carte des lieux, va indiquer au Logiciel de Guidage la position de la personne.

En fonction de cette position, de la carte des lieux et du point d'arrivée choisi par l'utilisateur, le Logiciel de Guidage va calculer le chemin à suivre et donner les indications nécessaires à la personne via une Interface Homme-Machine (IHM) appropriée à son handicap. De son côté, l'utilisateur va communiquer au système un certain nombre d'informations (point de départ, d'arrivée...).

Le problème majeur d'un tel système est la dérive dans l'estimation du cap suivi par la personne. Pour pallier ce problème et ne pas « perdre » la position de la personne, un recalage par rapport à la carte est nécessaire.

Pour ce faire, nous utilisons les points remarquables du trajet (escaliers, virages...) et les mettons en correspondance avec les points remarquables de la carte.



Le projet « DANAM Dispositif d'Assistance à la Navigation pour personnes Aveugles dans les couloirs du Métro » est un projet de recherche industrielle coordonné par le CEA-LIST. Il associe aussi la RATP, une PME dans le domaine de la robotique PGES et un laboratoire de l'université de Paris 8, le THIM. Ce projet a commencé en mai 2007 pour une durée de 24 mois. Il bénéficie d'une aide ANR de 591 k€ pour un coût total de 1,2 M€.

IMPACTS**Résultats majeurs**

Le premier résultat majeur du projet est la validation du concept dans la station Bercy de la RATP. Les algorithmes de localisation fonctionnent parfaitement et permettent d'estimer avec une grande précision la trajectoire parcourue (~1 % d'erreur longitudinale et ~5° d'erreur de cap) et de détecter les événements sur le parcours de la personne. L'interface utilisateur permettant le guidage a été développée.

Production scientifique et brevets

Ce projet a été nominé pour le Carrefour du Predit du 5-7 mai 2008, dans la catégorie « Intégration des Technologies de l'information et de la Communication ». Il a ainsi été publié dans le « livre du Predit », édition mai 2008.

Une demande de brevet a été déposée par le CEA au mois de juillet 2007 (brevet numéro 07 05055 et intitulé « Dispositif d'assistance à la navigation d'une personne »).

Programme « Télécommunications », édition 2007

Projet FIL

Hybridation et micro-systèmes pour la localisation étendue aux bâtiments

Performance et coût d'un nouveau système hybride de positionnement

Les systèmes de localisation par satellite sont omniprésents dans la vie de tous les jours, tant pour les particuliers que pour les professionnels. Ils permettent une couverture mondiale, un fonctionnement tout temps, une précision de l'ordre de 10 mètres, avec des terminaux de plus en plus intégrés et économiques.

Cependant, les systèmes actuels (GPS, Glonass, EGNOS) ou futurs (Galileo, Beidou) souffrent tous d'une même limitation : l'utilisateur doit recevoir correctement les signaux émis par les satellites, ce qui est rarement le cas en ville et a fortiori dans les bâtiments.

Le projet concerne l'étude de la faisabilité d'un nouveau système de localisation fonctionnant à la fois en environnement intérieur et extérieur par hybridation avec le GPS.

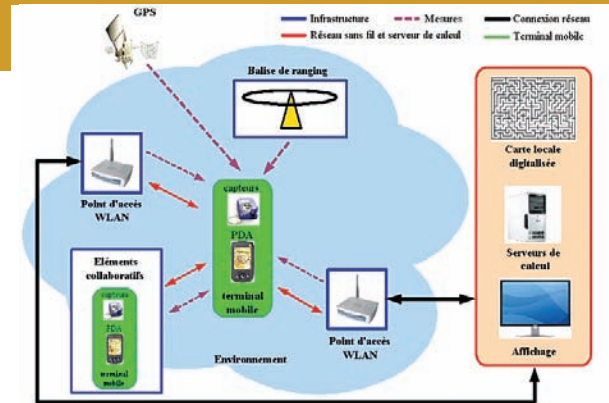
Les objectifs principaux portent sur la précision (de l'ordre du mètre) et le coût associé, en considérant une population de plusieurs milliers d'utilisateurs sur une zone correspondant à plusieurs immeubles. A terme, la validation de ce système permettra de développer des services géo-localisés performants fonctionnant en milieu intérieur et susceptibles d'intéresser un grand nombre d'utilisateurs.

Fusion de données diversifiées et intégration de nouvelles technologies pour un système flexible, économique et performant

Le projet établira la faisabilité et la performance du système en développant un démonstrateur qui sera ensuite déployé dans un environnement représentatif du besoin entreprise. Différentes configurations pourront être évaluées, correspondant à différents compromis de performance / coût. Cette caractérisation permettra finalement d'identifier des modèles de dimensionnement du système, pour différentes classes de besoin.

La performance à moindre coût repose sur la fusion de données et sur la diversification des mesures utilisées : estimations de distance par radio ultra large bande, distribution spatiale de la puissance rayonnée par des points d'accès WiFi, estimation du déplacement « en aveugle » par mesures inertielles et magnétiques, prise en compte de la cartographie locale, mesures barométriques pour estimer le niveau... Le traitement conjoint d'un ensemble de mesures complémentaires, fournies par des capteurs plus ou moins performants et nombreux, doit permettre d'adapter le coût à la performance requise.

Une difficulté majeure concerne la charge de calcul, tant au niveau des terminaux mobiles que sur les serveurs déportés, pour un grand nombre d'utilisateurs.



Le projet « FIL Fusion d'Information pour la Localisation » est un projet de recherche industrielle coordonné par Thales Alenia Space. Il associe les PME Silicom et Microtec ainsi que les laboratoires du Tésa, de l'IRISA et du LAAS. Le projet a commencé en février 2008 et durera 36 mois. Il bénéficie d'une aide ANR de l'ordre de 909 k€ pour un coût global supérieur à 1,9 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Un premier résultat marquant porte sur l'identification des catégories d'utilisateurs potentiels, de leurs attentes et contraintes respectives. Les cibles les plus intéressées par le système proposé sont : les professionnels confrontés à des risques, les grandes entreprises, les parcs de loisirs ; et dans une moindre mesure : les infrastructures pour personnes dépendantes, le grand public, et les galeries commerciales. L'étude de marché a également permis d'identifier un frein psychologique majeur, associé à la crainte d'être surveillé...

Les études des technologies clés sont bien avancées. Les premiers algorithmes sont évalués par simulation, à partir de données réelles ou modélisées. Ils seront ensuite améliorés et comparés avant d'être implantés dans un démonstrateur. Les dispositifs applicables pour produire des mesures corrélées à la position ont été recensés et comparés. La technologie radio ultra large bande a été retenue pour fournir une partie des mesures de distance.

Production scientifique et brevets

Un papier a été proposé à la conférence UKSim2009 pour présenter de nouveaux résultats concernant des modèles de distribution spatiale de la puissance rayonnée par un point d'accès WiFi en 2.4 GHz, selon l'environnement (présence de personnes, espace ouvert ou fortement cloisonné, types de matériaux...).

Programme « Transports », édition 2007

Projet MODULOBUS

Prototype d'une nouvelle approche du transport public : le concept de MODULOBUS

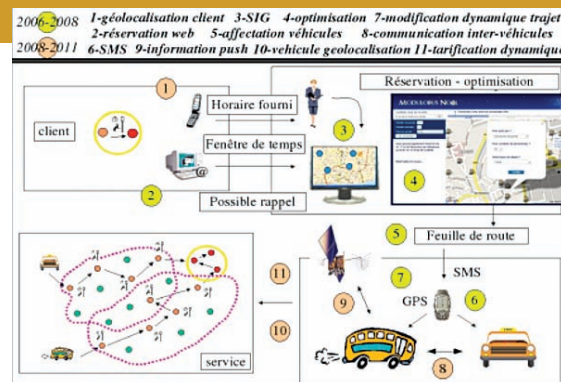
Mobilité et développement durable

Un nouveau mode de transport à la demande

Le Modulobus est un transport public à la demande souple, modulaire et réactif, qui vise à la fois à répondre au mieux à la demande et à regrouper les voyageurs dans les véhicules. Le Modulobus tente de se rapprocher des avantages avérés de l'automobile personnelle, à savoir l'ubiquité (pouvoir aller partout), l'instantanéité (le plus rapidement possible) et l'immédiateté (à tout moment). C'est un transport à la demande collectif et individualisé, flexible et dynamique, innervant tout le territoire d'application sans distinction, réduisant au maximum les délais de réservation et proposant une meilleure visibilité et disponibilité du service. Ces capacités sont rendues possible grâce aux technologies embarquées, aux moteurs d'optimisation temps-réel et aux nouveaux concepts de service innovant proposés. L'enjeu est de remplir au maximum les véhicules en minimisant les distances parcourues sans dégrader la qualité du service public et en rendant le mieux possible le service demandé. L'impact du Modulobus sur la qualité de service et l'environnement est évalué.

Systèmes d'Information Géographique et Technologies de l'Information et de la Communication au service d'un transport flexible, propre, collectif et individualisé

L'équipe pluridisciplinaire (géographes, informaticiens, logisticiens) développe un nouveau concept de transport à la demande basé sur les nouvelles technologies. Dans une ville en perpétuel mouvement, le suivi des véhicules et des clients, la détermination des tournées optimales en temps quasi réel selon des stratégies politiques d'efficacité ou d'équité, le calcul permanent des coûts et des tarifs en fonction des configurations du service ou la capacité pour le client de disposer d'informations utiles dynamiquement, constituent autant de fonctions aujourd'hui réalisables grâce aux technologies de communication et de géolocalisation. Par ailleurs, le consortium ancre ses recherches dans une logique de développement durable, où seront évalués les impacts de la mise en oeuvre du Modulobus, en termes sociétal comme environnemental (émission de polluants atmosphériques) sur plusieurs sites : Bretagne, Franche-Comté et Provence.



La technologie au sein du Modulobus

Le projet « MODULOBUS Prototypage d'une nouvelle approche du transport à la demande en milieu urbain et péri-urbain : le concept de Modulobus » est un projet de recherche industrielle coordonné par la Société Prorentsoft à Meyreuil. Il associe l'UMR E.S.P.A.C.E 6012 d'Avignon et le Laboratoire Informatique de Franche Comté. Commencé en juillet 2008 il bénéficie d'une aide de l'ANR de 1 M€ pour un coût global de l'ordre de 2,6 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Le projet vise essentiellement à évaluer :

- la faisabilité et l'attrait de la mise en place et l'utilisation d'un transport à la demande extrêmement flexible, pour les clients, comme pour les autorités organisatrices et les transporteurs, dans ses différentes fonctionnalités ;
- la potentialité de ce type de service en termes de regroupement de passagers et d'optimisation des tournées en cas de forte montée en charge de la demande (simulations) ;
- la maturité des technologies de l'information et de la communication (précision, continuité des signaux, temps de transaction) pour gérer efficacement un TAD de cette nature ;
- la capacité de tels systèmes à réduire le nombre de véhicules et de distances parcourues, et donc l'émission de polluants induite, et dans des conditions réelles et simulées de fonctionnement.

Production scientifique et brevets

Les enjeux scientifiques sont de trois types (début du projet) :

- publications scientifiques de haut niveau dans les domaines des TIC et de la géographie des transports ;
- tests opérationnels des prototypes sur plusieurs sites partenaires (Bretagne, Franche-Comté et Provence) ;
- dépôts de logiciels APP : noyaux d'optimisation, interface de réservation ;
- dépôt de brevets à évaluer le cas échéant.

Programme « Transports », édition 2006
Projet SINERGIT

Ensemble, construisons l'information trafic de demain

Avoir connaissance des conditions de circulation routière en temps réel

Les objectifs du projet SINERGIT se déclinent en 6 points :

- Réduire les coûts d'investissement et de maintenance du recueil des données trafic,
- Optimiser les coûts liés à l'élaboration, l'exploitation et la diffusion de l'information,
- Améliorer la connaissance des conditions de circulation sur des territoires plus importants,
- Obtenir des données de trafic sur des routes non équipées de capteurs,
- Obtenir une information dynamique sur les temps de parcours la plus fiable possible,
- Favoriser l'émergence de nouveaux marchés de services pour la mobilité des personnes.

Fusionner les données provenant de capteurs fixes et de véhicules traceurs

SINERGIT repose sur l'utilisation de toutes les sources de données permettant d'obtenir une meilleure connaissance en temps réel des situations de trafic et d'être en mesure de diffuser dynamiquement l'information aux acteurs du trafic : stations de comptages de trafic, véhicules traceurs, suivi de systèmes de navigation (GPS) et localisation de téléphones cellulaires.

Ces données sont fusionnées à l'aide d'un modèle mathématique fournissant des informations qualifiées sur la mobilité des véhicules et des personnes : niveau de saturation du réseau routier et temps de parcours.

Dans le cadre du projet SINERGIT, une plateforme produisant des données d'info-traffic en temps réel a été développée et va faire l'objet d'une évaluation sur la région toulousaine.



Le projet « SINERGIT Système d'information sur les déplacements par véhicules traceurs avec Galileo pour l'agglomération toulousaine » est un projet de recherche R&D en transports intelligents coordonné par SODIP pour le développement de l'Innovation dans les Transports. Il associe aussi Pole Star, Thales Alenia Space, Orange Labs, Inrets, Cete Sud-Ouest, ASF, Ville de Toulouse. Le projet a commencé en 2007 pour une durée de 30 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 896 k€ pour un coût global de l'ordre de 2,6 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Une campagne de mesure est menée en décembre 2008, avec 30 véhicules traceurs SINERGIT, équipés de Smartphones GPS/GPRS et circulant sur deux itinéraires : interurbain et urbain. Ces deux zones d'expérimentation permettront d'appréhender des problématiques différentes de modélisation de trafic.

L'itinéraire interurbain est situé au sud de Toulouse. Ce trajet en boucle a une longueur de 26 km, sur autoroutes, voies rapides et routes nationales.

L'itinéraire urbain se situe au centre de Toulouse, sur une longueur de 18 km. L'exploitation et la fusion des données de trafic dans les zones urbaines supposent une prise en compte de contraintes très particulières (milieu contraint pour le positionnement par satellites, trafic plus dense, présence de carrefours).

Production scientifique et brevets

Les travaux de SINERGIT ont fait l'objet de plusieurs publications :

- Catalogue Aerospace Valley
- Congrès ATEC 2008 (6-7 février 08)
- Toulouse Space Show 2008 (22-25 avril 2008)
- Site Internet du Grand Toulouse : www.navigationsatellites-toulouse.com
- Sites Internet à caractère scientifique et technique : www.zdnet.fr, www.futura-sciences.com, www.high-tech-info.net

Programme « Transports », édition 2007

Projet PRIMA-CARE

Alerte sonore au conducteur d'un danger potentiel détecté dans son environnement proche

Objectifs et caractère innovant du projet

De nos jours, de plus en plus d'équipements visuels sont utilisés à bord des véhicules et il est bien connu qu'en cas de stress ou de danger imminent, l'attention visuelle baisse et est assez vite saturée par cette surcharge d'information. Il est judicieux d'avoir recours à l'utilisation d'autres sens tels que l'auditif d'autant plus qu'il a été prouvé que les différents sens utilisent des ressources cérébrales séparées. Ainsi, en cas d'attention visuelle saturée, l'attention auditive, actuellement sous-utilisée, est, elle, encore disponible.

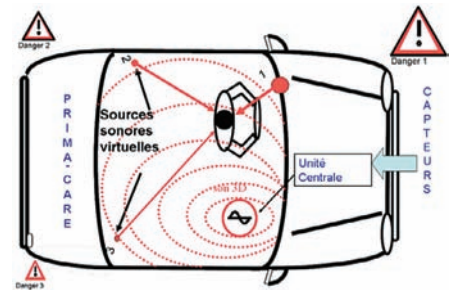
Nous proposons dans le cadre de ce projet, de démontrer l'intérêt et la faisabilité technique d'un système de sécurité actif basé sur le suivi intelligent d'obstacles en milieu routier avec gestion intelligente d'alarmes sonores spatialisées en 3D liées au niveau et à la localisation précise du danger encouru. Ceci concourt à renforcer la vigilance du conducteur en faisant appel à son attention auditive sous-utilisée, à protéger les passagers et à éviter des collisions.

Démarche scientifique – système développé

Le système développé est fondé sur l'utilisation de plusieurs capteurs bas coûts, embarqués autour du véhicule (avant, arrière, côtés, angle mort), intégrés au sein d'un même module. Il a pour rôle de mesurer, dans un environnement routier, la distance à l'obstacle avec une bonne précision, voire même d'identifier si possible sa nature. La gestion dynamique d'alertes se faisant sous forme de restitution d'information sonore au conducteur en 3D au sein du véhicule en fonction de la direction de provenance du danger potentiel.

Les études préliminaires ont montré que, même si le capteur radar est performant en tout temps, par opposition aux systèmes vidéo et lidar qui ont un fonctionnement limité en cas de mauvaises visibilité ou conditions atmosphériques (brouillard, pluie), il ne va pas être aisé de trouver les capteurs radar ou composants bas coûts dans le commerce susceptibles de répondre de manière satisfaisante aux exigences du projet. D'où la nécessité de recourir, pour les besoins de faisabilité et de démonstration du projet, à plusieurs techniques ou technologies avec prise en compte et évaluation du rapport coût/bénéfice et complexité d'implémentation.

La plateforme commune de traitement et de restitution sera basée sur une architecture reconfigurable dynamiquement. Celle-ci devra gérer les différents algorithmes de recueil des données capteurs et de restitution des données effecteurs et prendra en compte les exigences de faible consommation en ressources matérielles et de rapidité des calculs.



Synthèse du projet

Le projet « PRIMA-CARE Prévention de la collision Routière par association Intelligente Multi-capteurs - radar, - avec gestion dynamique d'Alertes sonores, fonction du Risque Encouru » est un projet de recherche labellisé par le pôle de compétitivité I-Trans, financé par l'ANR et coordonné par l'INRETS. Les partenaires industriels et académiques sont : l'INRETS, la PME A-VOLUTE et les laboratoires publics IEMN-DOAE (UMR CNRS 8520) et LAMIH-SIADE (UMR CNRS 8530) de l'UVHC-Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis. Le projet a débuté en juin 2008 pour une durée de 36 mois. Il a un coût global de l'ordre de 1,5 M€ et bénéficie d'une aide de 670 k€ de l'ANR et 60 k€ d'I-Trans.

IMPACTS

Résultats majeurs

Les résultats obtenus, depuis le démarrage du projet, concernent l'état de l'art complet des capteurs, effecteurs et architectures existants pour la sécurité routière du projet PRIMA-CARE.

Le consortium a effectué une étude bibliographique et une analyse des projets nationaux, européens existants ou émergents dans le domaine des Systèmes de Transports Intelligents. Une définition du cahier de charges techniques du projet PRIMA-CARE a été élaborée sur la base des spécifications fonctionnelles des exigences routières.

Quelques tests sur la carte FPGA Xilinx ont été effectués dans le but d'évaluer la rapidité de reconfiguration d'une architecture en fonction de la taille de la partie à reconfigurer. La prochaine étape consiste en l'analyse des solutions techniques et aux choix des composants (coût/bénéfice et complexité de réalisation).

Production scientifique et brevets

- Un brevet a été déposé sur le concept.
- 4 communications ont été publiées et présentées au colloque international JFMMA& TELECOM 2009- Agadir, Maroc du 12 au 12 mars 2009.

Programme « Transports », édition 2007

Projet INFOMOVILLE

Accéder à l'information voyageur quand on a un handicap sensoriel, visuel ou auditif

L'accessibilité aux transports publics passe par l'accès à l'information pour les personnes ayant un handicap sensoriel

La loi du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances affirme le principe d'accessibilité pour tous, en particulier dans les transports.

Les transports se caractérisent pour les voyageurs à handicap sensoriel (visuel ou auditif) par un fort niveau d'incertitude.

Les informations nécessaires aux déplacements sont très nombreuses. Celles strictement liées aux transports n'en sont qu'une partie, mais dont l'importance est accrue dans certaines phases (localisation, choix d'itinéraires, attente en arrêt, perturbations, correspondances).

La personne aveugle ou malvoyante peut se trouver dans l'incertitude ou dans l'ignorance de tout ou partie de ces informations surtout lorsqu'elle se trouve sur des sites non familiers ou lorsqu'elle est seule. La personne sourde ou malentendante cherche à multiplier les prises d'informations pour prévenir la survenue d'un danger potentiel ou encore éviter une demande de renseignement oral difficile pour elle.

Face à ces difficultés, il n'existe pas à l'heure actuelle de systèmes d'information appropriés.

Le projet INFOMOVILLE a pour objectif de développer un environnement temps-réel pour l'information, l'orientation et la sécurité des voyageurs à handicap sensoriel au cours de leurs déplacements dans les transports collectifs.

A la croisée de l'ergonomie et des nouvelles technologies de l'information et de la communication

Afin d'être à même d'effectuer les bons choix au cours de son déplacement le voyageur doit pouvoir gérer une multiplicité d'informations : découverte des arrêts, lignes desservies, changement d'horaires, véhicule à l'approche... Il doit aussi pouvoir se représenter mentalement sa situation dans son environnement par rapport à son déplacement et dans sa navigation au sein du système d'information.

Le système INFOMOVILLE utilise un téléphone et un logiciel communiquant avec des bornes d'informations. Ce logiciel doit comporter une interface homme-machine intuitive de requête et de communication (vocale, visuelle...) sophistiquée permettant d'absorber l'accroissement d'informations sans augmenter la complexité d'utilisation.

Cela constitue un des verrous majeurs pour ce type de service. Une attention particulière est donc portée à la conception de l'interface en intégrant dès le début les différents aspects ergonomiques, in-



formatiques et électroniques ainsi que les potentialités des technologies de communication sans fil et de localisation.

Le projet « INFOMOVILLE Environnement temps-réel pour l'INFORMATION, l'orientation et la sécurité des voyageurs à handicap sensoriel dans les transports collectifs et pour la MOBilité en VILLE » est un projet de recherche qui associe un partenaire académique ESIEE Paris qui coordonne le projet, la société LUMIPLAN, le cabinet ERGONOMOS et l'INEREC. Le projet a commencé en mai 2007 et dure 36 mois. Il bénéficie d'une aide ANR de 463 k€ pour un coût global de l'ordre de 1 M€. Il est labellisé par le pôle de compétitivité Advancity.

IMPACTS

Résultats majeurs

Après un état de l'art et une analyse des contraintes du marché, une analyse in-situ des déplacements naturels dans les transports publics a été réalisée pour 3 populations : sans handicap, à handicap visuel, à handicap auditif. Elle a permis d'analyser les stratégies de déplacement et de prise d'informations ainsi que d'identifier les difficultés et les besoins de chaque population. Cette analyse et l'évaluation des potentialités des technologies ont abouti aux spécifications des solutions à proposer.

Un premier système a été développé, utilisant WiFi pour la communication et la localisation à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments. La modélisation des applications pour la mobilité a conduit à une méthodologie de conception et à une architecture logicielle basée sur une librairie de composants d'interface homme-machine, de communication et de localisation/guidage.

Production scientifique et brevets

Le projet a donné lieu à 4 communications en conférence internationale : 2 sur les techniques de localisation à ISWPC2008 et IEIE RWS2009, 1 sur les aspects protocole de communication à SETIT 2009 et 1 à ASSETS 2008. Ainsi que plusieurs présentations orales : forum PREDIT « accessibilité et conception pour tous », groupe d'échanges « AOTU-exploitants » sur l'accessibilité des transports, colloque PREDIT « TIC dans les transports terrestres », carrefour PREDIT, congrès ATEC-ITS, DEVINT'2008, colloque GERRA « Ergonomie et Urbanisme ».

3

LIENS SOCIAUX ET COMMUNICATIONNELS UBIQUITAIRES

« *Social networks and user generated content are among the current boosters of the economy of the Internet. Mobility will further contribute to the emergence of new business models. The relations between these innovative offers and traditional offers such as the press, the music and the audiovisual industry are confrontational in Europe and* » « *The Internet has the potential to affect almost every aspect of our lives – how we communicate with each other, where we work, how we educate our children, how we entertain ourselves and how we receive our healthcare.* »⁴⁹

Ces deux citations de Vivian Reding et Kevin Martin situent clairement les enjeux de ces nouveaux liens communicationnels et ubiquitaires.

Vers un nouveau modèle de consommation : mobilité et nomadisme de la génération Internet

De nouveaux modèles de consommation émergent. L'observation de l'évolution des coefficients budgétaires à long terme montre des changements importants, synonymes de marchés potentiellement élevés.

Des marchés potentiels existent. L'étude des coefficients budgétaires montre dans le passé des évolutions sensibles : par exemple, entre 1960 et 2005, la part des articles d'habillement et chaussures diminue de 11,9 % à 4,9 %, et en sens inverse, le poste eau, gaz et électricité passe de 11 % à 24,7 %.

Différents services directement concernés par les technologies nomades ont connu des progressions significatives :

- la part des communications dans la consommation totale des français en valeur passe de 0,5 % à 2,8 %,

- la part de la santé croît de 2,1 % à 3,5 %,
- les loisirs et la culture progressent de 7,4 % à 9,3 %. Des applications ubiquitaires, comme, par exemple, la régulation optimale du chauffage et de l'électricité dans les maisons, ou la substitution à des dépenses pour les transports (aujourd'hui à 15 % de la consommation totale contre environ 10 % en 1960) sont également envisageables. Il existe une réelle demande pour réduire le coût, l'inconfort, l'insécurité de la mobilité, tous ces éléments étant jugés aujourd'hui très excessifs, qu'il s'agisse des transports publics ou individuels. Mais il faut évidemment rester prudent sur les perspectives de substitution d'usages.

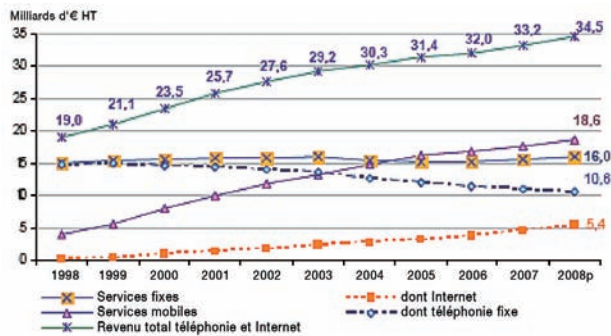
Le marché mondial des mobiles est bien supérieur à la téléphonie fixe depuis 2002.

La société ubiquitaire est évidemment fondée sur les mobiles qui facilitent un accès *anywhere, anytime*... Selon l'Union Internationale des Télécommunications, le nombre d'abonnés aux services de télécommunications dans le monde qui dispose d'un téléphone fixe est devenu inférieur au nombre d'abonnés utilisant un mobile, et ce depuis l'an 2002. Le nombre d'abonnés à la téléphonie cellulaire a désormais dépassé la barre des 3 milliards, soit 50 % de la population mondiale, et devrait atteindre 4,5 milliards en 2011.

Dans le cas de la France, comme l'indique le schéma ci-après, les revenus des télécommunications liés aux services mobiles ont dépassé ceux liés aux services fixes (à l'intérieur desquels figurent les services Internet) depuis 2005. En 2008, les services mobiles représentent 18,6 milliards d'euros tandis que les services fixes se décomposent entre la téléphonie fixe (10,6 milliards d'euros) et l'Internet (5,4 milliards d'euros). Cette logique économique illustre sous un nouvel angle le poids et l'importance croissante de la mobilité, préfigurant la nouvelle vie numérique. Ces ten-

⁴⁹ <http://www.nem-initiative.org/Documents/NEM-V-003.pdf>

dances de montée en puissance des mobiles sont confirmées par la lettre de l'ARCEP de nov - déc 2008 qui affirme : « le taux de pénétration mobile devrait passer de 88,3 % à la mi-2008 à environ 110 % en 2011⁵⁰ ».



Revenus des services de téléphonie et de l'Internet en France

Source ARCEP, chiffres provisoires de juin 2009

La génération Internet est très présente et favorise la consommation de nouveaux biens nomades.

Si le téléphone a pratiquement mis un siècle pour se développer, l'ordinateur à domicile a fait irruption en un peu plus de deux décennies et Internet s'est imposé en moins d'une décennie. Fin 2007, en France (source CREDOC, décembre 2007), 83 % de la population a au moins une ligne fixe de téléphone, 64 % un ordinateur et 53 % dispose de l'Internet.

Toutes les bases pour une accélération de la société ubiquitaire sont en place.

D'après la dernière enquête du CREDOC⁵¹, trois adultes sur quatre disposaient personnellement d'un téléphone mobile en 2007, contre 5 % en janvier 1997. Dans la tranche d'âge 18-24 ans, le taux d'équipement s'élevait à 96 % en 2007. Etre équipé d'un téléphone mobile apparaît très lié à l'âge, ce qui peut laisser supposer que les jeunes d'aujourd'hui seront les adultes qui auront tendance à utiliser les technologies nomades disponibles dans quelques années.

Les types d'usages du téléphone portable sont pour l'instant encore limités. Ainsi, c'est

une infime minorité de personnes qui regarde la télévision sur son téléphone mobile (1 % des possesseurs de mobiles, 5 % pour les 12-17 ans en 2007 ; mais ces applications émergent à peine !). En revanche, 69 % des utilisateurs de téléphone portable envoyaient des SMS en 2007 ; c'est une pratique extrêmement répandue chez les plus jeunes puisque 98 % des 12-17 ans sont coutumiers du fait. En outre, environ un possesseur de portable sur six déclare écouter de la musique ou regarder des clips et des vidéos.

Le CREDOC a comptabilisé le nombre de personnes qui se connectaient à Internet « en mobilité », c'est-à-dire en-dehors de leur domicile ou de leur lieu de travail. Pour cela, ont été additionnées les connexions dans les lieux publics de type cybercafés, bibliothèques..., les connexions dans les espaces publics grâce à une connexion Wi-Fi sur son propre ordinateur portable et les liaisons sur téléphone mobile. Au total, 17 % de la population naviguaient sur Internet « en mobilité » en 2007. Les modes de connexion « nomades » sont plus fréquents chez les moins de 25 ans (38 % des 18-24 ans se connectaient ainsi à Internet en 2007) et chez les étudiants (35 %).

La nouvelle chaîne de la valeur pour l'industrie

En liaison avec ces nouvelles technologies, c'est l'ensemble de la chaîne de la valeur qui évolue. Le nomadisme sera vecteur de croissance pour l'ensemble de la chaîne de la valeur du numérique :

- équipements : fabricants microélectronique, fabricants de matériels électroniques et de communication, fabricants de terminaux (ex : STMicroelectronics, Alcatel, Thales, Thomson, Motorola) ;
- opérateurs de réseaux (ex : Orange, SFR, Bouygues, Free, TDF) ;
- fournisseurs de services, notamment services d'intermédiation tels que les moteurs

⁵⁰ Ce taux de 110 % traduit la détention de 2 abonnements par un même client pour une partie du parc mobile.

⁵¹ Régis BIGOT et Patricia CROUTTE, *La diffusion des technologies de l'information dans la société française*, rapport du CREDOC, Enquête « Conditions de vie et Aspirations des Français », Rapport réalisé à la demande du Conseil Général des Technologies de l'Information (CGTI) et de l'Autorité de Régulation des Communications Electroniques et des Postes (ARCEP), Paris, décembre 2007.

de recherche, réseaux sociaux, e-commerce (ex : Exalead, Netvibes, DailyMotion, Fnac.com, VirginMega) ;

- fournisseurs de contenus (ex : Canal+, Vivendi, producteurs d'œuvres sonores et cinématographiques).

Outre les réseaux, les terminaux sont, en effet, au cœur de cette révolution. Ils sont de plus en plus connectés, mais aussi en mesure de stocker toujours plus d'information, de fournir de nouvelles fonctionnalités et d'interagir de manière innovante avec l'utilisateur.

Les fonctionnalités d'appareil photo et de lecteur MP3 sont communément admises pour un téléphone, celle de GPS se développe rapidement ; la prochaine révolution à venir est l'intégration des technologies « sans contact ».

Une nouvelle vie sociale et numérique

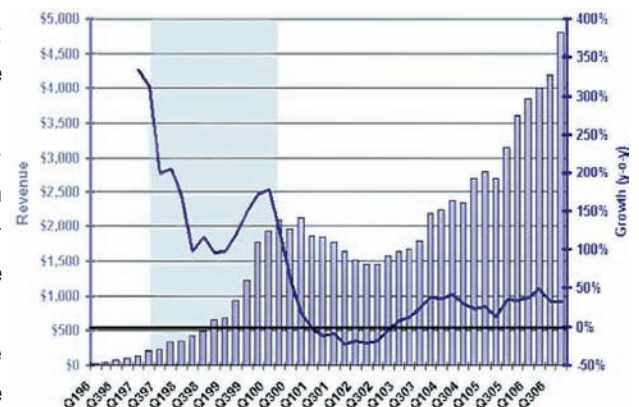
Le nomadisme est donc déjà là, promu par les nouvelles générations qui adoptent les technologies beaucoup plus rapidement. Une telle observation est confirmée par l'évolution de la consommation au Japon. La jeune génération abandonne les anciens médias (TV : - 8.2 % ; journaux : - 4.1 % ; magazines et livres : - 2.1 % et radio : - 29.2 %) et privilégie de plus en plus l'usage du PC et du téléphone mobile (+ 53.1 % et + 38.8 %) ; à l'opposé les « seniors citizens » accroissent leur consommation de télévision (+9,1 %) de journaux (+1.8 %) diminuent sensiblement la consommation de magazines (-16.3 %) et ont un accroissement moindre que la jeune génération en termes de PC (+23 %) et de mobile (0 %).

La multiplication des écrans (ubiquité) et le développement des services de communication en mobilité sont des enjeux de tout premier plan pour l'accès des français à la culture et le pluralisme des sources d'information. En effet, en parallèle de l'usage traditionnel du poste de télévision dans la salle de séjour, sur un mode principal de réception par voie hertzienne, par câble ou satellite, se développent des usages

empruntant les nouveaux canaux de distribution des contenus - vidéo à la demande sur Internet, télévision sur les mobiles, podcasts de vidéo, etc. - mais aussi des usages liés à l'édition de contenus par les internautes, comme en témoigne le succès de YouTube et DailyMotion, ainsi que des modes d'échange peer-to-peer. Avec le développement du nomadisme, les flux de circulation des contenus et programmes d'information ont vocation à devenir de plus en plus diffus.

Dès lors, se pose la question de la représentation de la production culturelle française et des différents courants d'opinion dans cette nébuleuse numérique. Le développement de la télévision numérique à destination des mobiles, empruntant des ressources soumises à régulation de la part de l'Etat, devrait contribuer à maintenir un certain équilibre dans le secteur audiovisuel et radiophonique. Les services véhiculés par l'Internet ou par pair à pair (peer to peer), ne pouvant être régulés au niveau des moyens de communication, une appropriation par les producteurs et éditeurs français des nouveaux médias du nomadisme semble nécessaire pour leur garantir une bonne représentativité.

Corollaire des nouveaux modes de production et de consommation : Internet est devenu incontournable. Les effets de l'éclatement de la bulle Internet de 2001 ont été



Internet advertising : 1996 - 2006

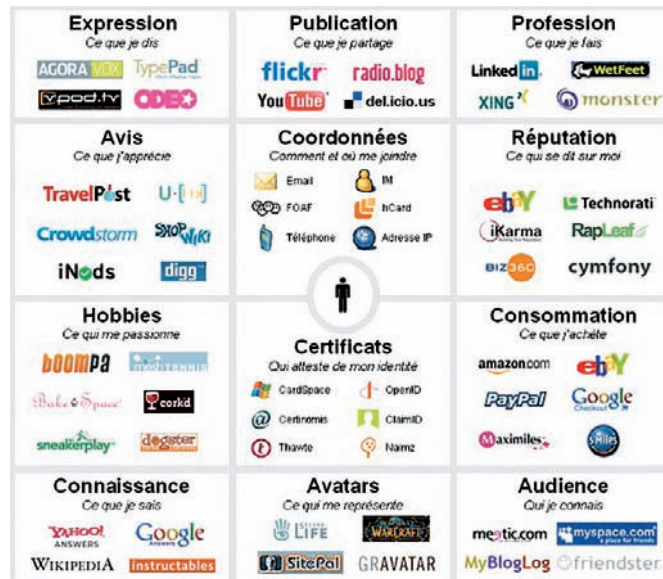
Source : <http://paul.kedrosky.com>, IAB

gommés très rapidement puisqu'en 2007 les revenus publicitaires liés à Internet représentaient plus de deux fois ceux de 2001 ! (voir le graphique page 68 : l'histogramme montre, abscisse de gauche, la progression continue des recettes publicitaires sur Internet : quant à la crise de 2000 elle a été « gommée » et finalement les recettes ont encore doublé entre 2000 et 2006).

Ubiquité, identités multiples et réseaux sociaux⁵²

L'omniprésence (appelée aussi « pervasivité ») des réseaux s'accompagne de l'évolution du nombre d'objets connectés à Internet⁵³. La « pervasivité » est appelée à se développer : nous serons connectés, partout, tout le temps, par l'intermédiaire de nos objets communicants classiques (ordinateurs, téléphones), mais aussi, demain, grâce à des objets multiples : baladeurs, jouets, lampes, appareils ménagers, etc. En 2015, selon *Futuribles*, il devrait y avoir plus de 40 milliards d'objets (en 2005, il y avait environ 1,3 milliards d'objets, pour moitié des ordinateurs et pour moitié des terminaux mobiles), dont 30 milliards d'objets et outils industriels, 10 milliards d'outils et objets domestiques, et plusieurs milliards d'outils mobiles et d'ordinateurs⁵⁴.

La connexion devient permanente et l'ubiquité s'accompagne du développement de nouvelles pratiques, dont les premières ont été les applications de messagerie. La cartographie de l'identité numérique proposée par Fred Cavazza donne une idée de la diversité des activités liées à l'identité numérique : publier, consommer, connaître, etc. deviennent des activités corrélées à une identité numérique. Des milliards d'identités virtuelles (plusieurs par utilisateur) coexisteront, devront être gérées, ce qui ne fera que renforcer les problèmes de sécurité et de vols d'identité. En 2026, il y aura 8 milliards d'individus sur terre



Cartographie de l'identité numérique

Source : <http://www.fredcavazza.net/2006/10/22/qu-est-ce-que-l-identite-numerique/>

et les estimations donnent plus de 3 milliards de personnes connectées à Internet. Il sera possible de se créer plusieurs identités électroniques. Des dizaines de milliards de « pseudos » ou d'identités virtuelles déclarées interviendront dans le monde virtuel et dans le monde réel.

Chaque individu devra gérer son (ou ses) « identité numérique ». Il laissera sur le net différentes « traces », non seulement constituées par ses emails, son commerce en ligne, ses blogs mais aussi par ses activités corrélées à une ou plusieurs identités numériques.

Les identités numériques deviendront des enjeux importants : il faudra soigner l'image laissée par son identité numérique sur le net. Faux et contrefaçons circuleront abondamment. La généralisation de systèmes d'authentification et de certification deviendra une activité fondamentale. Si le piratage prend le dessus sur la sécurité, cela ébranlera le développement de l'ensemble des activités. Dans tous les cas, la protection de l'identité numérique deviendra un nouvel enjeu important.

⁵² Nous nous appuyons ici sur les travaux de *Futuribles Rapport Annuel Vigie 2007 - Dix Tendances Majeures A l'horizon 2020*, Groupe Futuribles, Novembre 2007, Paris.

⁵³ Sur l'Internet des objets voir <http://www.itu.int/osg/spu/publications/internetofthings/> Une vidéo sur l'internet des objets (source officielle, présidence française de l'UE) est aussi intéressante : <http://www.dailymotion.com/video/k1P14ig5MHTixMqgo>

⁵⁴ Vers la connexion permanente et des identités multiples. *Futuribles International / Système Vigie 127*. Rapport annuel 2007.

Le financement des projets permettent de lever différents verrous en recherche. Les principaux verrous technologiques concernent :

- l'amélioration de la performance de l'encodage de la vidéo haute définition en MPEG-4 AVC en temps réel,
- l'amélioration des algorithmes de conversion de la simple définition vers la haute définition, l'élaboration de techniques de compression vidéo en temps réel à faible complexité pour la visiophonie,
- la fusion symbolique de métadonnées relatives à des contenus, l'élaboration d'algorithmes d'apprentissage des usages des téléspectateurs,
- l'interopérabilité des systèmes de protection des contenus sur les mobiles,
- l'interopérabilité des services de télévision interactive entre la TNT, la télévision sur les mobiles et la télévision sur internet, la définition de protocoles de routage pour la diffusion de services audiovisuels sur des réseaux ad hoc,
- l'optimisation des performances des systèmes de visualisation 3D sur téléphone mobile,
- la co-conception par les usages d'objets communicants,
- la localisation à haute précision d'une caméra mobile pour la synchronisation d'objets virtuels avec le monde réel,
- le développement de middleware pour des jeux vidéos multijoueurs sur un réseau ad hoc, d'interfaces et d'architec-

tures de service pour les réseaux sociaux adaptées aux téléphones mobiles,

- le développement d'un protocole de communication pour environnements virtuels à l'architecture entièrement distribuée,
- l'optimisation de l'assemblage de blocs vidéo interactifs de manière transparente pour l'utilisateur, capture, modélisation et simulation par des avatars d'expressions et gestes humains.

Différents projets retenus dans le présent cahier illustrent la problématique des liens sociaux et communicationnels ubiquitaires.

Télévision du futur, contenus musicaux

L'ubiquité décrite par Paul Valéry concerne la musique qui parvient en tout espace aux mélomanes. Nous sommes déjà familiarisés avec ce type d'ubiquité, mais différents progrès sont en vue. Dans le domaine de l'audiovisuel, de nouveaux progrès vont concerner la télévision du futur. Ce sera d'abord, évidemment, une télévision haute définition (SUPERES, ARCHIPEG).

Un accès intelligent grâce à des boîtiers performants permettra au téléspectateur d'accéder aux programmes de son choix (INTERLIGHT, BUIS). Les contenus musicaux et audiovisuels seront disponibles sur les mobiles (MP4MC) qui pourront même gérer de la stéréoscopie (TRISCOPE). La compression est un enjeu industriel sous-jacent (ESSOR) ; de même la profusion de

réseaux rend utile l'adaptation à des réseaux hétérogènes, de façon transparente pour les individus (SARAH).

Réalité augmentée

Le projet IAM consiste en un projet original favorisant la communication à distance. RAXENV montre l'intérêt de la réalité augmentée pour travailler à distance. GAMME enrichit la visite d'un musée : « Imaginez le visiteur pointant la caméra du guide mobile vers les œuvres qui l'entourent. Une peinture possédant des informations augmentées est reconnue par le système. Sur l'écran apparaissent alors des éléments virtuels qui viennent enrichir la présentation. Un avatar 3D sort du mur et nous donne les explications sur la technique du peintre pendant que des détails révélés par les rayons X sont superposés au tableau. »

Jeux réseaux sociaux et vidéos

De nouveaux liens sociaux se créent de façon impressionnante, comme par exemple à travers les réseaux sociaux. « Si l'on parle de nouveaux modes de communication, c'est bien que les réseaux sociaux sont en train de supplanter les modes de communication traditionnelle, en particulier physique. Chez les adolescents américains par exemple, se rencontrer physiquement, en personne, ne représente plus que 35 % des activités de communication contre 47 % via les réseaux sociaux en ligne »*. La net génération est adepte de jeux vidéos, souvent pratiqués en ligne.

Les jeux vidéo, et en général les jeux que l'on peut concevoir grâce aux nouvelles technologies, qui intègrent la réalité augmentée, les mondes virtuels et 3D sont devenus non seulement un enjeu financier, en raison des marchés concernés, mais aussi un enjeu technologique de première importance : toute la difficulté de maîtriser des applications telles que la simulation d'un match de football, par exemple, correspond à un savoir-faire qui est générique et ouvre des perspectives dans bien d'autres domaines. Parmi les exemples retenus : HUB favorise l'accès aux réseaux sociaux via un téléphone mobile, MAD GAMES permet de jouer n'importe où grâce aux réseaux WIFI spontanés. MPLUG Play développe un concept de jeu pervasif et ubiquitaire. MYCITIZSPACE est un guichet universel numérique facilitant les applications administratives.

Mondes virtuels et 3D

Avec MYBLOG3D, les internautes interagissent dans un monde virtuel. Ces mondes virtuels se multiplient et sont créés par les utilisateurs eux-mêmes (SOLIPSIS). De nouvelles créatures naissent et interagissent (AFFECTIVE AVATARS). On se déplace dans le monde virtuel comme dans un monde réel (VOODDO).

* Didier Lombard, Le Village Numérique Mondial - La deuxième vie des réseaux. Paris, Odile Jacob, 2008

La création de nouveaux liens sociaux et communicationnels

	Acronyme et nom du projet	Le projet résumé en un titre
TV, vidéos et audiovisuel du futur		
ARCHIPEG	Architecture Modulaire, Programmable, Evolutive, Graduable pour applications en vidéo numérique THP	Offrir la haute définition aux émissions de télévision prises en direct
BUIS	Boîtier Utilisateur Intelligent et Simple	Un décodeur TV Numérique intelligent, interactif, inductif et... simple !
ESSOR	CodagE de SourceS vidéo distRibué	Vers des codeurs vidéo mono et multi-sources robustes et de faible complexité
MP4MC	Mobile Platform For Music Content	Musique sur mobiles: A quand l'interopérabilité sur les formats, DRM et ergonomie des services ?
SUPERES	Super Résolution	Des mathématiques à l'électronique pour la conversion des vidéos Simple Définition vers la Haute Définition
INTERLIGHT	Une plateforme de production de diffusion et de consommation de contenus audiovisuels interactifs	Solution d'interactivité riche et cohérente « tous réseaux / tous terminaux »
SARAH	Services Avancés pour Réseaux Ad Hoc	Concevoir des technologies pour l'homme plutôt que de lui demander de s'adapter aux technologies
TRISCOPE	Ecran auto-stéréoscopique pour mobile et services de nouveaux contenus	Démonstrateur d'un appareil mobile gérant la stéréoscopie
Réalité augmentée		
IAM	Projet exploratoire sur les interfaces sensorielles essentielles de communication verbale ou non verbale en mobilité et en environnement intelligent	Une approche par les usages pour élaborer des interfaces sensorielles de communication en mobilité et en environnement intelligent
RAXENV	Réalité augmentée en extérieur appliquée aux métiers de l'environnement	Des données et modèles en situation sur le terrain pour les praticiens de l'environnement
GAMME	Guide Augmenté Mobile pour les Musées et Expositions	Nouvelles médiations dans les musées avec la réalité augmentée
Réseaux sociaux		
HUB COLLABORATIF	Instant Messaging MultiMedia Hub : plus de convivialité dans vos échanges de tous les jours	Comment accéder efficacement à nos réseaux sociaux sur un téléphone mobile
MAD GAMES	A Middleware for AD-hoc networked video GAMES (Middleware pour Jeux Vidéo sur Réseaux Ad hoc)	Comment jouer n'importe où et autrement grâce aux réseaux WiFi spontanés
MYCITIZSPACE	Méthode et outils de conception basés sur une approche d'Ingénierie Dirigée par les Modèles (IDM)	Un Guichet Numérique Universel
PLUG	Play Ubiquitous Games and play more	Le jeu pervasif au service de la culture scientifique et technique
Mondes virtuels et 3D		
MYBLOG3D	MyBlog 3D	MyBlog3D, renforcer la perception mutuelle des internautes communicants au sein d'un espace 3D virtuel
SOLIPSIS	Monde virtuel illimité et auto-produit	Solipsis: des mondes virtuels collaboratifs, créatifs et libres
AFFECTIVEAVATARS	Nouvelle génération d'Avatars expressifs temps réel pilotés à la voix	Nouvelle génération d'Avatars expressifs temps réel pilotés à la voix Jeux vidéo, Interfaces 3D temps réel
VOODDO	Grille de livraison vidéo & navigateur interactif multimédia	« Pour aller sur mon site, tu vas tout droit et tu tournes à droite à la fontaine »

Programme « RIAM », édition 2005

Projet ARCHIPEG

Offrir la haute définition aux émissions de télévision prises en direct

Une nouvelle architecture de traitement numérique pour les besoins de la télévision haute définition

Le premier objectif du projet est de concevoir et de mettre au point une nouvelle architecture programmable, modulaire et évolutive pour le traitement de la vidéo qui soit capable de traiter les nouveaux algorithmes de compression et de répondre aux besoins de la télévision Haute Définition et du cinéma numérique. Afin de valider cette nouvelle architecture nous avons choisi de concevoir et d'implémenter une application parmi les plus exigeantes à savoir la compression MPEG-4 AVC en temps réel et en haute définition.

Dans le cadre de la thématique s'intéressant aux « nouveaux modes de distribution de contenus audiovisuels et multimédia », le projet porte plus particulièrement sur l'évolution des services de radio et de télévision, notamment sur les incidences de l'introduction de la haute définition dans les nouveaux services de diffusion :

- en proposant une solution d'encodage vidéo haute définition temps réel ;
- en mettant en œuvre une solution de codage vidéo avancé.

Bien que centrée sur la diffusion de programmes télévisuels en HD, la plate-forme proposée sera aussi apte à prendre en compte tous les formats utilisés en production audiovisuelle et permettre le développement d'équipements de conversion télécinéma.

Des innovations au service des émissions diffusées en direct

L'ambition du projet ArchiPEG a été la mise au point d'une architecture ouverte, modulaire, programmable, évolutive et graduable pour les applications de codage vidéo de haute et de très haute définition. On considère ainsi que la TV HD représente 5 fois plus d'informations à traiter que la TV standard pour une complexité de traitement entre 6 à 10 fois supérieure. Pour pouvoir étendre l'usage des nouvelles techniques de codage aux applications professionnelles de studio de télévision, il a été tenu compte de la nouvelle famille de profils spécialement dédiée à ces applications. Les dernières avancées en matière de codage vidéo ont été prises en compte pour la mise au point de l'algorithme d'encodage : les techniques de pré-analyse qui permettent de fonder les décisions prises lors de l'encodage et les techniques de filtrage qui permettent de conditionner le flux de manière à ne conserver que l'information utile. Ces préoccupations, propres aux techniques de codage temps réel, ont été étudiées de manière approfondie.



Plateforme programmable VP3-70 commercialisée à l'issue du projet

Le projet « ArchiPEG Architecture Modulaire, Programmable, Evolutive, Graduable pour applications en vidéo numérique THP » est un projet de recherche industrielle coordonné par VITEC Multimédia a été mené en collaboration avec le laboratoire IRCCyN de l'Université de Nantes. Le projet a commencé en décembre 2005 et a duré 34 mois : il a bénéficié d'une aide ANR de 831 k€ pour un coût global de l'ordre de 1,8 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Les principaux résultats issus du projet sont :

- une plateforme multiprocesseur permettant de réaliser des traitements temps réel sur des flux vidéo haute définition ;
- un logiciel d'encodage vidéo avancé écrit en langage C et optimisé pour deux types de processeurs cibles, un processeur généraliste multi-cœur Intel et un processeur de traitement de signal Texas Instruments ;
- un logiciel de pré-analyse et de conditionnement de flux vidéo permettant d'accélérer les modes de décision et de proposer une régulation psycho-visuelle du débit d'encodage ;
- une démarche efficace pour porter rapidement sur architecture de calcul parallèle le logiciel d'encodage vidéo avancé ;
- des implémentations fonctionnant en temps réel sur deux architectures de traitement parallèle.

Production scientifique et brevets

Quatre articles ont été présentés dans deux conférences internationales et une conférence nationale. Ils portent principalement sur les techniques de pré-analyse du flux vidéo en vue de réaliser une régulation psycho-visuelle du flux encodé. Le sujet fait l'objet d'une thèse de docteur-ingénieur qui devrait être soutenue à l'IRCCyN en juin 2009.

Programme « RIAM », édition 2005

Projet BUIS

Un décodeur TV Numérique intelligent, interactif, inductif et... simple !

Recommandation contextuelle intelligente couplée à une interface visuelle adaptative

Devant un nombre toujours croissant de chaînes, de programmes TV et de services accessibles à domicile, les utilisateurs se trouvent bien souvent déroutés : au lieu de tirer avantage des possibilités offertes, ils ne savent plus comment s'orienter devant l'abondance de l'offre et ils adoptent une attitude frileuse. Ainsi, les disques durs intégrés aux décodeurs de télévision numérique suscitent relativement peu l'intérêt des téléspectateurs. Pourtant leur capacité de stockage – une centaine d'émissions – pourrait assouplir considérablement la programmation et autoriser une TV « à la demande ».

L'objectif est ici d'ajouter de l'intelligence aux décodeurs afin de lever un certain nombre d'inhibitions des téléspectateurs. Plus exactement, le projet porte sur la conception, la réalisation et la validation en situation d'un boîtier utilisateur intelligent qui couple un agent apprenant à une interface de visualisation.

L'agent exploite les traces d'usage du décodeur à l'aide de techniques d'apprentissage par renforcement pour faire des recommandations et pour commander l'enregistrement d'émissions sur le disque dur. L'interface visualise, à l'aide d'une carte imaginaire, les contenus accessibles, en mettant l'accent sur ceux qui sont recommandés et en regroupant ceux qui relèvent des mêmes thématiques.

Les agents apprenants Intelligents dans l'environnement d'un décodeur TV numérique

Une architecture de type client/serveur a été mise en place en vue de l'expérimentation en situation dans des familles. Les clients sont les adaptateurs TNT munis de la fonction d'enregistrement sur disque dur et d'un moteur de rendu HTML/SVG/Javascript pour la visualisation de la cartographie des émissions. Les informations relatives aux programmes TV et aux interactions des utilisateurs avec les boîtiers sont concentrées sur le serveur. Des mécanismes de fusion symbolique enrichissent les métadonnées. Une catégorisation des émissions détermine la thématique à partir des métadonnées. Enfin, une analyse des traces met en évidence les comportements des utilisateurs. C'est sur cette base de données que s'appliquent les différents algorithmes d'apprentissage mis en œuvre et comparés, ainsi que les outils statistiques nécessaires à l'observation des usages. Le résultat de l'apprentissage conduit à la fois à l'affichage de fenêtres de recommandations et à une représentation cartographique des contenus disponibles adaptée aux habitudes de chaque utilisateur.



Représentation cartographique : cette interface visuelle adapte la présentation des programmes disponibles à un instant donné en fonction de la thématique des émissions et de l'intérêt présumé de l'utilisateur pour cette thématique.

Le projet « BUIS Boîtier Utilisateur Intelligent et Simple » est un projet de développement expérimental coordonné par IWEDIA TECHNOLOGIES. Il associe aussi le Laboratoire d'Informatique pour la Mécanique et les Sciences de l'Ingénieur et le Laboratoire d'Informatique de Paris 6. Le projet a commencé en 2006 pour une durée de 24 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 529 k€ pour un coût global de l'ordre de 918 k€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Côté scientifique, ont été validées la fusion symbolique des métadonnées, la catégorisation des émissions, ce qui détermine la thématique à partir des métadonnées et enfin une méthode d'apprentissage automatique à partir des traces d'usage. Enfin, une nouvelle interface de visualisation fondée sur une cartographie des contenus a été implantée et doit être testée.

Par ailleurs, le développement de nouveaux dispositifs d'observations « en continu » et « in situ » ont permis de modéliser les comportements d'usage de ce type d'équipement par une double démarche combinant des méthodes quantitatives et qualitatives.

Côté industriel, ces travaux ouvrent la voie vers de nouvelles fonctionnalités que pourrait offrir un décodeur haut de gamme.

Production scientifique et brevets

Marlier, J., Buisine, S., Turner, W. (2007). « Vers un outil de co-conception produits-usages », Confere'07 Colloque francophone sur les Sciences de l'Innovation,

Evêque L., Buisine, S., Turner W. (2008), « Conception assistée par l'usage in situ d'un décodeur TNT à intelligence incorporée » : Confere'08, Colloque francophone sur les Sciences de l'Innovation, ENSAM d'Angers, 3-4 Juillet 2008

Laudy C., Ganascia J.-G., (2008) « Information Fusion in a TV Recommendation System », FUSION 2008 (July 2008).

Ganascia, J.-G., Madeira C., Fouladi K., « An Adaptive Cartography of DTV Programs, Changing Television Environments » eds. Manfred Tscheligi, Marianna Obrist, Artur Lugmayr (proceedings of the 6th European Conference, EuroITV 2008, Salzburg, Austria), pp. 253-262, LNCS 5066, Springer.

Programme « Blanc », édition 2006
Projet ESSOR

Vers des codeurs vidéo mono et multi-sources robustes et de faible complexité

Déporter la complexité des dispositifs de compression vidéo du codeur vers le décodeur

La recherche en compression vidéo a privilégié l'efficacité en termes de débit au détriment de la complexité. Or le développement actuel d'applications comme la visiophonie mobile suscite un intérêt croissant de la part des industriels pour des techniques de compression de faible complexité, donc de consommation limitée, afin d'augmenter l'autonomie des terminaux mobiles dans les liaisons montantes.

Le projet ESSOR a pour objectif la proposition de solutions de compression vidéo reposant sur les principes du codage de source distribué (CSD) et plus spécifiquement du codage avec information adjacente au décodeur (CID) afin de déporter la complexité liée à la compression du flux vidéo acquis par un mobile vers le récepteur (la station de base). Nous nous intéressons aux cas mono-source (vidéo classique) et multi-sources (réseaux de caméras). Une attention particulière est accordée à l'amélioration de la robustesse de ces codeurs vis-à-vis d'erreurs de transmission sur canaux radio-mobiles.

Faire la synthèse entre codage de source, codage de canal et théorie de l'information

Les schémas de codage vidéo classiques cherchent à prédire au niveau du codeur l'image suivante à partir de l'image courante. Les paramètres indiquant comment s'est faite la prédiction et tout ce qui n'a pas pu être prédit sont stockés ou transmis au décodeur, qui exploite ensuite simplement le travail du codeur.

Dans un schéma de CID, le décodeur fait le gros du travail en cherchant à prédire l'image suivante (il fabrique une information adjacente). Le codeur se contente d'envoyer des informations au décodeur pour corriger l'image prédite. Des résultats fournis par la théorie de l'information laissent entrevoir le potentiel du CID, mais de nombreux problèmes à la fois théoriques et pratiques restent à résoudre.

Pour rendre les schémas de CSD plus performants, nous proposons de travailler au codeur (utilisation de transformées en ondelettes) et du côté décodeur (meilleure prédiction de l'image future, modélisation fine de l'erreur de prédiction). Dans le cas multi-sources, nous proposons également des schémas de construction efficaces des prédictions des images au décodeur.

Enfin, le CSD offre des propriétés intéressantes de résistance aux pertes d'information (pertes de paquets sur un réseau Internet). Nous proposons de développer des solutions de codage conjoint source-canal et de cross-design appliquées au CSD adaptés à la transmission sur canaux sans fils.

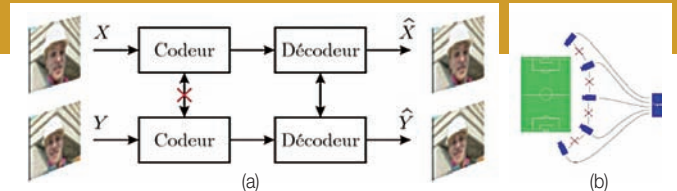


Fig. (a) : Dans un codeur vidéo classique, deux images successives X et Y d'une vidéo sont codées conjointement (ce qui est complexe, mais efficace), et décodées conjointement. Dans un codeur vidéo exploitant les concepts du codage distribué, le codage de X et de Y est indépendant (le codage est alors bien plus simple). Pour préserver l'efficacité de compression, il faut réaliser le décodage de manière conjointe.

Fig. (b) : Une application possible du codage de source distribué : un ensemble de caméras filme un stade. La quantité de données à transmettre vers la régie peut être fortement réduite en exploitant la corrélation existant entre les images acquises par les caméras.

Le projet « ESSOR CodagE de SourceS vidéo distRibué » est un projet de recherche exploratoire coordonné par le L2S (CNRS, SUPELEC, Univ Paris-Sud). Il associe également l'INRIA, LTCI (CNRS, TELECOM ParisTech) et I3S (Université de Nice-Sophia-Antipolis, CNRS). Le projet a commencé en décembre 2006 et dure 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 262 k€ pour un coût global de l'ordre de 940 k€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Une technique de CSD reposant sur des codes de source a été proposée. Cette solution permet de s'adapter rapidement à des variations des statistiques de la source. Pour des situations où la qualité de l'information adjacente varie rapidement, nous avons proposé un schéma reposant sur l'utilisation de codes dans le corps des réels.

Une solution combinant CID et codage par descriptions multiples a été proposée de manière à assurer une certaine robustesse des données compressées à l'égard de pertes (paquets, erreurs bits). Pour le cas multi-vues, un modèle débit-distorsion intégrant l'activité de mouvement et la disparité dans les séquences a été proposé. Des turbocodes quadribinaires ont été utilisés dans un schéma CSD pour éliminer le canal de retour.

Enfin, deux codeurs vidéo (mono et multi-vues) reposant sur les principes du CSD sont en cours de développement.

Production scientifique et brevets

Dans le cadre du projet, un article de revue (IEEE Com.) a été accepté. Depuis début 2007, 21 communications ont été acceptées dans les conférences internationales les plus prestigieuses en théorie de l'information (ISIT), en traitement du signal (ICASSP, EUSIPCO), en traitement d'image (ICIP) et en multimédia (MMSp). Un best student paper award a été obtenu à ICASSP en 2008 pour les travaux sur le CSD. Un tutorial sur le CSD appliqué à la compression vidéo a été donné à EUSIPCO 2007.

Programme « RIAM », édition 2005

Projet MP4MC

Musique sur mobiles : à quand l'interopérabilité sur les formats, DRM* et ergonomie des services ?

Interopérabilité, DRM et services Richmedia

Les téléphones mobiles permettent le stockage de milliers de titres musicaux et peuvent recevoir des applications développées par des tiers. Plusieurs verrous sont à lever pour offrir du producteur de contenu à l'utilisateur un système sûr, interopérable et ergonomique. Le projet MP4MC vise à :

1. Concevoir et réaliser une plateforme technique de référence pour le téléchargement et le streaming de contenus musicaux avec système de DRM pour la protection des contenus, des droits d'en disposer par l'utilisateur, et enfin la rémunération des auteurs.
2. Traiter la problématique de l'interopérabilité du DRM et des formats de contenus. Cette problématique, non réglée sur Internet au lancement du projet, l'est plus dans l'univers du mobile mais encore insuffisamment. Cette plate-forme est mise à disposition de tout tiers qui souhaiterait vérifier que son système est bien interopérable avec MP4MC car il respecte des normes et des formats spécifiés dans les organismes de standardisation MPEG, 3GPP et OMA.
3. Proposer à l'utilisateur de téléphone mobile de nouveaux usages et services attractifs.

Le gage de l'interopérabilité des services : que les développeurs des technologies respectent les normes et les standards et que leurs clientèles ou partenaires l'exigent !

A chaque composant du système une norme ou un standard est clairement associé. Pour les formats de compression et le transport le projet s'appuie sur les spécifications de MPEG-4 et de 3GPP, la protection des contenus (DRM) est compatible avec les normes de l'Open Mobile Alliance (OMA) DRM V2. Les échanges d'information entre les composants hétérogènes du système se font par web services conformes à SOAP. Enfin, MPEG-4 LAsER est la norme utilisée pour l'interface utilisateur « rich media » de l'application cliente installée sur le téléphone mobile.

L'ensemble des composants du système ont été intégrés et installés au sein du réseau d'EMI Music France où l'on a pu vérifier - de la salle de concert au téléphone mobile - le bon fonctionnement de la chaîne de captation tout comme la bonne exécution des différents scénarios DRM envisagés.

*Digital Rights Management

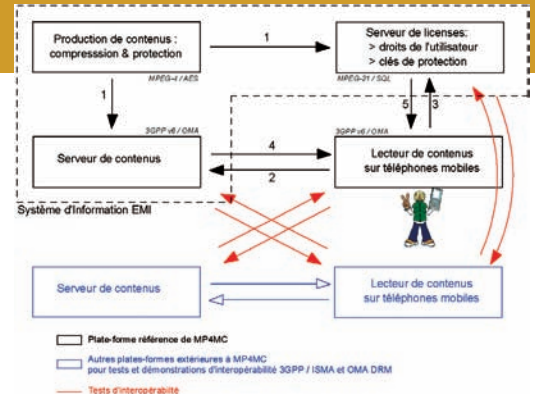


Schéma de principe de MP4MC

Le projet « MP4MC Mobile Platform For Music Content » est un projet de recherche industrielle coordonné par RESONATE MP4. Il associe aussi l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, ENVIVIO France, STREAMEZZO, EMI Music France. Le projet a commencé en 2006 pour une durée de 18 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 490 k€ pour un coût global de l'ordre de 965 k€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Les objectifs principaux sont atteints :

- La plate-forme MP4MC peut être utilisée comme plate-forme de référence pour tests d'interopérabilité OMA DRM V2.
- Un service de musique embarqué sur mobile (Rich Media) a été développé.

Une chaîne d'encodage/Diffusion 3GPP intégrée au service mobile est en place et prend sa source dans la salle de concert d'EMI Music France.

Retombées positives directes :

- EMI a mis en place un service de "WEB chat". Il permet la diffusion en direct de contenu produit dans la salle de concert EMI ou bien en itinérant.
- Le niveau de qualification de l'équipe IT d'EMI France a été considérablement accru dans des domaines qui sont désormais stratégiques pour EMI Music.
- La filiale française d'EMI est reconnue et appréciée par le groupe pour mener cette recherche et les applications qui en ont découlé.

Production scientifique et brevets

- Contributions de séquences de conformance LAsER à MPEG.
- La version Symbian OS du lecteur de contenu open-source GPAC [1] rendue publique en mai 2007. La plateforme GPAC a été présentée en session de démonstration lors de la conférence ACM MultiMedia 2007 [2].
- L'existence de cette plateforme fera l'objet d'une présentation dans des futures conférences OMA et 3GPP et MPEG.

Programme « RIAM », édition 2005

Projet SUPERES

Des mathématiques à l'électronique pour la conversion des vidéos Simple Définition vers la Haute Définition

La conversion SD/HD : une étape indispensable pour les studios de post-production et pour la télévision

La transition des studios de post-production et de la télévision de la Simple Définition (SD) vers la Haute Définition (HD) est pénalisée par une pénurie de sources et de programmes en Haute Définition native. Convertir des contenus SD en contenus HD est donc une nécessité. Cette étape nécessite des algorithmes de traitement complexes. Les solutions existantes sont insatisfaisantes : de nombreux artefacts visuels sont introduits par les étapes de conversion. Les partenaires du projet se sont réunis pour réaliser une solution de conversion, dite de super-résolution, qui assure une conversion des contenus vidéo en format SD vers les formats HDTV avec une qualité inédite. Cette solution est implémentée sur une puce électronique afin de permettre des calculs en temps-réel, autrement dit au fur et à mesure de la lecture de la vidéo, sans délai de traitement.

Une technologie de rupture issue des mathématiques et portée sur l'électronique

La technique de super-résolution de Let It Wave enrichit les images de nouveaux détails fins. Ceux-ci sont reconstruits en utilisant les caractéristiques des vidéos à traiter : nature des contours, zone régulières, différents mouvements. Cette approche repose sur la technologie des bandelettes. Les bandelettes sont un puissant outil mathématique de traitement numérique des images et des vidéos, apparu dans les laboratoires de l'Ecole Polytechnique et développé par la start-up Let It Wave, qui fut le coordonnateur de l'ensemble du projet. Elles permettent de restituer des images plus nettes et détaillées que ce que peut faire l'état de l'art, engendrant un véritable saut qualitatif.

Pour permettre de passer des idées mathématiques à une réalisation sous forme de composant électronique, de nombreuses innovations ont été nécessaires, afin de rendre les algorithmes de traitement compatibles avec les contraintes imposées par l'électronique, portant sur l'architecture des calculs et de gestion de la mémoire et de la bande passante disponible.



A gauche : les images SD (Simple Définition) souffrent d'une résolution trop faible et de nombreux artefacts dits de désentrelacement, dus à leur format d'encodage. A droite : les images HD permettent de restituer les détails fins et de supprimer les diverses dégradations visuelles.

Le projet « SUPERES Super Résolution » est un projet de recherche et développement industriel est coordonné par la start-up Let It Wave. Il associe l'Ecole Normale Supérieure, ainsi que les trois PME Analog Way, Vitec et Mikros Image. Le projet a duré 36 mois, de juin 2005 à juin 2008, et a bénéficié d'une aide ANR de 587 k€ pour un coût global de l'ordre de 2 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Le premier résultat est la conception d'un algorithme de super-résolution, aboutissement de dix ans de recherches menées à l'Ecole Polytechnique puis à Let It Wave. Son apparition a bouleversé les standards de qualité visuelle auxquels les industries de la post-production et de la télévision s'étaient habituées. De plus, cet algorithme a été adapté à l'électronique, et a été porté sur des composants industriels, fabriqués en série.

Ces composants ont été intégrés aussi bien dans des cartes pour PC que dans des boîtiers professionnels utilisés par l'industrie audiovisuelle, aujourd'hui commercialisés en série.

Suite au rachat de Let It Wave par Zoran, une grosse société américaine dont les composants sont présents dans de nombreux téléviseurs, téléphones portables, etc., il a été décidé d'intégrer cet algorithme dans des composants destinés à être commercialisés dans des appareils d'électronique grand public, à commencer par les écrans plats LCD.

Par ailleurs, une étude exhaustive des caractéristiques visuelles de l'algorithme a été menée par une société de post-production.

Enfin, cet algorithme a été combiné à un algorithme de suppression d'artefacts (blocs et autres effets de compression notamment) et a ainsi été utilisé pour obtenir des algorithmes de compression MPEG.

Production scientifique et brevets

Trois brevets internationaux portant sur des algorithmes de traitement des images développés ou améliorés dans le cadre du projet ont été déposés par Let It Wave.

Par ailleurs, deux papiers ont été publiés dans les conférences IEEE FPL 2006 (Field Programmable Logic and Applications) et FPGA 2008.

Programme « Audiovisuel Multimédia », édition 2006

Projet INTERLIGHT

Solution d'interactivité riche et cohérente « tous réseaux/ tous terminaux »

Les objectifs d'INTERLIGHT

L'objectif du projet est de concevoir et de mettre en œuvre une solution de production, de diffusion et de consommation de contenus audiovisuels interactifs, destinée à terme à être disponible sur tous les réseaux et sur tous les terminaux pour une expérience utilisateur riche et cohérente dans un environnement hétérogène.

Le projet est principalement axé sur la problématique de la télévision numérique terrestre et propose une solution innovante basée sur les standards les plus récents développés au sein de l'initiative MPEG : LAsER (MPEG4 Part 20).

Cette solution permettra un déploiement rapide et économique de l'interactivité pour les différents acteurs de la chaîne de la valeur de la Télévision Numérique Terrestre, pour toutes ses composantes (gratuites, payantes, HD).

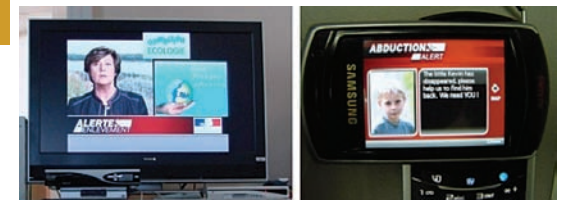
La solution LAsER, déjà déployée avec succès pour la 2.5G et la 3G et en cours d'expérimentation pour la télévision sur mobile (DVB-H), permettra une présentation et une ergonomie cohérente et de qualité pour tous les terminaux fixes et mobiles déployés sur les nouveaux réseaux (TV Numérique hertzienne, télévision sur mobiles, Radio Numérique, TV sur IP, extension au réseau domestique...). Seule la problématique du Numérique Terrestre fait partie du présent projet.

La solution proposée accompagne l'évolution des usages ou de l'utilisateur, devant la multiplicité des écrans proposés, et va retrouver une attitude active et individuelle en abandonnant peu à peu les attitudes passives et collectives proposées par la télévision de salon.

Cas d'usage: les services publics d'alerte

Parmi les différents types d'alerte, le projet s'est concentré sur « L'alerte enlèvement ». Une fois le plan déclenché, ce type d'alerte est diffusée sous forme de messages à la radio, à la télévision, sur Internet pendant trois heures ainsi que sur 500 panneaux d'autoroutes, dans les halls de gare et les couloirs du métro parisien (RATP). L'objectif étant de mobiliser la population française pour rechercher l'enfant enlevé et son ravisseur présumé.

Dans INTERLIGHT, ce cas d'usage a été développé, testé, interprété et évalué auprès de « focus groups ». Il concerne la contribution des solutions d'interactivités « tous réseaux/tous terminaux » à la transmission d'alertes auprès du grand public.



Un même contenu interactif d'alerte pour le DVB-T et le DVB-H

Le projet « INTERLIGHT, une plateforme de production de diffusion et de consommation de contenus audiovisuels interactifs, pour les réseaux de diffusion numérique terrestres SD gratuits, SD payant et HD, légère et économique, conforme aux standards et compatible avec l'hétérogénéité prochaine et inéluctable des réseaux et des terminaux » est un projet de recherche industrielle coordonné par STREAMEZZO. Il associe aussi IWEDIA (Composants logiciels) TDF (Infrastructures de diffusion) et L'IETR (Université, environnement domestique et usages). Le projet d'une durée de 18 Mois a débuté en décembre 2006 et s'est achevé en avril 2008, pour un budget de 1,2 M€ et pour une aide ANR de 550 k€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Les principaux livrables sont un test de la solution en conditions de diffusion réelles à T0+3 pour la TNT gratuite (MPEG-2), un test de services expérimentaux à T0+9, un démonstrateur « SD payant », un démonstrateur « HD » (MPEG-4) ainsi qu'une contribution à la constitution d'instances d'alerte « tous réseaux, tous terminaux » pour les urgences d'ordre public (Enlèvement enfant, Canicule...). Ces livrables ont permis de valider l'intérêt du principe de l'inter-activité « tous réseaux/tous terminaux » pour les cas d'usages considérés.

Une des suites du projet est déjà la mise en œuvre de LAsER en environnement Radio Numérique au sein du projet PUBIMAGES (Pôle Images et Réseaux).

Le sujet de l'interactivité « liée aux contenus audiovisuels » est plus que jamais d'actualité et les partenaires d'INTERLIGHT interviennent dans un certain nombre de forums actifs tels que l'AFDESI (H4TV) et le forum TMP en disséminant les résultats du projet et en contribuant aux débats qui vont se poursuivre sur l'année 2009.

Production scientifique et brevets

Les apports sont principalement liés aux contributions LAsER (Lightweight Application ScEne Representation): défini comme MPEG-4 part 20 par ISO/IEC/JTC1/SC29/WG11. LAsER permet de créer des services Rich Media interactifs et streamables à destination des terminaux mobiles et autres terminaux.

Programme « Télécommunications », édition 2006

Projet SARAH

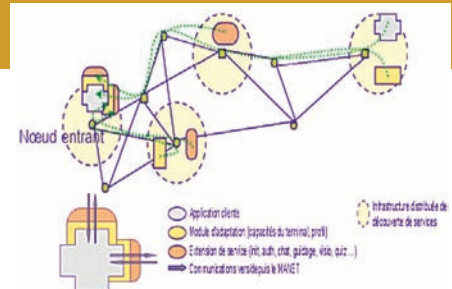
Concevoir des technologies pour l'homme plutôt que de lui demander de s'adapter aux technologies

Offrir des services grand public innovants en recourant aux réseaux ad hoc

Le support multi-technologies représente un enjeu majeur pour les architectures des futures générations de réseaux et permet ainsi d'envisager l'ubiquité des services. Le modèle ad hoc permet en outre d'étendre la couverture des réseaux d'accès sans fil en mode infrastructure et de créer 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 deviennent candidates à l'intégration dans le réseau de services. Le projet SARAH s'intéresse à l'adoption de cet usage ce qui permettra la réduction des coûts d'accès aux réseaux fixes et la commercialisation des services novateurs. SARAH vise l'étude, la réalisation et l'expérimentation d'une architecture de réseau ad hoc hybride pour le déploiement de services avancés audiovisuels, s'appuyant sur des informations de découverte localisée de l'environnement. Pour s'adapter à cette infrastructure hétérogène et dynamique et assurer que les services proposés à l'utilisateur aient le niveau nécessaire de performance, des solutions techniques sur la découverte de services et la supervision, le contrôle d'admission, la Qualité de Service, et la sécurisation sont développées.

Marier la technologie ad hoc à la découverte localisée de l'environnement pour améliorer l'accès aux services

La démarche utilisée dans le projet repose sur la mise en place des infrastructures de découverte de service, d'un système de contrôle d'admission de flux, des métriques de qualité de services pour le routage, et de sécurisation d'accès aux services. Les infrastructures de découverte de service prennent en compte la notion de localisation et de contexte (événements, position géographique), où les services découverts et accédés par un nœud en fonction de sa position et de sa proximité par rapport à d'autres nœuds et des objets, ou de l'enchaînement de l'accès à une série de services. Pour décider d'admettre ou non un nouveau flux dans le réseau dans le but de ne pas le surcharger, une estimation des interférences est considérée permettant la construction d'un système de contraintes que les flux doivent respecter. Ensuite, le routage avec des métriques de Qualité de Service peut assurer l'accès aux services sans couture. Enfin, une sécurisation d'accès au service permet d'authentifier chaque nœud, calculer son niveau de confiance et lui attribuer un certificat pour l'accès aux services et même pour pouvoir réaliser la découverte de service. Au cours du projet sont étudiées les performances des différents modules.



SARAH développe des solutions techniques, reposant sur la technologie ad hoc et la découverte de service, permettant à l'utilisateur d'avoir un accès aux services selon sa position géographique ainsi que le contexte.

Le projet « SARAH Services Avancés pour Réseaux Ad Hoc »

est un projet de recherche industrielle coordonné par France Télécom. Il associe aussi l'entreprise Ucopia, le Laboratoire de Recherche en Informatique de l'Université Paris XI, le Laboratoire d'Informatique de Paris 6, Telecom SudParis, l'INRIA Rocquencourt et l'INRIA Lorraine. Le projet a commencé en février 2007 pour une durée de 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 769 k€ pour un coût global de l'ordre de 2 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Le premier résultat marquant à cette étape du projet est la description des scénarios opérationnels qui recourent à la technologie ad hoc pour mettre à la disposition de divers publics des services avancés tels que l'information et le guidage, la découverte des services, la localisation du personnel, et le transfert des vidéos et de la musique. Ces services sont bénéfiques dans un Musée, dans un milieu hospitalier et même dans une sphère domestique. Le deuxième résultat porte sur la définition de l'architecture fonctionnelle des scénarios décrits en se basant sur d'information acquise de personnels de la Cité de Télécoms à Pleumeur-Bodou (grâce à un accord avec Orange Labs) et plusieurs hôpitaux (clients d'Ucopia) sur les besoins des scénarios et les contraintes de déploiement. L'autre résultat du projet porte sur le développement des solutions techniques qui permettent la réalisation des services proposés dans les scénarios décrits.

Production scientifique et brevets

Un nombre de papiers ont été réalisés afin de valoriser le sujet en cours d'étude dans SARAH. Il s'agit de plus de 10 papiers dans des conférences nationales et internationales comprenant des conférences IEEE. Trois brevets ont été également déposés afin de valoriser les idées développées dans SARAH. Puisque plusieurs partenaires de SARAH sont membres permanents à l'IETF (Internet Engineering Task Force), des contributions à l'IETF ont été réalisées sous forme de « Internet drafts », une étape vers la normalisation des travaux proposés.

Programme « Audiovisuel Multimédia », édition 2006

Projet TRISCOPE

Démonstrateur d'un appareil mobile gérant la stéréoscopie

Faisabilité et apport de la stéréoscopie sur mobile

Si les principes de la stéréoscopie sont connus depuis longtemps, l'émergence de contenus et de techniques la rendant accessible au grand public est récente. L'exemple le plus frappant vient de l'industrie du cinéma, avec une production croissante de films en relief et une augmentation conséquente des salles équipées pour les projeter. La télévision 3D, en phase de développement, est déjà opérationnelle dans certains pays comme le Japon.

Les appareils portables se préparent à la même avancée. En situation de mobilité, les applications tirant parti de la stéréoscopie sont multiples et vont au-delà de la simple lecture de vidéos. Citons notamment la vidéotéléphonie, les interfaces utilisateur, la navigation, ou encore les jeux. Afin d'assurer l'interopérabilité du contenu entre ces différentes applications, mais aussi entre les appareils et technologies associées (avec lunettes, auto-stéréoscopiques multivues), un format abordable et universel doit être adopté, de préférence compatible avec les services existants. Le « 2D+Z », consistant à transmettre une vue monoscopique et sa carte de profondeur, répond le mieux à ces critères et a été standardisé par le groupe MPEG.

Une mise en œuvre adaptée aux contraintes de la mobilité pour une utilisation grand public

A partir du « 2D+Z », le terminal doit calculer le contenu à afficher sur l'écran 3D. Or sur un appareil mobile, plusieurs contraintes (encombrement minimal, coûts faibles et autonomie importante) doivent être prises en compte, tout en garantissant un bon niveau de performance. Nous avons donc réparti la charge entre un microprocesseur pour les tâches de haut niveau, et un module matériel dédié innovant (nommé Renoir3D) pour la génération des vues et leur entreçage selon les spécifications de l'écran. Ce module effectue tous les calculs en interne sans jamais utiliser de mémoire tampon externe, ce qui réduit considérablement les besoins en bande passante.

Pour étalonner les paramètres qui assurent un bon confort visuel et évaluer l'acceptabilité de cette technologie, nous mettons en place une maquette de démonstration portable qui intègre le contrôle par l'utilisateur, le décodage et la présentation des données multimédia, leur rendu et l'affichage sur écran auto-stéréoscopique. Une interface utilisateur intuitive permettra à l'utilisateur de naviguer parmi les services proposés.



Le projet « TRISCOPE Ecran auto-stéréoscopique pour mobile et services de nouveaux contenus » est un projet de développement expérimental coordonné par NXP. Il associe aussi TELECOM ParisTech. Le projet a commencé en 2006 pour une durée de 18 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 251 k€ pour un coût global de l'ordre de 724 k€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Les travaux réalisés dans le cadre du projet Triscope ont abouti :

- A la définition et au développement d'une architecture matérielle (Renoir3D) optimisée pour le rendu d'images vidéo « 2D+Profondeur » sur écran multivues.
- A la définition et au développement du support des contenus de type « 2D+Profondeur » dans la suite logicielle multimédia « Open Source » GPAC.
- Au développement d'un démonstrateur de plateforme mobile pour écran multivues intégrant ces technologies logicielles et matérielles.
- Au développement d'une application de démonstration couvrant simultanément les aspects « interface utilisateur » et les applications (vidéo, jeux, graphiques...).

Au delà du projet, ces travaux se poursuivront par des expérimentations en situation « réelle » basées sur le démonstrateur. Ces expérimentations permettront de déterminer les usages les plus pertinents de ces technologies.

Production scientifique et brevets

Un brevet concernant la partie matérielle est en cours de dépôt. Plusieurs présentations du projet ont été faites dans des salons scientifiques (STIC'07, SERI'08). Une publication a été acceptée à la conférence ICCE'09. L'article présente la méthode de rendu que nous avons mise en œuvre.

Programme « RNRT », édition 2005

Projet IAM

Une approche par les usages pour élaborer des interfaces sensorielles de communication en mobilité et en environnement intelligent

Une méthodologie d'innovation originale basée sur la conception participative assistée par l'usage

L'intelligence ambiante est un domaine largement étudié depuis quelques années tant du point de vue technologique que du point de vue des usages (représentations sociales des interactions en milieu intelligent, etc.). Pour autant, les exemples concrets de développements pertinents en co-conception restent rares voire inexistant. Ce projet, exploratoire, a avant tout cherché à mettre en œuvre une approche « user experience », dans le but, non pas d'aboutir à un développement technologique finalisé, mais plutôt d'investiguer des fonctionnalités rendues possibles par des technologies de pointe existantes et leurs évolutions probables à court terme, grâce à un cadrage « usage ».

Son intention a donc été de traiter la thématique de l'intelligence ambiante en situation de mobilité à partir de briques technologiques apportées par les différents partenaires. Ce qui a amené à réfléchir à des dispositifs intégrant des technologies miniaturisées dans les domaines technologiques liés à l'optique, à la microélectronique embarquée et aux télécommunications tout en explorant, dans le même temps, les possibilités d'appropriation pour l'utilisateur. Une démarche itérative de co-conception a été mise en œuvre, croisant les perspectives de sciences humaines avec celles des technologues.

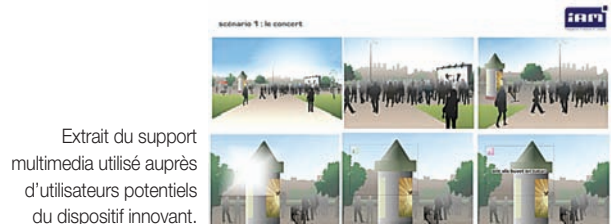
Dépasser la difficulté d'explorer des usages... qui n'existent pas... à partir de briques technologiques inédites...

L'originalité du projet tient donc au choix délibéré du consortium d'engager un travail profond de réflexion sur les usages et sur les aspects sociologiques de ces nouveaux environnements comme matériau structurant la démarche de conception. L'apport des sciences humaines est apparue comme une « brique » supplémentaire participant non seulement à la construction du dispositif, mais également à l'architecture du projet : les connaissances sociologiques, les propositions méthodologiques permettant la co-production de conception et la fabrication d'objets intermédiaires inédits sont les éléments principaux.

Par ailleurs, un véritable verrou technologique s'est rapidement imposé, consistant à raisonner la manière de faire de l'intelligence ambiante « en mobilité, c'est-à-dire sans infrastructure fixe et dédiée pour supporter les technologies. A cet effet, le choix d'utiliser des dispositifs d'intelligence embarquée ultra miniaturisés s'est vite révélé comme une piste prometteuse.

Enfin, il a fallu relever le pari de la co-conception. La démarche réflexive sur le processus d'innovation en cours a notamment révélé des questions d'ordre méthodologique, concernant le processus d'innovation, l'hybridation des connaissances entre l'univers des

sciences humaines et celui de la R&D technologique, et enfin l'approche « usage » elle-même (comment raisonner l'usage qui n'existe pas d'un dispositif innovant porteur de modalités d'interactions inédites ?).



Le projet « IAM Projet exploratoire sur les interfaces sensorielles essentielles de communication verbale ou non verbale en mobilité et en environnement intelligent » est un projet de recherche industrielle, coordonné par ESSILOR International et associant Ekoya, France Telecom R&D, du MINATEC/CEA LETI, l'Institut Polytechnique de Grenoble et l'Université Pierre Mendès France. Le projet a commencé en décembre 2005 pour une durée de 39 mois. Il a obtenu le soutien de l'ANR pour un montant de 779 k€ pour un coût global de 1,2 M€. Il a été labellisé par le pôle de compétitivité Minalogic.

IMPACTS

Résultats majeurs

Ce projet a essentiellement contribué à développer et « outiller » un processus de conception par l'usage, venant renouveler les approches du courant « user experience ».

- Construction de méthodologies pertinentes convoquant l'usager, pour la construction progressive de l'imaginaire social d'un couplage produit/service
- Organisation de rencontres effectives avec des portes paroles ou experts de l'usage permettant de s'extraire d'un imaginaire de l'usage implicite
- Rationalisation de la production de connaissance de manière à raccourcir les processus de conception
- Hybridation des connaissances dans l'équipe projet par la mise en place d'objets intermédiaires.

Un support multimédia est réalisé pour témoigner de la connaissance renouvelée au plan des méthodologies sur l'usage en conception.

Production scientifique et brevets

Les résultats ont été présentés dans des séminaires nationaux, des conférences internationales, AISLF, AIMS, ICED, EGOS, EASST, dans des ouvrages à paraître et dans des revues scientifiques (Mind Culture and Activity, Revue d'Anthropologie des Connaissances).

Programme « Technologies logicielles », édition 2006

Projet RAXENV

Des données et modèles en situation sur le terrain pour les praticiens de l'environnement

Démontrer la faisabilité d'un système de réalité augmentée en extérieur dans le domaine de l'environnement

Dans leurs métiers, les opérateurs de l'environnement exploitent une quantité toujours plus grande d'informations géolocalisées (2D/3D) sur les infrastructures, ou issues de mesures et modèles, accessibles via des systèmes d'information géographique. Cependant, l'utilisation de ces informations, le plus souvent, reste limitée au bureau.

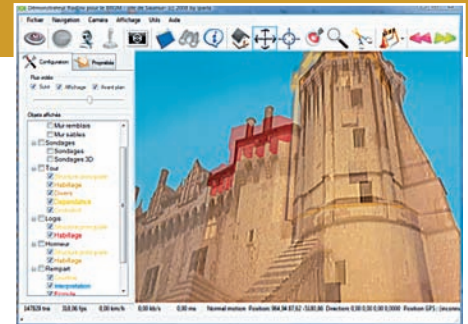
La réalité augmentée, de par sa capacité à croiser une prise de vue réelle avec des informations numériques, offre de formidables possibilités pour mettre ces données en situation sur le terrain. Ces techniques de réalité augmentée répondent donc à un besoin, mais elles sont essentiellement maîtrisées pour l'instant dans des environnements « industriels », restreints et bien connus.

Le projet RAXENV cible les opérateurs techniques en situation de mobilité sur le terrain dans le domaine du génie civil et de l'environnement, pour qui l'accès à des données techniques complexes sur le terrain est crucial pour leur intervention. D'une manière plus large, certains aspects envisagés peuvent s'appliquer aux métiers de la culture et du tourisme.

Une solution générique validée par trois démonstrateurs

La démarche utilisée dans le projet s'appuie sur trois scénarios d'utilisation afin de démontrer le caractère générique de la solution développée pour répondre aux problématiques abordées : le recalage réel-virtuel en extérieur, l'accès à des données distantes, leur visualisation et les interactions sur un terminal mobile.

- Sur un site instrumenté en extérieur (Château de Saumur), la problématique métier est la géotechnique dans le cadre du suivi de la reconstruction d'un rempart.
- Sur un site en milieu urbain (Bordeaux), la gestion de réseaux enterrés (assainissement) constitue l'élément essentiel.
- Sur un site « panoramique » (Chaîne des Puys), les applications concernent la géologie de terrain, que ce soit dans un esprit de levé de la carte géologique ou de communication sur des sites remarquables.



Le démonstrateur du Château de Saumur

Le projet « RAXENV - Réalité augmentée en extérieur appliquée aux métiers de l'environnement » est un projet de recherche industrielle, coordonné par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières. Il associe le laboratoire IBISC (CNRS-Université d'Evry), l'équipe Iparla (INRIA-LaBRI), la société Archividéo et la Lyonnaise des Eaux (Bordeaux). Le projet a démarré en février 2007 pour une durée de 36 mois. Il bénéficie d'une aide de l'ANR de 537 k€ pour un coût global de l'ordre de 1,3 M€.

IMPACTS**Résultats majeurs**

Les travaux sur les outils de recalage réel-virtuel ont abouti à la finalisation d'un capteur hybride permettant l'estimation de la pose (position + orientation) de la caméra de façon robuste et précise. La méthode est basée sur un suivi visuel de points d'intérêts (caméra) couplé à un système d'assistance à la localisation (GPS + centrale inertielle) qui permet d'estimer et prédire l'erreur de localisation et de pallier une déficience du suivi visuel.

En termes de visualisation et d'interactions, un prototype de dispositif couplant le TabletPC et des interfaces physiques de manipulation (Phidgets) a été réalisé. Des maquettes sont disponibles pour les trois démonstrateurs.

Production scientifique et brevets

L'état de l'art réalisé dans le cadre du projet a fait l'objet de plusieurs communications dans des conférences (AFRV, VRIC'08) et a donné lieu à un article dans un numéro spécial « Innovations en réalités virtuelle et augmentée » dans la revue Technique et Sciences Informatique. Les aspects de recalage réel-virtuel via le capteur hybride ont été présentés dans des conférences internationales, notamment ACM VRST'08, IPTA'08 et ISVC'08.

Programme « Audiovisuel Multimédia », édition 2007

Projet GAMME

Nouvelles médiations dans les musées avec la réalité augmentée

Utiliser la réalité augmentée sur des terminaux mobiles pour développer de nouvelles médiations entre les œuvres et les visiteurs des musées

Dans les musées, le besoin d'accéder in-situ aux contenus multimédias a déclenché le développement et l'utilisation de guides mobiles légers, capables de délivrer des informations personnalisées dépendantes du profil de l'utilisateur. Différentes techniques de localisation ont ensuite été utilisées pour délivrer un contenu dépendant de la position du visiteur (infrarouge, bluetooth, wifi, puces rfid). Pour faciliter encore plus l'accès à l'information sans ajouter d'éléments intrusifs dans l'environnement muséal (bornes, marqueurs, capteurs) et pour évaluer de nouvelles formes d'interactions avec les contenus numériques, le projet GAMME propose l'utilisation de la réalité augmentée sur un guide mobile. Imaginez le visiteur pointant la caméra du guide mobile vers les œuvres qui l'entourent : une peinture possédant des informations augmentées est reconnue par le système. Sur l'écran apparaissent alors des éléments virtuels qui viennent enrichir la présentation : un avatar 3D sort du mur et nous donne les explications sur la technique du peintre pendant que des détails révélés par les rayons X sont superposés au tableau. C'est l'un des scénarios rendu possible par le projet GAMME.

Mixage des technologies issues de la vision par ordinateur et des microcapteurs

La réalité augmentée désigne les différentes méthodes qui permettent d'incruster de façon réaliste des objets virtuels dans une séquence d'images. Pour réaliser cette fonction en temps réel, le problème principal réside dans la localisation 3D de la caméra. Dans le projet GAMME c'est la fusion entre une méthode de vision par ordinateur et les mesures de microcapteurs (accéléromètres et magnétomètres) qui fournira en temps réel la position et l'orientation de la caméra. Cette approche permettra d'obtenir un recalage réel/virtuel plus stable et plus robuste aux perturbations qu'une méthode de vision pure. L'enjeu technique est ensuite d'amener ces technologies sur des terminaux mobiles de type UMPC (ultra mobile PC) dans une première phase (mi-2009) puis sur des smartphones évolués pour la fin du projet (mi-2010). Pour évaluer l'impact de ces technologies sur le public, expérimentations et retours d'usages sont des étapes importantes du projet, c'est pourquoi professionnels du musée, infographistes et ergonomes collaborent activement à la conception du scénario choisi pour la visite augmentée.



Illustration d'un scénario envisagé.

© 2008 Orange-Polymorph Software – Musée des Beaux-Arts de Rennes

Le projet « GAMME Guide Augmenté Mobile pour les Musées et Expositions »

est un projet de recherche industrielle coordonné par France Telecom (OrangeLabs/Tech/Iris). Il associe aussi le CEA (LETI), l'INRIA (Lagadic), Movea, Polymorph Software et la ville de Rennes (Musée des Beaux-Arts). Le projet a commencé en 2007 pour une durée de 30 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 710 k€ pour un coût global de l'ordre de 1,5 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Ce projet a obtenu la labellisation du Pôle de compétitivité « Images et Réseaux » et bénéficie en plus d'une synergie avec le pôle « Minalogic » (partenariat CEA et Movea).

Un premier démonstrateur basé uniquement sur une technique de vision et une scénographie réduite permet de présenter le projet sur les différents salons.

Un jalon important concernera l'expérimentation d'un guide augmenté version_1 implémenté sur un UMPC (ultra mobile PC). Ce jalon est prévu pour la mi-2009.

Un guide augmenté dans une version plus légère (smartphone évolué) sera expérimenté mi-2010 au Musée des beaux-arts de Rennes.

Production scientifique et brevets

A cette étape du projet ce sont surtout des participations à des salons qui ont été faites sur les stands du pôle de compétitivité « Images et Réseaux » :

- Laval Virtual (Laval, Avril 2008), Nem Summit (St-Malo Octobre 2008), ICT08 (Lyon Novembre 2008).
- Le projet a été présenté lors de la conférence organisée par le ministère de la culture « numérisation du patrimoine culturel » (Paris, Musée du quai Branly, Nov 2008). A cette occasion un papier a été publié dans « Culture et Recherche » n° 118-119 p36.

Programme « Audiovisuel Multimédia », édition 2006

Projet HUB COLLABORATIF

Comment accéder efficacement à nos réseaux sociaux sur un téléphone mobile

S'adapter à un monde mobile

L'émergence, puis l'expansion des réseaux sociaux dans notre vie de tous les jours a provoqué des changements irréversibles dans notre vie. Nos ordinateurs regorgent de connexions à différents blogs, réseaux de discussion, logiciels de messagerie... Le téléphone mobile, de plus en plus répandu, participe lui aussi à ces nouvelles pratiques où la connexion permanente devient une nécessité.

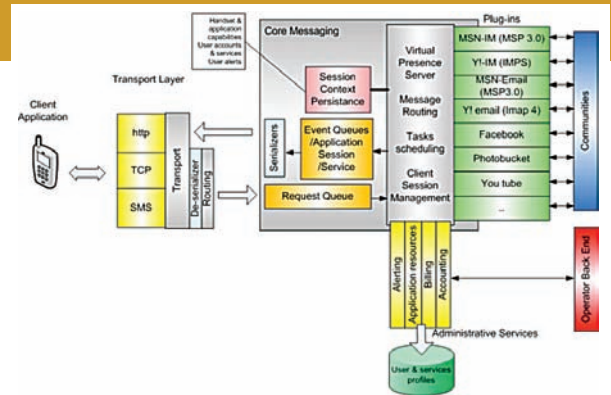
Notre projet consiste à faire la liaison entre ces réseaux sociaux, et l'univers des téléphones mobiles. Plus puissants, capables de prouesses multimédias, équipés de grands écrans, les appareils mobiles d'aujourd'hui permettent d'accueillir des applications de plus en plus performantes. Mais la notion même de mobilité s'accommode mal d'un simple portage de ce que nous trouvons pour nos PCs. Notre solution propose donc une implémentation à deux niveaux. La première côté mobile, avec le développement d'une application capable de visualiser astucieusement des informations de plusieurs réseaux sociaux, de façon à les adapter à la lecture sur un petit écran.

La seconde côté plateforme, avec le développement d'un protocole spécifique entre l'application mobile et une plateforme, et le déport de fonctionnalités lourdes du côté des serveurs, pour alléger les contraintes de développement mobile.

Une solution qui répond aux contraintes mobiles

Les contraintes mobiles sont nombreuses. Réseau lent et sujet à coupures, applications qui subissent des contraintes fortes, différentes suivant les mobiles, et réseaux sociaux qui sont mal adaptés à un usage sur un écran de petite taille. Pour résoudre tous ces problèmes, nous avons mis en place une solution client serveur qui déporte la majorité des traitements côté serveur, en ne laissant que peu de travail à l'application. Les connexions réseaux sont tout particulièrement optimisées pour accélérer les échanges et gérer les instabilités. Nous avons aussi implémenté différents algorithmes de cryptage et de protection de la vie privée.

Pour résoudre les problématiques liées aux différences techniques associées à chaque mobile, nous avons mis en place un système unique de portabilité, relié à une base de données de caractéristiques mobiles. Cet outil est disponible pour les plateformes J2ME, mais aussi Windows Mobile et Symbian.



Le projet « HUB Collaboratif Instant Messaging MultiMedia Hub : plus de convivialité dans vos échanges de tous les jours » est un projet de développement expérimental coordonné par Miyowa. Il associe aussi Mobile Distillery et le Centre de micro-électronique. Le projet a commencé en 2006 pour une durée de 12 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 363 k€ pour un coût global de l'ordre de 814 k€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Les résultats de recherche autour de ce projet ont permis de créer un véritable produit commercial, particulièrement adapté à une mise en place rapide et efficace d'une solution de messagerie sur une multitude de téléphones. Il a fallu faire coexister différents impératifs technologiques et techniques à des objectifs ergonomiques et des objectifs de marché. L'avancée la plus marquante réside dans une capacité d'adaptation rapide d'un téléphone à un autre de la solution, mais aussi la capacité d'agrégation de multiples flux provenant de services existants, et rendues disponibles sur un téléphone grâce aux innovations majeures intégrées sur nos plateformes.

Production scientifique et brevets

Plusieurs brevets ont été déposés concernant la gestion des services sur la partie serveur. Ces brevets décrivent les différentes méthodes d'agrégation des informations qui proviennent de différents réseaux sociaux, et aussi la façon de filtrer ces mêmes informations pour une utilisation en mobilité. Nous avons aussi effectué de nombreuses études sur la protection de la vie privée. Ces résultats ont été présentés lors de conférences scientifiques par l'Ecole des Mines de St Etienne, partenaire du projet.

Programme « Audiovisuel Multimédia », édition 2006

Projet MAD GAMES

Comment jouer n'importe où et autrement grâce aux réseaux WiFi spontanés

Support de jeux vidéo multi-joueurs sur réseaux WiFi spontanés

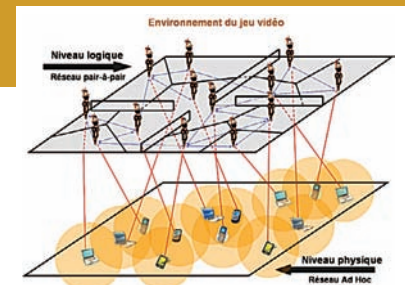
Avec l'expansion rapide de la technologie sans fil et son intégration sur les consoles de jeux, on peut raisonnablement s'attendre à ce que la portabilité des jeux vidéo sur les réseaux mobiles constitue une évolution naturelle de ce domaine. L'affranchissement des liaisons câblées et la mobilité offerte aux joueurs sont autant d'arguments qui vont dans le sens d'une interaction plus aisée et plus riche entre joueurs. Ainsi, on peut facilement imaginer le cas de jeux improvisés dans une cour de récréation et impliquant plusieurs joueurs munis de consoles de jeux portables. Ce scénario peut être réaliste surtout si l'on suppose que le réseau de transmission est de type WiFi en mode ad-hoc (i.e. réseau spontané). L'absence d'infrastructure centralisée étant l'argument principal qui pourrait favoriser le succès des jeux multi-joueurs sur les réseaux ad-hoc. A ceci il faut ajouter le faible délai entre joueurs et l'absence de coût. Le projet MAD GAMES se propose de réaliser en 30 mois un démonstrateur intégrateur de plusieurs technologies émergentes, à savoir le développement d'un moteur de jeux sur consoles récentes, les réseaux sans fil de type WiFi en mode ad-hoc et un middleware basé sur une architecture en mode pair-à-pair. Le middleware offrira la possibilité de concevoir de nouveaux moteurs de jeux et de nouvelles façons de jouer, exploitant pleinement les avantages offerts par un réseau sans fil spontané.

Un réseau sans fil ad hoc optimisé pour un moteur de jeu en mode pair-à-pair

L'originalité de la démarche du projet MAD GAMES est d'étudier la faisabilité et l'utilité de développer une nouvelle génération de middleware pour jeux vidéo, basée sur une architecture distribuée et exploitant pleinement les capacités des récentes normes WiFi. Ce middleware offrira une interface entre le moteur de jeu et les couches réseau de bas niveau. En comparaison avec la technologie actuellement disponible, l'apport de ce middleware réside dans les éléments suivants :

- Il s'appuiera sur une infrastructure de jeu distribuée en mode pair-à-pair, mieux adaptée à un réseau sans fil en mode ad-hoc.
- La qualité du jeu perçue par l'utilisateur étant un paramètre critique pour l'application de jeux vidéo, l'un des objectifs de ce projet est de contribuer à la réflexion et à la conception de mécanismes de gestion de la qualité de service au niveau réseau, qui permettront d'améliorer la Qualité du Jeu (QdJ).

La mise en place d'un middleware réseau pour jeux vidéo sur réseau ad-hoc reposant sur une architecture pair-à-pair représente une forte avancée. En effet, à notre connaissance, l'intégration de toutes ces technologies dans un même environnement soulève de nombreuses problématiques de recherche qui n'ont pas encore été explorées dans le contexte spécifique du projet, à savoir celui des jeux vidéo.



La gestion distribuée des données logiques du jeu repose sur une architecture en mode pair-à-pair. Les liens sont établis en tenant compte du protocole de routage ad hoc.

Le projet « MAD GAMES A Middleware for AD-hoc networked video GAMES (Middleware pour Jeux Vidéo sur Réseaux Ad hoc) » est un projet de recherche industrielle coordonné par le Laboratoire de Traitement et Transport de l'Information. Il associe aussi Fandango, le Laboratoire d'Informatique de Paris 6, France Télécom R&D. Le projet a commencé en 2007 pour une durée de 30 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 478 k€ pour un coût global de l'ordre de 1,5 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Des expérimentations portant sur des clients autonomes (bots déportés sur des PC clients) s'exécutant au-dessus d'un environnement émulant le fonctionnement d'un réseau ad hoc ont permis d'évaluer de façon objective l'impact de certains paramètres réseau sur la Qualité du Jeu. Dès lors, des propositions visant à améliorer la qualité de service fournie par les mécanismes réseau, notamment au niveau routage et de la couche transport, ont été proposées et évaluées. Par ailleurs, la gestion distribuée des données du jeu, basée sur une architecture en mode P2P a été étudiée. Des propositions reposant sur la décomposition du monde virtuel en utilisant des techniques de triangulation, comme les diagrammes de Voronoi, sont en cours d'évaluation. Enfin, l'architecture générale du middleware, les différentes API et l'environnement de développement ont été définis. Le développement par LoadInc du jeu de course de voitures qui validera la plateforme MAD GAMES est en cours.

Production scientifique et brevets

Evaluation expérimentale de l'impact des protocoles de routage ad hoc sur la Qualité du Jeu, workshop ACM Netgames 2007. Conférences IEEE PIMRC 2008 et COMSNETS'2009, respectivement. Les travaux concernant la gestion distribuée des données du monde virtuel, grâce à des techniques de triangulation adaptées aux réseaux P2P (e.g. digramme de Vornoi), ont été présentés aux workshops Digital Entertainment, Networked Virtual Environment (associé à IEEE CCNC 2008), Peer-to-Peer Network Virtual Environment (associé à la conférence IEEE ICPADS 2008) et ACM netgames 2008.

Programme « Technologies logicielles », édition 2007

Projet MYCITIZSPACE

Un Guichet Numérique Universel

Généralisation de l'accès sécurisé aux services électroniques

Depuis quelques années, l'Administration met en place une politique de dématérialisation des procédures pour simplifier les démarches du citoyen et faciliter la gestion administrative.

Dès lors, il convient de fournir aux concepteurs des téléservices un environnement de conception et de déploiement agile permettant de :

- cibler différents types de point d'accès aux téléservices pour le citoyen et gérer un volume croissant de données personnelles,
- homogénéiser les Interfaces Homme-Machine des téléprocédures pour favoriser leur appréhension, leur utilisabilité et leur accessibilité; elles deviennent plastiques, c'est-à-dire capables d'adaptation à leur contexte d'usage (utilisateur, plateforme, environnement),
- respecter les recommandations de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés garantissant un haut niveau de sécurisation et de confidentialité d'une grande masse de données issues de différentes sources,
- intégrer les changements fréquents dans le domaine réglementaire et organisationnel.

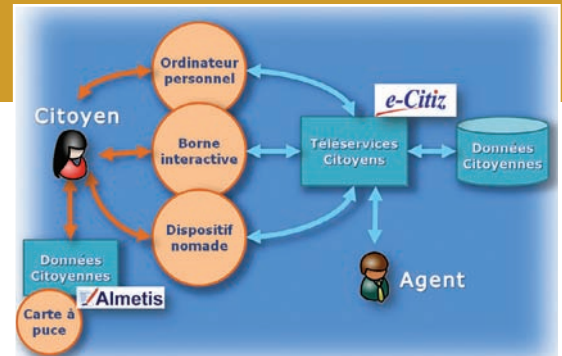
Un environnement de conception et de déploiement agile

L'ambition du projet est de fournir aux intervenants des projets informatiques (Maîtrise d'ouvrage, Maîtrise d'œuvre) un atelier leur permettant de concevoir et d'implémenter agilement la dématérialisation des services.

Cet environnement permet la définition d'un espace de données dont l'accès est sécurisé par un dispositif de confiance (terminal personnel de carte à puce, certificat électronique) et dont le stockage physique peut être un support personnel (carte mémoire cryptée) ou mutualisé (coffre-fort électronique sur Internet).

Il autorisera la définition d'un espace d'information personnel qui aide la recherche d'informations au sein de grandes masses de données personnelles, en s'assurant d'une manière très stricte que chaque usager n'accède qu'aux informations qui le concernent directement.

Il permet d'adapter l'interaction à différents supports (ordinateur connecté à Internet, borne interactive, assistant personnel, téléphone portable...) en fonction des caractéristiques des utilisateurs (y compris ceux porteurs de handicaps) et des contraintes physiques des dispositifs d'interaction (taille d'écran, accès à Internet, puissance de calcul, clavier, écran tactile...) ainsi que de l'environnement d'utilisation.



Guichet Numérique Universel

Enfin l'atelier est résolument centré utilisateur dans sa méthode de conception des téléprocédures plastiques.

Le projet « MyCitizSpace, Méthode et outils de conception basés sur une approche d'Ingénierie Dirigée par les Modèles (IDM) pour l'exécution distribuée des téléprocédures plastiques (douées d'adaptation au contexte d'usage) à espace de données personnelles sécurisé » est coordonné par Genigraph e-Citiz. Il associe la société Almetis et les laboratoires de recherche publics INRIA Rocquencourt, l'Université Paul Sabatier via l'IRIT et l'Université Joseph Fourier via le LIG. Les partenaires pilotes sont la Région Midi-Pyrénées et la DRTEFP d'Ile de France. Le projet a commencé en février 2007 pour une durée de 36 mois. Il bénéficie d'une aide ANR de 862 k€ pour un coût global de l'ordre de 1,9 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

D'un point de vue conceptuel, les premiers résultats sont la spécification d'un Guichet Lycée Universel innovant, proposant des téléservices plastiques de complexité incrémentale (basique, avancée, futuriste) à destination des lycéens et des personnels de ces établissements scolaires en Région Midi-Pyrénées.

Du point de vue de l'implémentation, le produit e-Citiz offre désormais une meilleure expressivité de ses modèles pour la conception des processus sous-jacents aux téléservices. De plus, les résultats du projet seront démontrés par des publications des laboratoires publics et par une nouvelle génération des solutions Almetis.

Production scientifique et brevets

Un chapitre de livre UJF paraîtra aux éditions Hermès en 2009 sur les dimensions clés de la Plasticité des Interfaces Homme-Machine. Un autre chapitre de livre UJF-INRIA-IRIT a par ailleurs été soumis pour l'ouvrage "Practical Studies in e-Government" publié en 2009 (éditions Wiley).

Enfin, un workshop international (Design & Evaluation of e-Government Applications and Services) est organisé à Interact 2009 (Uppsala, Suède, 24-28 août 2009).

Programme « Audiovisuel Multimédia », édition 2007

Projet PLUG

Le jeu pervasif au service de la culture scientifique et technique

PLay Ubiquitous Games and play more

PLUG étudie les technologies pour les jeux ubiquitaires et leur acceptabilité socio-culturelle, économique et industrielle. La conception et le game-design de jeux pervasifs/ambiants/ubiquitaires sont des aspects essentiels de PLUG. Le Musée des Arts et Métiers (MAM) fixe un cadre culturel et délimite un périmètre d'acceptabilité. L'approche pervasive permet d'évaluer de nouvelles interactions ludiques/pédagogiques/culturelles avec le MAM, son contenu scientifique et technique. Citons plusieurs projets représentatifs : IPerG, projet Européen, Human Pacman, Lab Réalité Mixte de NTU, Mogi et Botfighters des projets commerciaux. PLUG utilise plusieurs technologies : capteurs physiologiques, mobiles, réseaux sans fil, intergiciel, qui immergent le joueur. Le terminal du joueur pour PLUG n'existe pas sur étagère, il s'apparenterait au "satisfacteur" (L'ère du satisfacteur, The Age of Pussyfoot (1969), Le Masque Science Fiction). PLUG repose sur le fait que les objets qui entourent un joueur sont communicants entre eux et avec le joueur (l'H2H est implicite). L'environnement agit sur le joueur comme le joueur agit sur son environnement, l'interaction est complète et permanente.

"PLUG - les secrets du Musée" pour la fête de la Science 2008

Le jeu utilise des cartes à jouer virtuelles stockées dans des tags RFID. Les joueurs utilisent des téléphones mobiles pour lire/échanger/déposer des cartes. Chaque soir, 16 objets du musée rangent une carte à leur effigie ou à celle de leur créateur dans une borne à côté d'eux. Mais, une nuit, les cartes se sont amusées : elles ont changé de borne ou se sont cachées dans les mobiles. Les objets forment 4 collections (Chasseurs de fantômes, Créateurs de merveilles, Dompteurs d'éléments, Accélérateurs de temps) dont l'une est attribuée à une équipe de joueurs. Pour remporter une partie il faut totaliser le plus de points possibles. Réunir 4 cartes d'une collection sans doublons donne des points. Faire preuve de curiosité, de civisme et d'esprit collectif, permet d'en acquérir ou d'en perdre. Les joueurs pour gagner cherchent des objets, explorent les bornes, répondent à des quiz, échangent avec d'autres joueurs. Des indices accessibles dans les bornes aident à retrouver une carte de sa collection mais coûtent des points. Parmi les objets, on trouve des pièces historiques remarquables du MAM : la joueuse de tympanon, l'avion n° 3 de Clément Ader, la presse de Marinoni, le pendule de Foucault... Parmi les personnages virtuels qui animent le jeu on retrouve des personnages clés de l'histoire des sciences et techniques : Lavoisier, les frères Lumière, Vaucanson, Fresnel.



Objets, bornes et cartes-RFID de PLUG les secrets du Musée

Le projet « PLUG Play Ubiquitous Games and play more » est un projet de recherche industrielle coordonné par le Centre d'études et de recherche en informatique du CNAM. Il associe aussi l'Institut National des Télécommunications / Département Informatique, le Laboratoire Informatique, Image, Interactions, France Telecom, Net Innovations, TETRAEDGE - Smartphone Team. Le projet a commencé en 2008 pour une durée de 24 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 414 k€ pour un coût global de l'ordre de 1,5 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Aujourd'hui un jeu ubiquitaire est déployé. De premiers tests impliquant outre les membres du projet, des personnels du musée et des étudiants issus de formations diverses ont contribué au positionnement de PLUG. Une enquête auprès d'un public plus large, lors de la Fête de la Science 2008, a alimenté la réflexion sur le design de la technologie et du jeu, sur les nouvelles relations muséales que le dispositif permet, et sur un modèle économique émergent. Les différentes compétences et cultures professionnelles des partenaires PLUG ont contribué à résoudre des paradoxes propres à cette innovation. Par exemple, il a fallu concilier les buts d'un game design de jeu vidéo (gagner/perdre) aux objectifs culturels (apprendre sans perdant).

Production scientifique et brevets

La liste des travaux ci-après est donnée pour 2008 : un papier sur l'impact social des jeux ubiquitaires pour les musées a été publié à WMBR, Berne Février, un autre sur l'apport des capteurs bio-physiques pour les jeux vidéo à ICEC, Pittsburg Septembre, une démonstration de l'intergiciel support uGASP a été faite à ICPS, Sorrento Juillet, et un livre chez Fayard, Mille et une Nuits. Enfin, des démonstrations du jeu PLUG les secrets du musée ont été organisées au Musée des Arts et Métiers lors de la Fête de la Science. En 2009, de nouvelles expérimentations seront proposées au public pendant Futur en Seine (29 mai au 7 juin) et pendant la Fête de la Science (21 et 22 novembre).

Programme « Technologies logicielles », édition 2006

Projet MYBLOG3D

MyBlog3D, renforcer la perception mutuelle des internautes communicants au sein d'un espace 3D virtuel

Renforcer la perception mutuelle des internautes communicants au sein d'un espace 3D virtuel

Dans ce projet, nous proposons de renforcer par l'avatar le sentiment de présence et de connivence en temps réel entre deux ou plusieurs utilisateurs à distance. L'objectif est d'augmenter la perception des activités de chaque utilisateur communiquant et/ou partageant des objets au sein d'un espace 3D virtuel.

Ainsi, ce projet développera un environnement collaboratif à usage dans la sphère privée ou dans le cadre d'activités professionnelles et intégrant des dispositifs permettant de capturer et d'enregistrer les activités, de les analyser et de les rendre perceptibles à distance. Par vision artificielle en temps réel, au moyen d'une webcam ou d'un capteur stéréoscopique, nous restituerons des avatars ressemblants ou non aux utilisateurs qu'ils représentent. Ils seront animés avec réalisme à partir d'une acquisition des gestes et expressions du visage de l'utilisateur représenté. Les paramètres inaccessibles, par exemple la direction du regard ou la pose de la main, ou acquis avec une robustesse insuffisante, seront générés de façon réaliste à partir de modèles comportementaux.

Par une perception multimodale intégrant la vision et la voix, nous appréhenderons les émotions du locuteur et ses objets d'intérêt. L'animation du visage des agents virtuels sera générée automatiquement, de façon le plus possible conforme à la parole prononcée par l'utilisateur et à son état émotionnel.

MyBlog3D, réalité virtuelle et IHM multimodale

Ce projet s'attaquera donc au verrou technologique de la perception et de la modélisation humaine par la machine. Nous rassemblerons des technologies issues de travaux de recherche et les intégrerons dans une application fonctionnant en temps réel sur des PC grand public.

Le projet porte sur « l'acquisition des gestes humains par caméra » et à leur restitution, en temps réel, à distance.

Un des objectifs dans ce projet est de parvenir à créer des avatars qui donnent le sentiment d'être face à face et d'interagir.

Le projet Myblog3D porte également sur l'acquisition et le traitement de la parole. Il faut repérer des mots clés qui permettront d'engager l'avatar dans un dialogue avec un agent virtuel intelligent. La difficulté consiste à définir un corpus linguistique limité à une situation de communication circonscrite. Il faut en effet limiter l'ampleur du traitement pour éviter les mauvaises « interprétations ».

Une partie du projet Myblog3D porte sur « les agents conversationnels » avec une approche « duale » : celle d'« offrir un outil pour étudier la communication humaine » et de travailler sur ces agents comme « des interfaces hommes-machines ». Cette partie du projet porte sur « l'attribution d'une signification » à ce qui a été

MYBLOG3D - ANR 2007-2010 / COST 2102 Action
// MULTIMODAL HMI VIRTUAL REALITY APPLICATIONS
Objective : "To foster mutual perception between internet users who communicate and share objects within a 3D virtual space"



Le simulateur d'entretien de recrutement

perçu, sur la définition des gestes, de l'attitude que l'agent conversationnel doit adopter en fonction de différents inputs, des « signaux du feedback ».

Le projet « MYBLOG3D MyBlog 3D » est un projet de recherche industrielle, coordonné par la société I-Maginer en association avec les laboratoires TELECOM ParisTech, TELECOM Management Sud Paris et le CNRS. Le projet a commencé en mars 2007 et dure 36 mois. Il bénéficie d'une aide ANR de 748 k€ pour un coût global de 1,2 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Le démonstrateur se matérialise à travers un espace dédié au recrutement, environnement virtuel 3D, un DRH, agent conversationnel animé et un candidat, avatar de l'utilisateur du dispositif.

La situation provoquée/configurée est alors bien celle d'un échange, d'un face-à-face, où les mots aussi bien que les gestes, les comportements ont une valeur clé et doivent être « mesurés ». La question de la perception des personnes par la machine y tient un rôle central, majeur.

La perception des utilisateurs sera complétée de façon à la fois fidèle aux observations et réaliste pour leur restitution, en combinant une reconnaissance sur les données disponibles (direction de geste, émotion vocale...) et une modélisation des utilisateurs suivant des techniques d'animation des agents conversationnels animés.

Ce scénario a aussi l'avantage de se référer à un champ lexical, un vocabulaire bien précis et d'être associé à des codes, des rites pré-établis. Ainsi, il permettrait la constitution en amont d'une base de données audio et visuelle nécessaire aux travaux de détection de mots ou d'émotions/d'attitudes clés lors de l'entretien.

Production scientifique et brevets

- 15th International Multimedia Modeling Conference (MMM2009), 7-9 January 2009, EURECOM, Sophia Antipolis, France.
- COST Action 2102 1st International Training School. Anna Esposito, Amir Hussain, Maria Marinaro (Editors). Springer-Verlag, 2008.

Programme « Audiovisuel Multimédia », édition 2006

Projet SOLIPSIS

Solipsis : des mondes virtuels collaboratifs, créatifs et libres



Laval Virtual 2007 : La création de contenu dans Solipsis, un jeu d'enfant !

Un projet pluridisciplinaire et ambitieux

Le projet Solipsis vise à permettre l'émergence d'un univers sans limites regroupant plusieurs mondes virtuels, partagés et auto-produits par ses propres utilisateurs. Labellisé en 2006 par l'ANR et le pôle Images et Réseaux de la région Bretagne, il est réalisé conjointement par les PME Archideo et Artefacto, l'université de Rennes 2, l'Irisa et Orange Labs.

L'originalité fondamentale du projet est de retenir une architecture intégralement décentralisée. En effet, chaque entité est un pair dans un réseau pair-à-pair. Le nombre de participants pouvant s'immerger simultanément dans l'univers ainsi que sa superficie totale sont alors sans limite puisque chaque entité apporte sa propre puissance de calcul, bande passante et capacité de stockage au système global.

Le projet a aussi pour enjeu de développer de nouvelles pratiques de modélisation 3D et participer à l'essor de l'infographie grand public.

Enfin, l'équipe se propose d'étudier les représentations et les usages collectifs émergents de cette nouvelle communauté sans repères. Pour plus d'information : www.solipsis.org

Des milliers d'avatars dans un seul endroit

Techniquement, comme cela fonctionne-t-il ? Chaque utilisateur a bien évidemment à sa disposition un navigateur immersif, c'est-à-dire un logiciel client permettant d'explorer librement l'univers de Solipsis. Mais cet outil est complété par un logiciel serveur baptisé « noeud » (node), que l'on peut installer séparément si on le désire sur une autre machine.

Le noeud sauvegarde une partie de l'univers et la met à la disposition des autres utilisateurs quand ceux-ci y pénètrent. Son contenu est répliqué par petits bouts sur les noeuds voisins, ce qui permet d'assurer la continuité dans le temps, même en cas de déconnexion d'un noeud. On retrouve bien là le fonctionnement classique des réseaux peer-to-peer.

Le principal avantage d'une telle infrastructure est sa capacité à monter en charge. « Le mode centralisé de Second Life n'autorise que 80 avatars dans un même endroit : organiser un concert virtuel dans ces conditions est impossible. Avec Solipsis, au contraire, il sera possible d'avoir plusieurs milliers d'avatars dans un même endroit. En effet, plus il y aura d'utilisateurs, moins la charge par individu sera importante et plus la gestion de l'univers devrait être efficace.

Le projet « SOLIPSIS Monde virtuel illimité et auto-produit »

est un projet de recherche industrielle coordonné par France Telecom-Orange. Il associe aussi Archideo, l'Institut de Recherche en Informatique et Systèmes Aléatoires, Artefacto, ARES - l'Université de Rennes (Association Rennaise). Le projet a commencé en 2007 pour une durée de 30 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 683 k€ pour un coût global de l'ordre de 1,7 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Le premier résultat majeur du projet est un protocole de communication nouveau pour environnements virtuels (RayNet) à l'architecture complètement distribuée. L'objectif est le passage à l'échelle et ceci, dans un contexte de forte dynamique.

Le second macro-livrable est un navigateur pour monde virtuel basé sur un moteur 3D puissant (Ogre), avec intégration de nombreuses fonctionnalités telles que la physique, la VoIP, l'affichage de pages Web (Navi Plugin), de Vidéo/Audio (VLC Plugin), de bureaux partagés (VNC Pugin), etc.

En complément, l'équipe a développé trois modeleurs qui visent trois cibles de créateurs différentes. Les utilisateurs non initiés : Solipsis intégrera un outil qui permet de décrire via le langage texte classique la scène que l'on veut créer. Par exemple : « une table rouge devant une sphère bleue ». Les utilisateurs enthousiastes : Solipsis met à leur disposition un outil de modélisation classique qui offre un certain nombre de primitives à partir desquelles on peut créer des objets un peu comme dans Second Life. Les utilisateurs professionnels quant à eux peuvent importer dans Solipsis leurs créations depuis les logiciels professionnels type 3D studio et sketch up.

Enfin, des études et fiches socio-techniques pour orienter les choix stratégiques pour Solipsis : propriété intellectuelle, paiements, simulation du vivant, etc.

Production scientifique et brevets

Un papier a été publié dans la conférence International Workshop on Massively Multiuser Virtual Environments (MMVE), 2008.

Programme « Technologies logicielles », édition 2007

Projet AFFECTIVEAVATARS

Nouvelle génération d'Avatars expressifs temps réel pilotés à la voix, Jeux vidéo, Interfaces 3D temps réel

Animation d'Avatars à la voix

Le projet Affective Avatars a pour but de créer des avatars affectifs animés en temps réel. L'ouïe et la vision sont les principaux sens mobilisables dans les médias numériques. La voix de l'utilisateur est l'interface de contrôle de l'expressivité labiale, faciale et corporelle des avatars. Le timbre vocal de l'utilisateur est également traité en temps réel pour donner à l'avatar une voix cohérente. L'enjeu est d'humaniser les avatars qui nous représentent dans les mondes virtuels et de créer des avatars expressifs pour les services en ligne Internet et mobiles. Ce projet est une contribution essentielle à « l'animation comportementale d'avatars anthropomorphiques ».

Objectifs et contenus Technologiques

Notre objectif est de développer le réalisme comportemental et l'expressivité d'avatars pour améliorer les interactions et la communication dans les services en ligne. L'application d'Avatars Affectifs peut être utilisée dans les services en ligne ou les utilisateurs sont représentés par des personnages de synthèse, des avatars. Nous adressons quatre verrous scientifiques/technologiques dans ce projet : 1/ Détection d'émotions dans la voix humaine, 2/ Modélisation de l'expressivité corporelle, 3/ Transformation du timbre vocal en temps réel, 4/ Expressivité et cohésion multimodale.

Notre démarche est de construire la cohérence multimodale entre l'analyse de l'expressivité vocale de l'utilisateur et la synthèse gestuelle de l'avatar : labiale, faciale et gestuelle (postures, regards, gestes de la main, mouvements de la tête, etc.)

Les étapes correspondent aux quatre verrous scientifiques/technologiques :

- 1- Détection d'émotions dans la voix humaine,
- 2- Modélisation de l'expressivité corporelle,
- 3- Transformation du timbre vocal en temps réel,
- 4- Expressivité et cohésion multimodale.



Avatar dirigé à la voix

Le projet « AffectiveAvatars Nouvelle génération d'Avatars expressifs temps réel pilotés à la voix » est un projet de recherche industrielle ANR TLOG labellisé Cap Digital coordonné par le Laboratoire d'Informatique pour la Mécanique et les Sciences de l'Ingénieur. Il associe aussi Cantoche, Voxler et l'Ircam. Le projet a commencé en Février 2008 pour une durée de 24 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 761 k€ pour un coût global de l'ordre de 1,2 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Affective avatars aura un impact majeur :

- Permettra aux deux PME partenaires du projet de développer des technologies à très fort potentiel sur le marché en forte croissance des interfaces de contrôle innovantes pour les loisirs (Voxler) et des Avatars (La Cantoche).
- Permettra aux deux laboratoires de développer des technologies particulièrement innovantes et correspondant aux besoins de marchés à très fort potentiel.

La dimension temps réel et l'interopérabilité logicielle sont au cœur du projet pour modulariser les résultats en librairies ouvertes et intégrables dans différents environnements, réseaux et équipements.

Programme « Audiovisuel Multimédia », édition 2007

Projet VOODOO

« Pour aller sur mon site, tu vas tout droit et tu tournes à droite à la fontaine »

Une façon plus naturelle de naviguer sur Internet

Imaginez que votre regard puisse se balader au gré de ses envies dans un monde animé, que vous puissiez ainsi vous déplacer sans effort d'une grande surface vers une exposition puis vers un cinéma, que vous puissiez suivre un match de rugby en vous déplaçant autour du terrain, tout cela installé devant votre téléviseur ou votre PC. C'est ce que proposera Vooddo en utilisant principalement des morceaux de vidéo interactifs s'assemblant les uns aux autres de façon dynamique et sans cheminement imposé. Un moteur de recherche vous permettra de rechercher les « univers » (les sites Vooddo) qui vous intéressent et un système vous permettra de créer vos propres univers ou de compléter des univers existants.

Une liaison étroite ente un service de réseau intelligent et un système de tatouages vidéos innovant

Pour que le système de navigation soit fluide, il est nécessaire de s'appuyer sur un réseau fournisseur de blocs vidéos très performant, l'objectif des recherches dans ce domaine est de permettre l'anticipation de l'acquisition des blocs en analysant, en temps réel, les statistiques de leur utilisation dans les précédentes navigations à l'intérieur de chaque Univers (site Vooddo regroupant des blocs vidéos au contenu cohérent).

Par ailleurs, l'ensemble des blocs vidéos seront marqués par tatouage invisible afin que le navigateur puisse en extraire dynamiquement les informations pour permettre l'interactivité, l'assemblage des blocs entre eux et l'affichage d'informations complémentaires (un prix, une adresse, une image...).

L'ensemble technique pourra également fonctionner sans serveurs centraux de données, les blocs vidéos (les données du système Vooddo) étant stockés au sein du réseau collaboratif. Le projet fournira également les directives et les outils afin de permettre à chacun de créer de nouveaux univers.



Le projet « Vooddo Grille de livraison vidéo & navigateur interactif multimédia » est un projet d'innovation technologique coordonné par VodDnet SAS. Il associe aussi le laboratoire public du LIRMM de Montpellier et le CNRS. Le projet a commencé en octobre 2007 et dure 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 530k€ pour un coût global de l'ordre de 1,2 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Le réseau de distribution par bloc est opérationnel dans une première version, il utilise un algorithme prédictif de charge afin d'optimiser la charge des serveurs et la performance des transferts. Un simulateur permettant d'extrapoler la distribution à grande échelle a été mis au point et fournit des projections d'infrastructure afin d'absorber la charge future.

Un premier prototype de tatouage a été présenté par le laboratoire et permet de réaliser des tests unitaires.

Production scientifique et brevets

Un premier brevet a été déposé sur le sujet de l'optimisation d'un système de distribution de blocs vidéos et une publication dans le journal « Scalable Computing : Practice and Experience » (SCPE) a été réalisée en 2008. Une conférence sur la partie tatouage est prévue en Février 2009 à Singapour au SinFra 2009.

4

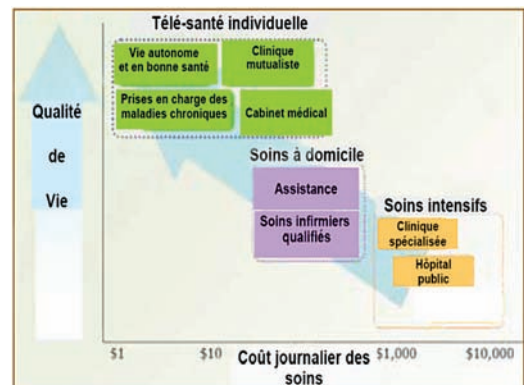
AU CŒUR DE LA DIMENSION HUMAINE

Les technologies en cours de développement ont des effets attendus au niveau de nombreuses applications. Elles contribuent à optimiser différentes infrastructures⁵⁵ : santé, éducation... La télémédecine est un domaine où les économies attendues sont importantes. De même les services aux personnes âgées représentent une variété de besoins très large. Enfin des applications sont escomptées au niveau de l'éducation, de la justice. Ces technologies ont aussi un impact positif potentiel dans le domaine du développement durable.

Santé, télémédecine et éducation

Les dépenses de santé progressent de façon exponentielle (environ 5 % du PIB aux États-Unis en 1960, contre plus de 15 % en 2005 ; en France en 2005 les dépenses totales de santé approchent les 11 %) notamment en raison du vieillissement de la population et de l'allongement de la durée de vie. Dans ce secteur de la santé, les télécommunications peuvent permettre de réaliser des économies grâce à la télémédecine :

- en matière d'assurance maladie et de gestion. Selon l'OCDE (page 147)⁵⁵, « les réseaux de soins coordonnés et les dispositifs analogues pourraient être remplacés par un marché électronique des soins de santé qui permettrait aux particuliers et aux organismes (employeurs, compagnies d'assurances, fonds de pension) de conclure directement des contrats de service, de longue durée ou ponctuels » (l'OCDE évoque ici le cas des États-Unis),
- en matière de traitement clinique, deux effets sont attendus : des économies sur les budgets nationaux et une diminution du nombre de journées de travail perdues pour l'économie et des coûts d'indemnisation pour les assurances.



Source : France 2025, Eric Besson

La télémédecine permet notamment une diffusion de l'expertise médicale au niveau national et international. Cela débouche sur une amélioration en termes de qualité et de coûts. La rapidité des soins est un autre élément positif. « Les patients ont ainsi la possibilité de ne pas se déplacer pour bénéficier d'un traitement. La télémédecine diminue les coûts et permet de conserver des lits dans les hôpitaux reculés ». De même, les soins hospitaliers à domicile pour les personnes malades âgées et infirmes représentent un enjeu important. Il est possible, grâce à ces technologies, d'orienter et de former à distance du personnel médical, des étudiants ou des patients. La gestion électronique de documents, le commerce électronique et la gestion de la chaîne d'approvisionnement, la création d'un système unique en soins de santé constituent des perspectives importantes pour économiser des ressources dans le secteur de la santé. L'assistance aux personnes âgées commence à devenir une réalité. La maison de vie intelligente, les alarmes et les mouvements des volets peuvent être programmés. Ce type de prestations est particulièrement intéressant pour les personnes âgées. Dans le cas des télésoins à domicile, il comporterait un système de surveillance vidéo passive 24h/24h de la personne. Des services de restauration à domicile et de téléachat sont également possibles. Le sys-

⁵⁵ Les infrastructures à l'horizon 2030 -Télécommunications, Transports terrestres, Eau et Électricité, OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Economique), Paris, 2006

tème sera complété par un assistant ou un auxiliaire local. Cela permet de développer l'emploi tout en fournissant des soins.

Au service des personnes âgées

Ainsi les STIC peuvent être des atouts face au vieillissement de la population. Alors que ce vieillissement est une tendance très lourde pour les prochaines décennies dans tous les pays développés, les technologies que nous étudions dans le cadre de ce cahier permettent de relever notamment trois défis :

- la demande de services à la personne va croître,
- la mobilité résidentielle sera un autre enjeu,
- enfin ces populations de troisième et quatrième âge auront besoin d'un cadre de vie plus favorable.

Parmi les applications qui sont prévues, on peut citer le développement de technologies permettant de surmonter les handicaps (prothèses...), l'ensemble des systèmes domotiques d'aide aux personnes à mobilité réduites (alerte, éclairage...), la robotique, la télé santé, l'hospitalisation à domicile. L'Europe a d'ailleurs lancé plusieurs programmes en faveur des personnes âgées. Citons le programme *Ambiant Assisted Living* dont l'objectif est le suivant : « *The programme is intended to address the needs of the ageing population, to reduce innovation barriers of forthcoming promising markets, but also to lower future social security costs. AAL aims – by the use of intelligent products and the provision of remote services including care services – at extending the time older people can live in their home environment by increasing their autonomy and assisting them in carrying out activities of daily living.* »⁵⁶. L'ANR participe à ce programme européen.

Au-delà du maintien à domicile des personnes fragiles, l'évolution des technologies numériques permet d'améliorer la qualité de vie, en proposant des solutions pour l'autonomie de

ces personnes dans leurs lieux de vie⁵⁷. Des systèmes, tels que le port d'un bracelet avec des fonctions de géolocalisation et d'actimétrie (permettant de détecter et de localiser une personne ayant perdu connaissance ou ayant des symptômes de la maladie d'Alzheimer) peuvent encourager les personnes fragiles à garder confiance dans la fréquentation des espaces publics : transports, services sociaux, environnements culturels.



L'utilisation par les personnes âgées de la Wii est une tendance récente observée dans les maisons de retraite en France. Cette tendance ne cantonne pas les populations âgées à bénéficier de soins, mais leur permet aussi d'avoir un troisième âge « heureux ».

2009 Ubercool Inc. www.ubercool.com
<http://21stcenturydetective.blogspot.com/2008/07/wiihab.html>

Dans le domaine de l'éducation, avec le développement de l'apprentissage tout au long de la vie, différentes applications se développent :

- l'enseignement par visioconférence interactive,
- la consultation et la diffusion de documents, la messagerie Internet,
- les documents et matériels didactiques multimédias,
- l'enseignement assisté par ordinateur.

Toute la filière éducation est concernée au niveau non seulement du processus éducatif mais aussi du matériel pédagogique, de l'accès au matériel pédagogique, de la gestion de la structure de soutien.

⁵⁶ <http://www.aal-europe.eu/>

⁵⁷ Voir « Enjeux des TIC pour l'aide à l'autonomie des patients et des citoyens en situation de handicap ou de fragilité dans leurs lieux de vie » de Robert Picard avec la participation de Bruno Salgues, CGTI, mai 2008. http://www.telecom.gouv.fr/fonds_documentaire/rapports/08/rap_cgiti-caad.pdf

Un autre domaine est susceptible d'évoluer avec les télécommunications : il s'agit des systèmes judiciaires où des économies sur les coûts peuvent être envisagées grâce à l'utilisation de la visioconférence dans diverses procédures judiciaires, grâce à la sécurité, à la diminution du nombre de centres de rétention en promouvant une incarcération temporaire. L'amélioration de la justice passe aussi par le fait que les décisions peuvent être faciles à suivre avec la mise en place d'une justice transparente et rapide.

La mobilité durable

« Mobilité 2030 : les enjeux de la mobilité durable » est le titre d'un rapport du *World Business Council for sustainable development*. Ce rapport s'intéresse notamment aux questions des émissions de CO₂ et de différentes nuisances et inégalités liées aux transports. Il est intéressant de noter que, même si cette organisation gère les grandes entreprises des secteurs de l'automobile et du pétrole, elle met en évidence le rôle des STI, les systèmes de transport intelligent : « les technologies STI englobent une grande variété de technologies électroniques (...) pour la plupart créées à l'origine pour les télécommunications (...) ces technologies lorsqu'elles sont intégrées aux véhicules et infrastructures des systèmes de transport peuvent faciliter le contrôle et la gestion de la circulation, réduire les encombrements, proposer des itinéraires bis aux voyageurs et sauver des vies »⁵⁸ (p. 18). Nous verrons infra que les projets de l'ANR se situent, pour certains, exactement dans cette perspective.

D'une façon plus générale, il est clair que les STIC peuvent jouer un rôle significatif pour améliorer l'efficacité énergétique et aider à réduire les émissions globales de carbone. Les bâtiments, les réseaux électriques peuvent devenir intelligents. Les téléconférences, les télétravails, la dématérialisation des procé-

dures grâce au e-gouvernement ou à la e-administration permettent « de tendre vers une économie à basse émission de CO₂ »⁵⁹. Les auteurs de l'article « Vers une société à basse émission carbone », S.F. Alvarez et S. précisent : « un secteur STIC responsable se pose deux questions. Premièrement ce qui peut être fait pour améliorer sa propre empreinte de carbone, qui compte globalement pour 2 % de la consommation de CO₂ et dont un doublement est prévu d'ici 2020. Deuxièmement, comment la capacité unique de l'Internet et des STIC à suivre et maximiser l'efficacité énergétique peut aider à réduire les 98 % autres émissions globales »⁶⁰. Une étude récente du Climate group et du GESI estime que d'ici 2020, « les TIC peuvent permettre des réductions d'émission cinq fois plus importantes que l'empreinte de carbone propre au secteur de l'économie numérique »⁶¹. Les compteurs intelligents, la dématérialisation, constituent des sources d'économie très importante.

Outre la réduction de l'impact des activités humaines sur l'environnement, les technologies ubiquitaires permettent à la société d'être plus attentive à l'évolution de la qualité de l'air et de l'eau, du climat, des écosystèmes. La cybersphère, dont l'infrastructure générale a été mise en place au service des citoyens, est également à l'écoute de la biosphère, grâce aux technologies de capteurs, de localisation, de surveillance. Elle peut mettre au service de la planète les méthodes les plus avancées de traitement distribué des données, de remontées d'informations selon des algorithmes adaptés et développer des systèmes de visualisation des données recueillies au regard de bases de données nécessitant des capacités de calcul les plus performantes.

⁵⁸ Mobility 2030: Meeting the challenges to sustainability The Sustainable Mobility Project Overview <http://www.wbcd.org/web/publications/mobility/overview.pdf>

⁵⁹ http://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/lettre64.pdf

⁶⁰ Op. cit.

⁶¹ Op. Cit.

Les financements des projets permettent de lever différents verrous en recherche.

Les principaux verrous technologiques concernent le développement d'architectures de communication pour les réseaux de capteurs, l'élaboration de solutions de communication sans fil pour des capteurs à faible autonomie énergétique.

Ils concernent le développement des systèmes de communication ULB (Ultra Large Band) pour les secours, la conception de systèmes de communication pour des casques de pompiers dotés de transmissions vidéo, l'élaboration d'algorithmes de localisation par transmission de signaux dans un environnement en intérieur ou au sein de décombres. Ils concernent également l'établissement d'une liaison sans fil avec un capteur de pression miniaturisé intra-artériel ou un stimulateur cardiaque, le développement des réseaux corporels sans fils, la mise en œuvre de réseaux corporels reliant différents capteurs, et la conception d'un système d'analyse des informations transmises par ces capteurs et de hiérarchisation contextuelle des événements. Des capteurs et systèmes d'analyse sont également développés pour la détection des crises d'épilepsie et l'activité des fœtus.

Dans le domaine de la mesure de l'effet sur l'homme des rayonnements des appareils de télécommunications, les verrous évoqués ici concernent la conception d'ensembles de capteurs permettant de mesurer les champs émis par un téléphone portable, l'élaboration de liquides permettant de simuler les tissus humains en termes d'absorption radioélectrique, la prise en compte de l'exposition du corps humain à des sources multiples, le développement d'algorithmes d'interpolation permettant de connaître le champ émis en temps réel et en tout point à partir de mesures fixes.

Les verrous technologiques concernent également l'élaboration d'un protocole de com-

munication pour l'internet des objets respectueux de la vie privée, l'élaboration d'outils d'échange sécurisé des contenus.

Les projets de l'ANR « au cœur de la dimension humaine » sont variés. Ils laissent une part importante à la santé, à la sécurité, à la prévention, voire au développement durable (mais nous devons rappeler qu'il y a, à l'ANR, des programmes qui gèrent de très nombreux projets, spécifiques au développement durable, qui est loin d'être au cœur de ce Cahier).

Prévention

Surveiller et Prévenir est un projet illustrant comment des capteurs peuvent favoriser des actions de prévention. OCARI optimise les communications ad hoc pour les réseaux industriels.

Protection de l'homme, prévention, précaution

MDP2 permet de mesurer les DAS (Débit d'absorption Spécifiques) des téléphones mobiles. MULTIPASS et SAMPER évaluent les expositions aux ondes électromagnétiques.

Applications dans le secteur de la santé

Au cœur de la dimension humaine, se trouvent évidemment toutes les applications dans le domaine de la santé. Des capteurs ou des robots permettent de surveiller la pression artérielle (CAPTAM, CIMPA), d'améliorer la situation des patients souffrant d'insuffisance cardiaque (MULTICARDE), d'améliorer le système d'information ou d'alertes médicales (AKENATON, BANET). EPIMOUV et SURFOETUS permettent de prévenir de l'épilepsie ou des grossesses à risques.

Sécurité, respect de la vie privée, applications de sécurité civile et prévention

Le respect de la vie privée est une préoccupation également importante à l'ère du RFID (T2TIT). De même, il est important d'être capable de repérer, par exemple, la circulation de vidéos sur Internet et des mécanismes de tags

perfectionnés permettant, si on le souhaite, de suivre les échanges au niveau mondial et de protéger la propriété intellectuelle (MEDIEVALS). La vidéo ou/et la localisation pour les personnels en intervention (COCPIT), la localisation en situation d'urgence (LURGA), la sécurité des forces d'intervention (RISC) constituent autant de thèmes où les STIC deviennent un allié décisif de la sécurité civile. Par ailleurs, la vision de personnes ensevelies (VIPERE) ou la démonstration de localisation de victimes (DEMOLOC) achève, nous semble-t-il, de convaincre de la pertinence de ces projets de recherche.

La mobilité humaine

La mobilité humaine est étudiée à travers différents projets dans le domaine des sciences

humaines et sociales comme MOBINVENT (la mobilité des inventeurs), MEREV (les mobilités circulaires entre métropoles européennes) et MIDDAS (les migrations internationales).

La dimension écologique

Au-delà de la dimension humaine, se trouve enfin la dimension écologique. Il n'est pas inutile de rappeler au terme de cette présentation, les projets MOBILITE et IPSOS SEAL qui permettent de suivre la mobilité de différents animaux comme des buffles, des ours, ou encore des phoques, qui, équipés de caméras, vont pouvoir ramener des données d'une variété considérable au bénéfice des scientifiques.

Au cœur de la dimension humaine

Acronyme et nom du projet

Le projet résumé en un titre

Prévention

Surveiller et Prévenir

Architecture ambiante pour la surveillance et la prévention

Une assistance pour prévenir les risques sur l'intégrité des individus en milieu privé et professionnel

OCARI

Optimisation des Communications Ad hoc pour les Réseaux Industriels

Les réseaux ad hoc industriels au service de la sécurité des personnes et de la performance opérationnelle

Protection de l'homme / Prévention / Précaution

MDP2

Mesure de DAS Post Production

La mesure de DAS des téléphones mobiles compatible avec la production de masse

MULTIPASS

MULTIPLE sources exposure ASSESSment

Evaluation de l'exposition aux ondes électromagnétiques générées par les sources multiples et nouvelles technologies

SAMPER

Système d'Acquisition et de Modélisation pour la Prédiction de l'Exposition Radioélectrique

Mieux connaître les niveaux et l'évolution de l'exposition du public aux champs électromagnétiques

Santé

CAPTAM

CApteur de Pression Télémétrique Auto-étalonnable pour la mesure de fonctions physiologiques Miniature sur l'homme

Vers une mesure de pression fiabilisée minimalement invasive

CIMPA

Réalisation du premier capteur SAW implantable destiné à la mesure et à la surveillance de la pression artérielle

Solution miniature sans batterie issue de la technologie des ondes de surface

MULTICARDE

Capteurs multimodaux embarqués pour le traitement de l'insuffisance cardiaque

La stimulation cardiaque pour l'amélioration des patients en insuffisance cardiaque

AKENATON

Automated Knowledge Extraction from medical records iN Association with a Telecardiology Observation Network

Outils d'intelligence artificielle appliqués au traitement d'alertes en télémédecine

Au cœur de la dimension humaine

Acronyme et nom du projet		Le projet résumé en un titre
Santé		
BANET	Body Area NEtworks and Technologies	La recherche sur les réseaux corporels sans fil prend un nouvel élan
EPIMOUV	Caractérisation et détection des mouvements durant les crises d'épilepsie à des fins d'alarme, pour un usage en institution et en famille	Caractérisation et détection de crises d'épilepsie motrices à des fins d'alarme, pour un usage en institution et en famille
SURFOETUS	SURveillance à domicile de l'activité FOETale par un dispositif UltraSonore intégré	Demain, les signes de souffrance de l'enfant à naître seront détectables pendant la grossesse, grâce aux technologies de l'imagerie médicale
Sécurité et respect de la vie privée, applications de prévention et de sécurité civile		
DEMOLOC	Démonstrateur de localisation de victimes	La radiolocalisation et les capteurs pour améliorer la sécurité des pompiers et sauver les victimes d'avalanches
LURGA	Localisation d'Urgence Reconfigurable par GALILEO	Une solution pour se localiser par satellite même en situation de crise
RISC	Réseaux hétérogènes intelligents pour situations de crise	La puissance des télécoms du XXI ^{ème} au service de la protection civile et des secours publics
T2TIT	Thing to thing in the Internet of things	Une architecture pour l'internet des choses respectant la vie privée
Xwiki	Applicatif en situation de mobilité et en P2P client et serveur	Un wiki pair-à-pair et nomade
MEDIEVALS	Marquage et Embrouillage pour la Diffusion et les Echanges Vidéos et Audios Légalisés et Sécurisés	La solution de distribution des contenus multimédias sécurisée de bout en bout
COCPIT	Comparaison de systèmes de communications vidéo pour Personnels en InTervention	L'imagerie thermique et la transmission vidéo « mains libres » pour les pompiers
VIPERE	Vision des Personnes Ensevelies	Détection et localisation des victimes ensevelies par radar
Mobilité humaine		
MOBINVENT	Mobilité des inventeurs, réseaux sociaux de connaissances et performance de l'activité inventive	Les inventeurs prolifiques : caractéristiques et mobilité. Une étude de leurs brevets sur cinq pays
MEREV	Mobilités circulaires entre les métropoles Européennes et Reconfigurations des Espaces de Vie	Mobilités circulaires entre les métropoles Européennes et Reconfigurations des Espaces de Vie
MIDDAS	Migrations Internationales et Développement : une analyse à partir de Données Appariées migrants-familles d'origine	Pour une meilleure compréhension des stratégies individuelles et collectives à l'origine de la migration sénégalaise
Technologies ubiquitaires pour le développement durable		
MOBILITÉ	Hétérogénéité spatiale et mobilité de la grande faune : des applications à la conservation d'espaces et d'espèces menacés en Afrique et en Europe	GPS embarqués pour comprendre les déplacements des grands mammifères
IPSOS SEAL	Investigation of the vulnerability of the productivity of the Southern Ocean Subsystems to climate change	Eléphants de mer océanographes : mesures des variations spatio-temporelles du phytoplancton

Programme « RNRT », édition 2005

Projet Surveiller et Prévenir

L'intelligence ambiante pour prévenir les risques sur l'intégrité des individus en milieu privé et professionnel

Créer un environnement logiciel de développement d'applicatifs pour réseaux de capteurs

Le développement d'applications pour les réseaux de capteurs et d'actuateurs nécessite des compétences croisées dans les domaines du transport de l'information comme dans ceux de l'extraction de l'information utile recherchée dans l'environnement de mesure et de comportement d'action sur celui-ci. Pour simplifier le travail de conception, on propose une architecture ambiante intégrée qui facilite le déploiement et l'exploitation optimale de services de surveillance et de prévention sur différents types de réseaux dynamiques. On propose une infrastructure qui intègre des modules protocolaire et logiciel nécessaires à l'accès transparent, la configuration automatique, l'intégration et l'adaptation des services. Le but est de proposer une approche plus générique que celles actuelles où les protocoles réseaux et les applications sont très étroitement liés et constituent le plus souvent un seul bloc monolithique. Il est aussi fourni des axes méthodologiques permettant d'instancier simplement un réseau ambiant pour une application envisagée.

Une validation de l'efficacité de l'environnement dans les contextes de deux applications

Pour traiter de la problématique des réseaux de capteurs, le projet a pris comme point de départ un objectif fonctionnel – comment les réseaux de capteurs peuvent-ils améliorer la prévention des risques liés aux activités humaines? C'est cet objectif fonctionnel qui a initié l'unité du projet. Deux cas d'application différents ont été définis pour illustrer ces apports – le cas de la prévention de l'obésité et celui des risques du travail dans un environnement portuaire. C'est sur la base des fonctionnalités identifiées dans ces deux applications que les partenaires du projet ont proposé des solutions algorithmiques qui permettent de les réaliser. On retrouve plus particulièrement des fonctions de localisation et de prédiction de mouvement, de mémorisation et de partage de l'information, de gestion de la ressource de communication, de mesure des paramètres de l'environnement (« sensing ») et de supervision et d'interaction entre les services précités. L'ensemble de ces fonctionnalités a ensuite été évalué dans des contextes simulés et réalistes avec l'objectif final de pouvoir s'intégrer sur la plate-forme de développement d'applications étudié dans le cadre du projet dénommé Java In The Small. Elle est composée d'outils qui s'appuient sur un modèle de pré-déploiement de code et qui permettent de créer, avant le déploiement final sur l'architecture des nœuds du réseau, une image minimaliste en terme de taille mémoire et consommation énergétique.



Des nœuds capteurs dont l'acceptabilité a été évaluée sur les plans légal, moral et physique

Le projet « Surveiller et Prévenir: Architecture ambiante pour la surveillance et la prévention » est une recherche industrielle qui a associé le CEA-Leti, Thales com., l'INRIA, le Laboratoire d'Informatique de Paris 6, Laboratoire de Physiologie et Biomécanique de l'Exercice Musculaire, Anact, Aphycares tech... Le projet a commencé en mars 2006 pour une durée de 30 mois: il a bénéficié d'une aide ANR de 1,3 M€ pour un coût global de l'ordre de 3,9 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Trois résultats primordiaux sont issus du projet. Le premier est celui qui a permis de faire ressortir les quelques fonctionnalités importantes dans la structure d'une application qui s'appuie sur des réseaux de capteurs. Le second point est celui de pouvoir offrir un environnement logiciel pour le développement d'applications sur réseau de capteur et de l'avoir mis à disposition. Et finalement l'équipe du projet a su mettre en place deux prototypes dans deux contextes applicatifs différents pour valider et vérifier la faisabilité de sa méthodologie et de ses outils de travail. Une place non négligeable pour des études d'acceptabilité a aussi été prévue. En travaillant sur ces trois résultats le projet a permis d'offrir aux entreprises partenaires des prototypes de réalisation en cohérence avec les besoins.

Production scientifique et brevets

Le projet a publié une cinquantaine d'articles de journaux et de conférences scientifiques. Parallèlement les membres de l'équipe ont participé à plusieurs journées d'échanges avec les industriels sur la thématique des réseaux de capteurs. Il a permis de mettre à disposition JITS (<http://jits.gforge.inria.fr>) dans le cadre d'une licence gérée par l'INRIA.

Programme « Télécommunications », édition 2006

Projet OCARI

Les réseaux ad hoc industriels au service de la sécurité des personnes et de la performance opérationnelle

Optimisation des Communications Ad-hoc pour les Réseaux Industriels

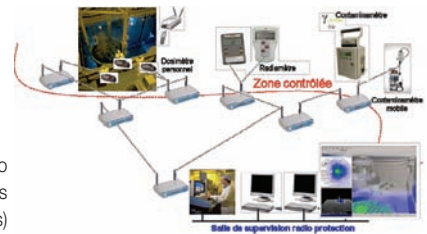
Le domaine des communications sans fil constitue un enjeu industriel majeur pour les prochaines années. Son champ d'application en milieu industriel est très vaste, en particulier dans le domaine des réseaux de capteurs/actionneurs sans fil, qui offre des perspectives intéressantes de réduction de coûts de mise en œuvre de l'instrumentation dans le but d'améliorer les performances des procédés industriels. Cependant, la plupart des technologies sans fil grand public ne peuvent être utilisées « telles quelles » dans les environnements industriels fortement contraints. Les caractéristiques particulières demandées sont : une propagation radio robuste face aux perturbations électromagnétiques, une consommation énergétique réduite, l'accès déterministe au médium de communication, la flexibilité des topologies, la mobilité et la cybersécurité.

Le projet OCARI vise à proposer une solution de communication radio adaptée aux environnements industriels et répondant aux exigences suivantes : le support de la mobilité, l'autonomie énergétique importante et le déterminisme pour les applications à temps contraint. Il s'agit d'améliorer les technologies existantes en fonction de leur maturité technico-économique en apportant les adaptations nécessaires au niveau protocolaire. Les premières applications visées sont : la télé-dosimétrie en centrale nucléaire, la surveillance des matériels dans les navires militaires et dans les centrales électriques.

Une optimisation des couches protocolaires pour une communication radio ad hoc et performante en milieu industriel

L'approche adoptée consiste à améliorer les standards IEEE 802.15.4 et ZigBee en développant d'une part une méthode d'accès déterministe au médium de communication basée sur un ordonnancement des activités et, d'autre part, une stratégie de routage proactive et économe en énergie. La méthode d'accès, appelée MaCARI propose un ordonnancement arborescent des activités en utilisant une diffusion en cascade des balises fixant ainsi les slots de temps d'activité pour les applications à temps contraint. Le support de la mobilité est intégré dans la couche réseau, qui est composée d'un mécanisme de routage proactif et minimisant l'énergie consommée de bout en bout, appelé EOLSR (Energy aware Optimized Link State Routing protocol) et d'un ordonnancement des activités des nœuds « routeurs », appelé SERENA (Scheduling RoutEr Node Activity) visant à économiser l'énergie consommée des routeurs en les faisant dormir intelligemment. SERENA

attribue les slots de communication aux routeurs en fonction de leur couleur et permet un gain en bande passante disponible par la ré-utilisation des couleurs à plus de trois sauts.



Le projet « OCARI Optimisation des Communications Ad hoc pour les Réseaux Industriels » est un projet de recherche industrielle coordonné par EDF R&D. Il associe aussi DCNS, Teit wireless solutions, LATTIS, LIMOS, LRI, INRIA Rocquencourt. Le projet a commencé en février 2007 pour une durée de 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 1 M€ pour un coût global de l'ordre de 3 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

- Confirmation de l'apport et de l'intérêt d'EOLSR+SERENA par simulation NS-2.
- Confirmation de l'intérêt de MaCARI d'après les résultats de simulation NS-2 et des tests réalisés sur les implémentations en cours.
- Plate-forme de test EVEREST pour valider la maturité de ZigBee en terme d'implémentation.
- Test de transmission et de CEM de la couche IEEE 802.15.4 dans un navire, permettant de démontrer les capacités du réseau à s'établir dans un environnement métallique.

Production scientifique et brevets

Au total, sur la période 2007-2008, il y a eu 14 publications (3 dans les revues internationales + 1 multi-partenaire soumise et 11 dans les conférences internationales dont 2 multi-partenaires et 1 Best Paper Award).

Extrait de publications multi-partenaires :

- T. Dang, C. Devic et al., "OCARI : Optimization of Communication for Ad hoc Reliable Industrial networks", IEEE International conference on Industrial Informatics (INDIN'08), Korea, Daejeon, July 2008.
- M-H. Bertin, A. van den Bossche, G. Chalhoub, T. Dang, S. Mahfoudh, J. Rahme, J-B. Viollet, "OCARI for industrial wireless sensor networks", papier invité à IFIP Wireless Days Conference 2008, United Arab Emirates, November 2008.

Programme « Télécommunications », édition 2006

Projet MDP2

La mesure de DAS des téléphones mobiles compatible avec la production de masse

Évaluation du DAS sur les chaînes de production

Poussés par les consommateurs, les opérateurs sont de plus en plus exigeants vis-à-vis des mesures de DAS (Débit d'Absorption Spécifique) fournies par les constructeurs.

La mesure de DAS est devenue un des critères importants de sélection d'un téléphone mobile. C'est un facteur de concurrence très fort entre fabricants.

Un banc de mesure du DAS selon les protocoles normalisés est composé d'un fantôme (bac de la forme d'une tête rempli de liquide), d'un système de mesure (sonde et multimètre), d'un système de balayage (robot) et d'un support de téléphone. Le protocole normatif nécessite d'évaluer le DAS d'un téléphone mobile selon de nombreux critères et la caractérisation complète d'un téléphone peut prendre plus d'une journée.

Le système réalisé par MDP2 donne la valeur du DAS de la même manière que le protocole normatif mais les éléments du système de mesure sont miniaturisés et la mesure du DAS est simplifiée afin que le temps d'évaluation soit de l'ordre de quelques secondes et donc compatible avec les impératifs d'une chaîne de production.

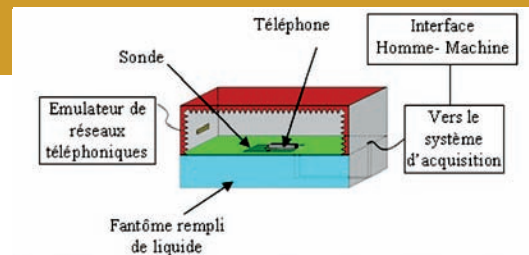
Miniaturisation du banc normatif, évolution de la mesure de DAS

La taille et le coût d'un banc de mesure de DAS, la longueur et la complexité de la mesure normative sont des critères qui ne permettent pas d'installer un système normatif sur une chaîne de production. La simplification de la mesure permet la miniaturisation et la baisse du coût d'un tel système.

L'idée novatrice est de faire une mesure non pas en absolu mais en différentiel. En mesurant de manière classique le DAS d'un prototype (référence), et en mesurant quelques points seulement à l'aide d'un système simplifié, il est possible de calculer le DAS d'un téléphone d'une même série.

Une autre innovation tient dans le nombre limité de capteurs nécessaires pour reconstruire la cartographie du DAS et calculer pour chaque équipement sans fil les valeurs de DAS moyennées sur 1 g et 10 g de tissus telles qu'elles sont définies dans les normes.

Le fantôme est rempli d'un liquide simulant les tissus humains. Les recettes actuellement proposées par les normes limitent leur utilisation sur une seule bande de fréquence et nécessitent de changer de liquide durant l'évaluation du DAS. Une innovation de MDP2 est la réalisation d'un liquide large bande, permettant de mesurer le DAS sur une bande allant de 850 à 2450 MHz avec un liquide unique.



MDP2 intègre les éléments nécessaires à la mesure de DAS en les miniaturisant afin de pouvoir se placer en fin des chaînes de production des téléphones portables.

Le projet « MDP2 Mesure de DAS Post Production » est un projet de développement expérimental coordonné par SATIMO. Il associe aussi le Laboratoire d'Electronique et Systèmes de Télécommunications Département Micro-ondes/Equipes LEST IDH - MDS, le Laboratoire de Physique des Interactions Ondes-Matières. Le projet a commencé en mars 2007 pour une durée de 24 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 303 k€ pour un coût global de l'ordre de 714 k€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Du point de vue de la sonde, des campagnes de mesures ont permis de valider l'utilisation d'une sonde planaire (2D) pour la mesure du DAS. Des simulations et tests sur prototypes ont été réalisés afin de valider les données techniques (sensibilités, adaptation, etc).

Les campagnes de mesures ont également permis de valider l'utilisation d'un fantôme plan au lieu d'une forme de tête.

Du point de vue du liquide, les travaux ont permis de définir une recette et un protocole de réalisation permettant d'obtenir un liquide ayant les caractéristiques diélectriques des tissus humains imposées par les normes sur une large bande de fréquence (800 – 2500MHz).

De nombreuses simulations et des tests grandeurs réelles ont permis de valider l'intégration des sous-ensembles dans un même boîtier en définissant les paramètres à respecter (taille, blindage, absorbants, coupleur de téléphone, quantité de liquide, etc.).

Production scientifique et brevets

- Une publication et un poster ont été présentés dans le cadre des journées du BEMs (Bioelectromagnetics Society) à San Diego (Californie – juin 2008). Ces documents présentent le concept et les innovations du projet.
- Une publication et un poster ont été présentés dans le cadre des journées EuMC (European Microwave Conference) à Amsterdam (Pays-Bas – octobre 2008).
- SATIMO a déposé un brevet sur le concept du système MDP2 dans le but de commercialiser le produit par la suite.
- Le dépôt de brevet par l'IMS sur la recette du liquide large bande développé dans le cadre du projet est en cours.

Programme « Télécommunications », édition 2007

Projet MULTIPASS

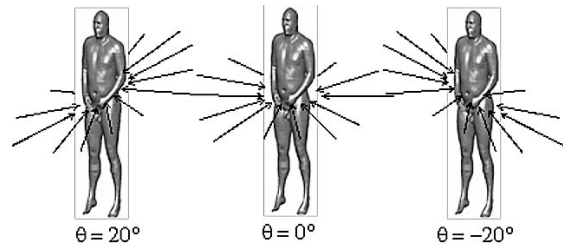
Evaluation de l'exposition aux ondes électromagnétiques générées par les sources multiples et nouvelles technologies

Développer des méthodes de mesure de l'exposition à des sources multiples non périodiques

Les ondes électromagnétiques émises par les systèmes sans fils sont au cœur de nombreuses questions. Il est donc essentiel de disposer d'outils permettant la mesure du champ électrique. Des travaux ont été menés en France et en Europe pour définir les outils, méthodes et protocoles applicables à la mesure des champs électromagnétiques induits par les systèmes de télécommunication ayant des émissions périodiques. Le protocole de l'Agence Nationale des Fréquences (www.anfr.fr) ou la norme européenne EN50492 sont deux exemples d'application des travaux menés. Le projet Multipass vise à étendre ces outils et méthodes aux signaux tels que le Wifi et WiMAX qui ont une occupation spectrale et temporelle variable

Etudier la relation champ électromagnétique incident et exposition réelle des personnes

La relation entre le champ électromagnétique incident et l'exposition des personnes s'appuie sur des études anciennes basées sur des ondes planes et des modèles simplifiés de l'être humain (ellipsoïde). Les moyens de calcul et les outils de simulation actuels permettent de prendre en charge des configurations beaucoup plus grandes et complexes. Tirant avantage de ces évolutions, le projet Multipass vise à traiter des configurations plus complexes en utilisant notamment des modèles de corps humain basés sur les images issues de l'imagerie médicales (IRM). Les simulations menées dans le cadre du projet Multipass vont permettre une évaluation du débit d'absorption spécifique (DAS ou SAR en anglais) induit par des sources multiples. Ces simulations vont également permettre une analyse de la relation entre le champ électrique mesuré et le DAS corps entier (DASCE) et DAS local.



Modèle numérique de corps humain et angles d'incidence de l'exposition.

Le projet « MULTIPASS MULTIPLE sources exposition AS-Sessment » est un projet de recherche industrielle coordonné par France Télécom Issy les Moulineaux. Il associe aussi SATIMO, le Laboratoire d'électronique et des Systèmes de Télécommunications, l'Ecole Supérieure d'Electricité (SUPELEC), XLIM. Le projet a commencé en 2008 pour une durée de 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 689 k€ pour un coût global de l'ordre de 1,4 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Le projet Multipass va permettre une meilleure compréhension des paramètres influençant l'exposition d'une personne à des ondes émises par des sources multiples et des technologies différentes. Cette connaissance va permettre de mieux informer et permettre ainsi un accompagnement de la mise en œuvre des réseaux de systèmes de communication sans fil haut débit et à leur installation.

Le projet Multipass va également permettre la conception de sondes de mesure de DAS adaptée à la mesure de signaux non périodiques.

Les méthodes et outils étudiés dans le projet contribuent à l'amélioration et à l'adaptation des normes et protocoles étudiés dans les organismes tels que la CEI, le CENELEC et L'ANFR.

Production scientifique et brevets

Des papiers ont été soumis à la conférence nationale JNM 09 et un papier a été soumis à IEEE Transactions on EMC. Ces documents couvrent la relation entre DAS et champ incident.

Programme « Télécommunications », édition 2007

Projet SAMPER

Mieux connaître les niveaux et l'évolution de l'exposition du public aux champs électromagnétiques

Développer un système autonome pour connaître les niveaux d'exposition de champs électromagnétique d'un quartier ou d'une ville

Ce projet s'inscrit dans le contexte général de l'inquiétude et des questionnements du public sur les effets potentiels des champs électromagnétiques rayonnés par les nombreux émetteurs radio-électriques (radio communications, téléphonie mobile, réseaux Wifi, WiMAX...).

L'objectif principal du projet est de développer un système opérationnel de surveillance permanente de l'exposition des personnes, à l'échelle d'un quartier ou d'une ville. Il s'agit de mettre en œuvre une méthodologie indépendante et complémentaire aux mesures de contrôle telles qu'elles sont pratiquées actuellement, visant à lever les controverses dont elles font l'objet. Ce système qui permettra de connaître en tout point et à tout moment les niveaux de champs électromagnétiques sur la zone étudiée, répondra aux souhaits des Collectivités Territoriales de disposer d'outils d'évaluation de l'exposition du public.

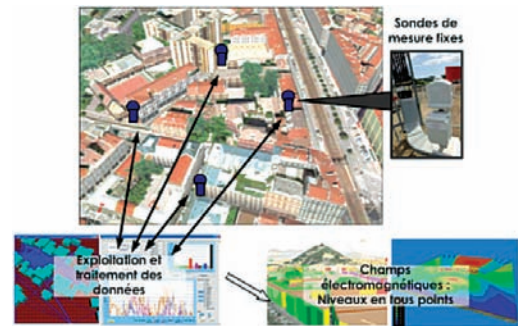
L'utilisation combinée de systèmes de mesures, d'algorithmes de propagation et de méthodes statistiques

L'approche choisie combine de manière optimale des résultats de mesures et des méthodes logicielles.

Des sondes de mesure fixes, autonomes et sélectives en fréquence seront développées et optimisées pour être réparties sur un nombre restreint de points dans la zone d'étude. Elles permettront de déterminer de façon continue l'exposition en termes de niveaux de champs électromagnétiques.

Ces résultats de mesures ponctuelles seront exploités par des algorithmes de méthodes inverses et d'interpolation basées conjointement sur des méthodes déterministes (algorithme de propagation de type méthodes asymptotiques) et sur des méthodes statistiques (méthodes de krigeage, calcul et interprétation de variogrammes).

Ainsi, le système permettra, à partir d'un nombre restreint de mesures fixes, d'estimer en tout point de la zone d'étude le niveau de champ électromagnétique.



Le projet « SAMPER Système d'Acquisition et de Modélisation pour la Prédiction de l'Exposition Radioélectrique » est un projet de recherche industrielle coordonné par Centre Scientifique et Technique du Bâtiment. Il associe aussi SATIMO, ARMINES Centre GEOSCIENCES, France Télécom Issy les Moulineaux, la Ville de Grenoble. Le projet a commencé en 2008 pour une durée 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 526 k€ pour un coût global de l'ordre de 1 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

A l'issue de ce projet, un démonstrateur du système sera installé et testé dans la ville de Grenoble.

Ce système permettra de mettre à disposition des informations pouvant alimenter une nouvelle modalité de communication au public (cartographie « temps réel » des niveaux d'exposition électromagnétique notamment) et pourra s'intégrer dans les outils de communication et d'information des collectivités locales sur les sujets environnementaux : pollution de l'air, cartes de bruit...

Au-delà il s'agit aussi à plus long terme de disposer d'information quantitative sur l'exposition collective dans le cadre d'études épidémiologiques et dosimétriques.

Production scientifique et brevets

A ce stade du projet, plusieurs campagnes de mesure ont été réalisées in situ. Leur analyse qui est en cours va permettre de dimensionner et développer la partie logicielle : méthodes d'interpolation statistique et déterministe. Parallèlement, les sondes de mesure fixes sont en cours de développement et d'optimisation par rapport au cahier des charges du système.

Les premières productions scientifiques (publication, congrès) seront initiées courant 2009.

Programme « Technologies pour la santé », édition 2006

Projet CAPTAM

Vers une mesure de pression fiabilisée minimalement invasive

Fiabilité et mini "invasibilité" des capteurs de pression

Les mesures de pression sont couramment utilisées pour juger de l'état des fonctions physiologiques vitales, ou de la gravité d'un traumatisme, d'une pathologie qui engendre la compression anormalement élevée d'un organe. Ce projet adresse plus particulièrement la mesure de la pression artérielle et de la pression intracrânienne.

L'objectif de ce projet est de développer un capteur de pression fortement miniaturisé, intégrant la mesure de température, auto-étalonnable in situ et utilisable à terme sur l'Humain.

La miniaturisation de la sonde de mesure permettra de limiter les risques de thrombose pour la prise de la pression artérielle, et pour la pression intracrânienne d'accéder à la mesure locale tout en minimisant le traumatisme lié à l'implantation du capteur. La fonction d'auto-calibration permettra de garantir un fonctionnement sûr du capteur et éliminera les procédures d'étalonnage en externe, qui augmentent les risques d'infections. Enfin la liaison par téléométrie entre le capteur et le moniteur de commande assurera un meilleur confort pour le malade et le personnel soignant, limitant les débranchements intempestifs et les risques associés.

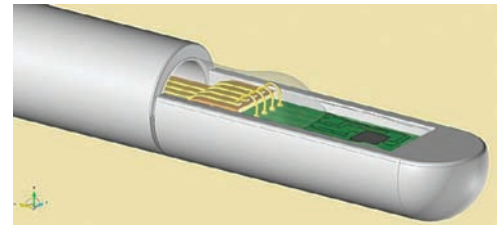
Les nanotechnologies au service de l'homme :

« Sensors for Life »

Depuis 1980 ont été introduits des capteurs de pression basés sur des technologies à fibres optiques ou à jauges piézorésistives en silicium. Ces dispositifs ont permis de mesurer la pression artérielle invasive et la Pression intracrânienne de façon routinière grâce à un abaissement des coûts, une bien meilleure précision des mesures, une invasibilité réduite et des risques septiques mieux maîtrisables.

La démarche utilisée dans ce projet vise à proposer des solutions techniques innovantes vis-à-vis des différents points faibles recensés dans les dispositifs actuels :

- Diminuer d'environ 40 % la dimension des sondes par l'utilisation d'une technologie de fabrication de jauges nanométriques.
- Réduire le risque induit par le réétalonnage périodique par le développement d'une technologie d'auto-étalonnage in situ.
- Éliminer le risque lié à la liaison physique par la réalisation d'une liaison par téléométrie entre le capteur et le boîtier de conditionnement et de commande.
- Introduire dans le capteur la mesure de la température.



Représentation de la sonde de mesure.
Le diamètre de la capsule est d'environ 1 mm.

Le projet « CAPTAM CAPteur de Pression Télémétrique Auto-étalonnable Miniature pour la mesure de fonctions physiologiques sur l'homme » est un projet de recherche industrielle coordonné par CAPTOMED, Filiale du groupe UNICARE. Il associe le LAAS-CNRS, l'INSERM et le CHU de Toulouse. Le projet a débuté en janvier 2007 pour une durée de 36 mois. Il bénéficie d'une aide ANR de 935 k€ pour un coût complet de l'ordre de 1,7 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Les principaux résultats concernent à cette étape du projet la réalisation et la qualification de membranes sensibles conformes aux spécifications et la définition complète de la sonde de mesure (utilisation de circuits imprimés flexibles, définition de la capsule, du cathéter et des matériaux utilisés).

Les simulations du générateur de pression intégré valident la faisabilité de ce concept et les étapes technologiques sont en cours afin d'intégrer sur un même micro-dispositif le générateur de pression étalon et la membrane de détection.

Un banc de test de caractérisation permettra une validation préliminaire des performances avant des essais sur animaux prévus courant 2009.

Production scientifique et brevets

Plusieurs publications relatives aux travaux de simulation ont été réalisées notamment :

- International Conference on Thermal, Mechanical and Multi-Physics Simulation and Experiments in Micro-Electronics and Micro-Systems (EUROSIME 2008), Freiburg (Germany), 21-23 Avril 2008.
- A multi-domain piezoresistive pressure sensor design tool based on analytical models.
- Afin de protéger le concept technologique lié à la fonction d'auto-étalonnage, un brevet européen et américain intitulé « Capteur de pression auto-étalonnable » a été déposé.

Programme « Technologies pour la santé », édition 2006

Projet CIMPA

Solution miniature sans batterie issue de la technologie des ondes de surface

Un contrôle préventif en continu de la pression artérielle

La chirurgie moderne est orientée vers le confort et la sécurité du patient, un taux de résultats accru, une durée d'hospitalisation de plus en plus courte et la réduction du coût global d'intervention. La chirurgie mini invasive est une composante forte de cette évolution. Elle se complète par un nouveau domaine qui est celui de l'implantation active pour la surveillance, le diagnostic, la traçabilité et l'identité médicale. Dans ce contexte, le projet CIMPA a pour objectif le développement d'un capteur implantable, passif de mesure de la pression artérielle permettant d'améliorer la santé, le diagnostic, le suivi et par conséquent le confort de patients souffrant d'hypertension, mais également de répondre aux besoins de situations cliniques pour lesquelles la mesure en continu de la pression sanguine permettra d'effectuer des diagnostics précis, des contrôles et des adaptations en temps réel de traitement d'hypertension et des alarmes en cas de problèmes.

La technologie des ondes de surface au service de la santé

Le capteur du projet CIMPA est composé de résonateurs à ondes de surface. Celui-ci doit être compatible avec des exigences d'encombrement inhérentes à une implantation dans une artère, biologiquement inerte, ne nécessiter aucune source d'énergie embarquée et pouvoir être interrogé via une liaison RF grâce à un interrogateur qui émet un signal dans la bande ISM (Industriel, Scientifique et Médical). Le capteur (muni d'une antenne intégrée de très petite dimension) sollicité par le signal d'interrogation émet à son tour un signal qui porte les informations de pression et de température vues par ce dernier. L'interrogateur capte le signal émis par le capteur et en extrait via un traitement du signal adapté les informations de pression et de température. Le capteur étudié dans le cadre de ce projet se compose de trois résonateurs sur quartz pour la mesure de température (T), de la pression sanguine (P) et un troisième résonateur qui sert de référence (R).

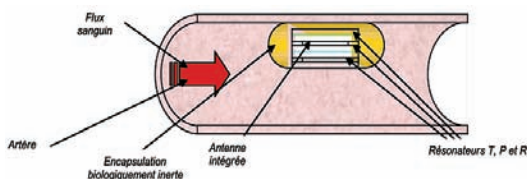


Schéma de principe de la structure du capteur CIMPA implanté dans une artère (à gauche) et prototype (à droite) d'un capteur sur quartz à 2,45 GHz avec antenne intégrée.

Le projet « CIMPA Réalisation du premier capteur SAW implantable destiné à la mesure et à la surveillance de la pression artérielle » est un projet de recherche industrielle coordonné par SENSEOR en partenariat avec les laboratoires publics : LEAT Nice-Sophia Antipolis - CNRS (UMR n° 6071), département temps fréquence de l'institut FEMTO ST de Besançon et l'Institut Arnaud Tzanck Cagnes sur mer. Le projet a commencé en janvier 2007 et a duré 22 mois, il bénéficie d'une aide ANR de 393 k€ pour un coût global de 706 k€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Nous avons pu concevoir et fabriquer des capteurs passifs à base de résonateurs à ondes de surface à 2.45 GHz avec antennes intégrées sur un substrat en quartz, enrobés de matériau biocompatible, présentant de faibles encombrements : 5,2x3,7x0,85 mm³. Un interrogateur à 2.45 GHz spécifique a été défini puis évalué. Les pertes de propagation à 2.45 GHz dans l'air et dans les milieux biologiques ne permettent pas d'obtenir un niveau de signal compatible de la sensibilité du système d'interrogation, vu les distances d'interrogation et les profondeurs d'implantation envisagées. Des mesures in vivo effectuées à 434 MHz à l'aide d'un capteur basé sur des résonateurs sur quartz démontrent qu'il est possible de mesurer des variations de pression relatives avec une précision compatible de l'application. C'est donc la voie que nous allons privilégier pour nos futurs développements.

Production scientifique et brevets

Le LEAT a participé au symposium international APS 2008 (San Diego) avec une communication sur la conception de l'antenne à 2,45 GHz adaptée aux milieux biologiques et également à deux conférences nationales ENST Paris 31/01/2008 et Polytech'Nice Sophia Antipolis 29/05/2008. L'équipe du FEMTO a participé à deux congrès : EFTF Toulouse 2008, IFCS Honolulu et a effectué des communications sur la conception et la fabrication du capteur SAW pour la mesure de la pression artérielle. Deux brevets ont été déposés : « capteurs passifs à ondes de surface comportant une antenne intégrée et applications médicales utilisant ce type de capteurs » (SENSeOR, FEMTO, LEAT) et « dispositifs de mesure de pression et/ou température interrogeable à distance implantable en milieu biologique » (SENSeOR).

Programme « Technologies pour la santé », édition 2006

Projet MULTICARDE

La stimulation cardiaque pour l'amélioration des patients en insuffisance cardiaque

Augmenter le nombre de répondeurs à une thérapie de resynchronisation cardiaque

L'insuffisance cardiaque est l'une des premières causes de mortalité en Europe et la pathologie devrait toucher 12 millions de patients en 2015. Les traitements médicamenteux sont souvent de portée limitée, les hospitalisations très coûteuses. De larges études portant sur plusieurs milliers de patients ont montré l'efficacité de la stimulation bi-ventriculaire chez les sujets réfractaires aux médicaments dont l'activation des ventricules est désynchronisée. Une bonne resynchronisation demande un positionnement adéquat de l'électrode de stimulation de la sonde ventriculaire gauche. Aujourd'hui un tel placement est difficile et conduit dans 20-30 % des cas à une inefficacité de la thérapie de resynchronisation. MULTICARDE vise à développer une sonde ventriculaire gauche disposant de 10 électrodes de stimulation et à optimiser le site de stimulation grâce à des commutateurs miniaturisés multiplexés dans la sonde. Ces commutateurs électroniques biocompatibles permettent la sélection automatique d'une électrode de stimulation parmi dix, celle qui améliore le mieux l'état hémodynamique du patient.

Les capteurs implantés dans le corps humain face à la biocompatibilité, à la miniaturisation et au coût

L'état de l'art consiste aujourd'hui à inclure ces commutateurs électroniques dans un boîtier en titane et à réaliser des traversées en céramique soudées sur le boîtier pour établir les connexions avec la sonde bipolaire de stimulation.

Un tel procédé ne permet pas, pour des raisons de fiabilité et de miniaturisation, la connexion de multiples électrodes, ni un coût acceptable.

La démarche utilisée dans le projet vise à étudier un procédé d'encapsulation collectif biocompatible et hermétique des commutateurs sans boîtier de titane ni de traversée céramique.

MULTICARDE vise également à développer ces commutateurs à base de circuits intégrés alimentés et connectés aux multiples électrodes par un bus bi- ou tri-filaire assurant aussi les fonctions de stimulation.



Sonde de stimulation du ventricule gauche multipolaire avec un défibrillateur resynchronisateur

Le projet « MULTICARDE Capteurs multimodaux embarqués pour le traitement de l'insuffisance cardiaque » est un projet de recherche industrielle coordonné par ELA Medical (GE ou filiale). Il associe aussi le Commissariat à l'Energie Atomique. Le projet a commencé en 2007 pour une durée de 24 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 413 k€ pour un coût global de l'ordre de 958 k€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Le premier résultat marquant a été la conception des commutateurs électroniques pour lesquels il a fallu trouver une architecture basse consommation et une technologie d'intégration qui permet de s'interfacer avec les électrodes au contact du cœur. Les commutateurs sont soumis à des contraintes de sécurité et doivent soutenir des chocs de défibrillation ou les surtensions du bistouri électrique.

L'architecture choisie a permis de limiter la consommation à 50nA et la surface de l'ordre du mm² par nœud de commutation.

Production scientifique et brevets

Dépôt de brevet : 195-E53047-FR cas 193 DDL/SL Déposé le 25 janvier 2008 en France (N° dépôt 08 00375).

Titre : Dispositif médical implantable actif comprenant des moyens de communication bidirectionnelle entre un générateur et des capteurs ou actionneurs situés en extrémité de sonde.

Programme « Technologies pour la santé », édition 2007

Projet AKENATON

Outils d'intelligence artificielle appliqués au traitement d'alertes en télémédecine

Optimisation des informations télé-transmises aux cardiologues

Les pacemakers et les défibrillateurs sont des dispositifs médicaux implantables capables de diagnostiquer et traiter des anomalies du rythme cardiaque, mais désormais également de communiquer ces informations en temps réel et à distance. Ces données envoyées par les fabricants peuvent comprendre des alertes médicales, mais celles-ci sont noyées dans un grand nombre d'événements transmis. Devant l'augmentation du nombre de patients concernés par ces traitements (l'insuffisance cardiaque est une indication, entre autres) et le petit nombre de médecins spécialistes du domaine, il est nécessaire d'offrir au médecin une aide au traitement des alertes.

Le projet AKENATON vise à créer un système de hiérarchisation automatique de ces événements afin de soumettre au médecin les cas nécessitant un recours thérapeutique. Ce système d'aide à la décision s'appuie sur des outils modélisant la connaissance médicale (ontologie de télécardiologie, terminologie) sous une forme informatique.

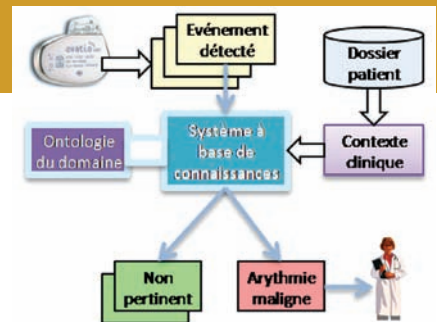
Il est également capable de mettre en relation avec l'événement transmis les données médicales du patient concerné, rendant ainsi l'analyse pertinente à l'échelon individuel. A ces fins, le projet met à disposition du médecin un outil de traitement du langage capable d'extraire l'information utile dans le dossier du patient.

L'utilisation de technologies d'information à des fins de modélisation de la connaissance médicale

L'approche technologique du projet AKENATON requiert la participation d'experts du domaine que l'on souhaite modéliser (en l'occurrence il s'agit des troubles du rythme et des stimulateurs cardiaques) et repose sur l'utilisation d'outils de représentation des connaissances sous une forme informatique, qui sont appliqués au domaine médical ; d'autre part la mise en place d'une terminologie et d'un modèle de données global permettra l'interopérabilité entre des agents pas toujours communicants (systèmes des fabricants et systèmes d'information hospitaliers).

L'extraction de données à partir d'un dossier médical non structuré est réalisée à l'aide d'une analyse syntaxique et sémantique des textes qui le composent.

L'outil d'aide à la décision à proprement parler repose sur la création et l'utilisation d'une ontologie en langage OWL. Cette ontologie permet de représenter les événements liés au rythme des patients, les données cliniques ou liées au matériel implanté, et



apporte des capacités d'inférence (déduction) au système global. L'intégration de ces 3 éléments rend les données universellement utilisables tout en ciblant l'information nécessaire au traitement d'un événement donné.

Le projet « AKENATON Automated Knowledge Extraction from medical records iN Association with a Telecardiology Observation Network » est un projet de recherche industrielle coordonné par le LIM (équipe Modélisation Conceptuelle des Connaissances Biomédicales). Il associe aussi le LIMSI, le CERIM et le CIT Rennes, le CERIM Lille, Alicante AS Lille et Sorin Group. Le projet a commencé en 2007 pour une durée de 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 913 k€ pour un coût global de l'ordre de 1,4 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

La première année du projet a permis la production et l'analyse d'une liste de scénarios médicaux à adresser, réutilisables dans d'autres projets ; dans le même temps, de nombreuses ressources normatives du domaine d'application ont été créées en lien avec les sources existantes et sont appelées à devenir des standards. La réalisation de la partie extraction d'information nécessite la constitution préalable d'un corpus de textes médicaux anonymisés, qui pourra être utilisé pour réaliser et tester de nouveaux outils de traitement du langage dans le domaine médical. La finalisation du projet débouchera sur un partenariat privé/universitaire/hospitalier qui renforcera le pôle d'expertise rennais dans le domaine de la stimulation cardiaque et de la représentation des connaissances.

Production scientifique et brevets

La preuve du concept concernant la partie extraction d'information a été publiée (article AMIA 2008).

La mise en place du modèle de donnée et du corpus de texte fait l'objet de la rédaction de deux articles.

La poursuite du projet verra la production d'un prototype de système d'aide à la décision intégré, et vraisemblablement de dépôt d'un ou plusieurs brevets.

Programme « Télécommunications », édition 2007

Projet BANET

La recherche sur les réseaux corporels sans fil prend un nouvel élan

Unifier et optimiser les solutions sans fil pour les réseaux d'objets communicants disposés sur l'être humain

Définir un cadre de travail et un protocole de communication fiable pour les réseaux corporels sans fil, optimiser les technologies nécessaires à son bon fonctionnement ou améliorer l'efficacité énergétique des composants du réseau : tels sont les enjeux centraux du projet BANET. Ce projet scientifique vise à définir des cadres précis pour la conception d'un système de communication sans fils optimisé, à la fois plus performant et miniaturisé. Les réseaux BAN développés selon ces cadres visent un large champ d'applications, tant dans les domaines de l'électronique grand public que du médical ou du sport.

Ainsi, une application visée est l'enregistrement de données physiologiques pour des usages à la fois médicaux et sportifs. Dans le domaine du sport, les informations recueillies à partir d'un réseau de capteurs placés sur le corps permettront d'améliorer les équipements. Dans le domaine médical, les études porteront également sur l'évolution des systèmes de communication sans fil pour les implants de nouvelle génération (stimulation cardiaque).

Exploiter au maximum le canal de propagation autour de la personne pour optimiser le système en termes de performance et de consommation

Le projet BANET vise à combler les manques et les faiblesses que comporte l'état de l'art en apportant :

- une connaissance précise du canal de propagation BAN avec un large éventail de configurations et prenant en compte le rôle et la conception des antennes en interaction avec le corps ;
- une justification en profondeur du choix d'une interface air et d'un protocole d'accès au médium capable de couvrir l'essentiel des besoins en termes de disponibilité du lien radio, de débit et de consommation ;
- une étude de la coexistence d'un réseau BAN dans un environnement constitué d'autres réseaux BAN et d'autres systèmes sans fil ;
- une étude des avantages apportés par une coopération des réseaux BANs et par une utilisation de la diversité sur le corps.

Les innovations vont en particulier reposer sur un couplage étroit entre la caractérisation du canal et des antennes, y compris dans les situations de mouvement, et les études sur les protocoles de communication sans fil.

Un aspect important du projet BANET consiste à réduire au maximum la consommation d'énergie de ces systèmes afin d'améliorer la facilité d'utilisation, la durée de vie des batteries et la taille des nœuds terminaux.



Système de caractérisation du canal de propagation radio entre plusieurs points sur le corps (3 antennes visibles).

Le projet « BANET Body Area Networks and Technologies »

est un projet de recherche industrielle coordonné par le CEA-LETI. Il associe aussi l'ENSTA-UEI, France Télécom, l'UPEMLV-ESY-COM, Movea, le CITI, l'UMPC-L2E, ELA Medical. Le projet a commencé en 2008 pour une durée de 30 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 1 M€ pour un coût global de l'ordre de 2 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Démarré en janvier 2008, le projet a d'abord travaillé sur la mise en commun et l'étude des différents scénarios applicatifs et sur la rédaction d'un état de l'art approfondi sur les technologies relatives aux réseaux corporels et en lien avec les enjeux du projet, à savoir les antennes, le canal de propagation, les protocoles, les systèmes existants, les capteurs, la récupération d'énergie et les règles concernant les implants et les règles de mesure d'absorption des ondes par le corps. Ensuite, les partenaires ont travaillé à la préparation des campagnes de caractérisation du canal de propagation avec la mise au point de bancs de mesures, d'antennes et de configurations de référence. En parallèle, une réflexion sur les technologies sans fils prometteuses (ultra large bande impulsionnel, Bluetooth, IEEE802.15.4, etc.) et les challenges techniques (variabilité du débit pour couvrir des besoins de capteurs simples aux besoins de transmettre des flux vidéos, coexistence dans des endroits où il y a beaucoup d'utilisateurs potentiels comme les hôpitaux, disponibilité du lien radio pour des applications critiques en terme de santé, etc.) a été menée.

Production scientifique et brevets

Un groupe de travail a été créé au COST 2100 sur les réseaux corporels : BANET y contribue.

Des actions en standardisation au sein du groupe IEEE 802.15.6 sont menées.

Programme « Technologies pour la santé », édition 2007

Projet EPIMOUV

Caractérisation et détection de crises d'épilepsie motrices à des fins d'alarme, pour un usage en institution et en famille

Amélioration des moyens de surveillance nocturne des personnes épileptiques

De manière générale, une personne ayant une épilepsie pharmaco-résistante est tenue, pour sa sécurité, d'être sous la surveillance permanente d'un tiers : parent, professionnel... En effet, une crise d'épilepsie ne prévient pas, elle peut présenter un risque vital et la personne peut ne pas pouvoir déclencher volontairement une alarme.

L'objectif global du projet EPIMOUV est d'augmenter l'autonomie des personnes souffrant d'une épilepsie pharmaco-résistante tout en préservant leur sécurité. Pour cela, le projet vise à développer un système d'alarme en cas de crise épileptique nocturne détectant et analysant les mouvements à partir de capteurs portés sur la personne.

Ce nouveau système sera d'abord validé en situation familiale, puis en établissement médico-social. Enfin un système mobile, synchronisé avec le système dans l'établissement, assurera la continuité de surveillance de crises nocturnes en institution et hors institution.

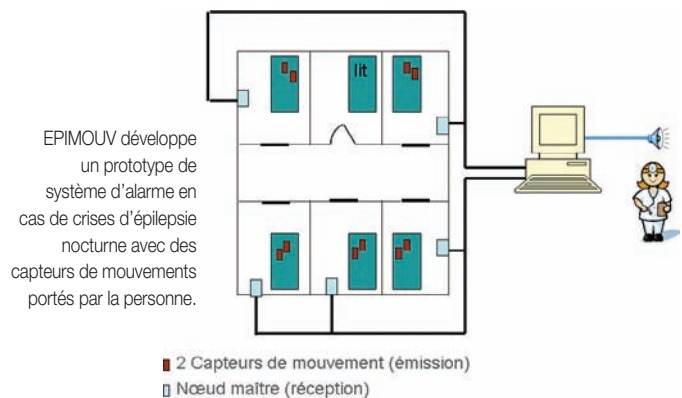
Le gain attendu d'un tel système est une meilleure qualité de vie en termes d'autonomie, d'intimité et de sentiment de sécurité pour les personnes épileptiques, ceci doublé d'une meilleure sécurité objective.

La capture de mouvement pour contrôler la signature de mouvements épileptiques

La technologie utilisée dans le projet EPIMOUV est un système innovant de capture de mouvement dont les particularités sont principalement la transmission sans fil, la forte intégration des capteurs MEMS (combinaison accéléromètres et magnétomètres), et le nombre élevé de points de mesures. Plus précisément, un/plusieurs capteur(s) de la taille d'une montre sont disposés sur un/plusieurs segments corporels (torse/poignet) présentant une activité motrice stéréotypée pendant la crise d'épilepsie. Chaque capteur est autonome et dispose de sa propre batterie. Le capteur est sensible aux rotations dans l'espace 3-D ainsi qu'aux accélérations pendant les mouvements.

Les données sont transmises par radio-fréquence depuis les capteurs vers le concentrateur présent dans la chambre et elles sont ensuite redirigées vers un serveur de traitement en lien avec un système d'alarme médicalisé. Cinq chambres seront sous surveillance pour la démonstration de la preuve de concept.

Des techniques avancées du traitement du signal sont mises en œuvre pour la reconnaissance des crises d'épilepsie en utilisant des modèles de crises au sens du mouvement.



Le projet « EPIMOUV Caractérisation et détection des mouvements durant les crises d'épilepsie à des fins d'alarme, pour un usage en institution et en famille » est un projet de recherche industrielle coordonné par le CEA. Il associe MOVEA, CTR Médical et des partenaires non industriels : Fondation Caisses d'Epargne pour la Solidarité (FCEs), Association EPI, CHU de Grenoble. Le projet a commencé en janvier 2008 et dure 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 450 k€ pour un coût global de l'ordre de 839 k€. EPI et FCEs cherchant à assurer l'intimité et la sécurité d'adultes épileptiques en établissement médico-social ont rencontré le CEA qui avait validé la signature des mouvements épileptiques lors du projet CAPAMETRIM (CEA/CHU). EPIMOUV fait suite à l'étude de faisabilité EPISOM d'un an (CEA/EPI/FCEs).

IMPACTS

Résultats majeurs

Le premier résultat marquant à cette étape du projet est la mise au point d'une première chaîne de traitement complète allant de l'acquisition des signaux, l'élaboration d'algorithmes de détection spécifique de crises et l'émission d'une alarme. Ce prototype est actuellement validé en situation familiale auprès d'une population restreinte de 5 personnes qui ont une épilepsie active nocturne importante.

Les performances sont évaluées en termes de sensibilité (taux de détections correctes) et de spécificité (taux raisonnable de fausses alarmes par nuit). Le caractère stéréotypé de la crise, inhérent à la maladie, est pris en compte pour minimiser les erreurs de détection notamment lors des actions de lever du lit.

Production scientifique et brevets

Un poster a été publié aux journées françaises de l'Epilepsie 2008. Un projet de brevet est à l'étude sur le système et les procédés de traitement associés.

Caractérisation et détection de crises d'épilepsie motrices à des fins d'alarme, pour un usage en institution et en famille.

Programme « Technologies pour la santé », édition 2007

Projet SURFOETUS

Demain, les signes de souffrance de l'enfant à naître seront détectables pendant la grossesse, grâce aux technologies de l'imagerie médicale

Un système multi-capteur pour un suivi fiable du bien-être du fœtus

La souffrance fœtale provoquée par une situation pathologique (infection in utero, manque d'oxygène, retard de croissance...) peut aboutir à la mort in utero ou pour le moins à des séquelles neurologiques très graves. Cette souffrance ayant naturellement un retentissement sur le comportement du fœtus (activité, réponse à des stimuli...), une bonne connaissance et une détection précoce des anomalies de ce comportement peuvent permettre une intervention rapide pour extraire le fœtus et diminuer ainsi les risques et les séquelles pour l'enfant à naître.

Pour ces grossesses à risque, en dehors des examens échographiques qui ne peuvent pas être multipliés, si la surveillance est effectuée principalement par le suivi du rythme cardiaque fœtal (RCF) à l'aide d'appareils disponibles, ce suivi du RCF est nettement insuffisant dans un grand nombre de situations.

L'objectif du projet SURFOETUS est de mettre au point et d'obtenir un suivi ambulatoire de l'activité du fœtus (rythmes cardiaque et pseudo respiratoire, mouvements des membres et du tronc, réponse à des stimuli...) pour apprécier l'état de bien-être ou de souffrance fœtale aux différents stades de la grossesse.

Pour atteindre ce but, nous développons une technologie ultrasonore fondée sur une mise en œuvre multi-capteurs et sur des enregistrements de longue durée.

Un dispositif innovant dédié à la surveillance à domicile des grossesses

Un tel système est dédié à la surveillance à domicile des grossesses à risque, de manière à limiter aux seuls cas critiques les visites des femmes enceintes dans les centres de soin ou leurs hospitalisations.

Il présente plusieurs innovations :

- (1) l'extraction d'informations statistiquement pertinentes sur les mouvements et les rythmes du fœtus à partir des signaux fournis par des capteurs ultrasonores placés sur le ventre de la mère,
- (2) la mise à disposition d'un ensemble d'informations inexistantes sur les appareils actuels de surveillance de la grossesse et permettant d'évaluer l'état du fœtus,
- (3) la synthèse de signaux simples interprétables par un professionnel de la santé à domicile (sages-femmes, infirmières...), tout en permettant l'accès à des paramètres d'analyse plus élaborée.

Le projet est conçu pour aboutir rapidement à un appareil commercialisable à partir du démonstrateur réalisé.



Dispositif d'enregistrement

Le projet « SURFOETUS SURveillance à domicile de l'activité FOETale par un dispositif UltraSonore intégré »

est un projet de recherche industrielle coordonné par Laboratoire Ultrasons Signaux et Instrumentation (LUSSI) en collaboration avec l'Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (IRIT). Il associe aussi MEDIPREMA, AGILICOM, CIT Ultrasons. Le projet a commencé en 2008 pour une durée de 48 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 671 k€ pour un coût global de l'ordre de 854 k€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Nous sommes au stade de la réalisation et de l'optimisation du système électronique intégré de recueil des signaux Doppler.

Nous avons par ailleurs démontré la faisabilité de la détection simultanée des différents rythmes spontanés du fœtus (rythme cardiaque, mouvements, pseudo respiration...) et de ceux de la mère, et leur séparation.

Par ailleurs les études cliniques préalables montrent qu'un tel dispositif permet de distinguer les fœtus sans souffrance de ceux avec souffrance neurologique.

Production scientifique et brevets

Une communication à un congrès international a été faite et plusieurs projets de publication de revues internationales sont en cours.

Programme « Concepts, systèmes et outils pour la sécurité globale »

Projet DEMOLOC

La radiolocalisation et les capteurs pour améliorer la sécurité des pompiers et sauver les victimes d'avalanches

Un système de localisation opportuniste au service des pompiers et des victimes d'avalanche

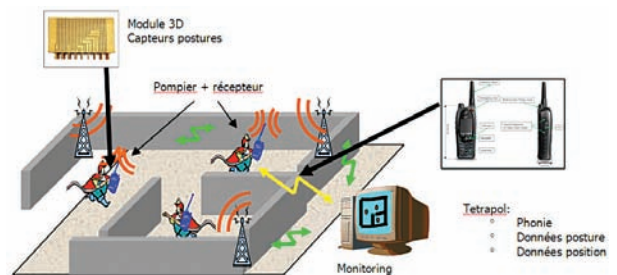
Les incendies en milieu confiné (type parking souterrain) sont en augmentation constante. Ces sinistres posent aux sapeurs pompiers de graves problèmes pour la localisation des équipes intervenantes. Pour maîtriser ces incendies les sapeurs pompiers, malgré des conditions de chaleur intense et de visibilité réduite, doivent engager dans des locaux inconnus, du personnel pour situer le feu. Les opérations d'extinction ne peuvent débuter qu'une fois l'incendie localisé. Pendant cette phase le personnel en mission de reconnaissance est très exposé (chaleur, fumées, risque d'explosion) et surtout partiellement livré à lui-même.

L'ARVA (Appareil de Recherche de Victime d'Avalanche) utilisé actuellement est une solution relativement rudimentaire ne permettant pas une localisation dans un repère multidimensionnel. Le maniement efficace d'un ARVA nécessite par conséquent une formation spécifique à l'appropriation d'une méthode de recherche.

L'objectif du projet est d'une part de développer un système de localisation ULB (Ultra Large Bande), utilisable dans les deux scénarii et n'utilisant pas d'infrastructures. D'autre part, dans le scénario pompier le projet vise à combiner la localisation avec l'exploitation de signaux issus de capteurs permettant la détection et l'analyse de la posture des pompiers.

Des technologies radio et des capteurs pour secourir les victimes

Le dispositif s'appuie d'une part sur un système de communication autonome ULB en bande UHF, d'autre part sur une technique innovante (brevet) d'apprentissage et de synchronisation du repère formé par le réseau de balises. Pour l'application pompier, le système proposé est utilisé conjointement avec un terminal de radiocommunication professionnel du type Tetrapol chargé de transmettre les données de posture et de position vers le poste de commandement. Pour cela les postes devront communiquer selon un nouveau mode étudié dans le projet. Les solutions proposées pour la mesure de la posture sont basées sur le traitement de données issues de micro capteurs d'accélération et/ou magnétiques. Ces capteurs sont intégrés dans un module de faible encombrement grâce à une technologie spécifique d'empilage de composants en 3 dimensions. L'objectif est d'offrir des fonctions d'activité et de restitution digitale des postures à distance pour le monitoring de l'état de santé des équipes d'intervention.



Le système est constitué d'au moins trois émetteurs ULB fixes : une balise principale et deux balises secondaires reliées entre elles par voie radio. Le pompier est équipé de 3 modules capteurs (<math>< 1 \text{ cm}^3</math>) d'un récepteur ULB et d'un poste radio PMR Tetrapol.

Le projet « DEMOLOC Démonstrateur de localisation de victimes » est un projet de développement expérimental coordonné par le CEA (LETI). Il associe aussi EADS Secure Networks, la société 3D Plus et le SDIS du Rhône. Le projet a commencé en mars 2007 pour une durée de 30 mois. Il bénéficie d'une aide ANR de 927 k€ pour un coût global de l'ordre de 1,7 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Les principaux résultats à ce stade du projet sont la définition des scénarios pour les deux applications ainsi que la définition de l'architecture système qui en découle.

Afin de valider les architectures, des campagnes de mesures ont été réalisées avec des systèmes existants au sein du consortium. Une campagne de mesure de portée sur des signaux ULB en environnement enneigé.

D'autre part, une campagne d'acquisition de données a été faite avec le SDIS69 dans un parking souterrain de Lyon. Un pompier était équipé de deux centrales d'attitude : une sur le torse, l'autre sur la cuisse. Les centrales utilisées étaient des systèmes développés au CEA, sans fil. Les données étaient transmises à un module récepteur, connecté à un PC. L'application temps réel a été développée sous MATLAB.

Les résultats ont montré qu'il était possible de discriminer les trois postures du scénario pompier (debout, accroupi, couché) avec une fiabilité de 90 %. Ces mesures ont également montrées qu'il était possible de calculer un paramètre d'activité.

Production scientifique et brevets

Un brevet est en cours de dépôt sur le protocole permettant la détermination du repère géométrique constitué du réseau de balise ainsi que sur la synchronisation de ces balises. Deux communications au Workshop WISG08 et 09 organisé par l'Agence Nationale de la Recherche et l'Université de Technologie de Troyes.

Programme « Télécommunications », édition 2006

Projet LURGA

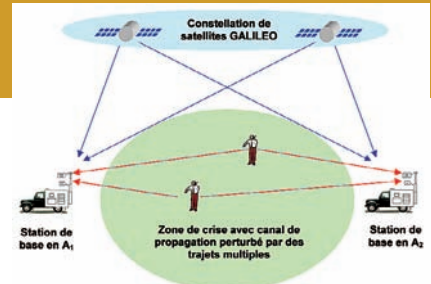
Une solution pour se localiser par satellite même en situation de crise

Extension de l'offre de services GALILEO

La mise en place du système de navigation par satellite européen GALILEO permettra d'offrir une multitude de services. Le premier niveau de service (Open Service) est un niveau de service grand public analogue au service standard GPS permettant aux utilisateurs d'accéder aux informations de position et de temps. Ce service sera gratuit et pourra être intégré à bas coût dans les futurs terminaux de communications. Ainsi des services à vocation commerciale liés au positionnement seront proposés aux utilisateurs. D'autres services à vocation non commerciale pourront aussi être proposés comme la localisation en situation d'urgence. En effet, pour les situations de crise telles que les tremblements de terre ou les attentats, l'utilisation de systèmes permettant une localisation précise et rapide des individus est indispensable pour optimiser les interventions des services de secours. De plus, compte tenu du fort taux d'équipement en terminaux mobiles observés en Europe, il est désormais envisageable de proposer des systèmes de localisation basés sur la recherche des équipements mobiles. Cependant, la fiabilité et l'accès aux informations de positionnement fournis par GALILEO seront limités pour ces situations de type « indoor » où la réception des signaux GALILEO est fortement dégradée. Le projet LURGA se propose d'étendre les capacités de localisation fournis par GALILEO pour ces situations de type « indoor ».

De nouveaux algorithmes efficaces dans des conditions de propagations difficiles

Le projet LURGA propose de définir un système de localisation complet de terminaux mobiles basé sur le déploiement d'un réseau composé de stations intégrant des récepteurs GALILEO. Ces stations auront ainsi accès aux informations de position et de temps. L'information de temps servira de point d'entrée aux traitements de localisation proposés par LURGA. Les algorithmes de type TDOA (Time Difference Of Arrival) qui sont basés sur des calculs de temps de propagation et qui nécessitent la présence de stations parfaitement synchronisées pourront être appliqués. D'autres algorithmes de type AOA (Angle Of Arrival) basés sur des traitements multi-capteurs seront aussi étudiés. Les deux types d'algorithmes ainsi mis en oeuvre pourront être fusionnés dans le but d'accroître la performance globale du système. Une partie de l'étude portera sur la modélisation et l'estimation du canal de propagation. Cette étude permettra de valider les algorithmes proposés en prenant en compte des conditions de propagation difficiles. Une étude d'algorithmes de détection par synchronisation en temps des signaux sera aussi menée dans le but de garantir des performances optimales pour les cas où le canal de propagation évolue en fonction du temps.



Contexte d'utilisation du système de localisation LURGA

Le projet « LURGA Localisation d'Urgence Reconfigurable par GALILEO » est un projet de recherche industrielle coordonné par Thales Communications. Il associe aussi les laboratoires SATIE et GIPSA-Lab ainsi qu'une PME : SIRADEL. Le projet a commencé en juin 2007 pour une durée de 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 691 k€ pour un coût global de l'ordre de 2,1 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

La première phase de l'étude a abouti sur une première définition des algorithmes de synchronisation et de localisation. La suite de l'étude consistera à faire évoluer et à valider ces algorithmes en fonction des spécificités de LURGA (Caractéristiques du canal de propagation, forme d'onde des terminaux mobiles...)

Le simulateur logiciel développé pour la validation des algorithmes permet de modéliser les signaux reçus par les différentes stations qui composent le système de localisation déployé. Ce simulateur prend en compte les erreurs des chaînes de réception et les incertitudes sur les informations fournies par le récepteur GALILEO (erreurs sur les informations de position et de temps). Cet outil intégrera une modélisation fine du canal de propagation qui permettra de prendre en compte les multi-trajets.

Le démonstrateur matériel actuellement en cours de développement sera composé de deux stations de base et permettra de valider le concept LURGA sur des signaux réels.

Production scientifique et brevets

Plusieurs actions de dissémination ont été menées et le projet LURGA a notamment été présenté lors la conférence PIMRC 2008 (dans le cadre du workshop Advanced Communication Technologies for Risk, Emergency and Disaster Management).

Les études relatives aux algorithmes de synchronisation ont été à l'origine de nombreuses publications. Les travaux sur les performances théoriques limites (Bornes de Cramér-Rao) pour la synchronisation ont fait l'objet de publications aux conférences internationales IEEE SPAWC 2007 et ISCCSP 2008. Plusieurs revues internationales IEEE ont aussi été publiées sur ce sujet.

Des publications relatives aux travaux sur les algorithmes de synchronisation basés sur la turbo-synchronisation et le filtrage particulaire ont été soumises.

Programme « Télécommunications », édition 2006

Projet RISC

La puissance des télécoms du XXI^{ème} au service de la protection civile et des secours publics

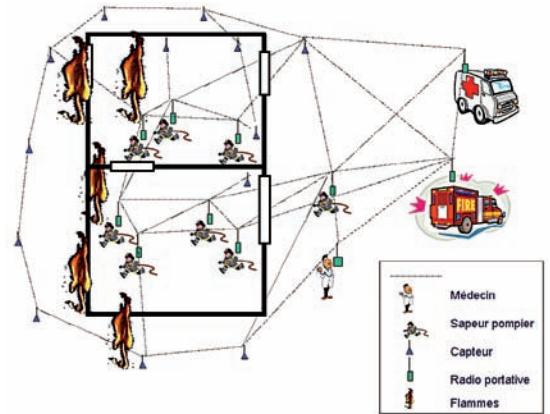
Amélioration des moyens de communications des forces de sécurité civile

Les secours publics (santé, sécurité et sapeurs pompiers) ont des moyens de communications spécifiques qui, en général, n'interopèrent pas. Chaque sapeur pompier mort au feu en raison de l'incapacité de ses équipiers à le localiser est un drame qu'il faut chercher par tous les moyens à éviter.

Le projet RISC vise à déterminer les besoins des forces de sécurité civiles et à étudier une solution technologique unique qui intègre dans un seul réseau radio des capteurs environnementaux et des radios portatives. Ce réseau pourra être instantanément déployé à l'endroit où le besoin s'en fait sentir. Il pourra traiter des flux de paroles, de la vidéo, des transferts de données, etc. Une de ses capacités particulières sera la localisation des membres au réseau, donnée critique dans les situations de danger auxquelles sont confrontées les forces de sécurité civile.

Une optimisation croisée des technologies radio et réseau pour un système flexible performant

La démarche utilisée dans le projet pour la définition du système flexible et optimisé repose sur la prise en compte conjointe des différentes technologies dans une optique d'optimisation croisée entre les couches protocolaires. La technologie radio à ultra large bande (ULB) utilisée dans le projet permet d'effectuer à la fois des transmissions de données et des mesures de distances précises permettant de réaliser la localisation des nœuds tout en communiquant. Elle permet aussi une allocation de ressources radio aisée, afin d'adapter le réseau aux transmissions gourmandes en bande passante (e.g. de la vidéo) et à celles qui le sont moins (e.g. des données de capteurs de températures). Au cours du projet sont étudiées les performances analytiques (sous forme d'équations) des transmissions ULB, les codes correcteurs d'erreurs, les techniques de codage réseau, etc.



Risc développe des applications permettant aux forces de sécurité d'être en communication permanente dans une situation d'urgence et de danger.

Le projet « RISC Réseaux hétérogènes intelligents pour situations de crise » est un projet de recherche industrielle coordonné par Thalès. Il associe AEC-RTS, ainsi que des laboratoires publics : TELECOM ParisTech, l'Université de Reims, l'Université de Lille 1 et le CNRS (ETIS). Le projet a commencé en juin 2007 et dure 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 705 k€ pour un coût global de l'ordre de 1,8 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Le premier résultat marquant à cette étape du projet est la description de scénarios opérationnels réalistes qui impliquent des forces des secours publics dans la résolution de crises variées (incendie, attentat chimique, accident radiologiques, troubles urbains). Ces scénarios pourraient faire l'objet d'une publication dans une revue spécialisée pour les sapeurs pompiers. La modélisation des performances de la couche radio ultra large bande a aussi été largement entamée.

La majeure partie des résultats du projet sera démontrée sur un logiciel permettant la simulation de scénarios opérationnels réalistes.

Production scientifique et brevets

Un papier a été publié dans la conférence PIMRC '08, et un papier a été soumis à IEEE Transactions on Wireless Communications. Ces documents couvrent la modélisation de l'effet des communications simultanées dans le cadre de l'utilisation de la couche radio ultra large bande.

Programme « Télécommunications », édition 2006

Projet T2TIT

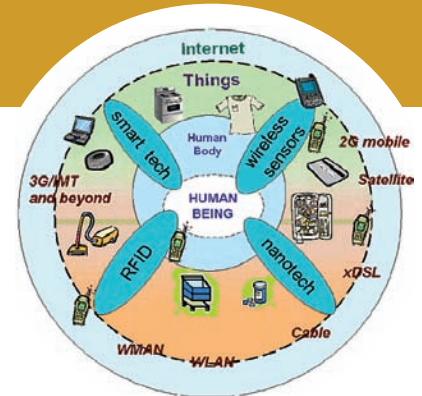
Une architecture pour l'internet des choses respectant la vie privée

La communication dans l'internet des choses

L'Internet des choses appelé aussi « Internet des objets » permettra d'accompagner les citoyens et les entreprises dans de multiples activités : géolocalisation et services de proximité, tourisme, traçabilité des biens, lutte contre la fraude ou encore maîtrise des risques écologiques. Imaginons que le réfrigérateur ou le lave-vaisselle puissent être dépannés à distance... Cela sera possible grâce à une connexion et une adresse IP. Une révolution culturelle et économique comparable à celle de l'Internet des années 90 se prépare. Des étiquettes électroniques assurent aux objets une communication sans fil. Ces étiquettes sont en passe d'être intégrées aux différents objets de notre vie quotidienne. Le projet T2TIT propose de définir et de standardiser une architecture permettant de faire communiquer ces étiquettes et différentes entités IP. Les objets deviendront des « choses » de l'Internet repérables sur le réseau.

Des étiquettes préservant le respect de la vie privée

Dans le cadre du protocole HIP (Host Identity Protocol) envisagé pour l'internet des choses, un identifiant permet de suivre une entité indépendamment de son adresse IP. Ce protocole a été introduit – suivant les idées introduites pour le peer-to-peer – pour traiter efficacement les problèmes de mobilité. L'infrastructure à clé publique présente dans HIP a été modifiée dans le cadre du projet pour assurer la non traçabilité des objets communicants dans cette architecture. Ainsi, l'identité HIP de ces objets n'apparaît jamais directement dans leurs échanges. Les étiquettes sont reliées à un portail web. Ce portail web gère un parc de lecteurs vus comme des nœuds IP et peut accéder à un des services d'information sur les codes électroniques de produit. Le portail est donc capable de retrouver l'identité des étiquettes HIP avec lesquelles il communique et de faire le lien avec le monde IP. Un mécanisme de renommage d'adresses appelé HAT (HIP Address Translation) prenant en compte la mobilité des étiquettes HIP ainsi qu'un logiciel embarqué performant ont également été proposés dans le cadre du projet.



L'internet des objets (Internet Of Things) désigne une architecture permettant aux objets d'être accessibles par le réseau IP à tout moment.

Source du graphique : IUT

Le projet « T2TIT Thing to thing in the Internet of things » est

un projet de recherche industrielle coordonné par Sagem Sécurité. Il associe aussi le CNAM, TELECOM ParisTech et le LIP6 (Université Pierre et Marie Curie). Le projet a commencé en janvier 2007 et dure 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 668 k€ pour un coût global de l'ordre de 2 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

L'objectif de ce projet est de placer la France en tête dans les protocoles de l'Internet des choses.

Le projet est basé sur le nouveau protocole HIP. Suivant les ressources disponibles, plusieurs solutions cryptographiques sont disponibles. Des algorithmes d'identification particuliers ont été développés pour prendre en compte les spécificités du projet. Un démonstrateur mettant en œuvre des cartes java est en cours de développement. Il sera alors possible de voir fonctionner les différentes entités : portail, lecteurs, cartes avec les technologies mises en avant durant le projet, logiciel embarqué.

Du point de vue des caractéristiques techniques le projet T2TIT a repris et adapté la norme IETF RFC 5201 (HIP) pour l'inscrire dans un schéma préservant l'identité des utilisateurs.

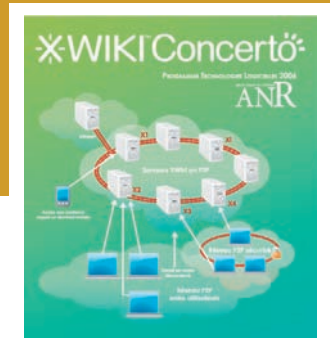
Production scientifique et brevets

Six publications ou présentations à des colloques ont été faites ; deux brevets ont été déposés sur la base des publications suivantes : « Improved Privacy of the Tree-Based Hash protocols using Physically Unclonable Function » (SCN, 2008) et « Cryptanalysis of EC-RAC, a RFID identification protocol » (CANS, 2008). Une Proposition de norme est faite « HIP support for RFID », Juin 2008.

Programme « Technologies logicielles », édition 2006

Projet XWiki Concerto

Un wiki applicatif pair-à-pair et nomade



Supporter le travail collaboratif pair-à-pair en situation de mobilité

Avec le développement accéléré des infrastructures de télécommunications et avec l'avènement du Web 2.0, le web ubiquitaire massivement collaboratif se met en place à grande vitesse. XWiki Concerto a pour but de favoriser la mutation vers cet Internet mobile et ubiquitaire. D'une part, sur le plan technologique, en fournissant des services de réplication de données, de collaboration nomade sécurisée. D'autre part, sur le plan de l'appropriation de ces nouvelles technologies par des communautés d'utilisateurs. Le projet poursuit 5 objectifs différents :

- Créer des composants logiciels pour l'édition collaborative de contenus sur réseau pair-à-pair très large échelle.
- Améliorer la fiabilité et la performance de très gros wikis de type Wikipédia grâce à un système distribué de serveurs de faibles coûts.
- Concevoir des interfaces wiki adaptés aux terminaux mobiles et au travail en mode déconnecté.
- Mettre au point des protocoles sécurisés d'échanges de contenus sur réseau P2P.
- Réaliser un logiciel libre leader dans le domaine du collaboratif P2P haute performance supportant la mobilité.

Intégration des technologies pour le travail collaboratif impliquant la gestion de la réplication sur un réseau pair-à-pair

XWiki Concerto utilise différentes technologies pour réaliser ses objectifs. L'infrastructure est basée sur la plate-forme XWiki. Elle permet d'introduire du contenu dans le système. La technologie de réplication de données en P2P, développée dans le projet, s'appuie sur les travaux de recherche récents menés au sein des équipes Atlas et ECOO de l'INRIA. Elle fournit un mécanisme de réplication multi-maître supportant la modification simultanée de différentes copies d'un même objet. Afin de garantir la sécurité des échanges de données, des protocoles cryptés et des technologies supportant la cryptographie à clé publique assurent les propriétés de confidentialité et l'authentification. En ce qui concerne la mobilité, des technologies de synchronisation assurent la possibilité de travailler en mode déconnecté. Par ailleurs, une architecture basée sur le protocole HTTP permet aux terminaux mobiles avec des capacités limitées de pouvoir interagir à distance avec le système en utilisant une connexion WiFi.

XWiki concerto permet la synchronisation des données de plusieurs serveurs, le travail en mode déconnecté et l'accès au système pour les terminaux mobiles à capacité limitée.

Le projet « XWiki Concerto, un wiki applicatif pair-à-pair et nomade »

est un projet de recherche, labellisé en 2006 par le Réseau National des Technologies Logicielles (RNTL), coordonné par XWiki SAS. Il associe plusieurs partenaires : OW2, l'INRIA, l'ENST, Mandriva et l'EISTI. Le projet a démarré en février 2007 et dure 24 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 1 M€ pour un coût global de l'ordre de 2,3 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Les résultats du projet XWiki Concerto seront exploités par des applications réelles. En particulier, un déploiement de l'architecture sur la plate-forme d'hébergement XWiki.com permettra de gérer plusieurs wikis répliqués. XWiki.com gère aujourd'hui 100 000 utilisateurs mensuels et 4 millions de pages vues sur un cluster centralisé. Grâce à XWiki Concerto le nombre d'utilisateurs pourra monter en charge. Pour l'utilisation nomade, le déploiement de XWiki Concerto sur la plate-forme ObjectWeb permettra aux utilisateurs de la communauté de pouvoir interagir avec le système même en situation de mobilité et lorsqu'ils sont déconnectés. Enfin, la plate-forme Mandriva Club utilisera XWiki Concerto pour faire évoluer la base de connaissances de manière distribuée et la partager avec tous ses utilisateurs.

Production scientifique et brevets

Différentes publications scientifiques ont été présentées dans le cadre de plusieurs conférences nationales et internationales : Data Currency in Replicated DHTs (ACM SIGMOD Int. Conf. on Management of Data, 2007), P2P Logging and Timestamping for Reconciliation (Int. Conf. on Very Large Databases, 2008), Estampillage et Journalisation P2P pour XWiki (Int. Conf. on New Technologies of Distributed Systems, 2008), Data Reconciliation in P2P Collaborative Applications (24^{èmes} journées Bases de Données Avancées, 2008), Xwiki Concerto : un Wiki sur réseau P2P supportant le Nomadisme (4^{èmes} journées Francophones Mobilité et Ubiquité, 2008), XWiki Concerto : A P2P Wiki System Supporting Disconnected Work (Int. Conf. on Cooperative Design, Visualization, and Engineering, 2008), Enrichir les menus linéaires par des gestes (Interaction Homme Machine, 2008).

Programme « Audiovisuel Multimédia », édition 2007

Projet MEDIEVALS

La solution de distribution des contenus multimédias sécurisée de bout en bout

Vers une solution innovante pour les nouveaux enjeux liés à l'accès aux contenus

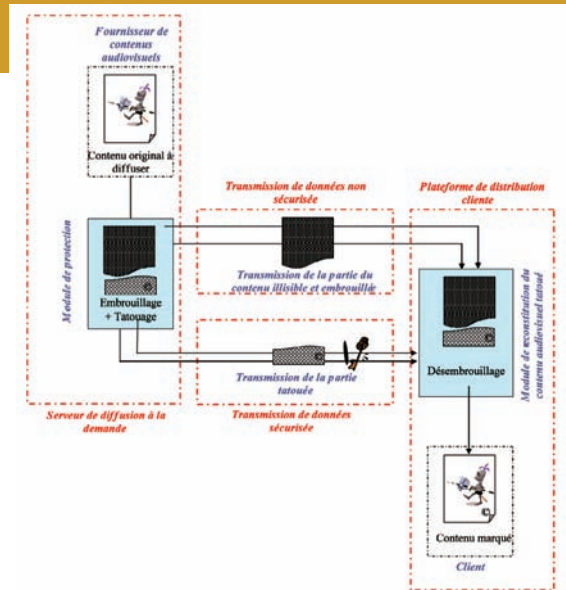
De plus en plus de services d'accès à des contenus multimédias sont disponibles sur Internet et le câble, notamment la vidéo à la demande (VoD). Or, cette activité est aujourd'hui menacée par la facilité avec laquelle de multiples copies, illégales, peuvent être effectuées et diffusées anonymement sur plusieurs formes de réseaux.

L'objectif de MEDIEVALS est de proposer une technique de protection globale du flux multimédia, sûre d'un bout à l'autre de la chaîne de transmission et permettant de tracer l'information véhiculée et d'en transmettre les droits de propriété. Pour ce faire, la solution de cryptage sélectif brevetée par Medialive sera associée à des solutions innovantes de marquage pour des contenus multimédia (audio et vidéo).

Les avancées scientifiques seront directement mises en œuvre dans une plate-forme de VoD développée dans le cadre du projet et permettant aux partenaires industriels de valider la viabilité des scénarii d'usage.

Alliance du marquage (tatouage et fingerprinting) et du cryptage sélectif

Medialive a développé une technologie de protection basée sur le chiffrement sélectif, permettant de rendre le contenu protégé inexploitable par un utilisateur non certifié, tout en conservant le format numérique original. Son principe repose sur l'extraction d'une très petite partie du flux d'origine, dont l'absence va empêcher le rendu normal du document ; cet extrait sera stocké sur un serveur sécurisé, et remplacé par un leurre afin de créer un contenu protégé, qui sémantiquement est correct, mais dont le rendu sera totalement brouillé. Ce flux protégé peut être largement diffusé sur n'importe quel réseau. Lors de la lecture autorisée les informations manquantes sont réinsérées dans le flux, permettant la visualisation en clair. MEDIEVALS vise à élargir cette technologie par l'ajout de fonctionnalités de marquage (tatouage / fingerprinting) afin d'assurer la traçabilité du contenu en clair sur un poste client. L'idée est d'enrichir de manière transparente et persistante le flux d'information manquante par des données identifiant les droits et l'utilisateur.



Le projet MEDIEVALS « Marquage et Embrouillage pour la Diffusion et les Echanges Vidéos et Audios Légalisés et Sécurisés » est un projet de recherche industrielle coordonné par Medialive. Il associe aussi le Laboratoire des Signaux et Systèmes (CNRS - Supelec - Université Paris-Sud 11), le Département ARTEMIS de l'Institut TELECOM, le Centre INRIA Rennes Bretagne Atlantique et le CNRS (IRISA, UMR 6074), Thomson STS - Dpt Technologies, AMOSSYS agence de Rennes - Equipe Sécurité des Systèmes d'information. Le projet a commencé en 2008 pour une durée de 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 1,2 M€ pour un coût global de l'ordre de 3,8 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Cette première année de projet a eu un caractère exploratoire, qui a permis d'identifier des scénarii d'usage, en concordance avec les besoins du marché, de dresser l'état de l'art, d'établir les contraintes scientifiques et techniques pour la solution envisagée et de concevoir une première architecture fonctionnelle. La robustesse de système MEDIEVALS sera évaluée via une analyse de risque inspirée du schéma EBIOS. Une évaluation en temps contraint de la plateforme cliente inspirée du nouveau schéma d'évaluation de produits de la DCSSI sera réalisée en fin de projet.

Production scientifique et brevets

En plus des livrables prévus au planning, les résultats scientifiques ont été synthétisés dans trois publications. Les deux premières explorent du cadre théorique du tatouage dans le domaine compressé MPEG-4 AVC (H.264). Quant à la troisième, elle traite des améliorations du code de traçage de copies de TARDOS.

Programme « Sécurité », édition 2008

Projet COCPIT

L'imagerie thermique et la transmission vidéo « mains libres » pour les pompiers

Faciliter la gestion des interventions

Les services de secours et de lutte contre les incendies doivent opérer dans la plupart des cas dans des espaces clos ou semi-ouverts, ce qui rend la tâche plus difficile et plus dangereuse pour les personnels engagés. On a longtemps considéré le feu comme le principal danger, désormais tout le monde s'accorde sur le fait que les fumées causent plus de victimes que le feu lui-même. Il est donc primordial, pour l'efficacité de l'intervention, d'équiper les intervenants de moyens leur permettant d'opérer dans des locaux enfumés.

De plus, les personnes en charge de la sécurité doivent pouvoir disposer de transmissions vidéos en temps réel depuis le lieu de l'accident jusqu'au PC de crise. Le dialogue entre le responsable des opérations sur le terrain (PC pompiers – mobile) et les équipes du PC de crise (à distance – fixe) sera grandement facilité par cette vue « commune », le choix des moyens à mettre en œuvre pourra être décidé plus rapidement.

Plus l'action des équipes de secours est rapide et aisée, plus leur sécurité est assurée.

Contraintes technologiques et ergonomiques

Le projet consiste essentiellement à définir le meilleur système de communication en tenant compte des spécificités des environnements de propagation auxquels les pompiers sont confrontés. Ce système de communication équipera la plateforme de protection de la tête du pompier.

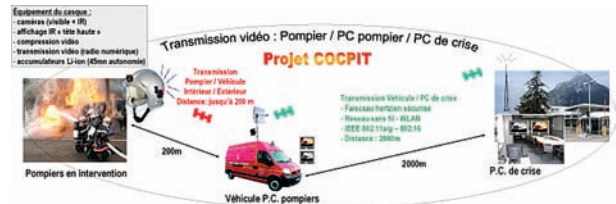
Les temps d'engagement lors des phases de reconnaissance sont en général assez limités (moins de 45 minutes), ce qui permettra de trouver un compromis acceptable entre la fonctionnalité et le confort.

L'intégration du lien vidéo dans le casque offre plusieurs avantages :

- point de vue équivalent à celui du pompier,
- aucune liaison entre le casque et le reste de l'équipement du pompier,
- proximité de la caméra IR et de la visualisation tête haute,
- dégagement maximal pour l'antenne radio et utilisation mains libres.

Bien entendu, cette situation idéale est accompagnée de son cortège de difficultés, le poids total du casque doit rester inférieur à 2,2 kg ce qui autorise un poids maximal pour le système complet de l'ordre de 700 g.

Il faut donc impérativement répartir les masses pour conserver l'équilibre du casque.



Le projet « COCPIT Comparaison de systèmes de communications vidéo pour Personnels en Intervention » est un projet de recherche et une étude de faisabilité coordonnée par MSA-Gallet. Il est associé à deux services de sécurité le SDIS de l'Yonne et la Formation Locale de Sécurité du CEA-Grenoble ainsi que des laboratoires publics : ESIEE – ESYCOM (Noisy le Grand) et le CEA-LETI. Le projet a commencé en mars 2008 et dure 30 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 640 k€ pour un coût global de l'ordre de 1,2 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

COCPIT est un projet dont le but est de proposer des outils de collecte de l'information et de communication pour les interventions en situation de crise (incendie).

Fonctionnalités apportées à l'intervention :

- Apporter au commandant des opérations de secours une visibilité des paramètres de la situation opérationnelle,
- Apporter au binôme de reconnaissance une aide pour la reconnaissance des paramètres de la zone d'intervention,
- Sécuriser les personnels engagés,
- Faciliter le retour d'expérience d'une intervention majeure avec l'emploi d'éléments vidéo,
- Posséder une traçabilité des interventions particulières, en cas d'accident.

Technologies embarquées dans la protection de tête :

- Prise de vues dans le visible et dans l'infrarouge,
- Visualisation « tête haute » pour l'image thermique,
- Transmission de 2 flux vidéo et 1 flux audio,
- Antenne patch omnidirectionnelle.

Production scientifique et brevets

A ce jour nous avons soumis 2 articles aux colloques organisés par l'ANR à l'Université Technologique de Troyes sur le thème des concepts et outils pour la sécurité globale. Il est prévu de publier un article dans une conférence internationale en 2009 et de contribuer à un numéro spécial de Soldat du Feu magazine. Il est probable que les développements liés à la transmission de vidéo entraînent le dépôt de brevets.

Programme « Sécurité », édition 2008

Projet VIPERE

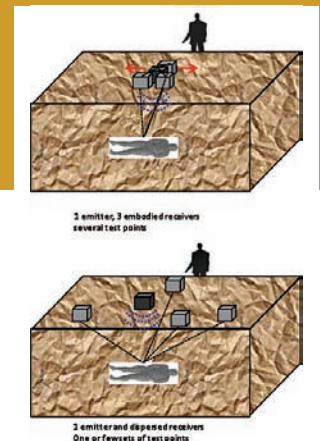
Détection et localisation des victimes ensevelies par radar

Un concept innovant pour la détection de victimes ensevelies

Le déploiement de radars dans le cadre d'opérations de secours augmenterait considérablement l'efficacité des recherches des victimes à travers les décombres. Aujourd'hui les équipes de sauveteurs utilisent des moyens d'investigation limités composés de caméras endoscopiques, de moyens d'écoute et de chiens. Le radar révolutionnerait les moyens existants en permettant une localisation directe des victimes à travers une couche de gravats d'une épaisseur pouvant atteindre 10 mètres. Cette performance est possible grâce à la capacité des ondes radar de traverser de fortes épaisseurs de béton. La détection par onde radar s'appuie sur la recherche directe de signatures humaines, notamment en détectant le rythme respiratoire des victimes. Contrairement aux systèmes d'écoute, le radar ne nécessiterait donc pas que la victime soit consciente ou suffisamment mobile pour se faire repérer. Ce système permettrait par ailleurs de localiser les personnes sans GSM ou transceiver, contrairement aux systèmes existants pour la localisation des alpinistes sous avalanche. Le radar permettra enfin de sonder les gravats et les décombres à la recherche d'espaces de vie potentiels et de galeries permettant l'accès aux victimes.

Une détection basée sur l'utilisation combinée de la technologie ultra large bande et d'algorithmes de traitement radar innovants

Le projet se base sur des approches théoriques et pratiques concertées afin de déterminer l'architecture radar et les traitements optimaux afin de réaliser un système fiable et performant dans des conditions d'utilisation très sévères et diversifiées. De nombreuses applications connexes (radars d'analyse de sol, applications de vision à travers les murs...) se basent sur une transmission des ondes dans un milieu homogène ou quasi-homogène. Les décombres et les gravats, de par leur nature très hétérogène, complexifient très largement la compréhension de la propagation des ondes électromagnétiques et le traitement du signal appliqué aux échos radar. Celui-ci demande donc l'utilisation d'algorithmes de traitement spécifiques à l'application. Afin d'obtenir simultanément une haute résolution spatiale et une bonne pénétration dans les matériaux, le radar s'appuie sur la technologie ultra-large-bande. Celle-ci consiste à envoyer une série d'impulsions de très courte durée (quelques nanosecondes) qui pénètrent profondément dans les matériaux. Un traitement du signal spécifique et une longue intégration des données reçues permettent au final de retrouver les objets très faiblement mobiles qui ont une signature humaine ca-



Principes de localisation : un radar unique composé d'un émetteur et de trois récepteurs est déplacé sur la scène du sinistre. L'autre concept utilise plusieurs récepteurs disposés à plusieurs positions sur le théâtre d'investigation. Une triangulation ou une fusion de données sont ensuite effectuées pour déterminer la position de la victime.

ractéristique. La localisation est ensuite réalisée à partir d'une triangulation ou d'une fusion de données utilisant plusieurs récepteurs ou plusieurs points de mesure.

Le projet « VIPERE Vision des Personnes Ensevelies » est un projet de recherche piloté par la société MARTEC. Il associe des laboratoires publics français et des entreprises : le CEA-CESTA Bordeaux, l'INSA/IETR de Rennes, XLIM de Limoges, le Centre de Transfert Technologique CISTEME de Brive la Gaillarde et la société ETSA de Tours. Le projet a commencé en février 2008 et dure 30 mois. Il bénéficie d'une aide ANR de l'ordre de 1 M€ pour un budget de l'ordre de 2 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

L'objectif majeur du projet est de définir une architecture radar adaptée et optimisée pour la détection des personnes ensevelies et de réaliser une expérimentation permettant de prouver la viabilité du concept. Ce projet permettra par conséquent d'asseoir des solutions techniques qui seront les briques de base pour le développement d'un produit répondant aux besoins opérationnels des différents acteurs du sauvetage et permettant de sauver un maximum de vies humaines.

Production scientifique et brevets

Une communication a été soumise au Colloque International RADAR09 qui se déroulera à Bordeaux du 12 au 16 octobre 2009. Une autre communication a été soumise au Workshop Inter-disciplinaire sur la Sécurité Globale (WISG09) organisé par l'Agence Nationale de la Recherche et l'Université de Technologie de Troyes (UTT) le 27 et 28 janvier 2009. Ces communications présentent l'approche théorique, les concepts radars et les choix techniques effectués en vue du développement d'un démonstrateur.

Programme « Apprentissages, connaissances et société », édition 2006

Projet MOBINVENT

Les inventeurs prolifiques : caractéristiques et mobilité. Une étude de leurs brevets sur cinq pays

Mieux connaître les inventeurs prolifiques

Dans les économies modernes les innovations constituent le moteur de la croissance économique. La production de connaissances nouvelles devient cruciale. Bien que ce processus soit collectif, et dépendant des choix passés faits en matière de technologies, de récentes études montrent l'importance des talents de certains individus. Des études statistiques sur la valeur des inventions indiquent que le nombre de brevets déposés dans le passé par ces inventeurs constitue le déterminant principal de leur valeur, plus important que les caractéristiques de leur entreprise. Ce sont les inventeurs prolifiques qui contribuent à la production des inventions de grande valeur que l'étude veut mieux connaître. L'objet de la recherche réalisée sur les cinq grands pays en termes d'activités technologiques (Allemagne, France, Japon, États-Unis, Royaume-Uni) est d'évaluer leur nombre, leurs caractéristiques et leur mobilité professionnelle. Nous posons que leur mobilité inter-entreprises est un moyen d'accroître leur talent et leur capital de connaissances, et donc d'être plus productifs. La mobilité est ainsi vue comme visite de différents réseaux accroissant le stock de connaissances du chercheur. Une attention particulière a été portée à la mobilité internationale.

Mise au point d'une base de données et analyse statistique

Notre hypothèse de travail est que les données de brevets, aujourd'hui de plus en plus utilisées, répondent aux exigences de notre recherche. Chaque brevet déposé donne des informations sur les inventeurs (noms et prénoms) ainsi que leur adresse. Nous utilisons les données de brevet américain de l'US Patent and Trademark Office de 1975 à 2002. Ne renseignant pas sur les inventeurs (à travers un code par exemple permettant de retrouver le même inventeur dans différents brevets déposés sur différentes années), nous avons mis au point une méthode permettant de faire correspondre les noms des inventeurs sur des millions de brevets. On peut croiser nos informations produites sur les inventeurs avec la base de données de citations du National Bureau of Economic Research (NBER) déjà disponible. Le nombre de citations étant un indicateur de valeur du brevet donc très utile pour notre recherche. Une enquête postale complémentaire a été réalisée sur les inventeurs prolifiques français en 2008 visant à mieux connaître leurs réseaux sociaux.

	GB	FR	USA	AIL	JP
Nombre d'inventeurs prolifiques	813	1 157	25 123	5 270	19 418
Ratio du nombre d'inventeurs prolifiques sur le nombre total d'inventeurs (%)	1,32	1,75	2,55	3,77	7,31
Proportion des brevets provenant des inventeurs prolifiques (%)	20,27	34,62	33,72	40,02	66,61
Nombre moyen de brevets des inventeurs	2,34	2,38	2,80	3,49	4,94
Nombre moyen de brevets des inventeurs prolifiques	24,63	26,34	26,96	30,05	31,14

Source : base de données du LEFI.

Le dépôt de brevet des inventeurs prolifiques (brevet américain) et les indices de « prolificness » par pays.

Le projet « MOBINVENT Mobilité des inventeurs, réseaux sociaux de connaissances et performance de l'activité inventive.

Une analyse quantitative sur plusieurs pays » est un projet de recherche fondamentale coordonné par le Laboratoire d'Économie de la Firme et des Institutions (Université Lumière Lyon 2). Le projet a commencé en janvier 2007 et dure 36 mois. Il bénéficie d'une aide ANR de 120 k€ pour un coût total de 516 k€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Nous montrons que le nombre d'inventeurs prolifiques est très différent selon les pays (les cinq plus grands pays en termes d'activités technologiques). Leurs caractéristiques sont également différentes ainsi que l'échelle et l'impact de leur mobilité. Nous définissons deux indices dit de « prolificness » mesurant la place de ces inventeurs (et de leurs inventions) dans chacun de leur système d'innovation. L'effet de la mobilité est analysé par l'estimation des coefficients d'un modèle expliquant la valeur des brevets. Notre recherche montre l'intérêt qu'il y a à étudier de près le « micromarché » du travail et la mobilité d'individus très qualifiés, talentueux, prolifiques. Ce travail réalisé à grande échelle (5 pays) est tout à fait complémentaire d'études plus fines.

Production scientifique et brevets

- C. Le Bas, (2007), "Prolific inventors and their mobility: scale, impact and significance. Towards a theoretical background for prolificness". Conférence GREDEG Nice 2007 14th Juin PowerPoint présentation site du CREDEG: <http://www.gredeg.cnrs.fr/>
- C. Le Bas et al., (2007), "Construction d'une base de données concernant les inventeurs prolifiques (IPLEFI) à partir de données de brevets de l'USPTO". Projet ANR 06-APPR-002-001/Note méthodologique. Version 1. Octobre 2007.
- C. Le Bas, (2008), "Prolific Inventors and their mobility. A quantitative study using US patent data". Communication AEA Conférence. Tokyo 19-20 déc.

Programme « Blanc », édition 2007

Projet MEREV

Mobilités circulaires entre les métropoles Européennes et Reconfigurations des Espaces de Vie

La mobilité : un mode de vie

En Europe, la croissance des mobilités spatiales s'accompagne d'une diversification des motifs de déplacement et de leurs destinations. Parallèlement, de nouveaux comportements émergent, notamment les déplacements fréquents entre métropoles nationales et internationales, que ce soit pour des motifs professionnels ou d'agrément. Très bons révélateurs de nouvelles et originales pratiques spatiales, ces comportements restent toutefois difficiles à saisir dans leur globalité et, a fortiori, à être quantifiés.

Ce projet vise à la fois à caractériser de manière fine les déplacements fréquents entre métropoles européennes et à comprendre comment les mobilités modifient les rapports des sociétés à l'espace. L'approche est d'abord théorique et conduit à réinterroger les concepts dominants des champs de recherche relatifs aux mobilités des populations et à leurs espaces de vie. L'ambition est de montrer comment la mobilité devient une expérience, un style de vie en croisant les différentes dimensions pratiques et symboliques qui sous-tendent une vie mobile. Il s'agit également d'évaluer à quel point le temps de la mobilité spatiale ne serait pas vécu comme une contrainte mais comme un moment privilégié de travail professionnel, de vie sociale ou à l'inverse de repli sur soi. Dans une approche plus empirique, l'enjeu est également de définir les grands types de mobilités du point de vue de leurs espaces-temps. L'analyse de l'enchaînement spatio-temporel des déplacements et celle de la diffusion des pratiques de mobilités au sein du réseau social des personnes mobiles feront l'objet d'une attention particulière et conduiront à une meilleure qualification des composantes de la mobilité.

Populations mobiles et recompositions des espaces métropolitains

L'accroissement, en intensité et en diversité, de la mobilité des personnes rend de plus en plus complexe la compréhension des dynamiques spatiales et des territorialités individuelles et collectives qui les sous-tendent. Une direction particulière de ce projet est de comprendre comment les populations très mobiles sont des acteurs à part entière de la réorganisation des structures métropolitaines. L'impact des mobilités spatiales sur les espaces métropolitains sera abordé autant en termes de pratiques de ces espaces que de représentations qui leur sont associées. En effet, d'une part ces déplacements fréquents engendrent de nouveaux besoins, créent des opportunités, induisent des contraintes de gestion des espaces-temps individuels et collectifs. D'autre part, ces déplacements contribuent à modifier les représentations spatiales que ces

populations mobiles se font de leurs espaces de vie interférant en retour sur leurs transformations. Les personnes très mobiles pratiquent-elles de la même manière les différentes métropoles fréquentées (types de quartiers, modes de déplacements, types d'activités...)? Quelles incidences cela peut-il avoir sur les pratiques et représentations de leur ville de résidence? Au final, quel est l'impact de ces nouveaux comportements sur les dynamiques des centralités intra-métropolitaines? Voilà des questions auxquelles ce projet souhaite répondre.

Le projet « MEREV Mobilités circulaires entre les métropoles Européennes et Reconfigurations des Espaces de Vie » est un projet de recherche fondamentale coordonné par Géographes-cités. Il associe des laboratoires publics : l'UMR Géographie-cités du CNRS et des Universités Paris 1 et Paris 7-Diderot ; l'UMR Migrinter du CNRS et de l'Université de Poitiers ; l'IGEAT de l'Université Libre de Bruxelles. Le projet a commencé en novembre 2007 et dure 36 mois : il bénéficie d'une aide ANR de 290 k€ pour un coût global de l'ordre de 1 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

A cette étape de la recherche, une enquête sur des populations en déplacement a été réalisée dans les aéroports et les gares de cinq villes européennes : quatre d'entre elles – Berlin, Bruxelles, Paris et Londres – font partie du réseau urbain de l'Europe du nord-ouest ; la cinquième – Lisbonne – est une capitale de l'Europe du sud. Au total, 2 500 personnes ont été interrogées sur leurs pratiques de déplacements durant les douze derniers mois. Le premier résultat attendu est la caractérisation de la diversité des formes de mobilité et une meilleure connaissance des effets de contexte. Ces résultats feront l'objet de plusieurs publications dans des revues spécialisées.

La prochaine étape est de croiser ces formes et ces facteurs de mobilités avec les pratiques et les représentations spatiales des individus par rapport à leurs espaces de vie. Le projet s'appuiera sur un ensemble d'outils classiquement utilisés dans les analyses effectuées à l'échelon individuel ; toutefois un des enjeux majeurs du projet est le développement plus avant de méthodes spécifiques de l'analyse des représentations, notamment celles de la cartographie cognitive, à partir de la reconstitution des lieux fréquentés et d'itinéraires parcourus, et du recueil d'images et de mots qualifiant ces lieux et ces parcours.

Programme « Migrations Internationales et Développement : une analyse à partir de Données Appariées migrants-familles d'origine », édition 2007

Projet MIDDAS

Pour une meilleure compréhension des stratégies individuelles et collectives à l'origine de la migration sénégalaise

Le contexte du projet

L'augmentation du nombre de migrants internationaux dans le monde et celle concomitante des transferts migratoires font l'objet d'une attention grandissante de la part des institutions internationales et des gouvernements nationaux du Nord comme du Sud. Les facteurs d'intensification des flux migratoires et le rôle de la mobilité humaine en tant que facteur de transmission du développement demeurent néanmoins assez mal connus. Ce projet vise à améliorer l'état des connaissances sur les liens entre migration, transferts et développement à partir de l'exemple du Sénégal. Longtemps pays d'immigration, notamment pour les ressortissants des pays voisins, le Sénégal est aujourd'hui à la fois un pays de transit pour certains migrants en provenance de la sous région et un pays d'émigration. En outre, les bassins d'émigration à l'intérieur du Sénégal tout comme les pays de destination des émigrants sénégalais se sont fortement diversifiés depuis une quinzaine d'années. La question des déterminants de la migration et du choix de la destination migratoire paraît donc particulièrement pertinente dans le cas de ce pays. L'apport financier des migrants est quant à lui considérable si on le rapporte aux agrégats macro-économiques du pays. Une analyse fine des motivations des migrants à envoyer des fonds et de l'utilisation de cette manne financière par les familles qui en bénéficient devrait apporter un éclairage sur les liens entre migration, transferts et développement.

L'originalité du projet: une approche comparative et transnationale

Les travaux consacrés à l'analyse des comportements migratoires et/ou des liens qu'entretiennent les migrants avec leur pays d'origine mobilisent soit des données collectées auprès de migrants, soit des données collectées auprès des familles d'origine, mais jamais des données appariées. L'ambition du projet est de conduire ces analyses à partir de données collectées auprès de migrants sénégalais et de leurs familles d'origine au Sénégal. De telles données présentent plusieurs avantages. Elles permettent par exemple d'entrevoir les décalages pouvant exister entre les perceptions des migrants et celles de leurs familles d'origine sur leur situation socio-économique respective, l'importance relative et l'utilisation des transferts, etc. Elles permettent aussi de mesurer l'asymétrie informationnelle entre les migrants et leurs familles d'origine et de voir, le cas échéant, comment les uns et les autres y pallient, en usent, etc. Le projet a une autre ambition, qui tient à sa dimension comparative. En se proposant d'enquêter des mi-

grants sénégalais résidant en France, en Italie, en Espagne, en Guinée et en Mauritanie, il devrait en effet permettre de cerner les contours de pratiques migratoires bien distinctes et d'établir un diagnostic sur l'impact de la migration en fonction du parcours et des conditions d'insertion des migrants.

Le projet « MIDDAS Migrations Internationales et Développement: une analyse à partir de Données Appariées migrants-familles d'origine » est un projet de recherche fondamentale coordonné par Flore Gubert, économiste à l'IRD. Il associe des chercheurs de l'IRD (DIAL), l'INRA (LEA) et l'IPDSR (Dakar, Sénégal). Des conventions sont en cours de signature avec FIERI (Turin, Italie) et la Fundació Gadeso (Espagne). Le projet a démarré en janvier 2008, pour une durée de 36 mois. Il bénéficie d'une aide ANR de 120 k€ pour un coût global de l'ordre de 522 k€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Les données qui seront collectées dans le cadre du projet alimenteront un programme de recherche se composant de plusieurs axes de travail :

- Axe 1 : Déterminants de la migration, choix de la destination migratoire et rôle des réseaux familiaux et communautaires
- Axe 2 : Comportement de transferts des migrants sénégalais
- Axe 3 : Impact de la migration et des transferts sur les familles d'origine (comportement d'épargne et d'investissement des migrants ; impact des transferts sur le mode de vie des récipiendaires (consommation, logement, santé, etc.) ; impact de la migration et des transferts sur les choix d'activité des ménages, etc.).

Deux articles ont d'ores et déjà été rédigés sur ces thèmes à partir des données de l'enquête PSF et présentés à plusieurs reprises lors de conférences scientifiques.

Programme « Biodiversité », édition 2005

Projet MOBILITE

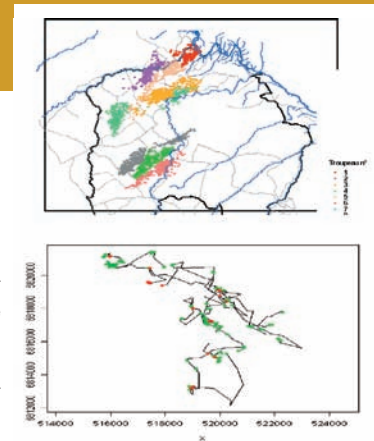
Des GPS embarqués pour comprendre les déplacements des grands mammifères

Comprendre les stratégies de déplacement de la grande faune

Caractériser et comprendre les déplacements de la faune apportent des informations clés pour mieux conserver et gérer les populations et leurs habitats. En effet, la distribution spatio-temporelle de la grande faune est le résultat d'une somme de déplacements individuels ou collectifs, lesquels sont pilotés par des mobiles propres à l'individu ou au groupe. Ils expriment ainsi leurs besoins vitaux et comment y répondre en fonction des caractéristiques de leur environnement. Les animaux adaptent en outre leur stratégie de déplacement à des espaces d'hétérogénéité variable. Le projet vise à concevoir et à valider des outils génériques pour caractériser les déplacements à différentes échelles, depuis le trajet parcouru en moins d'une heure jusqu'au domaine vital saisonnier ou annuel. Il a également pour objectif d'identifier les variables explicatives de cette mobilité et donc de la distribution des animaux. Deux modèles complémentaires sont étudiés, le buffle en Afrique sahélienne (parc régional du W) et l'ours brun en Europe (Suède et France). Des individus sont équipés d'un GPS qui enregistre avec précision, pendant des mois et à une fréquence élevée, les localisations successives de l'animal.

Identifier des types de déplacements et les corrélés avec des caractéristiques des animaux suivis ou des espaces utilisés

Grâce aux GPS posés sur environ 20 buffles et 50 ours, le projet dispose d'un nombre élevé de données de localisations collectées à des fréquences variant de 8 à 288 points/jour, permettant ainsi de reconstruire avec précision des trajets individuels. Pour utiliser ces trajets dans la caractérisation des déplacements, le projet travaille sur différentes façons de les segmenter en unités homogènes comparables et mesurables à partir de critères tels que vitesse ou distance entre deux points, sinuosité, stationnarité ou temps de résidence autour d'un point. Quelle que soit l'échelle retenue, cette approche permet d'identifier des types de déplacement sur des critères dérivés du comportement de l'animal. Pour donner une signification biologique à ces trajets, ils sont ensuite corrélés à des informations localisées dans le temps et l'espace sur l'état du milieu ou des populations suivies : pluviométrie, végétation, eau, feux, pression humaine, topographie, âge, sexe, niveau de stress, charge parasitaire. Le projet fait appel à des techniques d'analyse biologique, à la télédétection et à la modélisation.



Les données de localisation (GPS) permettent d'étudier la mobilité à l'échelle du domaine vital (ex : le buffle africain en haut) ou du trajet journalier (ex : l'ours brun en bas).

Le projet « Mobilité, hétérogénéité spatiale et mobilité de la grande faune » est un projet de recherche en écologie pour la gestion et conservation de la faune coordonné par le CIRAD (UR 22). Il associe des équipes de l'INRA (UR 35), du CNRS et des universités de Lyon 1 et Montpellier II (UMR 5558, UMR 5554, UMR 5175). Le projet a débuté en janvier 2006 pour une durée de 48 mois. L'aide de l'ANR s'élève à 360 k€ pour un coût total de 1,7 M€.

IMPACTS

Résultats majeurs

Des méthodes de caractérisation des déplacements, ont été mises au point notamment pour leur segmentation en entités homogènes. Des trajets de type « interpatch » et « patch », selon qu'ils sont plutôt linéaires et orientés ou sinueux sur un espace réduit ont été identifiés chez les ours, en liaison avec des facteurs tels que la température, la distribution de nourriture ou le statut reproducteur. Les déplacements du buffle sont segmentés sur la base de la distance à un point d'origine commun, débouchant sur l'identification fine de domaines vitaux qui sont bien délimités (limites d'un bassin versant), tout en ne recouvrant pas ou peu ceux du voisin. Comme l'ours, le buffle se déplace dans son domaine en fonction de facteurs (eau, végétation feux) dont l'importance évolue dans le temps.

Production scientifique et brevets

16 publications scientifiques sont prévues dont 6 déjà acceptées et 3 soumises. Deux thèses seront soutenues (2009 et 2010) et deux mémoires de master II déjà réalisés. Les gestionnaires des parcs et de la faune sont associés à la réalisation du projet et sont tenus au courant des avancées et des résultats.

Programme « Vulnérabilité », édition 2007

Projet IPSOS SEAL

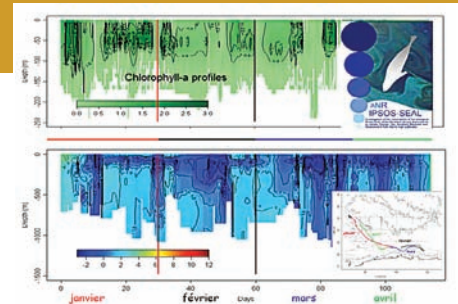
Eléphants de mer océanographes : mesures des variations spatio-temporelles du phytoplancton

Le manque de mesures in situ de concentration en phytoplancton

La productivité biologique de l'Océan Austral est largement contrôlée par des processus physiques d'une grande complexité. De gros efforts visent à modéliser ces processus afin de prévoir la réponse de cet océan aux changements climatiques. Pour cela, une bonne évaluation de la distribution et du niveau de production primaire est nécessaire. La mesure spatiale de la couleur de l'océan fournit une vision synoptique de la distribution de surface en chlorophylle. Cependant seule l'obtention de profils de fluorescence permet d'intégrer cette grandeur sur l'ensemble de la colonne d'eau et d'identifier les couches de maximum de sub-surface. Cependant l'importante couverture nuageuse et la présence de banquise réduisent considérablement les mesures satellitaires et très peu de profils de fluorescence sont obtenus. Cette absence de données limite notre compréhension de processus clés à l'échelle de l'Océan Austral. En déployant sur les éléphants de mer une nouvelle génération de balises Argos développée en partenariat avec le Sea Mammal Research Unit enregistrant simultanément des profils de température, de salinité et de fluorescence nous pouvons évaluer les variations spatio-temporelles des concentrations de phytoplancton pour vastes secteurs de cet océan.

Evaluer les variations à court et moyen terme de la productivité primaire de l'océan Austral

Ce programme vise à évaluer comment les anomalies du système climat-océan affectent les variations de la production primaire de l'océan austral et les performances de pêche des éléphants de mer. Les profils de fluorescence combinés aux données satellitaires seront utilisés pour reconstruire les champs de chlorophylle. En utilisant les rapports isotopiques du carbone (^{13}C) et d'azote (^{15}N) comme indicateurs des sites d'alimentations et des proies consommées nous évaluons si les variations de la productivité des habitats affectent le succès de pêche, le régime alimentaire et/ou la reproduction des éléphants de mer. En effectuant ces mesures au niveau des stries dentaires annuelles, nous estimons la fidélité v.s. la flexibilité des individus vis-à-vis de leur site d'alimentation et régime alimentaire. Les changements décennaux de distribution des éléphants de mer et de productivité des zones visitées sont abordés en reconstruisant des séries temporelles en ^{13}C , ^{15}N et éléments traces à partir de dents collectées de 1950 à nos jours. Nous vérifierons ainsi si la diminution de la population de Kerguelen entre 1970 et 1985 était concomitante à un changement de la productivité de ce secteur de l'Océan Austral.



Interpolation des profils en chlorophylle obtenus sur les 250 premiers m (en haut en vert) et en température obtenus sur la totalité de la profondeur de plongée (en bleu en bas) le long d'un trajet aller retour effectué par une jeune femelle éléphant de mer entre Kerguelen et le continent Antarctique (cadre du bas).

Le projet « IPSOS SEAL Investigation of the vulnerability of the productivity of the Southern Ocean Subsystems to climate change: the Southern Elephant seal assessment from mid to high latitudes »

est un projet de recherche fondamentale à l'interface entre l'écologie et l'océanographie biologique coordonné par le CEBC-CNRS. Il associe des chercheurs des stations marines de Banyuls et Villefranche sur mer, l'université de Montpellier et Paris VI (LOCEAN), l'INRA d'Avignon. Le projet a débuté au mois de février 2008 pour une durée de 48 mois. Il bénéficie d'une aide de l'ANR de 617 k€ pour un coût global de 1,7 M€. Les autres grands partenaires de ce programme sont le CNES, l'Institut Polaire et la fondation Total.

IMPACTS

Résultats majeurs

Les premiers résultats marquants du projet sont : 1) d'avoir permis d'assurer le développement d'un mini-fluorimètre par la société Brestoise Micromodule ; 2) l'obtention de séries continues de profils de fluorescence par les éléphants de mer révélant l'importance des conditions de température et salinité (densité) sur la distribution du phytoplancton. Du fait de l'importance de la couverture nuageuse, seul 6 % des profils obtenus peuvent être associés à des mesures satellitaires à l'échelle de la journée soulignant la contribution de cette approche pour l'observation de l'océan austral ; 3) les analyses isotopiques combinées aux trajets des éléphants de mer révèlent la différenciation de l'écologie alimentaire de ces animaux en fonction de leur âge et sexe tout en permettant d'évaluer la proportion d'individus se répartissant entre les principaux habitats de pêche.

Production scientifique et brevets

La partie isotopique de ce programme a fait l'objet de deux publications en 2008, l'une dans MEPS et l'autre dans Marine Biology une troisième combinant les résultats sur les trajets en mer et les données isotopiques sera soumise prochainement. Parallèlement, deux documentaires de 52 minutes et 26 minutes ont été coproduits par CNRS Image et Bonne Pioche.

Notes:

Notes:

Création : Sally Lewis

Réalisation : Navis

Imprimé en juin 2009
par l'imprimerie Champagnac

Dépôt légal à parution
ISSN en cours

AGENCE NATIONALE DE LA RECHERCHE
ANR

212 rue de Bercy - 75012 Paris
Tél. : +33 (0)1 78 09 80 00
www.agence-nationale-recherche.fr



« Au service de la science et de la technologie, l'ANR apporte sa pierre à l'édifice des connaissances et des innovations afin de répondre aux besoins de notre société.

Les Cahiers de l'ANR devraient permettre au plus grand nombre d'appréhender les actions de recherche soutenues par l'ANR sur des sujets essentiels pour notre futur. »

Jacqueline Lecourtier,
Directeur général de l'ANR

mobilité et ubiquité : vers le nomadisme numérique

Le déplacement de l'homme est facilité par l'essor des STIC (Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication). Une nouvelle dimension apparaît : celle d'un nomadisme numérique. Les STIC sont en mesure de se substituer aux déplacements humains de toute sorte. La technologie donne à l'homme une capacité ubiquitaire. L'homme peut intervenir à distance sans être présent en un lieu précis.

Les enjeux d'une société « mobile », et « toujours en ligne », sont multiples. Ils posent notamment la question des réseaux de télécommunications nécessaires dans le futur. Ils concernent la mobilité des personnes et se situent, par exemple, dans les champs des transports intelligents ou de l'aide aux handicapés. Ils ont trait aux nouveaux liens sociaux et communicationnels impulsés par les réseaux sociaux, les mondes virtuels... Ils touchent le cœur de la dimension humaine avec les problématiques de sécurité, de santé ou d'environnement.

www.agence-nationale-recherche.fr

AGENCE NATIONALE DE LA RECHERCHE
ANR

