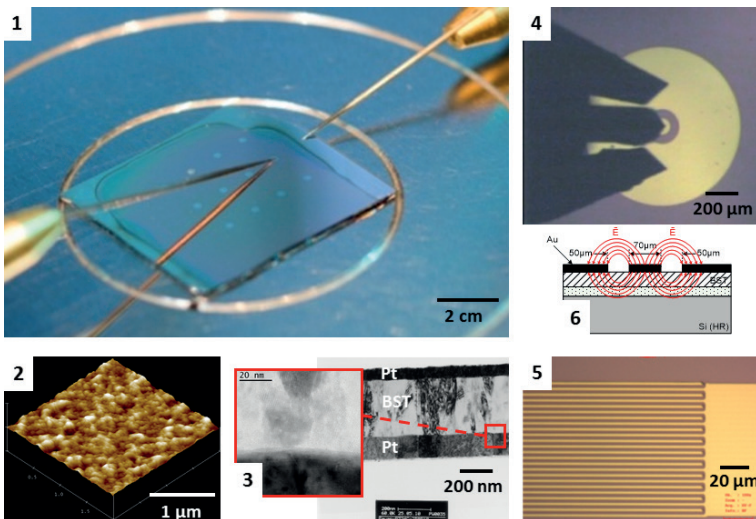


# ADVANCED BST BASED SYSTEM

## ABSYS



© 1• Mario Maglione / ICMCB - 2• Anthony Rousseau / ICMCB  
 3• Patrick Weisbecker / LCTS - 4• Heba El Sharaawi / LAAS  
 5• Heba El Sharaawi / LAAS - 6• Heba El Sharaawi / LAAS

▶ Le matériau fonctionnel BST ( $Ba,SrTiO_3$ ) est intégré sous forme de couche mince sur des substrats de silicium. Les propriétés diélectriques de l'empilement sont mesurées (1), en configuration condensateur MIM métal/isolant/métal, et optimisées en jouant sur la structure, l'état de surface (2), la microstructure et les interfaces (3). Les propriétés radiofréquences (RF) intrinsèques du matériau fonctionnel sont ensuite déterminées en utilisant des designs adaptés, comme les structures MIM RF (4) ou interdigitées (5). Chaque empilement est modélisé pour prendre en compte la pénétration des lignes de champ électrique (6) dans tous les matériaux.

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet ABSYS est un projet de recherche fondamentale, financé dans le cadre de l'AAP ANR BLANC 2008, coordonné par l'ICMCB (Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux). Il associe le LAAS (Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes). Le projet a commencé en janvier 2009 pour 42 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 368 K€, pour un coût global de 982 K€.

### Contact :

▶ Sandrine PAYAN,  
 ICMCB,  
 sandrine.payan@u-bordeaux.fr

## POURQUOI ?

Dans le domaine de l'électronique embarquée et de la téléphonie mobile, l'introduction de liaisons RF sans fils permet de diminuer le poids des équipements, de simplifier leurs installations, ou de donner la possibilité de nouveaux services.

Des solutions technologiques sont possibles, avec des inconvénients en termes de linéarité ou d'intégrabilité. Une alternative est l'utilisation de matériaux ferroélectriques accordables, dont la capacité peut être ajustée à la demande permettant la reconfiguration des circuits en temps réel. Le challenge concerne l'intégration des empilements, qui impose une optimisation des états de surface, du design et des matériaux fonctionnels et d'électrodes.

## COMMENT ?

L'utilisation de matériaux ferroélectriques accordables type BST ( $Ba,SrTiO_3$ ), directement intégrés dans les circuits, est la solution proposée, avec un axe fort sur l'optimisation de la qualité structurale et microstructurale des couches minces fonctionnelles, des électrodes et des couches d'interphases. Une méthode innovante de fabrication des dispositifs RF a été développée pour travailler sur des substrats de petites dimensions. Le projet initialement axé sur deux types de substrats a été étendu à une gamme complexe d'empilements afin de garantir une recherche exhaustive du meilleur assemblage pour déterminer les propriétés intrinsèques du matériau ferroélectrique BST.

## RÉSULTATS MAJEURS

Ce projet a apporté des avancées dans la connaissance des propriétés RF intrinsèques du matériau BST, en corrélant mesures RF et caractérisations structurale, microstructurale et chimique. Ainsi la microstructure du BST modifie de près de 50% sa réponse selon la direction de sollicitation électromagnétique et des matériaux d'interphase ont été identifiés, qui permettent de confiner l'onde dans la couche mince lors de l'application d'un champ électrique.

STMICROELECTRONICS s'est intéressé à ces travaux, initiant un partenariat dans le cadre d'un projet ANR VERSO en 2011 (projet ABSYS2), pour appliquer ces résultats et les élargir au travail sur le design des composants.

## PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

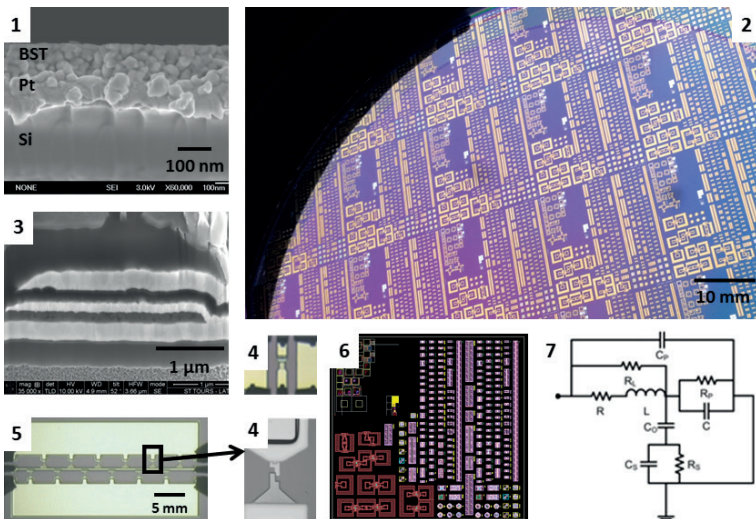
- ▶ El-Shaarawy H.B, Pacchini S., Ouagague B., Payan S., Rousseau A., Maglione M., Plana R., Material Research Society, Vol 1256, 2010
- ▶ Ouagague B., El-Shaarawy H.B, Pacchini S., Payan S., Rousseau A., Maglione M., Plana R., Proceedings of APMC, décembre 2010
- ▶ Payan S., Rousseau A., Pacchini S., El-Shaarawy H., Ouagague B., Maglione M., Plana R., ISIF, juin 2010
- ▶ Article de vulgarisation dans le cadre de l'année internationale de la chimie, 2011

Des besoins forts en dispositifs reconfigurables innovants

Une association fructueuse entre chercheurs en matériau et microélectronique

# ADVANCED BST BASED SYSTEM : NEW RF DESIGN

## ABSYS2



© 1 • Sandrine Payan / ICMCB - 2 • Sandrine Payan / ICMCB  
 3 • Guillaume Guégan / STMicroelectronics - 4 • Rosa De Paolis / LAAS  
 5 • Rosa De Paolis / LAAS - 6 • Rosa De Paolis / LAAS - 7 • Rosa De Paolis / LAAS

► De la couche mince aux composants : la couche mince fonctionnelle de titanate de baryum et strontium (1) est intégrée sur un substrat de silicium 6 pouces (2) selon un procédé industriel. 10 niveaux de masques sont nécessaires pour fabriquer les empilements (3), et selon les designs proposés, les différents composants (capacités (4), filtres, déphaseurs (5), qui sont rassemblés sur une puce (6) de 22x22 mm<sup>2</sup>. Les propriétés électriques effectives et intrinsèques sont extraites grâce à des circuits équivalents rigoureux (7).

### POURQUOI ?

La miniaturisation et la reconfigurabilité des composants électroniques permet d'accroître le débit, la compacité, le rendement en consommation, pour les dispositifs sans fil (ex : téléphones portables). Pour répondre aux enjeux stratégiques de ce marché, les efforts s'orientent vers l'intégration par un design innovant de matériaux intelligents, dont les propriétés sont ajustables à la demande.

Les avancées technologiques sont en rupture avec l'état de l'art pour améliorer les performances, en jouant sur l'ingénierie des interfaces et des matériaux et optimisant les designs des architectures innovantes, et pour développer un procédé industriel économe, compatible avec la filière silicium.

### COMMENT ?

Pour réaliser ces composants passifs accordables de haute performance, une rupture technologique a dû être proposée sur plusieurs fronts : matériaux, design, filière industrielle. L'association entre STMicroelectronics et des chercheurs en science des matériaux (ICMCB) et en microélectronique (LAAS) a permis de lever des verrous technologiques et scientifiques pour mener à bien le projet et répondre aux cahiers des charges : optimisation du dopage et de la microstructure des matériaux fonctionnels (Ba,SrTiO<sub>3</sub>), design innovant des électrodes et de l'empilement, développement industriel du procédé de fabrication sur substrat 6 pouces et nouveaux modèles d'extraction des propriétés électriques.

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet ABSYS2 est un projet de recherche industrielle, financé dans le cadre de l'AAP ANR VERSO 2010, coordonné par l'ICMCB (Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux). Il associe STMicroelectronics, ainsi que le LAAS (Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes). Le projet a commencé en janvier 2011 pour 42 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 827 K€, pour un coût global de 1,9 M€.

### Contact :

► Sandrine PAYAN,  
 ICMCB,  
 sandrine.payan@u-bordeaux.fr

### RÉSULTATS MAJEURS

Les architectures de différents composants ont été dessinées, selon des topologies classiques qui emploient des capacités parallèle ou série basées sur 2 matériaux fonctionnels de nature chimique différente et optimisée. Un nouveau schéma d'intégration a été développé pour pallier les problèmes inhérents à l'empilement de plusieurs matériaux gravés sur plus de 10 niveaux de masques et sur substrat de silicium 6 pouces.

Les capacités produites présentent une très bonne accordabilité et de faibles pertes diélectriques. De plus, les déphaseurs et surtout les filtres ont des propriétés inédites par rapport aux composants équivalents reportés dans le monde industriel ou académique.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

- Levasseur D., Bouyssou E., De Paolis R., Rousseau A., Coccetti F., Guegan G., Payan S., Maglione M., Journal of Physics: Condensed Matter, <http://iopscience.iop.org/0953-8984/25/49/495901/>
- De Paolis R., Payan S., Maglione M., Guegan G., Coccetti F., IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques, 63, 8, Aug 2015, 2570-2578
- De Paolis R., Payan S., Maglione M., Guegan G., Coccetti F., proceedings of European Microwave Conference (EuMW), 2013 et 2014

Jouer avec le design et les matériaux pour améliorer les téléphones portables

Une synergie entre industriels et chercheurs en matériau et microélectronique

# SERVICES MULTIMÉDIAS POUR L'AIDE AU MAINTIEN DU LIEN SOCIAL DES PERSONNES ÂGÉES

## AMALYS



► Portail Amalys sur la télévision.

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet AMALYS est un projet de valorisation, financé dans le cadre du Programme ANR Emergence 2010, coordonné par le laboratoire IHSEV de Télécom Bretagne (Institut Mines Télécom). Il associe Télécom Bretagne Valorisation transfert. Le projet a commencé en avril 2011 et a duré 30 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 206 K€ pour un coût global de 300 K€.

### Contact :

► **André THÉPAUT**,  
(INSTITUT MINES-TELECOM / Télécom Bretagne)  
andre.thepaut@telecom-bretagne.eu

### Site web :

► <http://departements.telecom-bretagne.eu/info/recherche/ihsev/>

© Société Elderis

## POURQUOI ?

L'augmentation significative de l'espérance de vie conduit à se préoccuper de plus en plus de la qualité de vie des personnes âgées. Il y a un lien fort entre vieillissement et sentiment de solitude. Amalys vise à renforcer le maintien du lien social chez les personnes âgées, qu'elles vivent en institution ou à domicile.

Pour les territoires, outre les créations d'emplois induites, l'émergence de nouveaux types de service facilite l'assistance à domicile de personnes âgées et peut aider ensuite le passage du domicile à la maison de retraite par le maintien d'un contact extérieur avec leur entourage. De plus, ces services valorisent le métier d'aide à la personne.

## COMMENT ?

Amalys offre des services d'aide par l'image via le média privilégié aujourd'hui par les personnes âgées : la télévision. Il favorise le renforcement des liens intergénérationnels par le maintien des réseaux affectifs des seniors.

Grâce à des développements technologiques élaborés autour d'un décodeur de télévision numérique opérant en simultané de la réception de programmes TNT, des services de type Web et de téléphonie, Amalys offre des services personnalisables et intégrés dans le quotidien des personnes fragiles (articles de quotidiens locaux, partages de photos, visiophonie, etc.) et des aidants (agenda partagé, etc.).

**Favoriser les liens sociaux des personnes âgées**

**Renforcer les liens intergénérationnels grâce à la télévision Amalys**

## RÉSULTATS MAJEURS

Elderis, jeune entreprise innovante, a été créée à l'issue d'une phase d'incubation à Télécom Bretagne. Le projet Amalys a permis de conforter la position de Télécom Bretagne comme acteur clé de la recherche sur la silver économie. Dans le cadre du plan quadriennal du Lab-STICC (UMR CNRS 3192) il a été décidé de fédérer la recherche académique de plusieurs laboratoires bretons autour de l'assistance à la personne via une action inter-pôles baptisée HAAL (*Human Ambient Assisted Living*) coordonnée par André Thépaut. Le laboratoire Experiment'HAAL a été labellisé Living Lab dans le cadre du Forum des Living Labs en Santé et Autonomie.

## PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

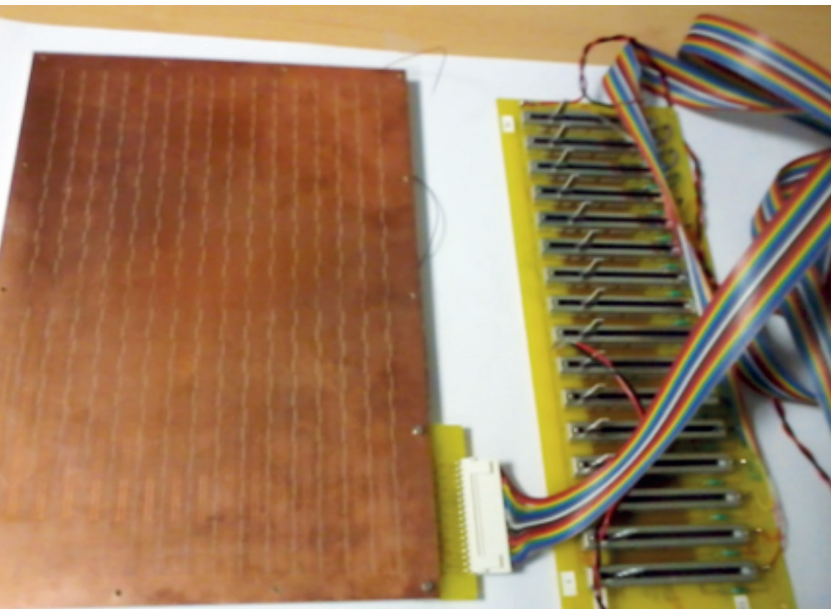
La publication suivante, qui résume le projet Amalys et en présente ses résultats, a été publiée dans le numéro d'avril 2013 de la revue de gériatrie, qui est la référence française dans le domaine.

A. Thépaut, J. Kerdreux, C. Lohr, MT Segarra, G. Yclon, J-J Hennin, T. Boussaha "AMALYS : Services multimédias pour l'Aide au MAintien du Lien Social", La revue de GÉRIATRIE, Tome 38, n°4 avril 2013, PP267-272

Plus d'infos : [http://departements.telecom-bretagne.eu/info/recherche/ihsev/les\\_medias](http://departements.telecom-bretagne.eu/info/recherche/ihsev/les_medias)

# ANTENNE MOBILE ÉMISSION RÉCEPTION COMPACTE POUR LIAISON SATELLITE

## AMORCE



© Projet ANR AMORCE

► Antenne active à dépointage électronique de faisceau (prototype intermédiaire)

### POURQUOI ?

Dans les moyens de transport collectif (trains, bus, etc.), les besoins en connexions à un service Internet à large bande sont croissants. Pour établir ces nouveaux services avec une excellente qualité de service, il est indispensable de disposer de terminaux satellites à haute performance, bas coût, de faibles dimensions, fonctionnant en bande Ku ou en bande Ka. L'objectif majeur de AMORCE est de proposer une nouvelle plateforme antennaire très compacte dans le sens de la hauteur, simple à mettre en œuvre, à relativement faible coût, et permettant d'assurer un suivi du satellite en bande Ku.

### COMMENT ?

Une architecture antennaire spécifique a été développée sur la base de spécifications et d'expressions de besoins définies par Thales Alenia Space et Innovative Business Partners. Les antennes multicouches ultraplates combinées à une amplification de puissance répartie ont été développées par l'IETR et le Lab-STICC. De nombreux essais intermédiaires (circuits et antennes) ont été nécessaires pour valider les méthodes de simulation et de modélisation et pour qualifier les technologies utilisées (SIW – substrate integrated waveguide). Une plateforme mécatronique très fine et des algorithmes de contrôle et de pointage associés au système ont été développés par IXBlue.

**Antenne  
ultra-platte,  
balayage  
mécanique  
en azimut et  
électronique  
en élévation**

**Démonstration  
expérimentale de  
plusieurs preuves  
de concept**

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet AMORCE est un projet de recherche fondamentale, financé dans le cadre de l'AAP ANR VERSO 2010, coordonné par R. Sauleau, professeur à l'IETR ([www.ietr.fr](http://www.ietr.fr)). Il associe également le laboratoire Lab-STIC, IXBlue, Thales Alenia Space et Innovative Business Partners. Le projet a commencé en mars 2011 et a duré 47 mois. Il a bénéficié d'une aide de l'ANR de 810 K€ pour un coût complet de 1,86 M€.

### Contact :

► **Ronan SAULEAU**,  
IETR - UMR CNRS 6164,  
Université de Rennes 1, Rennes  
[Ronan.Sauleau@univ-rennes1.fr](mailto:Ronan.Sauleau@univ-rennes1.fr)  
Page personnelle : <http://www.ietr.fr/ronan.sauleau.html>

### Site web :

► [www.anr-amorce](http://www.anr-amorce)

### RÉSULTATS MAJEURS

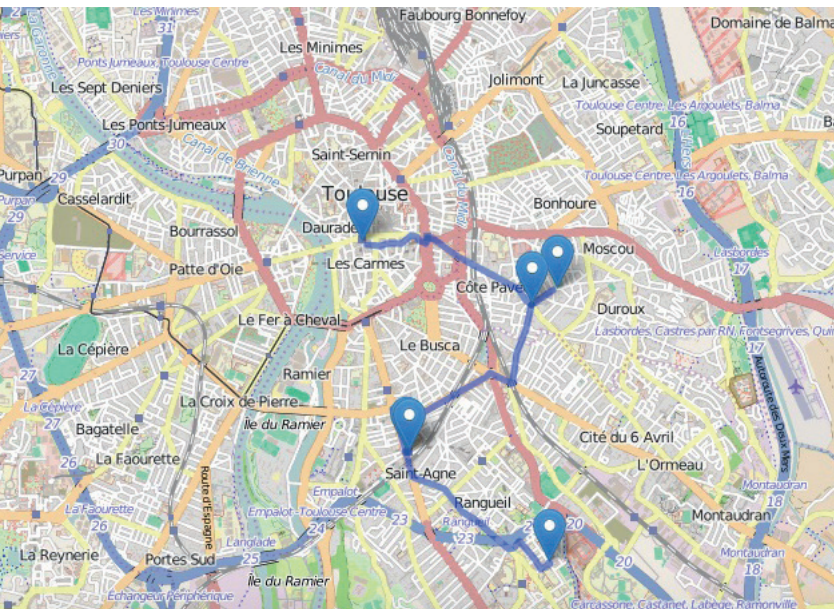
- Conception et validation de circuits formateurs de faisceaux passifs et actifs en technologie PCB ;
- Conception et validation d'antennes passives et actives en technologie PCB / SIW (*substrate integrated waveguide*) ;
- Conception d'une plate-forme mécatronique et d'un dissipateur thermique ultra-plat ;
- Conception et validation de circuits formateurs de faisceaux quasi-optiques.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

- M. Casaletti, R. Sauleau, S. Maci, M. Ettore, IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques, vol. 60, n°10, pp. 2979-2989, Oct. 2012
- M. Casaletti, G. Valerio, J. Seljan, M. Ettore, R. Sauleau, IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 61, n°11, pp. 5575-5588, Nov. 2013
- G. Valerio, M. Casaletti, J. Seljan, R. Sauleau, M. Albani, IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 61, n°12, pp. 6084-6093, Déc. 2013
- K. Tekkouk, M. Ettore, L. Le Coq, R. Sauleau, IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 64, n°2, pp. 504-514, Fév. 2016.

# ARCHITECTURE POUR LES SYSTÈMES RÉSILIENTS MOBILES ET UBIQUITAIRES

## AMORES



► Une des applications du projet AMORES concerne le calcul d'itinéraires de co-voiturage respectueux de la vie privée. Capture d'écran sur OpenStreetMap © les contributeurs d'OpenStreetMap.

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet AMORES est un projet de recherche coopératif, financé dans le cadre de l'AAP ANR INS 2011, coordonné par le LAAS-CNRS. Il associe la société MobiGIS, ainsi que Tisséo, l'IRISA et Supélec Rennes. Il a commencé en octobre 2011 et a duré 48 mois. Il a bénéficié d'une aide de l'ANR de 650 K€ pour un coût global de 2,2 M€.

#### Contact :

► **Marc-Olivier Killijian**,  
LAAS-CNRS,  
marco.killijian@laas.fr

#### Site web :

► <http://www.amores-project.org>

© CC-BY-SA Marc-Olivier Killijian.

### POURQUOI ?

Le monde ubiquitaire dans lequel nous vivons est caractérisé à la fois par une mobilité forte des individus et par le fait que ces individus sont souvent porteurs d'appareils capables de se géolocaliser (smartphone, etc.). Cependant, la plupart des systèmes de transport actuels utilisent très peu les possibilités offertes par ces dispositifs pour améliorer la mobilité des usagers ou pour fournir de nouveaux modes de transport. AMORES, construit autour de trois applications ayant trait à la mobilité a pour objectif principal de définir les primitives de communication permettant de fournir les services géolocalisés requis tout en assurant le respect de la vie privée.

### COMMENT ?

Le projet AMORES a défini des primitives de communications qui permettent de fournir des services géolocalisés respectueux de la vie privée. Ces primitives permettent par exemple de garantir la position géographique d'une entité tout en assurant son anonymat, de communiquer dans un réseau adhoc de façon anonyme, ou encore d'assurer une coopération saine entre les entités, etc. L'ensemble de ces briques logicielles novatrices permet de fournir, par exemple, un service de covoiturage dynamique respectueux de la vie privée de ses usagers.

### RÉSULTATS MAJEURS

Dans le cadre du projet, nous avons conçu un intergiciel complet qui permet de concevoir des services géolocalisés coopératifs respectueux de la vie privée à partir de briques essentielles (routage adhoc anonyme, preuves de localisations, mécanismes de gestion de la confiance, etc.).

Les travaux issus du projet ont également permis d'entamer de nouvelles coopérations autour de l'anonymisation des traces individuelles de mobilité avec un grand opérateur de téléphonie mobile, ainsi qu'autour de la sécurisation des échanges entre grandes entreprises et sous-traitants avec des partenaires du monde aéronautique.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

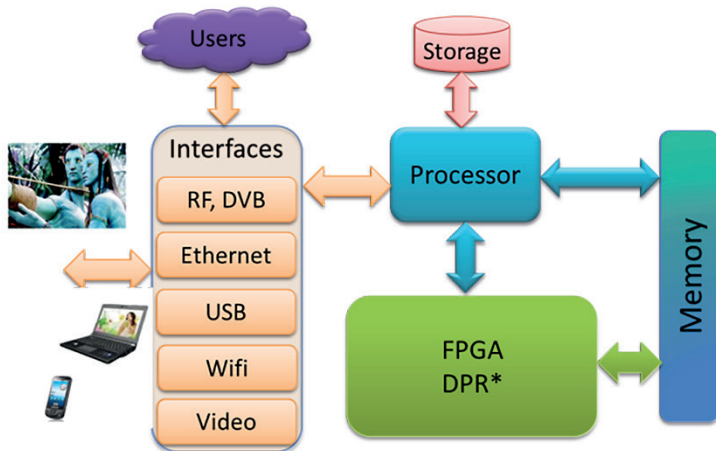
- E. Anceaume, G. Guette, P. Lajoie-Mazenc, N. Prigent and V. Viet Triem Tong, A Privacy-Preserving Distributed Reputation System, 2013 IEEE ICC
- M.O. Killijian, M. Roy, G. Trédan and C. Zanon. SOUK: Social Observation of hUman Kinetics, UbiComp 2013
- C. Li, M. Hurfin, and Y. Wang. Brief Announcement: Reaching Approximate Byzantine Consensus in Partially-Connected Mobile Networks, DISC 2012

**AMORES favorise  
des moyens de  
transports partagés  
pour réduire  
l'émission de CO<sub>2</sub>**

**AMORES :  
des services  
géolocalisés  
respectueux  
de la vie privée**

# ARCHITECTURE RECONFIGURABLE DYNAMIQUEMENT ET MÉTHODOLOGIE POUR L'AUTOADAPTATION

## ARDMAHN



\* Dynamic Partial Reconfiguration Capability

► Architecture matérielle de la plateforme ARDMAHN.

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

ARDMAHN est un projet de recherche industriel, financé dans le cadre de l'AAP ANR ARPEGE de 2009 coordonné par l'IJL (univ. Lorraine). Il associe Thomson Video Networks, Viotech communications ainsi que les laboratoires Labri, IMS (Univ. Bordeaux) et Le LEAT (Sophia Antipolis). Le projet a commencé le 1<sup>er</sup> octobre 2010 et a duré 42 mois. Il a bénéficié d'une aide de 997 513 € pour un coût global de 2 929 393 €.

#### Contact :

► **WEBER Serge**,  
Institut Jean Lamour, Université de Lorraine,  
serge.weber@univ-lorraine.fr

© Serge Weber / Institut Jean Lamour

### POURQUOI ?

Les équipementiers multimédias offrent de nouveaux terminaux de plus en plus sophistiqués (smartphones, tablettes, écrans TVHD, etc.) et les opérateurs proposent de nouveaux services multimédias aux consommateurs. Le besoin d'adaptation des formats vidéo devient donc crucial. Dans le domaine résidentiel, la box constitue le cœur de cette adaptation. Une nouvelle génération de box adaptative est donc nécessaire. L'analyse des processus d'adaptation met en évidence une complexité de calcul et de performances très importante. Cette adaptation repose sur des techniques de transcodage.

### COMMENT ?

La complexité des techniques de transcodage, d'une part, et les contraintes sur les temps de réponse, d'autre part, génèrent des problèmes d'implémentation, d'intégration et de validation très difficiles à maîtriser. Le projet ARDMAHN apporte des réponses aux problématiques de performances et de faible coût en transférant une partie des fonctions d'adaptation du domaine logiciel vers le domaine matériel via des technologies reconfigurables. La contribution a porté sur des méthodologies d'exploration d'architectures reconfigurables pour spécifier et évaluer les paramètres pour le placement et l'ordonnement des unités d'exécution matérielles.

### RÉSULTATS MAJEURS

Les travaux ont abouti à la faisabilité de l'adaptation de flux multimédias par transcodage en exploitant la reconfiguration dynamique de tâches matérielles. Un outil d'exploration d'architectures reconfigurables qui fait l'objet d'un dépôt APP a été mis au point. Une méthodologie de fusion de régions reconfigurables a également été développée. La société Viotech a démarré la réalisation d'un produit d'adaptation vidéo. Ce projet confidentiel est une retombée des résultats du projet ARDMAHN.

La société Thomson lance une pré-étude sur l'exploitation de la reconfiguration dynamique de FPGA pour étendre, à moindre coût, le nombre des fonctionnalités supportées par une plateforme multimédia.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

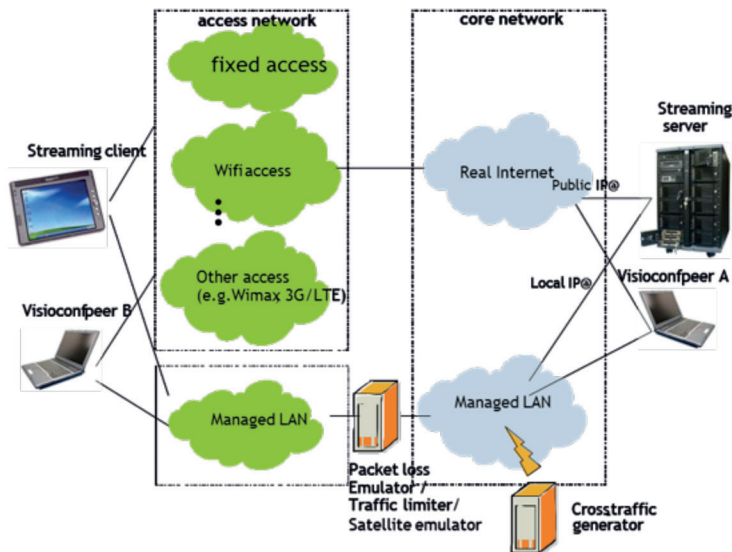
- F. Duhem, N. Marques, F. Muller, H. Rabah, S. Weber, P. Lorenzini "Dynamically reconfigurable entropy coder for multi-standard video adaptation using FaRM" *Microprocessors and Microsystems* Vol. 37, Issue 1, Feb 2013, p1-8
- Marques ; Rabah, H. ; Dabellani, E. ; Weber, S. "A Novel Framework for the Design of Adaptable Reconfigurable Partitions for the Placement of Variable-sized IP Cores" *Embedded Systems Letters, IEEE* Vol 6, Issue 3, avril 2014 p. 45-48

**Adaptation dynamique des flux multimédias aux besoins de l'utilisateur**

**Outils et méthodes pour la reconfiguration dynamique de tâches matérielles**

# ADAPTABLE, ROBUST STREAMING SOLUTIONS

## ARSSO



► Plateforme ARSSO.

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

ARSSO est un projet de recherche industrielle/plateforme financé dans le cadre de l'AAP ANR VERSO 2009, coordonné par Alcatel Lucent Bell Labs France. Il associe Alcatel Lucent, inria de Grenoble et de Rennes, CEA, TésA, Thales Communications et EUTELSAT. Le projet a commencé en décembre 2009 et a duré 36 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 1,2 M€ pour un coût global de 3,4 M€.

#### Contact :

► **Kerboeuf Sylvaine**,  
Alcatel-Lucent Bell Labs France,  
sylvaine.kerboeuf@alcatel-lucent.com

#### Site web :

► <http://open-innovation.alcatel-lucent.com/projects/arsso>

### POURQUOI ?

La vidéo représente aujourd'hui la moitié du trafic et est un défi majeur pour l'Internet du futur. La problématique traitée par ARSSO est l'amélioration de la qualité de fourniture des streaming vidéo OTT au sein de réseaux fortement hétérogènes (ADSL, WIFI, 3G, 4G) et à destination de terminaux variés (smart-phones, tablettes, portables, ...). Les challenges associés sont liés aux spécificités de la vidéo, à l'adaptation à une bande passante dynamique parfois très fortement variable, en particulier dans les réseaux d'accès mobiles.

Enfin, un verrou majeur concerne les contraintes de temps réel plus ou moins drastiques imposées par les services de streaming vidéo.

### COMMENT ?

ARSSO propose une approche de bout-en-bout en agissant sur des leviers complémentaires intervenant au niveau des couches hautes du système. Ces leviers sont l'utilisation de codecs vidéo scalables capables de s'adapter aux variations dynamiques des réseaux et des terminaux hétérogènes, l'optimisation du transport des flux vidéo sur un lien variable, pour maximiser la qualité vidéo et respecter une contrainte de délai, des codes correcteurs d'effacement situés au niveau applicatif qui rendent les flux vidéo plus robustes aux pertes de paquets, des traitements d'images permettant après réception de dissimuler les dégradations visuelles des images causées par les pertes de paquets.

### RÉSULTATS MAJEURS

Les solutions d'ARSSO apportent une amélioration de la qualité de la fourniture de streaming vidéo dans quatre scénarios d'usage sur internet (streaming vidéo, vidéo surveillance, vidéo conférence, vidéo par satellite à bord des trains) grâce à de nouvelles méthodes de protection aux effacements des paquets, basée sur des codes FEC applicatifs, sur du codage à la volée et sans FEC, et sur un post-traitement d'*inpainting* de la vidéo. Une attention particulière a été portée à la mise en place de mécanismes d'adaptation dynamique aux conditions changeantes du réseau pour une utilisation optimale de la bande passante du réseau et pour une optimisation de la qualité vidéo.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

Les résultats du projet ont donné lieu à des actions de standardisation des codes AL-FEC à l'IETF ainsi qu'à plus d'une vingtaine de publications scientifiques dans des revues de qualité et dans des conférences internationales majeures

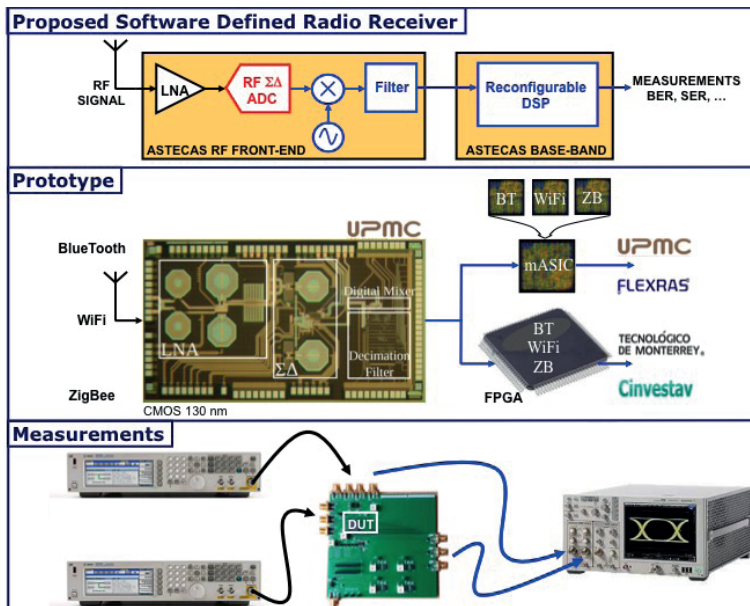
- Nesrine Changuel, Bessem Sayadi, Michel Kieffer "Control of Multiple Remote Servers for Quality-Fair Delivery of Multimedia Contents", Journal on Selected Area in Communications, Special Issue on Adaptive Media Streaming, March 2014
- P-U. Tournoux, E. Lochin, J. Lacan, A. Bouabdallah and V. Roca, "On-the-fly erasure coding for real-time video applications", IEEE Transactions on Multimedia (99). ISSN 1520-9210 (<http://arxiv.org/abs/0904.4202>), 2011

Améliorer le streaming vidéo sur internet

La combinaison de techniques appliquées aux couches vidéo et transport

# A SOFTWARE DEFINED RADIO RECEIVER BASED ON A CONFIGURABLE DSP & AN RF SIGMADELTA

## ASTECAS



© Projet ASTECAS

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet ASTECAS est un projet de recherche industrielle international Franco-Mexicain, financé dans le cadre de l'AAP ANR Blanc International 2009, coordonné par le LIP6. Il associe Flexras en France ainsi que ITESM et CINVESTAV au Mexique. Le projet a débuté en mars 2010 et a duré 44 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 305 K€ pour un coût global de 852 K€ pour la partie française.

#### Contact :

► **Hassan Aboushady**,  
 Université Pierre et Marie Curie, UPMC,  
 Sorbonne Universités.  
 Laboratoire Informatique Paris 6, LIP6, CNRS  
 UMR7606.  
 Hassan.Aboushady@lip6.fr

Site web : ► <https://www-asim.lip6.fr/trac/astecas/>

### POURQUOI ?

Il existe un fort besoin de dispositifs portables capables de traiter plusieurs normes de communication sans fil. Actuellement, chaque norme de communication sans fil nécessite un circuit spécifique. Cela augmente considérablement la surface et la puissance consommée des dispositifs de communication sans-fil multi-standard.

Une façon de résoudre ce problème est d'utiliser un seul émetteur-récepteur de type radio-logicielle, où nous pouvons reconfigurer les spécifications de chaque bloc à la norme souhaitée. Un récepteur RF traditionnel contient de nombreux blocs RF et analogiques qui sont très difficiles à reconfigurer.

Dans ce travail, nous proposons un récepteur RF hautement numérisé.

### COMMENT ?

Dans ce travail, nous proposons un récepteur radio-logicielle composé de deux blocs principaux. Le premier bloc est un *front-end* RF hautement numérisé et le deuxième bloc est un circuit numérique reconfigurable pour le traitement des signaux en bande de base.

Nous proposons d'utiliser un convertisseur analogique-numérique de type Sigma-Delta passe-bande. Ce circuit peut convertir une bande étroite autour d'une fréquence centrale RF élevée. Sa consommation d'énergie peut être nettement inférieure (jusqu'à 200 fois) à celle des convertisseurs large-bande classiques qui convertissent l'ensemble du spectre de 0 Hz à la fréquence RF.

### RÉSULTATS MAJEURS

- La première réalisation d'un *front-end* de radio logicielle adapté aux appareils portables. Le récepteur basé sur un convertisseur Sigma-Delta passe-bande centrée à 2,4 GHz est adapté à trois différentes normes de communication sans fil : WiFi, Bluetooth et ZigBee.
- Une nouvelle technique efficace, appelée "multi-context ASIC" (mASIC) a été proposée pour la réalisation du processeur numérique pour le traitement des signaux multi-standards en bande de base.
- Des IP-Cores, adaptés pour la mise en œuvre sur FPGA, ont été développés pour le traitement en bande de base.
- La création d'une Startup française spécialisée dans la réalisation de front-end RF pour la radio logicielle.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

- 4 IP-Cores RF et analogiques : 3 convertisseurs Sigma-Delta RF fonctionnant à 433 MHz, 900 MHz et 2,4 GHz et le front-end d'un récepteur radio-logicielle complet pour les normes WiFi/Bluetooth/Zigbee. Ces IPs ont été validés par des résultats de mesures sur des puces fabriquées en technologie CMOS
- 5 IPs de processeurs numériques pour le traitement numérique en bande de base de ces normes

Ce travail a donné lieu à 20 publications dans des revues et conférences internationales et 2 brevets.

Répondre au besoin de dispositifs portables capables de traiter plusieurs normes

Réaliser un récepteur RF hautement numérisé à partir de convertisseurs SD



# COMPÉTITION ENTRE FOURNISSEURS DE TÉLÉCOMMUNICATION : RIVALITÉS ET ENJEUX

## CAPTURES



► Compétition entre fournisseurs.

### POURQUOI ?

L'Internet a évolué d'un réseau académique vers un réseau commercial et très compétitif où les fournisseurs d'accès et de service sont en compétition pour les clients, en jouant sur le prix d'accès au service et la qualité de service (QoS) offerte. Chaque fournisseur doit adapter sa méthode de tarification pour attirer les clients, maximiser son revenu et/ou permettre une répartition équitable des ressources. La compétition entre fournisseurs n'a reçu que peu d'attention jusque maintenant. Le but de ce projet est de se focaliser sur ce point.

### COMMENT ?

Nos objectifs sont :

- Fournir des modèles et une analyse de la compétition directe entre fournisseurs opérant sur la même ou différentes technologies (WiFi, WiMAX, 3G, ADSL) et la dynamique de ces modèles ;
- Étudier le "multi-homing", c'est à dire la possibilité d'utiliser différentes technologies/fournisseurs en même temps ;
- Discuter la planification et l'extension des capacités pour les fournisseurs, d'un point de vue économique ;
- Analyser les politiques de rétention qui empêchent les clients de migrer entre fournisseurs, et comment elles peuvent être contrôlées ;
- Étudier comment l'incertitude sur la demande impacte les modèles précédents.

Étude théorique de la compétition : résultats d'équilibre ? Régulation utile ?

La théorie des jeux permet d'analyser de nombreux scénarii de compétition

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet CAPTURES est un projet financé dans le cadre de l'AAP ANR VERSO 2008, coordonné par inria Rennes. Il associe L'équipe-projet Dionysos d'inria Rennes, le département réseau de Telecom Bretagne et Orange à Issy-les-Moulineaux. Le projet a commencé en décembre 2008 et a duré 48 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 280 693 € pour un coût global de 1 129 519 €.

#### Contact :

► Tuffin Bruno,  
 inria,  
 bruno.tuffin@inria.fr

#### Site web :

► <http://captures.inria.fr>

### RÉSULTATS MAJEURS

Le projet nous a permis de mieux comprendre les résultats et conséquences de la compétition dans les réseaux. Résultats en termes de revenus pour les fournisseurs, de satisfaction pour les utilisateurs, et ainsi d'imaginer si nécessaire des méthodes de régulation afin d'aboutir à une situation souhaitable. De nombreux scénarii ont ainsi pu être étudiés : une compétition directe sur les prix entre fournisseurs, un opérateur 3G contre un 4G, les investissements en technologies dans un cadre compétitif, la compétition sur le plan applicatif entre moteurs de recherche, l'impact de la compétition sur le débat sur la neutralité du net, etc.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

Le projet a abouti comme souhaité originalement à de nombreuses publications dans des revues et conférences internationales (5 revues plus trois soumissions, 21 conférences, 6 ouvrages ou chapitres de livres). Il est à noter que Patrick Maillé et Bruno Tuffin ont publié un livre "Telecommunication Network Economics: from Theory to Practice" en 2013 chez Cambridge University Press

- P. Maillé and B. Tuffin. Annals of Operations Research, Volume 199, Issue 1 (2012), Pages 3-22
- P. Maillé, P. Reichl and B. Tuffin. In Telecommunications Economics - Selected Results of the COST Action IS605 Econ@Tel, A. Antoniadis and B. Stiller (Eds.), Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, pages 108-116, 2012
- P. Maillé, B. Tuffin and J.M. Vigne. International Journal of Network Management. Vol. 21, pages 65-82, 2011

# COMPOSITIONAL EVOLUTION OF SECURE SERVICES USING ASPECTS

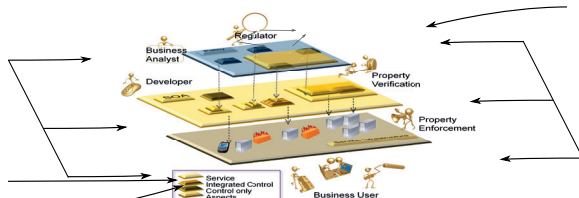
## CESSA

Define and evolve applications for servers and lightweight devices

**Asp4CXF**: modify horizontal and vertical compositions using history-based aspects

**REST security protocol**: secure interactions to/from mobile devices

**MicroEJ services and aspect libraries**: define and modify mobile applications



Verify and enforce properties

**Bigbro**: vulnerability detection for Eclipse

**HIPoIDS, ES**: hierarchical security policies

**Typed Interactions** for service compositions

**Privacy annotation aspects**

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet CESSA est un projet de recherche industrielle, financé dans le cadre de l'AAP ANR ARPEGE 2009, coordonné par Armines/École des Mines de Nantes. Il associe Eurecom Sophia Antipolis, IS2T Nantes, SAP Labs, Sophia Antipolis. Le projet a commencé en janvier 2010 pour 36 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 1 M€, pour un coût global de 2,4 M€.

### Contact :

► **Mario Südholt**,  
École des Mines de Nantes,  
Mario.Sudholt@mines-nantes.fr

### Site web :

► <http://www.cessa.gforge.inria.fr>

### POURQUOI ?

La composition de services constitue aujourd'hui le principal moyen de structuration des applications sur Internet, le web et dans le Nuage (commerce électronique, services pour particuliers tels que Facebook, etc.). Son importance est censée s'accroître bien plus encore à l'avenir à cause de la variété des périphériques utilisés et les types d'interaction correspondants (réseaux nomades, mobiles, environnements ubiquitaires, etc.). La sécurité d'applications construites à l'aide de compositions de services et leur évolution est un besoin crucial : elles requièrent souvent la divulgation de données privées des utilisateurs.

### COMMENT ?

Les partenaires du projet CESSA ont développé des techniques pour la définition modulaire de politiques de sécurité, des mécanismes de vérification de propriétés de sécurité et des techniques d'implémentation de ces politiques dans un environnement hétérogène incluant des serveurs lourds et des périphériques mobiles (ou à ressources limitées).

La sécurité d'applications construites par composition de services est cruciale

Techniques pour la définition modulaire de politiques de sécurité

### RÉSULTATS MAJEURS

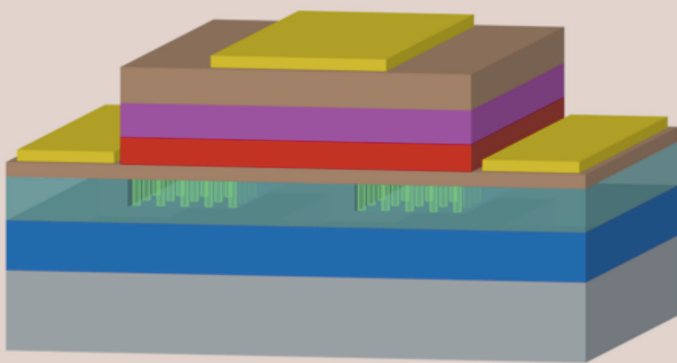
En ce qui concerne la définition modulaire des politiques de sécurité, les partenaires ont proposé un langage de définition de politiques orientées flux d'information et un nouveau système de type pour la définition de propriétés de sécurité des interactions entre service.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

- G. Serme, M. Guarnieri, P. El Khoury, and A. Santana De Oliveira. Towards assisted remediation of security vulnerabilities. Proceedings of the Sixth International Conference on Emerging Security Information, Systems and Technologies. SECURWARE 2012. (Best paper award)
- D. Allam, R. Douence, J.-C. Royer, H. Grall and M. Südholt. "A Message-Passing Model for Service-Oriented Computing", 8th International Conference on Web Information Systems, Apr. 2012

# COLLAGE HÉTÉROÉPITAXIAL POUR L'INTÉGRATION HYBRIDE DE DISPOSITIFS OPTIQUES NANO

## COHEDIO



► Integrated hybrid InP/Si laser structure

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet COHEDIO est un projet de Recherche Fondamentale, financé dans le cadre de l'AAP ANR P2N 2011, coordonné par le Laboratoire de Photonique et de Nanostructures. Il associe les laboratoires IEF, IOGS, l'Institut P<sup>2</sup> et Alcatel Lucent III-V Lab. Le projet a commencé en janvier 2012, pour 3 ans. Il a bénéficié d'une aide ANR de 677 K€, pour un coût global de 2,2 M€.

#### Contact :

► **Talneau Anne,**  
CNRS  
anne.talneau@lpm.cnrs.fr

#### Site web :

► [http://www.lpm.cnrs.fr/fr/GOSS/Projets/ANR\\_COHEDIO/index.php](http://www.lpm.cnrs.fr/fr/GOSS/Projets/ANR_COHEDIO/index.php)

© Projet ANR COHEDIO

### POURQUOI ?

La Photonique sur Silicium se développe industriellement dans le domaine des Télécommunications optiques. Pour pouvoir répondre aux demandes croissantes en terme de débit, actuellement le 4G et bientôt le 5G, de nouvelles architectures de circuits intégrés photoniques sont nécessaires. Ces nouveaux circuits sont hybrides, associant un autre matériau au silicium, car le silicium ne fournit pas de façon efficace toutes les fonctions optiques requises. Le projet COHEDIO ouvre une nouvelle voie pour l'élaboration des dispositifs photoniques intégrés hybrides sur silicium.

### COMMENT ?

Le projet aborde les deux points importants d'un circuit photonique intégré hybride : l'association des deux matériaux et le design photonique. Côté matériau, le projet étudie le collage sur silicium de deux grandes classes de matériaux : les semi-conducteurs III-V pour obtenir les fonctions d'émission/amplification et les grenats magnéto-optiques pour obtenir la fonction d'isolation optique. Côté design, le projet étudie des guides nanostructurés, ce qui ouvre la voie à un large espace de design pour les nouvelles fonctionnalités optiques.

### RÉSULTATS MAJEURS

- Maîtrise du collage de deux matériaux différents, Mesure quantitative locale et non destructive de l'énergie du joint de collage ;
- Collage hétéroépitaxial, c'est-à-dire sans aucune couche intermédiaire, de matériaux semi-conducteurs III-V sur silicium ;
- Collage de grenat sur silicium ;
- Collage sur des surfaces nanostructurées.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

15 articles dans des journaux sélectionnés par un comité de lecture, et plus de 40 contributions à des conférences, nationales et internationales, dont 3 conférences invitées.

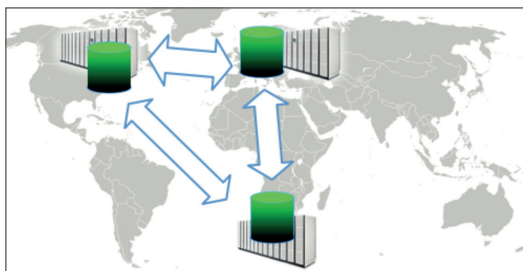
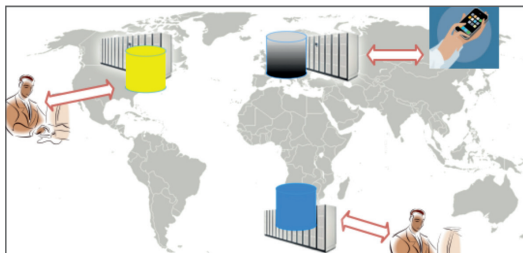
- K. Pantzas, A. Itawi, I. Sagnes, G. Patriarche, E. Le Bourhis, A. Lupu, H. Benisty, and A. Talneau, Photonics, accepted for publication (2015)
- A. Talneau, X. Pommarède, K. Pantzas, A. Itawi, A. Lupu, and H. Benisty, Optics Letters, accepted for publication (2015)
- A. Talneau, X. Pommarède, K. Pantzas, A. Itawi, A. Lupu, and H. Benisty, Optics Letters, accepted for publication (2015)
- K. Bougot-Robin, J.-P. Hugonin, M. Besbes, and H. Benisty, Optics Letters, 40, 3512-3515 (2015)

Élaborer des dispositifs photoniques intégrés hybrides sur silicium

Construire le matériau hybride ; nanostructurer des Guides optiques

# LA COHÉRENCE SANS CONTRÔLE DE CONCURRENCE, POUR LE NUAGE ET LE PAIR-À-PAIR

## CONCORDANT



► Mise à jour sans synchronisation (trois couleurs) et convergence (fusion des trois couleurs) grâce aux CRDT. En anglais "Synchronisation-free updates (three different colours) and convergence (merged colour), thanks to CRDTs."

### POURQUOI ?

Un système réparti est constitué de sites d'ordinateurs géographiquement distants, connectés par un réseau et partageant des données. Afin d'assurer la disponibilité et la tolérance aux pannes, une donnée est répliquée sur plusieurs sites. Une lecture accède à la réplique locale, mais la mise à jour pose le problème de la cohérence entre répliques. Assurer une cohérence forte nécessite de synchroniser toute mise à jour sur tous les sites, ce qui est coûteux et non tolérant aux pannes. De nombreuses applications (p.ex. travail déconnecté) ayant besoin d'être toujours disponibles, la cohérence est forcément faible, mais la mise à jour sans synchronisation préalable rend les applications complexes et fragiles, et entraîne des erreurs. Le projet ConcoRDanT étudie une nouvelle approche, prometteuse, qui est simple, passe à l'échelle sans limite, et démontre qu'elle assure la cohérence à terme.

### COMMENT ?

Pour le développement d'applications réparties toujours disponibles (malgré les pannes) et passant à l'échelle, l'idée des CRDT (types de données répliqués sans conflit) est double : (1) encapsuler la complexité de la répartition, (2) permettre des mises à jour concurrentes et dont la fusion converge toujours, grâce à une propriété mathématique simple, le "semi-treillis monotone". Le projet a développé à cet effet une bibliothèque de CRDT génériques, intuitifs et vérifiés corrects, tels que compteurs, registres, ensembles, graphes, et séquences.

**Système réparti : la cohérence forte ne tolère pas les pannes ; la cohérence faible est complexe**

**Un CRDT converge par construction et reste toujours disponible**

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet ConcoRDanT est un projet de recherche sur les algorithmes de base de l'informatique répartie. Il s'agit d'un projet financé dans le cadre de l'AAP ANR BLANC 2010, associant l'inria Paris-Rocquencourt (équipe Regal, coordonnateur), le LORIA (équipe Score), l'université de Nantes (équipe GDD), et Universidade Nova de Lisboa (CITI Institute). Les partenaires français ont bénéficié d'une aide ANR de 322 K€, pour un coût global de 1,2 M€, de 2010 à 2014.

#### Contact :

► Marc Shapiro,  
Inria Paris-Rocquencourt,  
marc.shapiro@acm.org

#### Site web :

► <http://concordant.lip6.fr>

### RÉSULTATS MAJEURS

- Bibliothèque de CRDT : compteurs, registres, ensembles, graphes, séquences ;
- Preuves de complexité en borne inférieure de plusieurs CRDT ;
- Conception et mise en œuvre de la base de données répartie disponible, scalable et tolérant les pannes SwiftCloud, basée sur les CRDT ;
- Conception de protocoles scalables de cohérence causale et de "Snapshot Isolation" ;
- Conception de CRDT complexes de haut niveau (arbre, ...) ;
- Algorithmes d'édition collaborative basés sur CRDT.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

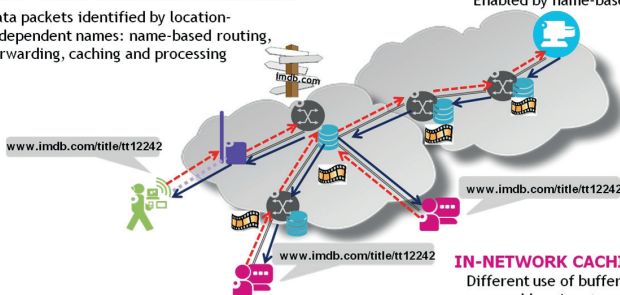
- Burckhardt, Gotsman, Yang, Zawirski. "Replicated Data Types: Specification, Verification, Optimality." POPL 2014
- Ahmed-Nacer, Urso, Balesgas, Prego. "Concurrency Control and Awareness Support for Multi-synchronous Collaborative Editing". CollaborateCom 2013
- Nédelec, Molli, Mostéfaoui, Desmontils. "LSEQ: an adaptive structure for sequences in distributed collaborative editing" DocEng 2013
- Shapiro, Prego, Baquero, Zawirski. "Conflict-free Replicated Data Types." SSS 2011

# RÉSEAUX ORIENTÉS CONTENU : UNE NOUVELLE EXPÉRIENCE POUR LE TRANSFERT DE CONTENU

## CONNECT

### NAME-BASED NETWORK OPERATIONS

Data packets identified by location-independent names: name-based routing, forwarding, caching and processing



### CONNECTIONLESS RECEIVER-DRIVEN DATA DELIVERY

No connection instantiation, delivery controlled by the receiver, symmetric routing, multiple sources/paths. Enabled by name-based addressing

### IN-NETWORK CACHING

Different use of buffers/memories due to name addressing, temporary caching of popular items for reuse and repair. Enabled by connectionless transport

► Réseau orienté au contenu et ses fonctionnalités principales.

### POURQUOI ?

Compte tenu des tendances du trafic Internet actuel, un effort mondial est en cours pour réexaminer l'architecture du réseau. Parmi les propositions les plus importantes, la conviction que la future architecture de l'Internet devrait être centrée sur le contenu est en train d'émerger. Dans cette mouvance, CONNECT contribue à la définition et à l'évaluation d'un nouveau paradigme pour l'avenir Internet : un réseau centré sur le contenu (CCN). Ce réseau ne s'occupe pas d'interconnecter des hôtes distants comme l'Internet traditionnel, il gère directement les objets d'information que les utilisateurs publient, récupèrent et échangent.

### COMMENT ?

CONNECT travaille dans trois principaux domaines techniques, à savoir le contrôle du trafic et la gestion des ressources, le nommage et le routage, les stratégies de "caching". Il procède à une évaluation parallèle de l'intérêt et de la faisabilité économique du CCN à travers l'identification de cas d'utilisation. Les mécanismes proposés sont évalués par la simulation et l'implémentation de preuves de concepts. Le projet est organisé en tâches, une par thématique décrite, avec de fortes interactions entre les tâches. Toutes ces thématiques ne sont pas traitées dans la littérature et sont essentielles pour le fonctionnement de cette nouvelle architecture.

Définir une nouvelle architecture réseau centré sur le contenu

Focus sur trois domaines techniques, évaluation économique des réseaux orientés contenu

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet CONNECT est un projet de recherche fondamentale, financé dans le cadre de l'AAP ANR VERSO 2010, coordonné par Alcatel-Lucent Bell Labs France en collaboration avec Orange Labs, les équipes inria RAP et Planète, Télécom ParisTech et l'université Pierre et Marie Curie (UPMC). Le projet a commencé en décembre 2010 et il a duré 2 ans. Il a bénéficié d'un aide ANR de 1 M€.

### Contact :

► **Carofiglio Giovanna**, Bell Labs, Alcatel-Lucent, giovanna.carofiglio@alcatel-lucent.com

### Contact :

► **Diego Perino**, Bell Labs, Alcatel-Lucent, diego.perino@alcatel-lucent.com

### RÉSULTATS MAJEURS

Le projet a permis de progresser significativement sur la conception et l'analyse de performance d'une architecture centrée sur le contenu. Le projet a notamment permis d'avancer sur les axes techniques principaux suivants :

- Gestion de ressources et contrôle de trafic ;
- Nommage et routage ;
- Caching ;
- Cas d'application de la nouvelle architecture et sa faisabilité.

Au-delà des résultats techniques le projet a permis de renforcer les collaborations entre les partenaires, d'avoir un fort impact sur la communauté de recherche et industrielle qui gravite autour des réseaux du futur, et de conférer aux partenaires une forte visibilité internationale au sein de cette communauté.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

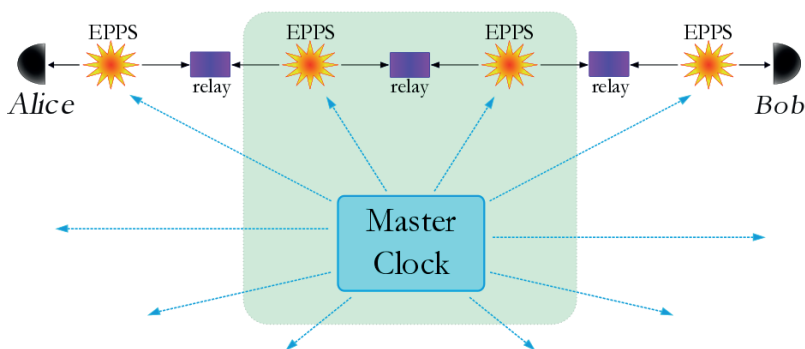
Le projet a produit plusieurs publications dans des conférences et revues internationales.

- G. Carofiglio, M. Gallo, L. Muscariello, D.Perino Modeling data transfer in content-centric networking in Proc. of 23rd International Teletraffic Congress, ITC23 San Francisco, CA, USA, 2011.
- D. Perino and M. Varvello, A reality check for content-centric networking, in ACM SIGCOMM workshop on information-centric networking, Toronto, Canada, 2011 (Best Paper Award).
- G. Carofiglio, M. Gallo, L. Muscariello, M. Papalini, Multipath Congestion Control in Content-Centric Networks in IEEE NOMEN Workshop, co-located with INFOCOM 2013, Turin, Italy.

# SYNCHRONISATION PAR HORLOGE DISTRIBUÉE APPLIQUÉE À LA CRYPTOGRAPHIE QUANTIQUE

## CONNEQT

### Une synchronisation "toute optique"



► Schéma de principe du projet CONNEQT dans le cas d'une configuration relais quantique à plusieurs nœuds. Une horloge optique de référence (master clock) est distribuée aux différentes sources de paires de photons intriqués (EPPS, entangled-photon pair source). Les photons provenant de différentes sources interagissent aux stations relais (relay), afin de créer une ligne de communication sur longue distance, allant d'un partenaire (Alice) à l'autre (Bob).

© M. Olivier Alibart, Mme Virginia D'Auria, Projet ANR CONNEQT

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

CONNEQT est un projet de recherche en optique quantique, financé dans le cadre de l'AAP ANR Émergence 2011, coordonné par Le Laboratoire de Physique de la Matière Condensée avec pour structure de valorisation la société FIST SA (France Innovation Scientifique et Transfert). Le projet a commencé en janvier 2012 et a duré 32 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 260 K€, pour un coût global de 370 K€.

#### Contact :

► Virginia D'Auria,  
Univ. Nice Sophia Antipolis, Laboratoire de Physique  
de la Matière Condensée - CNRS UMR 7336, Nice,  
virginia.dauria@unice.fr

#### Site web :

► <http://lpmc.unice.fr/Synchronisation-par-horloge.html>

### POURQUOI ?

La sécurité des échanges d'information est une préoccupation majeure de notre société contemporaine. Dans ce cadre, la cryptographie quantique s'impose actuellement comme une solution capable de garantir une confidentialité inaccessible aux algorithmes de chiffrement classique. Notamment, la distribution de photons corrélés à un niveau quantique (intriqués) permet à des interlocuteurs sur deux sites distants de partager des clés secrètes. À l'heure actuelle, les implémentations pratiques de ce schéma sont fortement affectées par les pertes à la propagation dans les fibres optiques et par les faibles performances des détecteurs, qui limitent les débits et les distances de communication.

### COMMENT ?

CONNEQT a pour ambition de démontrer une liaison de communication quantique sur longues distances, et à hauts débits, en se basant sur la configuration "relais quantique". Ce schéma permet d'augmenter les distances sur lesquelles l'intrication peut être partagée via l'association en cascade de paires de photons intriqués. Grâce à CONNEQT, l'implémentation du protocole sur des distances records est rendue possible par la synchronisation "tout optique" des sources de photons intriqués, obtenue grâce à un laser impulsif issu de la technologie télécom qui joue le rôle d'horloge commune. Cette méthode permet d'obtenir des taux de répétition élevés avec une précision temporelle inégalée.

### RÉSULTATS MAJEURS

Dans le cadre de CONNEQT, une source de photons uniques annoncés, cadencée par un horloge à 10 GHz et émettant des photons de haute qualité à des taux records a été démontrée. Parallèlement, une preuve de principe du schéma de synchronisation sur des courtes distances a déjà été effectuée avec une horloge laser émettant des impulsions optiques à un taux de répétition de 76 MHz et de 2.5 GHz. Les interféromètres développés pour la téléportation d'intrication de CONNEQT ont été testés et utilisés pour un schéma de cryptographie se basant sur le multiplexage spectrale à des fins multi-utilisateurs.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

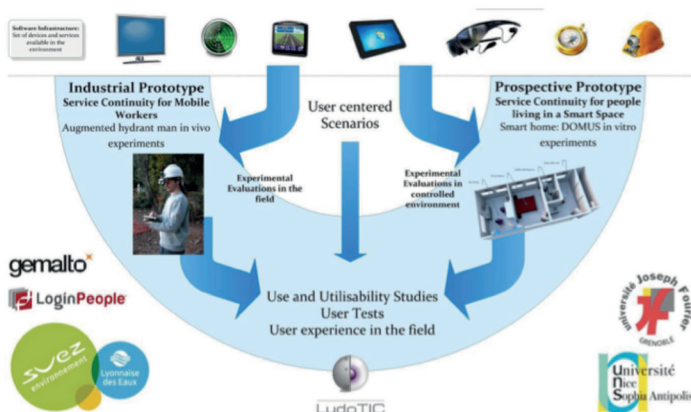
- L.A. Ngah, O. Alibart, L. Labonté, V. D'Auria, S. Tanzilli, "Ultra-fast heralded single photon source based on telecom technology", 2015, Laser & Photonics Reviews, hal- 01134179.
- D. Aktas, B. Fedrici, F. Kaiser, T. Lunghi, L. Labonté, and S. Tanzilli, "Entanglement distribution over 150 km in wavelength division multiplexed channels for quantum cryptography", to be published on Laser and Photonics Reviews (2015).
- F. Kaiser, B. Fedrici, A. Zavatta, V. D'Auria, S. Tanzilli, "A fully guided-wave squeezing experiment for fibre quantum networks", Optica 3, 362-365 (2016).
- Famille de brevets du CNRS N° FR11/58857 du 30/09/2011, étendue par voie PCT (N° PCT/EP2012/069281 du 28/09/2012) en Europe, Etats-Unis, Japon et Chine et déjà délivrée en Europe.

**Communication  
quantique  
haut débit  
et sur longues  
distances**

**Synchronisation  
tout optique pour  
implémenter un  
relais quantique  
efficace**

# CONTINUITÉ DE SERVICE EN INFORMATIQUE UBIQUITAIRE ET MOBILE

## CONTINUUM



### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet CONTINUUM est financé par l'ANR dans le cadre du programme ANR VERSO 2008. Il est coordonné par le laboratoire d'Informatique Signaux et Systèmes de Sophia. Il associe les partenaires industriels Suez Environnement, Lyonnaise des Eaux, GemAlto, LudoTic, LoginPeople ainsi que le Laboratoire d'Informatique de Grenoble. Le projet a commencé en février 2009 et a duré 3 ans. Il a bénéficié d'une aide de l'ANR de 1,19 M€ sur 2,5 M€.

#### Contact :

► **Tigli Jean-Yves**,  
 enseignant chercheur à l'Université de Nice Sophia Antipolis, Laboratoire I3S (UMR CNRS 7271),  
 tigli@unice.fr

#### Site web :

► [continuum.unice.fr](http://continuum.unice.fr)

### POURQUOI ?

L'ère de l'Internet des Objets dans le Monde Réel n'en est qu'à ses débuts et les technologies logicielles doivent se développer pour être toujours plus auto-adaptables et supporter des variations toujours plus fortes de leur environnement. De nouvelles technologies logicielles supportées par de nouvelles boîtes à outils doivent être conçues pour faciliter le développement des applications ambiantes. Elles pourront alors s'exécuter dans des environnements variés et non encore connus au moment de leur conception.

Le projet CONTINUUM traite donc du problème de la continuité de service en intelligence ambiante.

### COMMENT ?

La construction du projet repose sur :

- Des modèles et mécanismes génériques couvrant de manière unifiée l'adaptation des services métiers et celles des interfaces homme-machine (IHM), alors que les projets de l'état de l'art mettent l'accent sur l'adaptation soit des services métiers à IHM constant, soit sur l'adaptation des IHM à service métier constant ;
- Un équilibre entre autonomie logicielle et contrôle humain, alors que les systèmes autonomes sortent l'utilisateur de la boucle ;
- Un alignement sémantique de la représentation des composants et des services, alors que la plupart des projets font l'hypothèse d'ontologies uniques homogènes et spécialisées.

### RÉSULTATS MAJEURS

Les résultats et retombées majeurs du projet ont été d'ordre scientifique et technique.

En premier lieu les partenaires du projet ont produit nombre de publications dans des conférences et journaux internationaux. En second lieu le projet a permis le développement d'une plateforme logicielle complète et expérimentale. Elle facilite la conception logicielle de services d'accès aux systèmes d'information d'entreprise destinés aux utilisateurs de terrain, en assurant une adaptation permanente au contexte des outils d'accès.

L'apport du projet a été validé grâce à des expérimentations réelles encadrées pour des agents de l'industrie de l'eau. Des projets en cours s'appuient sur ces résultats.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

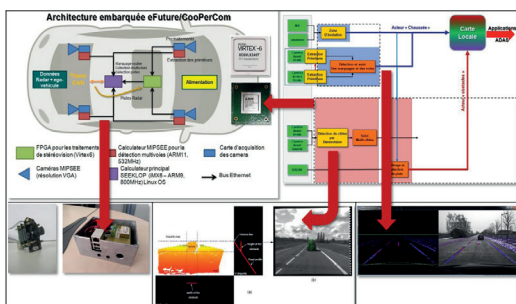
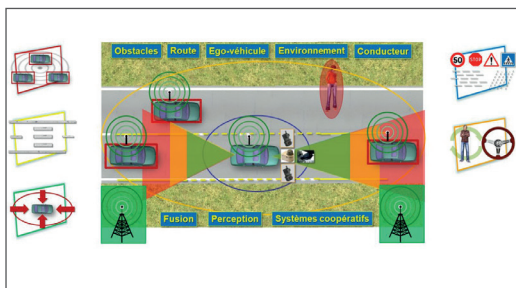
- Nicolas Ferry, Vincent Hourdin, Stéphane Lavirotte, Gaëtan Rey, Michel Riveill et Jean-Yves Tigli, Chapitres 6 et 8 de "Computer Science and Ambient Intelligence", ISTE Ltd and Wiley & Sons Inc, March 2013, ISBN978-1-84821-437-8
- Joëlle Coutaz, Emeric Fontaine, Nadine Mandran, and Alexandre Demeure. 2010. DisQo: a user needs analysis method for smart home. In Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Extending Boundaries (NordCHI '10). ACM, New York, NY, USA, 615-618. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/1868914.1868987>

Les services pour les utilisateurs de terrain doivent s'adapter en permanence

De nouveaux modèles et outils logiciels doivent faciliter cette adaptation permanente des services

# PERCEPTION ET COMMUNICATION COOPÉRATIVE

## COOPERCOM



### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

CooPerCom est un projet de recherche appliquée Franco-Canadien financé dans le cadre de l'AAP ANR Blanc International 2010, coordonné par D. Gruyer du LIVIC (IFSTTAR). Il associe les sociétés CIVITEC et OPAL-RT avec les laboratoires LIVIC, LIV (D. Gingras), et IBISC (V. Vigneron). Le projet a démarré en mars 2011 et a duré 42 mois. Il a bénéficié d'une aide de l'ANR de 394 K€ pour un coût global de 1 156 K€.

#### Contact :

► **Gruyer Dominique,**  
LIVIC (département COSYS, institut IFSTTAR),  
dominique.gruyer@ifsttar.fr

© Projet COOPERCOM

### POURQUOI ?

L'introduction de nouvelles technologies dans les applications embarquées entraîne plusieurs contraintes et exigences nécessitant de faire des compromis entre la sécurité, le coût, la production, l'environnement, et les normes. Dans ce projet, l'accent est mis sur l'aspect sécurité qui est une des préoccupations majeures liée à la fiabilité et à la robustesse des systèmes embarqués. En fait, l'un des défis majeurs est d'atteindre et de garantir un très haut niveau de fiabilité et de robustesse pour assurer une sécurité suffisante permettant le déploiement dans l'industrie automobile. L'approche collaborative et distribuée que nous proposons apporte un début de réponse à ces problèmes.

### COMMENT ?

Ce sujet transversal est traité en utilisant les probabilités et la théorie des croyances afin de construire des cartes dynamiques locales et étendues impliquant l'utilisation des communications et d'approches de fusion distribuées et coopératives. Ces cartes de perception contiennent l'estimation des attributs des acteurs d'une scène permettant de construire des indicateurs de risques locaux et globaux. Le niveau coopératif permet d'anticiper efficacement des situations à risque lointaines. De plus, une nouvelle approche de localisation coopérative robuste et précise est proposée à partir de ces cartes de perception dynamique multi-niveaux.

### RÉSULTATS MAJEURS

CooPerCom aborde l'étude de la gestion des données incertaines et leurs modélisations pour la construction des cartes de perception dynamique locale et étendue robuste et fiable. Ce travail a produit la construction d'une librairie de fonctions de perception et de fusion permettant l'estimation des acteurs d'une scène routière. L'extension de ces travaux aux systèmes coopératifs a produit une approche distribuée de localisation précise et robuste. De plus, l'étude de l'impact, des limites et de la capacité des communications a servi à produire de nouveaux modèles de communications. Tous ces travaux ont été implantés dans la plateforme pro-SiVIC (simulation RADAR et communications) et PerSEE.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

- M. Rohani, D. Gingras, D. Gruyer, "A Novel approach for Improved Vehicular Positioning using Cooperative Map Matching and Dynamic base station DGPS concept", in IEEE Transaction on Intelligent Transportation Systems, Volume 17, Issue 1, pages 230-239, 31 august 2015, ISSN: 1524-9050, DOI: 10.1109/TITS.2015.2465141
- Mohsen Rohani, Denis Gingras, Dominique Gruyer, "Vehicular Cooperative Map Matching", 3rd International Conference on Connected Vehicles & Expo (ICCVEx 2014) Nov 3-7, 2014 | Messe Wien, Vienna, Austria.

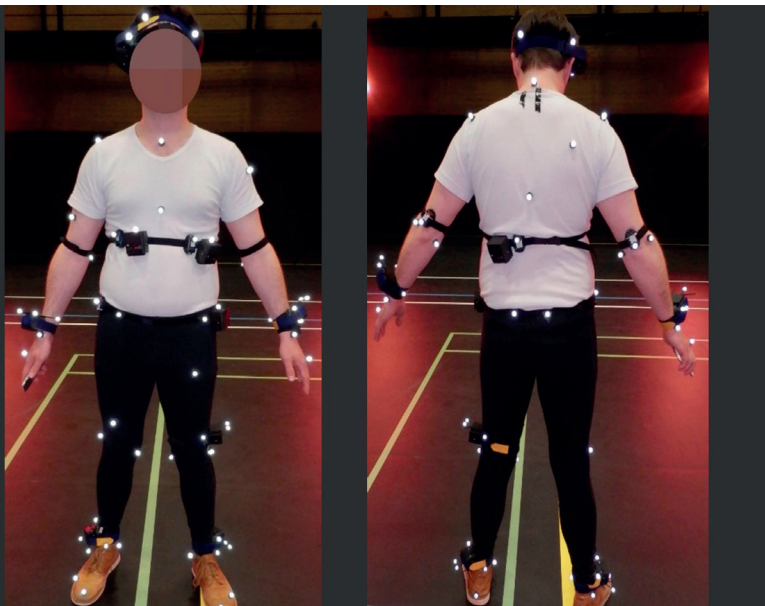
**Garantir un niveau élevé de sécurité des systèmes embarqués coopératifs**

**Fusion de données dynamique et coopérative pour l'estimation du risque global**



# RÉSEAUX CORPORELS MOBILES COOPÉRATIFS POUR LA NAVIGATION DE GROUPE

## CORMORAN



© Bernard LUCIEN / Université Rennes 1

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

CORMORAN est un projet de recherche fondamentale, financé dans le cadre de l'appel ANR INFRA 2011 et coordonné par le CEA-Leti de Grenoble. Il associe le CITI-INSA de Lyon, le LINCOS-Télécom ParisTech, et l'ITR-Université de Rennes 1. Le projet a débuté en janvier 2012, pour une durée de 44 mois. Il a bénéficié d'une aide de 647 K€ pour un coût global de 2,3 M€.

#### Contact :

► **Benoît DENIS**,  
CEA-Leti,  
benoit.denis@cea.fr

#### Site web :

► <http://www.pylayers.org/cormoran.html>

► Individu équipé à l'occasion d'une phase expérimentale d'acquisition conjointe du mouvement et de mesures radio dans un contexte de réseaux corporels coopératifs et hétérogènes

### POURQUOI ?

CORMORAN s'est attaché à développer des concepts de radiolocalisation bénéficiant de nouvelles formes de coopération "dans et entre" les réseaux corporels sans fil. Un enjeu résidait dans la compréhension des liens complexes unissant "radio autour du corps" et mobilité humaine. En s'appuyant sur des technologies standardisées à basse consommation, les liens habituellement dévolus au transit de données applicatives (issues de capteurs portés par l'individu) sont exploités de manière opportuniste afin d'assurer des fonctions robustes de localisation, sans restriction de couverture. Des applications concernent la navigation, la détection de posture et le suivi non-intrusif d'activité physique.

### COMMENT ?

Dans un contexte de déploiement sans fil multistandards (conciliant des liens bas débit à même le corps et/ou vis-à-vis d'autres individus), un premier effort de modélisation des métriques radio en situation de mobilité a permis d'alimenter le travail de spécification pour certaines composantes essentielles des futurs protocoles coopératifs (accès ordonnancé, sélection de voisins, estimation des positions des nœuds portés ou des corps porteurs). En suivant une approche pluridisciplinaire, les développements théoriques ont pu être complétés par des aspects plus pratiques (mesure du canal radio et des antennes, développement de simulateur, expérimentations avec nœuds radio intégrés).

### RÉSULTATS MAJEURS

Les nouvelles briques du protocole assurent une exploitation optimisée des liens coopératifs au regard de la radiolocalisation. Les algorithmes en découlant autorisent une détection opportuniste du geste, ainsi qu'une expérience de navigation améliorée. Les preuves de concept apportées peuvent impacter des secteurs applicatifs variés (maintien à domicile, pratique quantifiée du sport, commande gestuelle et IHM...). Des retombées sont aussi attendues dans la communauté scientifique, avec la publication de données expérimentales sans précédent (impliquant plusieurs technologies intégrées) et d'un logiciel libre de co-simulation, ouvrant la voie à de nouveaux projets de recherche collaboratifs.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

► Le projet a donné lieu à 1 brevet (demande déposée), 1 logiciel libre (<http://www.pylayers.org>), 22 articles scientifiques (3 journaux, 19 conférences) dont :

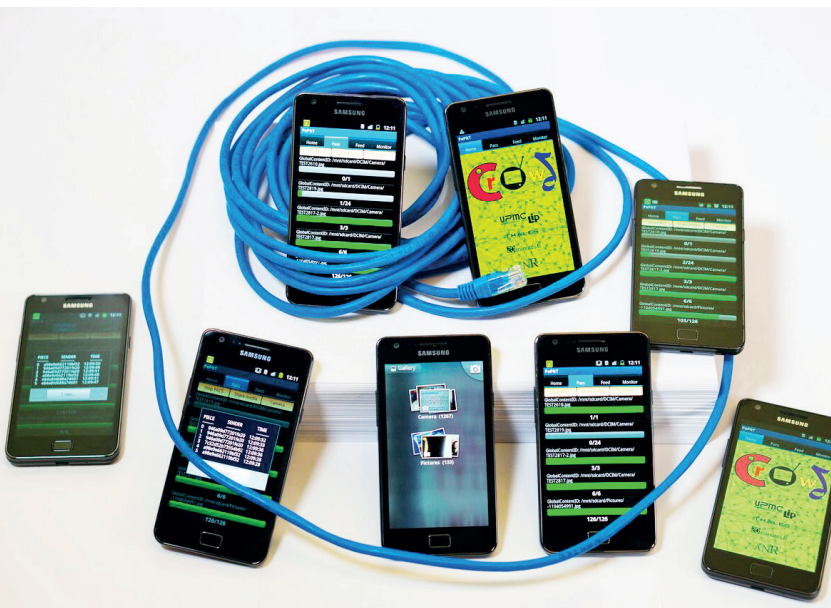
- A. Guizar et al. "Quantifying the Impact of Scheduling and Mobility on IR-UWB Localization in Body Area Networks", Proc. BSN'15, Juin 2015
- B. Denis et al. "Qualitative Analysis of RSSI Behavior in Cooperative Wireless Body Area Networks for Mobility Detection and Navigation Applications", Proc. ICECS'14, Dec. 2014

Vers l'internet  
des sujets :  
Un T-shirt  
remplace votre  
GPS et votre  
télécommande

Une approche  
pluridiscipli-  
naire au service  
de preuves  
de concept  
expérimentales

# NOUVEAU MÉDIA PARTICIPATIF POUR LES UTILISATEURS MOBILES

## CROWD



### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet CROWD est un projet de recherche industrielle, financé dans le cadre de l'AAP ANR VERSO 2008, coordonné par Thales Communications & Security. Il associe Thales TCS, 20 minutes France S.A.S. et le laboratoire LIP6/CNRS de l'Université Pierre et Marie Curie. Le projet a commencé en décembre 2008 et a duré 36 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 644 K€ pour un coût global de 1,7 M€.

#### Contact :

► **CONAN Vania**,  
 Thales Communications & Security  
[vania.conan@thalesgroup.com](mailto:vania.conan@thalesgroup.com)

#### Site web :

► [anr-crowd.lip6.fr](http://anr-crowd.lip6.fr)

© Olivier Fourmaux, LIP6/CNRS - Université Pierre et Marie Curie.

► CROWD exploite les communications opportunistes entre terminaux mobiles pour diffuser du contenu efficacement.

### POURQUOI ?

La distribution massive de contenu au sein de foules d'utilisateurs mobiles est un défi important. Cette diffusion peut-elle s'appuyer sur les relations sociales entre les individus, leur mobilité et la connectivité des réseaux disponible ? De toute évidence, les gens co-localisés sont susceptibles de partager des intérêts communs. Dans ce contexte, la diffusion de contenus grâce à des communications opportunistes pourrait être plus efficace que de passer par des serveurs centraux.

### COMMENT ?

Pour comprendre le comportement des utilisateurs mobiles, nous avons étudié plusieurs ensembles de données réelles. Nous avons analysé quatre ans de la base d'articles et de commentaires de 20Minutes.fr (100 000 articles et plus de 2.5 millions de commentaires), ainsi que des traces de mobilité. Nous avons ensuite proposé les protocoles PACS (dissémination) et FeedSync (pub/sub), que nous avons expérimentés par le biais d'une application Android appelée PEPIT qui implémente PACS et FeedSync, et nous avons mesuré des paramètres clés pour étudier les temps de diffusion et les coûts apportés par le protocole de synchronisation, ainsi que la consommation énergétique.

### RÉSULTATS MAJEURS

La méthodologie CROWD a permis l'analyse du comportement des utilisateurs (Contexte journal en ligne (20Minutes.fr) et Contexte mobilité). Des nouveaux protocoles de communication ont été précisés et évalués (PACS pour Découpage et mélange de contenus de grande taille et HYMAD pour Routage hybride MANET-DTN). Des procédés innovants pour la distribution du contenu avec des garanties de délais et de livraison font l'objet de dépôt de brevets. Les deux partenaires Thalès et UPMC, sont engagés dans le Projet Européen FP7 MOTO (Mobile Opportunistic Traffic Offloading) portant sur le *offloading* dans les réseaux hybrides. Une thèse CIFRE entre Thalès et l'UPMC a été obtenue sur le *offloading*.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

- "EPICS: Fair Opportunistic Multi-Content Dissemination", IEEE Trans. on Mobile Comp., 2015
- "Uncovering vicinity properties in disruption-tolerant networks", Comp. Net., 2014
- "From Popularity Prediction to Ranking Online News", Social Net. Analysis and Mining, 2014
- "Push-and-Track: Saving Infrastructure Bandwidth Through Opportunistic Forwarding", Perv. and Mobile Comp., Oct. 2012.
- "Part-Whole Dissemination of Large Multimedia Contents in Opportunistic Networks", Comp. Comm., Sep. 2012

Système d'échange de données générées par et pour les utilisateurs mobiles

Stratégies d'acheminement de données à partir d'analyses de traces réelles

# ADMINISTRATION AUTONOME DE GREEN DATA CENTERS

## CTRL-GREEN



### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet CTRL-GREEN est un projet de recherche Industrielle, financé dans le cadre de l'AAP ANR INFRA 2011, coordonné par le LIG. Il associe Eolas et ScalAgent ainsi que le laboratoire IRIT et l'inria. Le projet a commencé en janvier, 2012 et a duré 42 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 1,1 M€.

#### Contact :

► De Palma Noel,  
UJF,  
noel.depalma@imag.fr

#### Site web :

► <http://www.ctrlgreen.org/>

### POURQUOI ?

Une nouvelle génération de centres de données verts a été conçue pour améliorer leur efficacité en termes de *Power Usage Efficiency* (PUE) et *Carbon Usage Efficiency* (CUE). L'administration de ces infrastructures doit tenir compte de ces métriques, ce qui implique qu'elles doivent être adaptées pour cet usage. De telles adaptations doivent être automatisées pour être réactives. Les systèmes autonomes ont été proposés pour automatiser les tâches d'administration. De tels gestionnaires autonomes sont prometteurs et différentes expérimentations ont montré leur intérêt. De multiples boucles de contrôle peuvent donc être implémentées à chaque niveau et doivent prendre des décisions cohérentes.

### COMMENT ?

Notre approche repose sur l'évolution des systèmes autonomes pour intégrer la coordination entre les gestionnaires autonomes. Nous proposons une approche de haut-niveau et dotée d'outils pour concevoir de tels systèmes, reposant sur la gestion autonome et des techniques de contrôle à base de modèles comportementaux. Ce projet explore donc des techniques de contrôle réactif. L'objectif est d'utiliser la synthèse de contrôleurs discrets pour programmer, vérifier et générer les contrôleurs requis pour la coopération de gestionnaires autonomes.

### RÉSULTATS MAJEURS

Un des résultats du projet est un centre de données vert qui s'auto-administre grâce à de multiples boucles de contrôles qui se coordonnent pour éviter des conflits résultant de l'action de chacune de ces boucles de contrôle. Les boucles qui ont été implémentées et coordonnées sont :

- Un gestionnaire de réparation qui traite les pannes franches de machines ;
- Un gestionnaire d'élasticité qui traite la scalabilité des serveurs automatiquement ;
- Un gestionnaire de consolidation qui optimise dynamiquement le placement des machines virtuelles sur les serveurs physiques.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

La production scientifique concerne

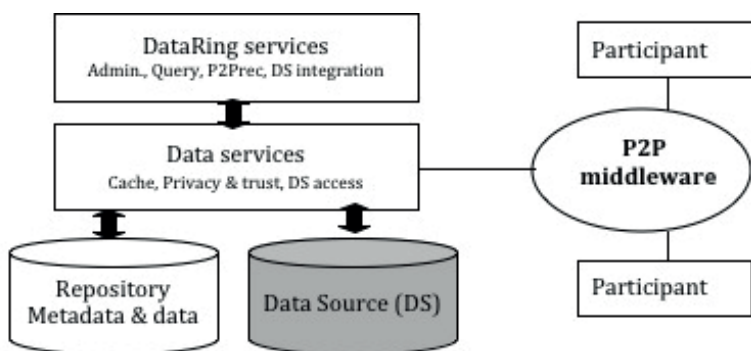
- l'évolution du système autonome TUNe engine pour la coordination ;
- une méthode de conception formelle pour la coordination de multiples boucles de contrôle. La coordination est conçue avec des garanties de correction grâce aux outils formels de conception BZR ;
- la nouvelle version de l'outil de pilotage ScopeBR : ADVIZ (Analyse Diagnostic et Visualisation) basé sur une version de JORAM auto-scalable.

La coordination de boucle de contrôle est un verrou pour l'autonome computing

Utilisation de techniques formelles de synthèse de contrôleur discret

# PARTAGE DE DONNÉES EN P2P POUR COMMUNAUTÉS EN LIGNE

## DATARING



► Vue générale de l'architecture DataRing. Le middleware P2P fournit la communication P2P avec des fonctionnalités de gossiping et de Distributed Hash Table aux couches supérieures (services de données et services DataRing) mis en œuvre au niveau de chaque pair, qui a un contrôle total sur sa source de données.

### POURQUOI ?

Les communautés en ligne telles que les réseaux sociaux sont devenues une application principale du web. Les utilisateurs peuvent être nombreux et intéressés par différents types de collaboration afin de partager leurs données et expériences. Leurs sources de données peuvent être nombreuses, et hétérogènes. Une solution centralisée de type *cloud* est possible mais fait perdre le contrôle sur les données, ce qui limite le partage et donc le niveau de collaboration. L'alternative proposée dans DataRing est une architecture distribuée, avec des techniques de gestion de données qui passent à l'échelle, et où l'utilisateur et ses relations avec les autres jouent un rôle prédominant.

### COMMENT ?

Dans DataRing, nous organisons les membres d'une communauté dans un réseau pair-à-pair (P2P), où chaque membre peut partager des données avec les autres à travers le réseau P2P. L'approche est totalement décentralisée, ne nécessite pas d'administration centralisée et préserve la confidentialité des données. DataRing propose des services de haut niveau (requêtes, confiance et confidentialité, intégration sémantique de données, recommandation, etc.), avec de nouvelles techniques décentralisées, de gestion des données qui passent à l'échelle tout en supportant l'autonomie, le comportement dynamique et l'hétérogénéité des utilisateurs et des sources de données.

Faciliter le partage des données distribuées pour les communautés en ligne

Développer une approche pair-à-pair qui préserve la confidentialité

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

DataRing est un projet de recherche fondamentale, financé dans le cadre de l'AAP ANR VERSO 2008, coordonné par Patrick Valduriez (inria) avec les laboratoires suivants : inria, équipe OAK (Ioana Manolescu), inria, équipe ZENITH (Patrick Valduriez), LIG (Marie-Christine Rousset), LIRMM (Zohra Bellahsene), et Telecom-ParisTech (Pierre Senellart). Le projet a débuté en décembre 2008 et a duré 45 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 595 K€ pour un coût total de l'ordre de 3 M€.

### Contact :

► Patrick Valduriez,  
inria,  
Patrick.Valduriez@inria.fr

### Site web :

► <http://www-sop.inria.fr/teams/zenith/dataring/>

### RÉSULTATS MAJEURS

Le projet a produit des prototypes de logiciels visibles qui mettent en œuvre les services de DataRing. Le modèle XML probabiliste de DataRing a été utilisé dans le projet ERC Webdam afin de développer un modèle formel pour la gestion des données du Web. Websmatch (un outil pour l'appariement de schémas Web) est utilisé par la startup Datapublica. YAM++ (outil d'alignement d'ontologies) et WebSmatch sont à la base de l'intégration des données biologiques dans l'Institut de Biologie Computationnelle à Montpellier. Enfin, les résultats concernant la recommandation P2P et le middleware DataRing ont influencé la définition de l'architecture hybride P2P/cloud de l'équipe Inria Zenith.

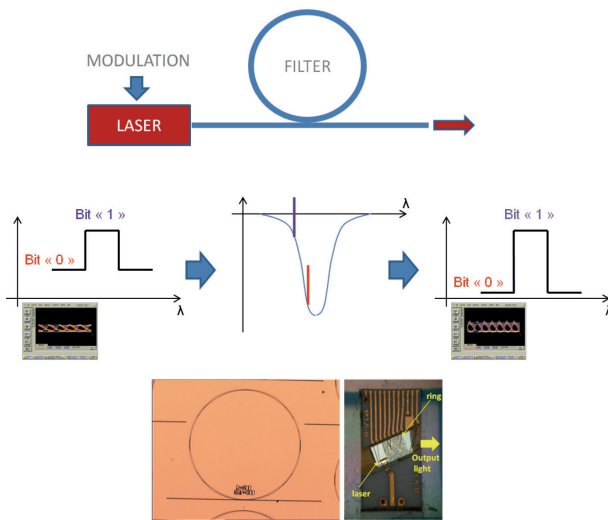
### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

Le projet a produit des articles de qualité qui ont été publiés dans des revues internationales (VLDB, IEEE TKDE, IS) et de grandes conférences internationales (SIGMOD, CIKM, EDBT, ICDT, IEEE P2P, CAISE, etc.).

- B. Cautis, E. Kharlamov. Answering Queries using Views over Probabilistic XML: Complexity and Tractability. VLDB 5(11): 1148-1159, 2012.
- F. Draïdi, E. Pacitti, B. Kemme. P2Prec: A P2P Recommendation System for Large-Scale Data Sharing. TSDKCS, 3:87-116, 2011.
- R. Akbarinia, P. Valduriez, G. Verger. Efficient Evaluation of SUM Queries over Probabilistic Data. IEEE TKDE, 25(4): 764-775, 2013.

# TRANSMETTEUR À FORTÉ TOLÉRANCE À LA DISPERSION CHROMATIQUE POUR RÉSEAUX D'ACCÈS DE PROCHAINE GÉNÉRATION

## DIQDOT



### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet DIQDOT est un projet de Recherche Industrielle financé dans le cadre de l'AAP ANR INFRA 2011, coordonné par III-V Lab et dont les partenaires sont : CNRS-LPN, Orange Labs, IT-TSP et CNRS-FOTON. Le projet a démarré le 1<sup>er</sup> janvier 2012 pour une durée de 3 ans. Le montant de l'aide ANR est de 1,1 M€ pour un budget total de 2,8 M€.

#### Contact :

► **Francois Lelarge,**  
III-V Lab,  
francois.lelarge@3-5lab.fr,

#### Site web :

► [www.diqdot.fr](http://www.diqdot.fr)

► Source optique innovante basée sur l'intégration d'un laser modulé directement avec un résonateur en anneau. Principe de l'augmentation du contraste entre les données « 0 » et « 1 » pour améliorer la transmission des données dans les réseaux d'accès. Image optique d'un résonateur en anneau et de la source intégrée montée sur une embase pour l'alimentation électrique.

### POURQUOI ?

Le projet DIQDOT se propose de développer de nouvelles sources vertes pour une infrastructure des réseaux d'accès à bas coût, faible consommation énergétique et sans Peltier. En effet, actuellement, il y a une croissance énorme des transmissions de données dans les réseaux d'accès notamment pour les télévisions très haute résolution, les jeux vidéo, le téléchargement de fichiers de gros volume... Cette évolution force les fournisseurs d'internet à développer des solutions innovantes mais toujours faible coût pour répondre à ces besoins.

### COMMENT ?

Le projet DIQDOT propose le développement de transmetteurs optiques innovants qui exploitent certaines propriétés remarquables de nanostructures quantiques élaborées sur substrat InP pour applications à 1.55  $\mu\text{m}$ , et doivent permettre des transmissions à haut débit (>10Gbit/s) sur des distances bien au-delà de la limite imposée par la dispersion chromatique de la fibre standard déjà déployée. Dans ce cadre, il a été proposé plus précisément une rupture technologique basée sur l'intégration de deux briques de base innovantes :

- Une source laser à modulation directe à très faible chirp à base de nanostructures dopées p (positivement) à fort gain différentiel ;
- Un résonateur en anneau intégré monolithiquement.

### RÉSULTATS MAJEURS

Un procédé technologique innovant visant à l'intégration monolithique d'un laser et d'un résonateur en anneau a été développé. Il a été démontré avec succès qu'il est possible de contrôler et d'adapter les caractéristiques du résonateur en anneau à celles du laser tant pour augmenter la distance de transmission des données que pour améliorer la qualité de la réception.

La deuxième avancée majeure a été la démonstration d'une transmission sur plus de 65 km avec un contraste entre les données supérieures à 9 dB et une puissance optique couplée dans la fibre optique supérieure à 5 dBm à partir d'une source intégrée montée dans un module développé dans le cadre du projet DIQDOT.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

Un grand nombre de résultats dépassant l'état de l'art ont été obtenus par le consortium comme le souligne le grand nombre de publications et de papiers invités dans des conférences. Les résultats les plus récents viennent d'être soumis à Photonic Technology Letters : *Monolithic integration on InP substrate of a laser directly modulated and a ring resonator for future access networks.*

Une nouvelle génération de sources pour les réseaux d'accès

Intégration monolithique d'un laser modulé directement et d'un résonateur

# RÉSEAUX LOCAUX ÉTENDUS ET INTRANETS D'ENTREPRISES

## ELAN



### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet ELAN est un projet de recherche industriel financé dans le cadre de l'AAP ANR VERSO 2008. Il associe Grenoble INP, coordinateur du projet, avec Thales Communications, Ipanema, ainsi que le laboratoire Eurecom. Le projet a commencé le 1<sup>er</sup> décembre 2008 et a duré 43 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 894 K€ pour un coût global de l'ordre de 2 M€.

#### Contact :

► Andrzej Duda,  
Grenoble-INP  
Andrzej.Duda@imag.fr

#### Site web :

► <http://elan.eurecom.fr>

### POURQUOI ?

Le projet ELAN avait pour but de faire des propositions en terme d'interconnexion au niveau 2 et de politiques d'ordonnancement capables de supporter des contraintes de qualité de service pour les réseaux d'entreprise. Le projet comprend trois parties principales. Tout d'abord, nous cherchions à caractériser de manière systématique le trafic des Intranets d'entreprise. Ensuite, nous avons conçu des mécanismes de qualité de service pour améliorer les performances au niveau des couches liaison et réseau pour les segments filaires et surtout sans fil des Intranets. Nous avons étudié comment tirer partie des multiples interfaces réseaux présentes sur les machines modernes.

### COMMENT ?

Les réseaux d'entreprises sont mal connus et peu de résultats existent sur ces réseaux. C'est pourquoi notre démarche dans le projet ELAN a été d'abord de caractériser ces réseaux. Ensuite, nous nous sommes attachés à déterminer où se situent les limitations de performances à l'aide d'une approche passive (en se basant sur le trafic utilisateur uniquement). Le second objectif dans le programme de travail d'ELAN était la conception de nouveaux mécanismes au niveau 2 ou 3 pour améliorer les performances au niveau applicatif dans les segments filaires et surtout les parties sans fil. La 3<sup>e</sup> étape a mis en perspective les mécanismes proposés dans le contexte déterminé initialement.

**Caractériser le trafic du réseau d'entreprise, améliorer sa prise en charge**

**Mécanismes pour la mobilité et d'ordonnancement pour le réseau d'entreprise**

### RÉSULTATS MAJEURS

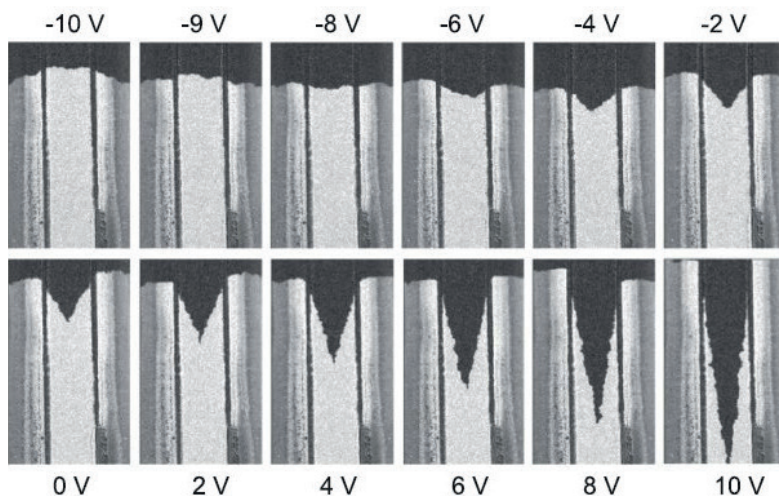
Le projet a obtenu plusieurs résultats significatifs. Il a proposé des mécanismes pour améliorer les performances de connexion TCP sur les réseaux d'accès sans fil et des mécanismes de type LAS (*Least Attained Service*) - d'ordonnancement à base du service obtenu. Nous avons aussi défini de nouveaux protocoles pour une interconnexion étendue de réseaux : mobilité transparente à base de Point d'Accès Virtuel et les réseaux de bordure dynamiques. Nous avons développé un nouveau modèle d'évaluation des performances des réseaux d'entreprises et étudié l'impact du trafic *multicast* sur les réseaux d'entreprise.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

- Martin Heusse, Sears A Merritt, Timothy X Brown, Andrzej Duda. Two-way TCP Connections: Old Problem, New Insight. ACM Computer Communication Review, April 2011
- Jinbang Chen, Martin Heusse, Guillaume Urvoy-Keller. EFD: An efficient low-overhead scheduler. Proceedings of Networking 2011, may 2011, Valencia
- Maria Eugenia Berezin, Franck Rousseau, Andrzej Duda. Multichannel Virtual Access Points for Seamless Handoffs in IEEE 802.11 Wireless Networks, Proceedings of IEEE VTC 2011, Budapest

# NANOCOMPOSANTS MAGNÉTIQUES CONTRÔLÉS PAR UN CHAMP ÉLECTRIQUE

## ELECMADÉ



► Image de microscopie magnéto-optique montrant le renversement d'aimantation en fonction de la tension appliquée à l'électrode supérieure dont les bords correspondent aux traits noirs verticaux. Le dispositif est réalisé sur un substrat de silicium. Une couche de cobalt 0.6nm est déposée sur une couche tampon de platine suivie d'une barrière isolante ( $AlO_x/HfO_2$ ). Une électrode transparente en oxyde d'indium-étain est utilisée pour appliquer la tension (Anne Bernard-Mantel, Institut Néel)

### POURQUOI ?

La spintronique ou magnétoélectronique, est une technique qui exploite le spin des électrons dans le but de manipuler et stocker des informations. Dans les dispositifs spintroniques étudiés actuellement, l'état magnétique est contrôlé par un champ magnétique extérieur ou plus récemment par injection de courant polarisé. Le contrôle du magnétisme par un champ électrique devrait permettre des gains importants en terme d'architecture et de consommation. L'objectif du projet ELECMADÉ est d'étudier le domaine émergent de l'effet des champs électriques sur les propriétés magnétiques intrinsèques (coercivité, anisotropie, transition magnétique, dynamique de renversement) des systèmes métalliques.

### COMMENT ?

Dans les matériaux métalliques le champ électrique (et ses effets sur le magnétisme) est écranté et ne se manifeste que dans une région proche de la surface. Les dispositifs de mesures ont donc été réalisés par des techniques de lithographie sur des films minces d'épaisseur nanométrique. Le champ électrique est appliqué au travers d'une barrière solide ou via un électrolyte afin de mesurer les modifications induites des propriétés magnétiques telles que la coercivité, l'anisotropie magnétique ou la cinétique de renversement de domaines magnétiques. La réalisation de ces dispositifs a nécessité une phase importante d'optimisation matériaux en particulier des barrières électriques.

Contrôler le magnétisme des métaux par un champ électrique

Optimiser des matériaux et utiliser des techniques de mesures variées

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

ELECMADÉ est un projet de recherche fondamentale, financé dans le cadre de l'AAP ANR BLANC 2010, coordonné par l'INAC (Institut des Nanosciences et Cryogénie/CEA). Il associe les laboratoires IN (Institut Néel/CNRS), IEF (Institut d'Électronique Fondamentale/CNRS) et l'IJL (Institut Jean Lamour/Univ. Lorraine). Le projet a commencé en décembre 2010 et a duré 36 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 707 K€.

### Contact :

► **Marty Alain**,  
CEA,  
alain.marty@cea.fr

### RÉSULTATS MAJEURS

L'effet du champ électrique a été mis en évidence sur différentes propriétés magnétiques dans des dispositifs à base de couches ultra minces. Dans le système  $FePt/HfO_2$  la coercivité est modifiée de façon significative. Dans le système  $VFe/MgO$  un très fort effet est observé sur l'anisotropie magnétique accompagné d'une réorientation de l'aimantation pour une tension de 0.15V. Dans les systèmes à base de Cobalt et de Cobalt-Fer-Bore des modifications sur un ou deux ordres de grandeur des mobilités de parois magnétiques ont été observées.

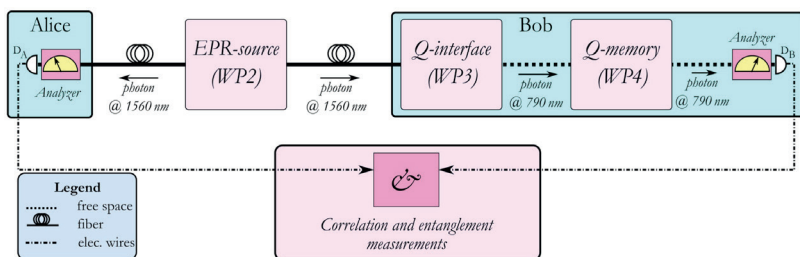
### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

Ces recherches ont donné lieu à une vingtaine de présentations dans des conférences internationales et une dizaine de publications dans des revues internationales, parmi lesquelles citons :

- Herrera Diez L. et al., 2013 Appl. Phys. Lett., 102, 012409
- Bernard-Mantel A. et al. 2013 Appl. Phys. Lett. 102, 122406
- Rajanikanth A. et al. 2013 Appl. Phys. Lett. 103, 062402
- Tetienne J.-P. et al. 2014 Science 344, 1366
- Signalons aussi l'organisation de 2 workshops internationaux et 2 projets induits

# RÉSEAU EMBRYONNAIRE DE COMMUNICATION QUANTIQUE AUX LONGUEURS D'ONDES TÉLÉCOMS

## E-QUANET



► Schéma de principe du projet e-QUANET, ou réseau embryonnaire de communication quantique, au sein duquel apparaissent 3 organes maîtres, à savoir une source de paires de photons intriqués (EPR, acronyme mis pour Einstein-Podolsky-Rosen), une interface quantique à conversion cohérente de longueurs d'ondes, et une mémoire quantique, respectivement développés au travers des WP-2, 3, et 4. L'interconnexion des organes, rendue possible par l'interface (WP3), permet l'implémentation d'un réseau quantique réalisant la génération, la distribution, la manipulation et le stockage de l'information quantique, comme c'est le cas dans les réseaux standards des télécommunications optiques.

© S. Tanzilli, LPMC/UNIS/CNRS

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

E-QUANET est un projet de recherche en physique fondamentale, financé via l'AAP ANR BLANC 2009, coordonné par le LPMC (Uni. Nice Sophia Antipolis, CNRS, UMR 7336), en partenariat avec le LTCI (Télécom ParisTech, CNRS, UMR 5141) et le LAC (CNRS, Uni. Paris Sud, ENS Cachan, UMR 9188). Le projet a débuté le 1<sup>er</sup> octobre 2009, a duré 42 mois, et a bénéficié d'une aide ANR de 488 K€ pour un coût global de 2,88 M€.

### Contact :

► **TANZILLI Sébastien**,  
 Directeur de Recherche au CNRS,  
 Université Nice Sophia Antipolis,  
 LPMC, CNRS UMR 7336  
 sebastien.tanzilli@unice.fr

### Site web :

► <http://lpmc.unice.fr/Sources-de-paires-de-photons.html>

## POURQUOI ?

En trente ans, l'intrication quantique est passée du statut de concept fondamental à celui de ressource utile aux protocoles quantiques de communication et de traitement de l'information. Ainsi, les briques élémentaires qui composeront les futurs réseaux quantiques de communication devront permettre la génération, la distribution et le stockage de l'intrication de façon efficace, flexible et compatible.

Le projet e-QUANET a donc eu pour objectif l'implémentation d'un réseau quantique embryonnaire, basé sur des briques de génération et de stockage de l'information quantique rendues compatibles spectralement et interconnectées par des fibres optiques standards.

## COMMENT ?

L'idée maîtresse d'e-QUANET a été d'adapter une source télécom de paires de photons intriqués et une mémoire quantique cristalline opérant dans le proche infrarouge. La source présente des performances se situant au-delà de l'état de l'art : une très forte brillance spectrale, un degré d'intrication quasi parfait et une largeur spectrale très fine (<>10%), sans perte de cohérence, et sur une bande spectrale adaptée. Enfin, source et mémoire sont adaptées par une interface optique non-linéaire de conversion cohérente de longueur d'onde.

## RÉSULTATS MAJEURS

Grâce à une démarche scientifique originale, mariant physique fondamentale, techniques expérimentales de pointe et technologies abouties, e-QUANET a permis de proposer des solutions novatrices dans les trois axes principaux du projet. En effet, la source développée fait référence pour l'émission de paires photons intriqués en polarisation émis en bande étroite aux longueurs d'onde des télécoms. La bande-passante du matériau cristallin identifié pour la mémoire a été étendue d'un facteur 10 par rapport aux objectifs initiaux. Enfin, la brique "interface", qui permet d'adapter spectralement la source et la mémoire, a été exploitée dans une expérience de téléportation quantique.

## PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

- "A versatile source of polarization entanglement for quantum network applications", F. Kaiser, A. Issautier, O. Alibert, A. Martin, and S. Tanzilli, *Laser Phys. Lett.* 10, 045202 (2013).
- "Optimal photon-pair single-mode coupling in narrow-band spontaneous parametric downconversion with arbitrary pump profile", J.L. Smir, M. Deconinck, R. Frey, I. Agha, E. Diamanti, and I. Zaquine, *J. Opt. Soc. Am. B*, 30, pp. 288-301 (2013).
- "Revival of Silenced Echo and Quantum Memory for Light", V. Damon, M. Bonarota, A. Louchet-Chauvet, T. Chanelière, J.-L. Le Gouët, *New J. Phys.* 13, 093031 (2011).

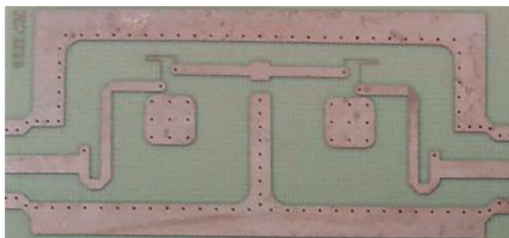
**Générer, distribuer,  
manipuler et stocker  
l'information  
quantique**

**Source d'intrication  
photonique et  
mémoire quantique  
cristalline adaptées**



# FILTRES COMPACTS ULTRA-SÉLECTIFS POUR LES PRODUITS SANS FILS DU FUTUR

## EXPRESSO



(a)



(b)

► Filtre ultra-sélectif compact constitué d'un circuit en technologie microruban (a) et d'une cavité montée en surface en technologie plastique (b)

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet EXPRESSO, de type recherche fondamentale, associait le laboratoire XLIM à Limoges (coordinateur), Télécom Bretagne à Brest et la société Technicolor à Rennes. Le projet a été financé dans le cadre du programme ANR VERSO 2010 sur une durée de 36 mois à partir du 1<sup>er</sup> décembre 2010. Le montant de l'aide s'est élevé à 536 K€, pour un coût global de 1,4 M€.

#### Contact :

► Stéphane Bila,  
XLIM UMR 7252  
stephane.bila@xlim.fr

#### Site web :

► <http://anr.xlim.fr/expresso>

© XLIM UMR 7252 CNRS/Université de Limoges

### POURQUOI ?

Avec la densification des réseaux sans fil et la multiplication des services proposés, les contraintes de coexistence des systèmes sont de plus en plus sévères et nécessitent des dispositifs de filtrage RF (radio fréquence) très performants, peu encombrants et à faible coût.

Bien que ces objectifs soient antagonistes, le projet EXPRESSO avait pour ambition la conception de dispositifs de filtrage ultra-sélectifs et compacts pour les réseaux domestiques sans fil du futur. Plusieurs *scenarii* mettant en œuvre des terminaux utilisateurs multimodes et multistandards de grande diffusion ont été identifiés puis étudiés.

### COMMENT ?

La solution proposée a consisté à développer une nouvelle approche de synthèse et d'implémentation pour optimiser le compromis entre les performances du circuit d'une part, et l'encombrement et le coût d'autre part.

Les axes de recherche du projet ont concerné :

- L'identification d'architectures RF de réseaux domestiques susceptibles d'intégrer ces filtres et les spécifications des filtres associés ;
- Le développement d'une méthode de synthèse appropriée ;
- La conception et l'implémentation de ces circuits RF innovants.

### RÉSULTATS MAJEURS

Le projet a permis l'émergence d'une nouvelle famille de filtres mariant plusieurs technologies d'intégration pour concilier de manière optimale les performances électriques avec les contraintes d'encombrement et de coût du produit.

Des outils de conception originaux ont été développés afin de synthétiser ces circuits, permettant d'associer efficacement différentes technologies et de dimensionner les éléments du circuit en fonction des spécifications données.

Parallèlement, de nouvelles technologies d'intégration ont été déployées, avec notamment des technologies d'impression 3D pour réaliser des composants plastiques pouvant être hybridés avec des circuits RF plus usuels.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

2 conférences internationales et une revue internationale en cours de révision :

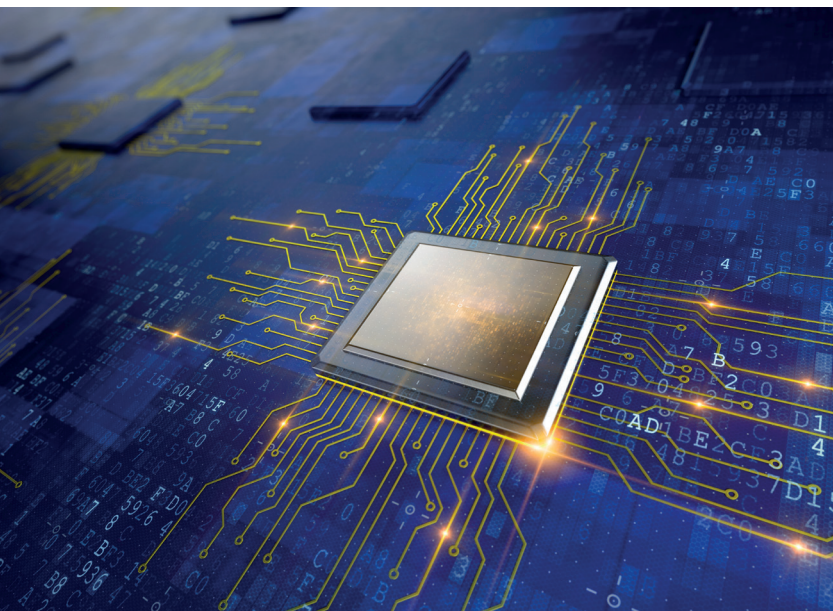
- A.Périgaud, S.Bila, S.Verdeyme, A.El-Habdi, J-P.Coupez, C.Person, J-Y.Le Naour, J-L.Robert, D.Lo-Hine-Tong, A.Louzir, Design of compact ultra-selective filters for multiradio front-ends
- European Microwave Conference (EuMC 13), Nuremberg, Allemagne, octobre 2013

Des circuits RF pour les futurs terminaux multimodes et multistandards sans fil

Une nouvelle approche de conception et d'intégration des circuits RF

# FLOT DE MODÉLISATION ET DE CONCEPTION RAPIDE POUR LES SYSTÈMES DYNAMIQUEMENT RECONFIGURABLES

## FAMOUS



### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet FAMOUS est un projet de recherche fondamentale, financé dans le cadre de l'AAP ANR ARPEGE 2009, coordonné par (inria Lille – Nord Europe). Il associe inria Lille – Nord Europe ainsi que les laboratoires Lab-STICC, inria Rhône Alpes, Université de Bourgogne et SODIUS. Le projet a commencé en décembre 2009 et a duré 48 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 981 K€ pour un coût global de 2 M€.

#### Contact :

► **Meftali Samy**,  
INRIA Lille – Nord Europe  
Samy.meftali@inria.fr

#### Site web :

► <http://www.lifl.fr/~meftali/famous/>

### POURQUOI ?

La reconfiguration dynamique est un moyen efficace pour rendre les systèmes adaptables à une classe d'applications. Cependant, sa prise en compte à partir d'un haut niveau d'abstraction jusqu'à l'implémentation, n'est pas supportée par les outils de conception actuels. FAMOUS vise à présenter une méthodologie qui prend en compte la reconfiguration dynamique du matériel, et propose les mécanismes nécessaires pour exploiter ces possibilités. Il s'intéresse aux modèles de très haut niveau (UML), méthodes de compilation et d'exécution ainsi qu'aux techniques d'analyse et de vérification. L'objectif est de fournir des outils pour une conception de qualité, améliorant la productivité.

### COMMENT ?

Pour rendre la conception des systèmes, dynamiquement et partiellement reconfigurables, moins fastidieuse, le projet FAMOUS a adopté une approche basée sur l'ingénierie dirigée par les modèles (IDM). Il propose la toute première extension du profil standard MARTE pour supporter de telles architectures. L'apport principal du projet réside dans son utilisation des grands standards du monde de la conception tels que MARTE et IP-XACT. Il a ouvert une nouvelle façon d'utiliser ces standards. Famous s'est également appuyé sur la validation à tous les niveaux d'abstraction (UML jusqu'au RTL).

### RÉSULTATS MAJEURS

- Définition d'un méta modèle (extension de MARTE) permettant de modéliser les différents aspects d'un système dynamiquement reconfigurable, incluant application, architecture et déploiement ;
- Fournir une méthodologie permettant d'exploiter efficacement le méta modèle proposé, ainsi qu'une chaîne automatique (transformations modèle à modèle), pour générer des systèmes reconfigurables à partir de spécifications de haut niveau ;
- Proposer et développer des méthodes de vérification formelle et d'analyse du contrôle de la reconfiguration afin de garantir la correspondance entre les implémentations obtenues et les spécifications initiales.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

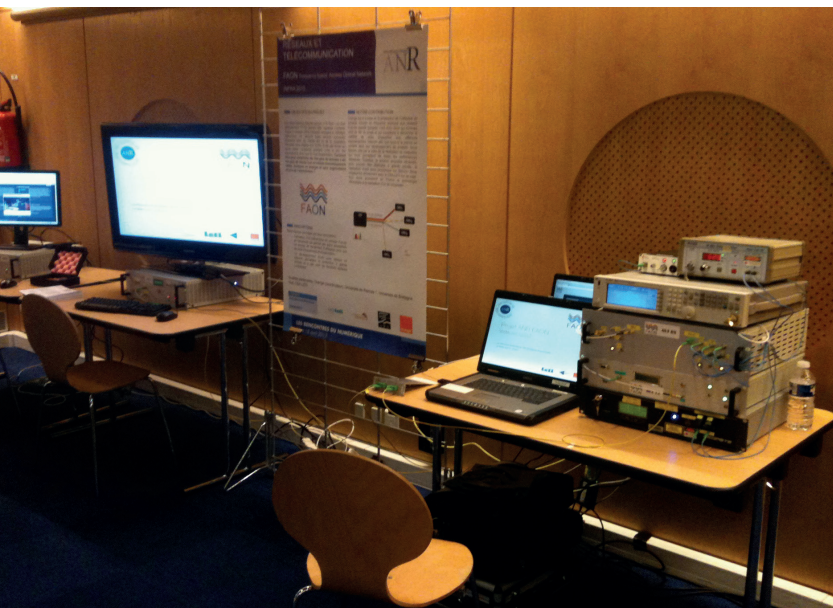
- High-level modelling and automatic generation of dynamically reconfigurable systems. G Ochoa, EB Bourennane, H Rabah, O Labbani - DASIP 2011
- Facilitating IP deployment in a MARTE-based MDE methodology using IP-XACT: a XILINX EDK case study. G Ochoa-Ruiz, O Labbani-Narsis, E Bourennane. ReConFig 2012
- An MDE Approach for Rapid Prototyping and Implementation of Dynamic Reconfigurable Systems. GO Ruiz, G Sébastien, F De Lamotte, E Ruten... - ACM Transactions on Design Automation of Electronic

Proposer un outil de haut niveau pour la conception de systèmes reconfigurables

Proposer une extension du profil MARTE dans une approche basée sur l'IDM

# RÉSEAU D'ACCÈS OPTIQUE PASSIF BASÉ SUR LE PARTAGE DE FRÉQUENCE

## FAON



► Démonstration du système FAON (FDMA PON)

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet FAON est un projet de recherche industrielle, financé dans le cadre de l'AAP ANR INFRA 2011. Il est coordonné par Orange Labs en partenariat avec l'Université de Bretagne Sud (Lab STICC), l'Université de Rennes 1 (IRISA et FOTON) et le CEA-LETI. Il a débuté le 1<sup>er</sup> janvier 2012 pour une durée de 39 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 1.2 M€ pour un coût global de l'ordre de 2.8 M€.

### Contact :

► **Charbonnier Benoît**,  
CEA-LETI  
benoit.charbonnier@cea.fr

### POURQUOI ?

Les réseaux d'accès optiques futurs optimiseront leur utilisation pour maximiser leur capacité tout en minimisant leur coût de fonctionnement. La fibre optique va progressivement s'imposer et remplacer la boucle locale cuivre, offrant des débits toujours plus importants. De plus en plus de données vont donc être véhiculées sur cette nouvelle branche de réseau avec une grande diversité de clients exprimant des besoins variés : petite entreprise, particulier technophile, distributeur de billets, cabine téléphonique, usagers résidentiels. Comment concilier tous ces usages en gardant la maîtrise des coûts sur les équipements ?

### COMMENT ?

Une solution réside dans la flexibilité d'accès aux ressources réseau. La bande passante accordée à chaque client doit être allouée dynamiquement et de façon à ce qu'elle soit le plus possible en adéquation avec ses besoins immédiats, afin de réduire la consommation électrique et optimiser le débit disponible pour les autres utilisateurs. Deux verrous technologiques clés :

- Le partage en fréquence pour la flexibilité, la réduction de la consommation électrique et l'optimisation des ressources réseau ;
- L'intégration photonique sur silicium pour la performance, la réduction énergétique et la capacité de production en volume.

### RÉSULTATS MAJEURS

Le résultat majeur du projet en termes de dissémination est la démonstration effectuée aux Bell Labs Marcoussis de notre maquette FAON, qui a permis une discussion directe avec Alcatel-Lucent sur les avantages de notre solution comparée aux solutions en développement actuellement et qui nous positionne pour une prochaine normalisation. Un autre résultat très important du projet est d'avoir fabriqué un modulateur réfléchissant en silicium démontrant la modulation bidirectionnelle et indépendante de la polarisation optique, fonction primordiale sur laquelle est basée toute notre solution.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

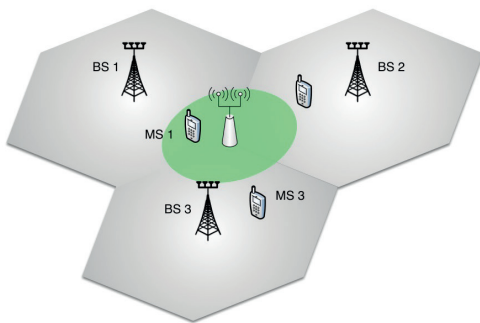
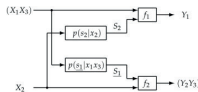
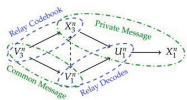
Nous avons publié 18 articles scientifiques qui démontrent la capacité et la flexibilité de notre solution, son attrait en termes de coût et de performance. Ils font la lumière sur les possibilités offertes par l'intégration photonique sur silicium. Nous avons transporté une maquette à Paris, Cannes et Bologne pour 6 démonstrations, avec deux présentations faites au groupe de normalisation FSAN. Le but principal du projet était en effet la dissémination de ses résultats vers les industriels.

**FAON : vers un réseau d'accès optique qui s'adapte aux besoins des utilisateurs**

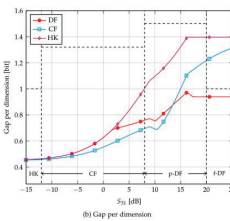
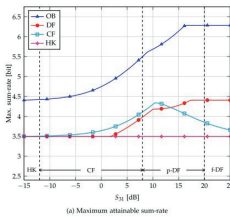
**Le partage en fréquence et l'intégration photonique sur Silicium**

# FLEXIBLE RELAYING IN INTERFERENCE-LIMITED CELLULAR NETWORK

## FIREFLIES



Flexible Relaying in Interference-Limited Cellular Network (FIREFLIES)



## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet FIREFLIES est un projet de recherche fondamentale, financé dans le cadre de l'AAP ANR Blanc International 2010, coordonné par CentraleSupélec. Il associe le laboratoire des signaux et systèmes (L2S) CentraleSupélec ainsi que le school EECs de Peking University. Le projet a commencé en mars, 2011 et a duré 36 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 200 K€ pour un coût global de 400 K€.

### Contact :

► **Mérouane Debbah**, merouane.debbah@supelec.fr  
 ► **Sheng Yang**, sheng.yang@supelec.fr  
 CentraleSupélec

### Site web :

► <http://laneas.com/fireflies>

### POURQUOI ?

Pour satisfaire la demande explosive des données mobiles, les réseaux cellulaires deviennent de plus en plus denses. En même temps, l'interférence entre les cellules augmente et nous empêche d'atteindre un débit plus élevé. Pour résoudre ce problème, nous proposons d'étudier le déploiement des stations de relai au bord des cellules, afin d'apprendre les interférences et d'aider les communications simultanées. La nature des communications étant dynamique, une stratégie flexible selon l'état de réseau est recherchée. Dans ce projet, nous avons proposé une stratégie efficace et étudié les limites fondamentales pour ce genre de réseaux de relais à l'aide de la théorie de l'information.

### COMMENT ?

Nous avons étudié les limites fondamentales sur le débit de communication coopérative pour ce genre de réseaux. L'outil principal est la théorie de l'information sur les réseaux. Nous avons obtenu de nouvelles bornes supérieures sur les débits atteignables, au delà de l'état de l'art. Nous avons aussi proposé de nouvelles stratégies flexibles de coopération. Nous avons montré que nos stratégies sont quasi-optimales dans la mesure où la différence entre le débit atteignable et la borne supérieure est moins de deux bits pour n'importe quelle condition de canal de communication.

### RÉSULTATS MAJEURS

Le projet nous a permis de mieux comprendre les difficultés de la communication multi-cellulaire et de proposer des solutions théoriques basées sur la théorie de l'information. La collaboration scientifique et académique entre Centrale Supélec et PKU a ainsi été renforcée à travers ce projet.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

Plusieurs publications scientifiques dans des revues et congrès internationaux IEEE.

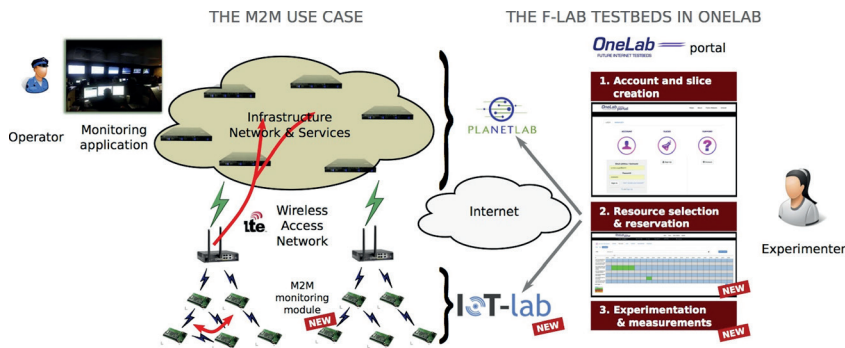
- G. Bassi, P. Piantanida, S. Yang, "Capacity Bounds for a Class of Interference Relay Channels," IEEE trans. IT, Jul. 2015
- M. Zhou, L. Zhang, L. Song, M. Debbah, "A Differential Feedback Scheme Exploiting the Temporal and Spectral Correlation, IEEE trans. VT, Nov. 2013
- Q. Huo, L. Song, Y. Li, B. Jiao, "A Distributed Differential Space-Time Coding Scheme with Analog Network Coding in Two-Way Relay Networks," IEEE Trans. Sig. Proc., Sep. 2012

La communication coopérative est cruciale pour les réseaux mobiles d'avenir

Avec la théorie de l'information, nous trouvons une stratégie quasi-optimale

# F-LAB : FÉDÉRATION DE MOYENS INFORMATIQUES

## F-LAB



## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

F-Lab est un projet de recherche fondamentale, financé dans le cadre de l'AAP ANR VERSO 2010, coordonné par le Laboratoire d'Informatique de Paris 6 (UPMC). Il associe Thales Communications S.A. (THC), l'Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique (Inria) et Alcatel-Lucent Bell Labs (A-LBLF). Le projet a débuté en novembre 2010 et a duré 42 mois, avec une aide de 1,3 M€ pour un coût global de 4,3 M€.

### Contact :

► **Dr. Timur Friedman**,  
Université Pierre et Marie Curie – Paris 6 (UPMC),  
timur.friedman@lip6.fr

### Site web :

► <http://f-lab.fr>

© Projet ANR F-LAB

## POURQUOI ?

Les plateformes expérimentales ont pour vocation de permettre l'exploration des différentes facettes de la recherche en réseau. La fédération est une solution efficace permettant de mutualiser les ressources disponibles afin d'offrir un panel de ressources de manière intégrée, plus adapté aux besoins actuels des utilisateurs. L'objectif de F-Lab est multiple : d'une part contribuer aux technologies émergentes dans le domaine de l'internet du futur (capteurs, 4G/LTE), et mener les outils de contrôle jusqu'à une étape de production ; d'autre part positionner les acteurs et les technologies développées en France au cœur d'initiatives similaires au niveau mondial.

## COMMENT ?

La solution proposée par F-Lab est bâtie sur le framework SFA (*Slice-Based Federation Architecture*) qui s'est imposé comme le standard de facto à l'échelle internationale. Il consiste en une couche minimale rendant possible une fédération globale, de manière sécurisée et distribuée. Deux composants génériques essentiels, nommés respectivement SFAWrap et MySlice, ont été développés, permettant d'une part aux testbeds d'exposer leurs ressources à la fédération, et d'autre part aux utilisateurs d'y accéder au travers d'une interface utilisateur simple et efficace.

**Simplifier l'usage et l'accès à des plateformes expérimentales innovantes**

**Des standards pour une fédération globale et une solution clé-en-main**

## RÉSULTATS MAJEURS

F-Lab propose une architecture complète de fédération reposant sur un modèle unifié de ressources, et bâti des composants permettant l'accès aux ressources, leur contrôle et leur instrumentation. Leur utilisation a été démontrée avec les plateformes PlanetLab et IoT-Lab. Les résultats ont reçu un accueil favorable de la communauté et ont été réutilisés au sein de nombreux projets internationaux. Le projet a notamment permis à THC d'améliorer la phase de test de ses produits. L'obtention d'une plateforme fonctionnelle "LTE Box" est un autre résultat important, et les développements faits dans le projet ont pu être réutilisés dans un produit Alcatel-Lucent, vendu à plusieurs exemplaires.

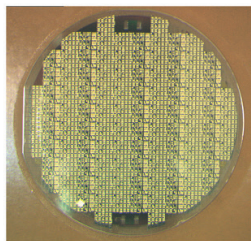
## PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

Le projet a permis 2 publications multipartenaires directement liées aux développements faits dans le projet, et au cas d'utilisation *Machine-to-Machine*, ainsi que d'autres présentant les résultats obtenus à partir des plateformes elles-mêmes. Il convient également de citer les réalisations matérielles (extension des plateformes, LTEBox - part d'un produit chez Alcatel Lucent), logicielles (plusieurs composants de base), et des démarches de standardisation, supports fondamentaux à la recherche.

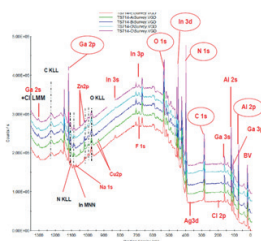
- Jordan Augé, Thierry Parmentelat, Nicolas Turro, Sandrine Avakian, Loïc Baron, Mohamed Amine Larabi, Mohammed Yasin Rahman, Timur Friedman, Serge Fdida, Special issue on Future Internet Testbeds C Part II, Volume 63, pages 205–220, 22 April 2014
- Julien Beaudaux, Antoine Gallais, Julien Montavont, Thomas Noel, Damien Roth and Erkan Valentin IEEE Sensors Journal, vol 14, 2014

# TRANSISTORS GAN ET PACKAGING POUR APPLICATIONS TÉLÉCOMS JUSQU'À 40 GHz

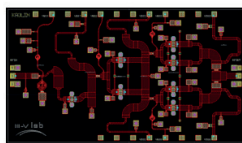
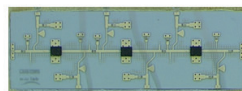
## GENGHIS KHAN



3" InAlN/GaN/SiC processed wafer  
(III-V Lab / UMS)



Chemical Analysis of GaN  
devices (Institut Lavoisier)



Ka Band amplifiers  
(LAAS, III-V Lab)



Ka Band package  
(EGIDE, UMS, TCS)

► Réalisations effectuées dans le projet par les différents partenaires.

### POURQUOI ?

Les technologies à base de transistor GaN sont apparues comme des technologies de rupture ces dernières années dans le paysage des semi-conducteurs III-V et notamment pour des applications de télécommunications et radar jusqu'à 10 GHz. Aujourd'hui, les besoins en technologie de puissance à des fréquences supérieures sont nécessaires pour les prochaines générations de communications mobiles à hauts débits, les communications terre-satellite (SATCOM). Les objectifs de GENGHIS Khan sont de développer les technologies à base de transistor GaN et le packaging associé pour des applications de forte puissance jusqu'en bande Ka (40 GHz).

### COMMENT ?

Les développements réalisés reposent sur la structure innovante InAlN/GaN épitaxiée sur substrat de carbure de silicium (SiC). Cette structure peut être adaptée à la maille cristalline du GaN donnant ainsi naissance à une hétérostructure avec la couche de GaN qui bénéficie de l'excellente conductivité thermique du SiC, et permet l'obtention des transistors alliant des densités de courant importantes, de forts gains hyperfréquences et de bons rendements électriques. Les puissances dissipées importantes en jeu ont nécessité la mise au point et la réalisation de boîtiers utilisant des fonds dissipant performants et leur adaptation à des boîtiers devant fonctionner jusqu'à 40 GHz.

**Amplification  
de puissance  
pour applications  
télécoms  
jusqu'à 40 GHz**

**Technologie InAlN/  
GaN sur SiC**

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet GENGHIS KHAN est un projet de recherche industrielle coordonné par III-V Lab, financé dans le cadre de l'AAP ANR VERSO 2010. Il associe aussi United Monolithic Semiconductor (UMS), EGIDE, THALES Communication and Security ainsi que les laboratoires du LAAS à Toulouse et de l'Institut Lavoisier de Versailles. Le projet a commencé en janvier 2011 et a duré 45 mois. Il a bénéficié d'une aide de l'ANR de 1,2 M€ pour un coût global de 3,5 M€.

#### Contact :

► **Piotrowicz Stéphane,**  
III-V Lab,  
stephane.piotrowicz@3-5lab.fr

### RÉSULTATS MAJEURS

GENGHIS Khan a permis de démontrer les potentialités des transistors HEMT (High Electron Mobility Transistor) utilisant la structure InAlN/GaN pour des applications de télécommunications en bande Ka. Des transistors présentant une fréquence de coupure du gain en puissance de 140 GHz, une puissance de sortie de 1,1 W (3,5 W/mm) et un rendement électrique de 40% ont été réalisés. Des amplificateurs de puissance et faible bruit ont été conçus permettant d'obtenir en technologie intégrée une puissance de sortie de 8W avec 22% de rendement en puissance ajoutée et des facteurs de bruit inférieurs à 3,5 dB sur la bande en bande Ka. Les boîtiers réalisés ont été validés jusqu'à 40 GHz.

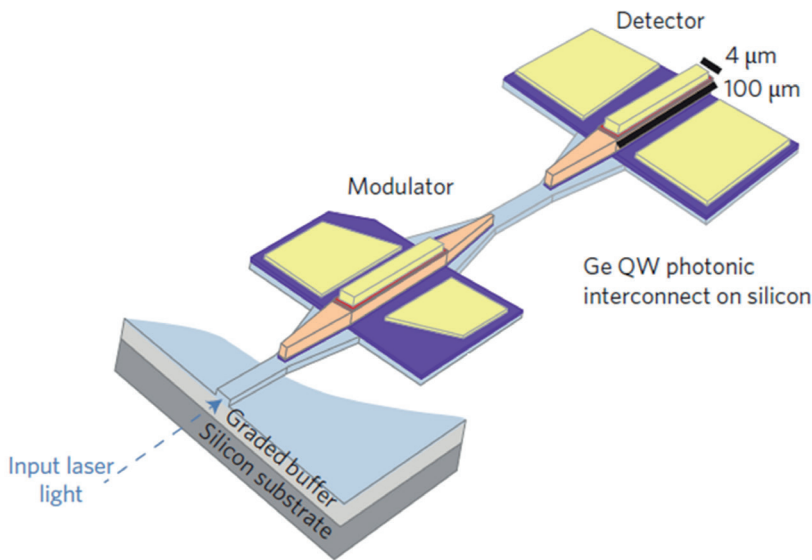
### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

- S. Nsele, L. Escotte, J.G. Tartarin, S. Piotrowicz, S. Delage, Electron Devices, IEEE Transactions on (April 2013, Volume: 60, Issue: 4)
- S. Nsele, L. Escotte, J.G. Tartarin, S. Piotrowicz, S. Delage, Journal Of Applied Physics Letters (November 2014, Appl. Phys. Lett. 105, 192105 (2014))
- S.Piotrowicz, O.Jardel, E.Chartier, R.Aubry, L. Baczowski, M.Casbon, C.Dua, L.Escotte, Camara, J.C.Jacquet, N.Michel, S.D.Nsele, M.Oualli, O.Patard, C. Potier, M.A.Di-Forte Poisson, S.L.Delage. International Microwave Conference, IMS2014, USA, June 2014.

Trois propositions de brevet ont été faites par III-V Lab sur des structures semi-conductrices et procédés de réalisation technologiques.

# DIRECT GAP RELATED OPTICAL PROPERTIES OF GE/SiGe MULTIPLE QUANTUM WELLS

## GOSPEL



► Vue schématique d'un lien de communication optique incluant un modulateur, un guide d'onde et un photodétecteur.

### POURQUOI ?

La recherche en photonique sur silicium est en pleine explosion depuis une dizaine d'années, avec des applications envisagées dans différents domaines, que ce soit pour la microélectronique, les télécommunications optiques ou les capteurs. Malgré les démonstrations de composants optoélectroniques performants (modulateur silicium et photodétecteur germanium, sources laser utilisant des matériaux III-V reportés sur silicium) l'intégration de tous ces composants sur un circuit est difficile, notamment en raison des différents matériaux et technologies nécessaires pour chaque élément. L'essor de la photonique silicium nécessite donc l'étude et l'utilisation de concepts innovants.

### COMMENT ?

Les résultats obtenus dans le projet sont basés sur des études détaillées, théoriques et expérimentales, des propriétés physiques et optoélectroniques des structures à puits quantiques Ge/SiGe. Cette compréhension nous a ensuite permis de concevoir, fabriquer et caractériser des dispositifs innovants et performants. Finalement un lien optique intégrant modulateur, photodétecteur et guide d'onde a pu être démontré à la fin du projet. Ces composants sont fabriqués dans la salle blanche universitaire du laboratoire et en collaboration avec le laboratoire L-Ness (Como - Politecnico di Milano, Italie) pour la croissance épitaxiale.

Concepts innovants pour la photonique silicium

De l'étude des propriétés physiques à la démonstration d'un lien optique

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet GOSPEL est un projet jeune chercheur, financé dans le cadre de l'AAP ANR JCJC 2011, coordonné par Delphine Marris-Morini de l'Institut d'Électronique Fondamentale. Le projet a commencé en novembre 2011 et a duré 36 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 208 K€ pour un coût global de 469 K€.

### Contact :

► **Delphine Marris-Morini**,  
Institut d'Électronique Fondamentale (IEF),  
Université Paris Sud,  
delphine.morini@u-psud.fr

### Site web :

► <http://silicon-photonics.ief.u-psud.fr/>

### RÉSULTATS MAJEURS

Parmi les résultats majeurs nous avons :

- Réalisé un modulateur optique compact ;
- Démontré la possibilité d'utiliser l'ingénierie des contraintes dans les puits quantiques pour concevoir des composants fonctionnant à différentes longueurs d'onde télécoms ;
- Mis en évidence l'effet d'électroréfraction dans ces structures, ouvrant la voie à des modulateurs utilisant des formats plus complexes (QPSK...);
- Fabriqué un lien optique complet intégrant modulateur, guide d'onde et photodétecteur sur silicium.

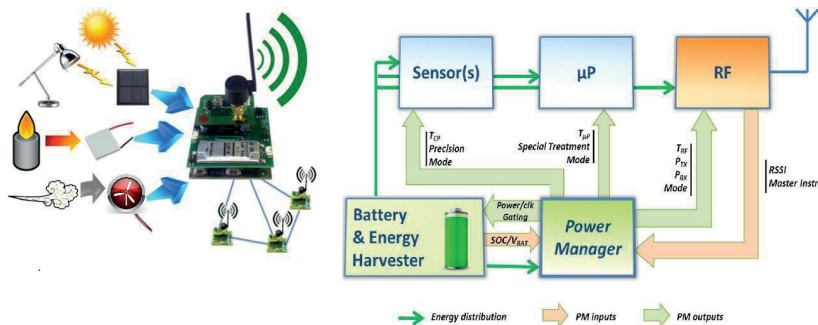
### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

Sélection parmi les publications dans des revues internationales :

- P. Chaisakul, D. Marris-Morini, et al, Opt. Exp. 20 (3), 3219 (2012)
- M-S. Rouifed, P. Chaisakul, D. Marris-Morini, et al, Opt. Lett. 37, 3960 (2012)
- J. Frigerio, P. Chaisakul, D. Marris-Morini, et al, APL, 102, 061102 (2013)
- D. Marris-Morini, et al, Nanophotonics. 2 (4), 279, (2013)
- M-S. Rouifed, D. Marris-Morini, et al, IEEE JSTQE, 20 (4) 3400207 (2014)
- P. Chaisakul, D. Marris-Morini, et al, Nature Photonics 8, 482 (2014)

# GREEN WIRELESS COMMUNICATING OBJECTS

## GRECO



### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

GRECO est un projet de recherche industrielle financé dans le cadre de l'AAP ANR ARPEGE 2010. Le projet a démarré en octobre 2010 et a duré 40 mois. Le partenariat regroupe 2 industriels Thales C&S (leader) et Insight-SIP ainsi que 5 laboratoires public de recherche (CNRS-LEAT, CNRS-IRISA, CEA-LIST, CEA-LETI, IM2NP). Il a bénéficié d'une aide ANR de 1,3 M€ pour un coût global de 3,6 M€.

#### Contact :

► Florian Broekaert,  
Thales Communications & Security S.A.  
florian.broekaert@thalesgroup.com

#### Site web :

► <http://greco.irisa.fr/>

### POURQUOI ?

L'émergence de systèmes de récupération d'énergie permet d'espérer avoir des objets communicants complètement autonomes en énergie. Dans ce type de système, les enjeux sur la consommation d'énergie et sa gestion sont majeurs.

L'estimation de la consommation énergétique d'un réseau de capteurs est un problème très complexe combinant à la fois des modèles pour les parties numériques et analogiques du nœud, tout en le situant dans le réseau. Bien que des simulateurs existent pour concevoir ces systèmes (*transceiver* RF, architecture numérique ou protocoles réseaux), ceux-ci sont souvent trop spécialisés pour analyser l'ensemble des phénomènes et leurs interactions.

### COMMENT ?

GRECO vise la conception d'objets communicants autonomes en énergie basée sur une approche globale de modélisation. Celle-ci doit être la plus complète possible afin de prendre en compte les différents éléments nécessaires au système.

La spécificité du projet repose sur son approche par simulation permettant de combiner des composants de nature hétérogène et sur le développement de stratégies de *Power Management* (PM) permettant une autonomie complète du système. La simulation offre la possibilité de mettre en œuvre un plus grand nombre de nœuds, l'accès aux états internes des différents composants, la possibilité de rejouer un scénario ou d'étudier l'influence d'un paramètre spécifique.

### RÉSULTATS MAJEURS

Les résultats majeurs du projet sont :

- Le développement de la plateforme HarvWSNET qui couple les forces de Matlab et de WSNET ;
- Une bibliothèque de modèles (RF, MAC, PHY, batterie, supercapacité, récupérateur d'énergie, Power Manager) développés et intégrés dans les simulateurs HarvWSNet et OMNet ;
- Le développement et l'implémentation sur simulateur et/ou sur plateforme réelle (TI ez430, Powwow) de plusieurs stratégies de Power Management utilisant différentes sources d'énergie (solaire, thermique, éolien) ;
- Une étude de faisabilité prouvée par simulation sur deux déploiements applicatifs (audio et SHM) ;
- Réalisation et démo d'un mini-réseau de capteurs basé sur le standard BLE.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

Cinq articles ont été acceptés dans des revues à comité de lecture, et plus de 20 publications, pour la plupart multi-partenaires, ont été présentées dans des conférences internationales (IEEE PIMRC, ICNC, ICUWB...).

Des présentations à des événements de vulgarisation scientifique (EcoFac, GdR SoC-SIP, RESCOM) ont été réalisées également. Le consortium a enfin organisé le Workshop WUPS (Workshop on Ultra Low-Power Sensors, <http://wups2013.irisa.fr>) à Prague en 2013, conjointement avec ARCS.

**Le challenge de la conception de systèmes communicants autonomes en énergie**

**Une approche par simulation combinant des composants de nature hétérogène**



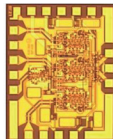
# RÉSEAUX OPTIQUES 400G/1T À BASE DE CIRCUITS DAC ULTRA RAPIDES

## HENIAC

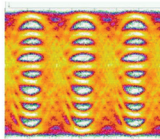
**"Power-DAC"**  
 amplitude x  
 vitesse



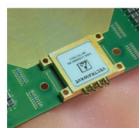
Semi-conducteurs  
 « III-V »



Puce InP  
 Power-DAC

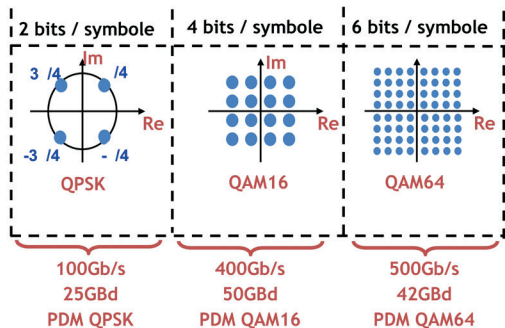


Signal modulé



Module reporté  
 sur carte

**Haute efficacité  
 spectrale**  
 Modulations  
 vectorielles  
 multi-niveau



► *Éléments clés du projet HENIAC : circuits intégrés III-V "Power-DAC", technologies de packaging très haute performance, modulations optiques complexes.*

### POURQUOI ?

L'Internet mondial fonctionne grâce au réseau de fibres optiques qui maille la planète, sur terre et sous la mer. Chaque fibre peut transporter 10 Tbit/s de données en agrégeant jusqu'à 100 couleurs (longueurs d'onde) différentes. Chaque couleur transporte 100 Gbit/s. Les besoins toujours croissants en bande passante exigent maintenant de passer à 400 Gbit/s puis à terme 1 Tbit/s par longueur d'onde.

Pour cela, les technologies conventionnelles ne suffisent pas. Une électronique ultra rapide est nécessaire, clé de voûte du projet HENIAC.

### COMMENT ?

Les technologies ultra-rapides du III-V Lab reposent sur l'utilisation des matériaux des groupes III et V du tableau de Mendeleïev. Le phosphore d'indium (InP), en fait partie. Il permet de réaliser des transistors atteignant des vitesses et des amplitudes au meilleur niveau mondial. C'est ainsi que des puces électroniques spécifiques ont été démontrées et mises en œuvre dans le projet HENIAC grâce à la chaîne de compétences du consortium.

**L'électronique ultra  
 rapide au cœur de  
 l'Internet très haut  
 débit du futur**

**Le phosphore  
 d'indium,  
 un matériau  
 toujours clé pour  
 l'optoélectronique  
 du futur**

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

HENIAC est un projet de Recherche Industrielle financé dans le cadre de l'appel à projet INFRA ANR 2011, porté par III-V Lab, en collaboration avec Alcatel-Lucent Bell Labs France, Vectrawave, Egide, XLIM et Supélec.

Lancé en janvier 2012, il s'est terminé en septembre 2015, pour un budget total de 3,3 M€ et 1,2 M€ d'aide.

### Contact :

► **DUPUY Jean-Yves**,  
 III-V Lab,  
 jean-yves.dupuy@3-5lab.fr

### Site web :

► <http://www.systematic-paris-region.org/fr/projets/heniac>

### RÉSULTATS MAJEURS

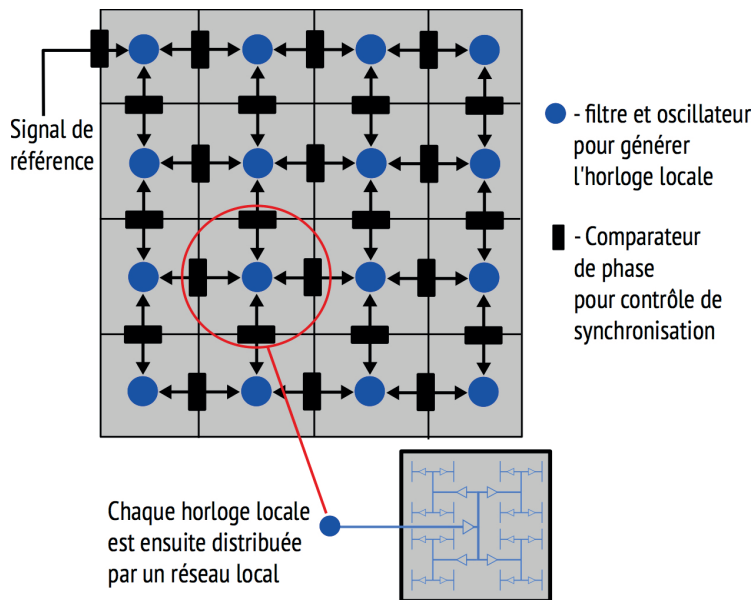
- En 2012, première démonstration mondiale d'une transmission à 400 Gbit/s sur une seule longueur d'onde dans un canal optique de 50 GHz ;
- En 2013, démonstration d'un module DAC générant 4V d'amplitude différentielle à un débit symbole de 56 GBd, constituant une amélioration de l'amplitude d'un facteur 2,5 par rapport au meilleur résultat de l'état de l'art ;
- En 2014, présentation à la conférence CSICS 2014 de son circuit DAC fournissant une amplitude différentielle de 3,8 Vpp à un débit symbole de 70 GBd ;
- En 2014, démonstration d'une transition hyperfréquence verticale atteignant une bande passante de 50 GHz, permettant à terme la réalisation de modules industriels ultra-rapides.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

- Godin J. et al., "High Speed Multi Level Drivers for Spectrally Efficient Optical Transmission Systems", Bell Labs Technical Journal, 18, 3, 67-94, 2013
- Bertran-Pardo O. et al., "Transmission of 50-GHz-Spaced Single-Carrier Channels at 516Gb/s over 600km," in Optical Fiber Communication Conference/National Fiber Optic Engineers Conference 2013
- Godin J. et al., "InP DHBT Mux-Drivers for Very High Symbol Rate Optical Communications", CSIC Symposium, 19-22 Oct. 2014

# HORLOGERIE RECONFIGURABLE POUR CIRCUITS MULTIPROCESSEURS SUR PUCE

## HERODOTOS



► Architecture du générateur d'horloge étudiée dans le projet HERODOTOS.

### POURQUOI ?

Le projet HERODOTOS se propose d'étudier une solution alternative pour générer une horloge sur les puces multiprocesseurs globalement synchrones. Une horloge est nécessaire pour assurer des communications fiables à l'intérieur des puces et détermine la consommation d'énergie par le circuit. Le projet a pour ambition de valider, par réalisation d'un prototype silicium en technologie CMOS nanométrique, une architecture originale de génération de l'horloge, dont le principe est basé sur l'utilisation d'un réseau de boucles à verrouillage de phase (PLLs) tout-numériques couplées. Ce principe avait été étudié dans le projet HODISS financé par l'ANR en 2008-2010.

### COMMENT ?

La solution proposée consiste à utiliser un tissu d'oscillateurs distribués sur la surface de la puce, synchronisés en phase et en fréquence les uns avec les autres, à travers un réseau de boucles de contre-réactions réalisées par des PLLs. À la différence des solutions existantes, le réseau réalisé n'utilise que des liens locaux entre les résonateurs, et s'appuie essentiellement sur des blocs numériques pour réaliser la synchronisation. Cela garantit une robustesse vis-à-vis des perturbations qui peuvent avoir lieu sur une puce. Un des objectifs du projet est de démontrer l'application de ce principe aux réseaux de grande taille, par ex., 10 x 10.

**Variabilité des délais et difficulté de synchronisation globale sur puce**

**Liens locaux et utilisation des PLLs tout-numériques**

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet HERODOTOS est un projet de recherche industrielle, financé dans le cadre de l'AAP ANR ARPEGE 2010, coordonnée par le Laboratoire d'Informatique de Paris 6 (LIP6, UPMC-Sorbonne). Il associe le LIP6 et le centre LETI du CEA. Le projet a commencé en décembre 2010 et a duré 49 mois. Il a bénéficié d'une aide de l'ANR de 516 K€ pour un coût global de 1,1 M€.

#### Contact :

► **Dimitri Galayko**,  
LIP6, UPMC-Sorbonne,  
dimitri.galayko@lip6.fr

#### Site web :

► [herodotos.lip6.fr](http://herodotos.lip6.fr)

### RÉSULTATS MAJEURS

Le projet a permis une réalisation de plusieurs prototypes de réseaux de PLL : deux circuits en technologie CMOS 65 nm contenant des réseaux de tailles 4x4 et 10x10 (première réalisation sur silicium de ce genre de circuit avec cette dimension), ainsi qu'une réalisation d'un prototype de réseau 12x12 sur FPGA. Il a été prouvé qu'une synchronisation entre les résonateurs était possible, de qualité suffisante pour permettre une communication fiable entre les différentes zones d'horloge sur une puce. Il s'agit d'une nouvelle architecture d'horloge pour circuits multiprocesseurs validée expérimentalement.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

- "Distribution d'horloges à grande échelle sur une puce", F. Anceau, Séminaire donné au Collège de France, le 12 mars 2014, Chaire de Gérard Berry
- "Distributed clock generator for synchronous SoC using ADPLL network", E. Zianbetov et al., IEEE Custom Integrated Circuits Conf., 2013, San José, CA
- "A reconfigurable distributed architecture for clock generation in large many-core SoC", C. Shan et al.,... In Int. Symp. On Reconfigurable and Communication-Centric Systems-on-Chip (ReCoSoC), 2014

# ENVIRONNEMENT MULTI-ACTEURS MULTI-TABLES INTERACTIVES À OBJETS TANGIBLES ET VIRTUELS

## IMAGIT



© Fabien Badaig, LIG - @ LAMIH

► Démonstrateurs académiques : "Jeu du Risk" et "simulation de trafic routier" (à gauche) et industriel "biodiversité" (à droite).

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet IMAGIT est un projet de recherche industrielle, financé dans le cadre de l'AAP ANR CONTINT 2010, coordonné par le LAMIH-UMR CNRS, Univ. Valenciennes. Il associe aussi le laboratoire LIG-UMR CNRS, Univ. Grenoble, ainsi que la société RFIdées, située à La Murette (38). Le projet a commencé en octobre 2010 et a duré 29 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 589 K€ pour un coût global de 1,4 M€.

#### Contact :

► **KOLSKI Christophe**,  
LAMIH-UMR 8201,  
Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis,  
christophe.kolski@univ-valenciennes.fr

#### Site web :

► <http://www.univ-valenciennes.fr/imagit/>

### POURQUOI ?

De nombreuses recherches académiques et industrielles sont menées actuellement sur de nouveaux supports d'interactions de type tables ou surfaces interactives et sur l'interaction tangible. Cependant, nous sommes partis du constat qu'il n'existe pas d'environnements interactifs permettant des interactions distribuées, mettant en œuvre aussi bien des objets tangibles que virtuels, par exemple pour des contextes de conception, configuration, résolution de problème ou gestion de crise, dans lesquels un ensemble d'acteurs de différentes spécialités ayant plusieurs objectifs interagissent, tout en étant distribués géographiquement et sur des dispositifs variés.

### COMMENT ?

Le projet IMAGIT consiste à concevoir, réaliser et tester un environnement permettant à un ensemble d'utilisateurs (isolés ou en groupe(s)) d'interagir de manière distribuée à l'aide d'un ensemble de tables ou tablettes interactives permettant d'exploiter des objets aussi bien tangibles que virtuels. En effet, les situations à étudier et à mettre en œuvre concernent aussi bien des objets tangibles embarquant de l'information que des objets pour lesquels l'information est déportée dans des agents d'une plateforme multi-agents. Cette plateforme équipée de la technologie RFID met donc en œuvre des interactions entre acteurs aussi bien humains que virtuels.

### RÉSULTATS MAJEURS

Une nouvelle version de la table interactive TangiSense a été proposée. Elle est équipée d'un écran haute définition placé au-dessus des capteurs RFID. Elle pourrait faire l'objet d'une industrialisation et d'une production à grande échelle. Des concepts d'objets tangibles, appelés tangigets, et des mécanismes multi-agents pour la distribution, associés à une architecture, ont été proposés. Nous avons réalisé différents démonstrateurs académiques et industriels en lien avec la gestion de crise, le domaine du tourisme et de la culture, le domaine du bâtiment intelligent. Des bibliothèques de code générique ont été développées. De premières évaluations ont été menées.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

4 articles dans des journaux internationaux avec *impact factor* ont été rédigés, de même que trois chapitres d'ouvrage et 11 articles dans des conférences internationales.

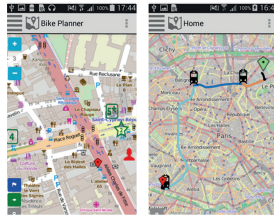
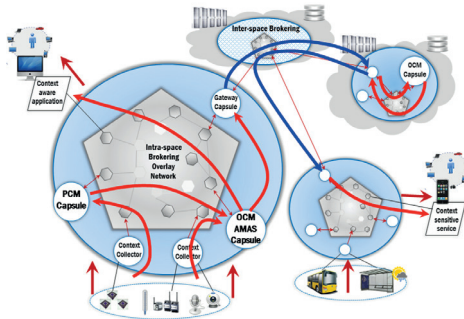
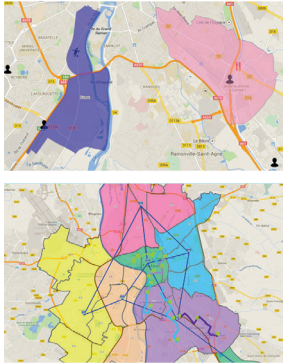
- LEPREUX S., KUBICKI S., KOLSKI C., CAELEN J. (2012). spécial issue "Distributed User Interfaces", 28, pp. 709-721
- KUBICKI S., LEPREUX S., KOLSKI C. (2012). Personal and Ubiquitous Computing, 16 (8), pp. 1079-1094
- KUBICKI S., BORGIEL K., LEPREUX S., WOLFF M., KOLSKI C. (2012). Le Travail Humain, 75 (3), pp. 229-252
- KUBICKI S., LEBRUN Y., LEPREUX S., ADAM E., KOLSKI C., MANDIAU R. (2013). Simulation Modelling Practice and Theory, 31, pp. 116-131

Besoin de nouvelles méthodes d'interaction homme-machine

Vers la distribution de tables interactives avec manipulation d'objets tangibles

# INFRASTRUCTURE DE GESTION DE CONTEXTE MULTI-ÉCHELLE POUR L'INTERNET DES OBJETS

## INCOME



## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

INCOME est un projet de recherche fondamentale, financé dans le cadre de l'AAP ANR INFRA 2011, et coordonné par l'Université Paul Sabatier. Les partenaires académiques sont l'IRIT et le laboratoire SAMOVAR de Télécom SudParis et le partenaire industriel est Artal Technologies. Le projet a débuté en février 2012 pour une durée de 44 mois. Il a bénéficié d'une aide de l'ANR de 805 K€ pour un coût global de 1 985 K€.

### Contact :

► **Jean-Paul Arcangeli**  
 IRIT (Institut de Recherche en Informatique de Toulouse)  
 Jean-Paul.Arcangeli@irit.fr

### Site web :

► [www.anr-income.fr](http://www.anr-income.fr)

► *Income : infrastructure logicielle générique pour interpréter, qualifier, protéger et filtrer les informations de contexte.*

## POURQUOI ?

INCOME vise la définition de méthodes et la réalisation de cadriciels et d'intergiciels génériques pour faciliter le développement et le déploiement de services construits au-dessus de l'Internet des Objets.

Les défis relevés sont la gestion du contexte, la répartition et la décentralisation des traitements, la gestion d'événements complexes, la détection de situations d'adaptation de haut niveau sémantique, le respect de la vie privée et la qualité des informations, la gestion autonome du déploiement.

## COMMENT ?

Nous proposons :

- Un système de caractérisation multi point de vue et multiéchelle pour exprimer des contraintes logiques en termes de diffusion d'information et de déploiement ;
- Un intergiciel de type publish/subscribe qui limite la portée de diffusion des informations en délimitant des zones logiques ;
- Une architecture hybride mixant ontologies et systèmes multi-agents, pour l'apprentissage automatique de règles d'identification et leur ajustement aux situations réelles ;
- Des contrats bipartis pour la prise en compte de la qualité des informations tout en respectant les contraintes de vie privée ;
- Une assistance à l'utilisateur dans l'écriture de ses politiques de contrôle d'accès à ses données privées, basée sur un système d'aide à la décision multicritère ;
- Une infrastructure pour le déploiement autonome du gestionnaire de contexte.

## RÉSULTATS MAJEURS

INCOME propose des solutions innovantes de gestion de contexte multiéchelle et les outils

- MuSCa, cadriciel pour la caractérisation multiéchelle ;
- MuDEBS, système réparti à base d'événements associant les concepts d'échelle et de portée pour contrôler la diffusion ;
- MuSIC, système hybride de détection de situations de contexte ;
- QoCIM, cadriciel pour la gestion de la qualité de contexte en respectant les contraintes de vie privée ;
- KAPUER, outil qui assiste l'utilisateur dans le contrôle de ses données privées ;
- MuScAdEM, intergiciel de déploiement multiéchelle ;

Ces solutions supportent la réalisation du démonstrateur D4ME, système de guidage dans les transports urbains multimodaux.

## PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

Les travaux ont donné lieu à six articles de revues internationales (notamment dans les revues Annals of Telecommunications, Journal of Systems and Software, Sensors, Annals of Data Science) et à différentes communications dans des conférences (cf. site Web du projet).

En 2014 et en 2015, les deux premières éditions du workshop ACM "Middleware for Context-Aware Applications in the IoT" (M4IoT) ont été organisées dans le cadre de la conférence internationale ACM/IFIP/USENIX "Middleware" (<http://lii-enac.fr/event/m4iot15/>).

Fournir des briques logicielles pour faciliter la réalisation de services IoT

Intergiciel publish/subscribe : filtrage multiéchelle et contrats de vie privée

# VERS UNE MACHINE VIRTUELLE JAVA POUR L'INFORMATIQUE OMNIPRÉSENTE

## INFRA-JVM



SMART HOME

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet Infra-JVM est un projet de recherche fondamentale, financé dans le cadre de l'AAP ANR INFRA 2011, coordonné par le LIP6 à l'UPMC Sorbonne Universités. Il associe le LIP6 ainsi que le LaBRI, l'IRISA et le LINA. Le projet a commencé en janvier 2011 et a duré 46 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 646 391 €.

#### Contact :

► **Gaël Thomas**,  
Telecom SudParis,  
gael.thomas00@telecom-sudparis.eu

#### Site web :

► <http://infrajvm.irisa.fr/>

### POURQUOI ?

Malgré l'importance croissante des applications ubiquitaires, définir un support d'exécution adéquat reste un challenge. Les contraintes sur la consommation de ressources des applications ubiquitaires varient grandement, allant d'applications critiques pour lesquelles il faut garantir que les ressources soient disponibles, jusqu'à des applications de loisir pour lesquelles les ressources consommées varient dans le temps. Pour gérer ces consommations de ressources différentes et parfois contradictoires, un système de réservation est donc devenu nécessaire directement dans la plateforme d'exécution des applications ubiquitaires.

### COMMENT ?

Le projet s'est focalisé sur la gestion de ressource dans la machine virtuelle Java, l'un des environnements d'exécution typique dans le cadre ubiquitaire. Le projet a proposé de modifier cette machine virtuelle Java pour lui adjoindre de nouveaux mécanismes de gestion et de réservation de ressource en définissant un nouveau langage de reservation de ressources, de nouveaux mécanismes garantissant que les réservations sont respectées et de nouveaux mécanismes permettant d'utiliser de façon efficace les ressources.

**La réservation de ressources est nécessaire pour l'informatique ubiquitaire**

**Un nouvel environnement d'exécution Java permettant de réserver les ressources**

### RÉSULTATS MAJEURS

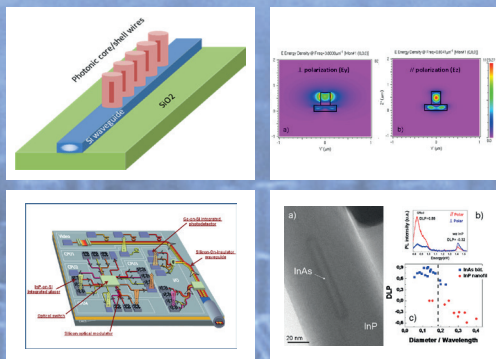
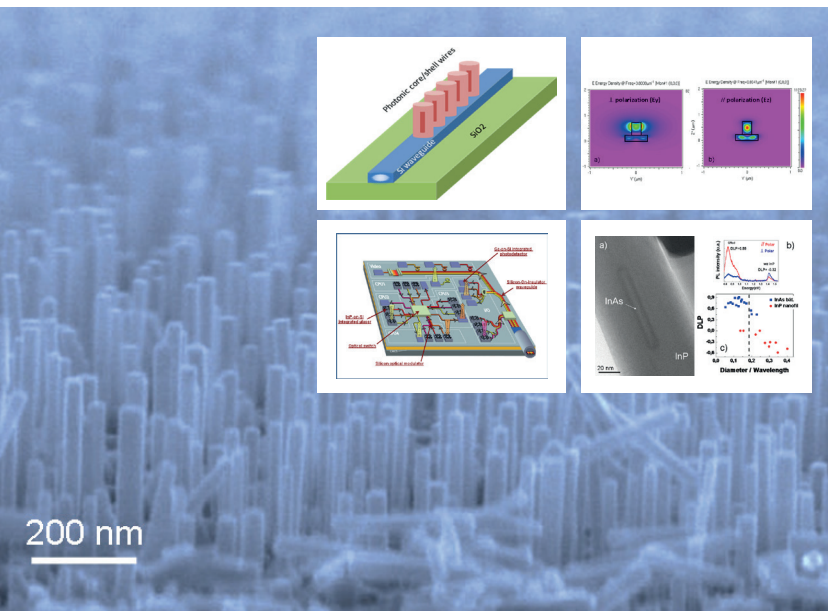
Le résultat majeur du projet est une nouvelle machine virtuelle Java offrant de nouveaux mécanismes de gestion et de réservation de ressources ainsi que la définition d'un petit langage permettant de spécifier quelles ressources sont nécessaires pour chaque application. Parmi les mécanismes, nous avons défini un nouveau gestionnaire mémoire pour les architectures multicœurs ainsi qu'une nouvelle interface permettant de connaître et spécifier les ressources consommées par une application.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

- Continuously Measuring Critical Section Pressure with the Free-Lunch Profiler. F. David, G. Thomas, J. Lawall, G. Muller. OOPSLA 2014
- Memory Monitoring on a multi-tenant OSGi execution environment. K. Attouchi, G. Thomas, A. Bottaro, G. Muller. CBSE 2014
- Incinerator - Eliminating Stale References in Dynamic OSGi Applications. K. Attouchi, G. Thomas, G. Muller, J. Lawall, A. Bottaro. DSN 2015

# INTÉGRATION DE NANOFILS III-V SUR SOI POUR CONNECTIONS OPTIQUES SUR PUCE

## INSCOOP



© J.M. Fedeli-CEA-Leti / J.C. Harmand-LPN / Z. Lin et X. Letartre-INL / R. Anufriev et N. Chauvin / J.B. Barakat et M. Gendry-INL

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet INSCOOP est un projet de recherche fondamentale, financé dans le cadre l'AAP P2N 2011, coordonné par l'Institut des Nanotechnologies de Lyon-INL. Il associe l'INL, le LPN, le CEA-Leti, le LTM et le laboratoire FOTON. Le projet a commencé en octobre 2011 et a duré 42 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 871 K€ pour un coût global de 3250 K€.

### Contact :

► **GENDRY Michel**,  
Institut des Nanotechnologies de Lyon-INL,  
UMR CNRS 5270  
michel.gendry@ec-lyon.fr

### Site web :

► <http://inscoop.ec-lyon.fr/>

► Fig. 1 : Circuit photonique pour interconnexions optiques sur puce. © J.M. Fedeli-CEA-Leti. Fig. 2 : Schéma d'un réseau de nanofils III-V intégré sur un guide d'onde silicium sur un substrat SOI (Silicon On Insulator). © J.C. Harmand-LPN. Fig. 3 : Simulation FDTD du couplage des modes optiques du nanofil et du guide d'onde dans le cas d'une polarisation de la lumière : a) perpendiculaire et b) parallèle à l'axe du nanofil. © Z. Lin et X. Letartre-INL. Fig. 4 : a) Image STEM d'un bâtonnet d'InAs dans un nanofil d'InP. © G. Patriarche-LPN et M. Gendry-INL. b) Intensité de la photoluminescence du bâtonnet d'InAs et du nanofil d'InP en fonction de la polarisation // ou ⊥ de la lumière. c) Degré de polarisation linéaire (DLP) de la lumière émise par le bâtonnet d'InAs et par le nanofil d'InP en fonction du rapport diamètre du nanofil/longueur d'onde de la lumière émise. © R. Anufriev et N. Chauvin. Fig. 5 : Nanofils d'InP auto-catalysés crûs sur un substrat de silicium (111). © J.B. Barakat et M. Gendry-INL.

### POURQUOI ?

Le projet INSCOOP vise à l'intégration de la fonction d'émission de lumière sur silicium (Si) nécessaire pour la réalisation d'interconnexions optiques sur des puces électroniques. Cette fonction reste un des verrous à surmonter pour le développement de la photonique sur Si envisagée pour améliorer le débit et la rapidité des informations transmises via des interconnexions intra ou inter puces. L'objectif est de réaliser l'intégration monolithique sur un substrat de Si, de semiconducteurs III-V qui sont les meilleurs candidats pour la réalisation d'émetteurs de lumière. L'épitaxie de nanofils (NFs) III-V est une approche très adaptée pour réussir cette intégration monolithique.

### COMMENT ?

Nous avons développé la croissance autocatalysée de NFs III-V (In(As)P, Ga(In)As) par épitaxie par jets moléculaires (EJM) assistée par la méthode VLS (pour Vapeur-Liquide-Solide) sur Si. La croissance VLS de NFs III-V est un moyen efficace d'accommoder le désaccord de paramètre de maille existant entre les semiconducteurs III-V et le silicium, et donc de prévenir la génération de défauts structuraux (dislocations) qui sont préjudiciables à leurs propriétés optiques. L'objectif final du projet INSCOOP était la mise en œuvre d'une micro-source optique, à base d'un réseau périodique de NFs III-V, couplée à un guide d'onde monomode Si sur substrat SOI (Silicon On Oxide).

### RÉSULTATS MAJEURS

- Le caractère photonique des NFs d'InAs/InP (catalysés avec l'or) privilégiant une polarisation parallèle de la lumière en dessous d'un certain diamètre a été démontré ;
- Calcul des potentiels de déformation et des coefficients piézoélectriques de semiconducteurs de structure Wurtzite ;
- Des NFs verticaux d'InP et de GaAs auto-catalysés ont été produits sur substrat de Si(111). Un modèle décrivant la croissance auto-catalysée gouvernée par l'élément V a été développé ;
- Des microsources à base de NFs III-V sur guide Si sur SOI ont été conçues par simulation FDTD pour permettre un bon couplage optique au guide d'onde Si. Le démonstrateur sera réalisé avec des NFs Ga(In)As auto-catalysés.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

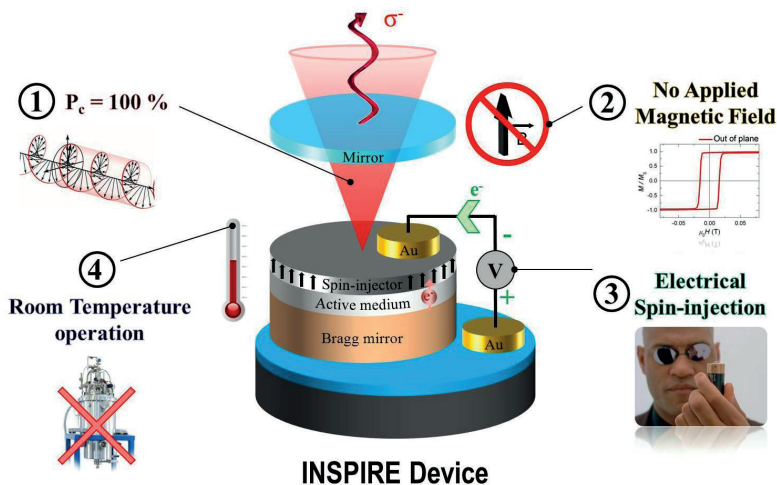
- R. Anufriev, N. Chauvin, H. Khmissi, K. Naji, J.B. Barakat, J. Penuelas, G. Patriarche, M. Gendry, C. Bru-Chevallier, J. Appl. Phys., 113, 193101 (2013)
- F. Glas, M. Reda Ramdani, G. Patriarche, J.C. Harmand, Phys. Rev. B, 88, 195303 (2013)
- C. Hajlaoui, L. Pedesseau, F. Raouafi, F. Ben Cheikh Larbi, J. Even, J.M. Jancu, J. of Physics D: Appl. Phys., 46, 505106 (2013)
- Z. Lin, M. Gendry, X. Letartre, Photon. Res., 2, 182 (2014)
- J. Barakat et al, 7th NGW, 10-12 June, 2013, Lausanne, Switzerland

**Les nanofils III-V  
comme émetteurs  
de lumière pour  
la photonique sur  
silicium**

**Couplage optique  
d'un réseau de  
nanofils III-V et  
d'un guide d'onde  
Si sur SOI**

# INJECTION DE SPIN POUR L'ÉMISSION DE LUMIÈRE POLARISÉE

## INSPIRE



► Représentation schématique du composant idéal pour convertir un bit d'aimantation (le «spin injector» sur la figure) en lumière polarisée circulaire.

© Thèse de Julien Frougier

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet INSPIRE est un projet de recherche fondamentale, financé dans le cadre de l'AAP ANR- BLANC 2010, coordonné par l'Unité Mixte de Physique CNRS - Thales. Il associe le LPN (Laboratoire de Photonique et de Nanostructures) ainsi que les laboratoires LPCNO (Laboratoire de Physique et Chimie des Nano-Objets), TRT-fr (Thales Research & Technology - France) et l'IES (Institut d'Électronique du Sud). Le projet a commencé en octobre 2010 et a duré 42 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 784 K€ pour un coût global de l'ordre de 2 137 K€.

### Contact :

► **George Jean-Marie**,  
CNRS,  
jean-marie.george@thalesgroup.com

## POURQUOI ?

Les électrons possèdent une charge et un spin. En électronique traditionnelle, les charges sont manipulées par un champ électrique mais le spin demeure ignoré. La découverte de la magnétorésistance géante (GMR) en 1988 dans des multicouches métalliques a conduit au développement de la Spintronique. Cette dernière vise au contrôle efficace du déplacement des électrons en agissant sur leur spin. L'extension de ces concepts aux matériaux semi-conducteurs amène l'optique comme degré de liberté supplémentaire. L'idée originale du projet INSPIRE vise à étudier les possibilités de coder l'information contenue dans des courants de spin en lumière polarisée.

## COMMENT ?

L'ambition de ce projet est d'explorer la possibilité de convertir un signal électrique polarisé en spin en un signal optique polarisé circulairement. Trois grands axes ont été étudiés dans le contrat INSPIRE. Le premier vise à la compréhension des mécanismes d'injection de porteurs polarisés en spin à partir d'un matériau ferromagnétique vers un matériau semi-conducteur III-V. Le second consiste en l'étude de la conversion d'un courant de spin en lumière polarisée via l'utilisation de diodes électroluminescentes. Enfin le dernier axe plus novateur consiste à étendre le principe de la Spin LED à la lumière cohérente émise par un LASER.

## RÉSULTATS MAJEURS

L'étude des propriétés d'injection de spin dans un semi-conducteur type III-V nous a permis de mettre en évidence le rôle prépondérant de l'interface SC-Barrière Tunnel-Ferro pour injecter de manière efficace des porteurs polarisés en spin.

Un résultat important est la réalisation d'injecteurs ferromagnétiques à aimantation perpendiculaire donnant lieu à une émission de lumière polarisée en spin de 10% à température ambiante à la rémanence (i.e. sans nécessité d'appliquer un champ magnétique extérieur).

Du côté des lasers, nous avons pu démontrer la possibilité d'émettre un taux de polarisation circulaire proche de 100% avec un faible taux de polarisation de spin injecté dans la structure (effet d'amplification).

## PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

► Les résultats majeurs du projet ont été publiés dans des revues à comité de lecture classique de la matière condensée (quelques exemples collaboratifs dans la liste suivante) :

- P. Renucci et al. Phys. Rev. B 82, 185317 (2010)
- S. P. Dash et al. Phys. Rev. B 84, 054410 (2011)
- J. Zarpellon et al. Phys. Rev. B 86, 205314 (2012)
- J. Frougier et al. Appl. Phys. Lett. 103, 252402 (2013)
- S. H. Liang et al., Phys. Rev. B 90, 085310 (2014)
- Julien Frougier et al. Optics Express 23, 9573 (2015)

Convertir un bit d'aimantation en lumière polarisée

Injecter, propager et détecter un courant de spin dans des semi-conducteur III-V

# SYSTÈMES D'INFORMATION ET EMBARQUÉS INTÉGRÉS

## ITEMIS



► ITEMIS, systèmes multi-segments, de l'embarqué au réseau d'entreprise.

### POURQUOI ?

ITEMIS vise à faciliter l'évolution du monde actuel fait d'applications embarquées légères et de services d'entreprise, clairement séparés, vers celui de services intégrés, définissant et qualifiant ainsi une nouvelle génération SOA autorisant des Systèmes Intégrants à la fois des Service IT et des applications embarquées. Cet effort est entrepris selon :

- L'axe métier, où sont intégrés les différents types de service IT et embarqués ;
- L'axe infrastructure de service, en présentant une solution sur ESB spécialisé et basée sur des composants, répondant aussi aux exigences du monde embarqué, incluant le déploiement ;
- Transversalement, une assurance de Qualité de service de bout en bout.

### COMMENT ?

ITEMIS fournit un *middleware* orienté services assurant le déploiement, l'intégration, l'exécution et l'administration de services hétérogènes IT / embarqués ; ainsi que de l'Ingénierie Dirigée par les Modèles (MDE) et des outils pour la vérification, de la modélisation à l'administration, de système ITEMIS .

ITEMIS vise à établir une architecture de référence, une méthodologie et un ensemble d'algorithmes pour la réalisation de systèmes ITEMIS , avec un engagement fort dans la réutilisation de l'état de l'art des technologies standard concernant l'infrastructure ESB, la conception MDE à base de composants et outils de développement et les technologies à composant léger pour l'embarqué.

Haute hétérogénéité des constituants des systèmes et leurs besoins d'évolutivité

Méthodologie outillée de réalisation de systèmes multi-segments vérifiés

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet ITEMIS est un projet de recherche industrielle, financée dans le cadre de l'AAP ANR ARPEGE 2008, coordonné par Thales Communications & Security. Il associe ScaleAgent D.T., PetalsLink, les laboratoires ADAM et ARLES de l'inria, ainsi que les groupes OLC du LAAS et ACADIE de l'IRIT. Le projet a démarré en décembre 2008 et a duré 36 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 1 M€ pour un coût global de 3 M€.

### Contact :

► Léger Antoine,  
THALES Communications & Security  
antoine.leger@thalesgroup.com

### Site web :

► <https://research.linagora.com/display/itemis>

### RÉSULTATS MAJEURS

Pour les 3 grandes phases du cycle de vie d'un système ITEMIS (Conception, Déploiement et Exécution) les principaux résultats sont :

- Une modélisation outillée de processus métier, incluant des propriétés de QoS ;
- Un langage de définition de QoS (QoS4ITEMIS) et la vérification formelle des BPEL générés ;
- Des aides aux déploiements ainsi que l'extension des protocoles supportés pour les plateformes d'exécutions cibles (ESB Petals, Lw-CCM, SCA FraSCAti) ;

Tous ces résultats sont illustrés au travers d'un cas d'utilisation "gestion d'incendie dans un système de transport", certains étant déjà utilisés dans des produits et d'autres repris sur d'autres projets de recherche (FP7 CH0reos).

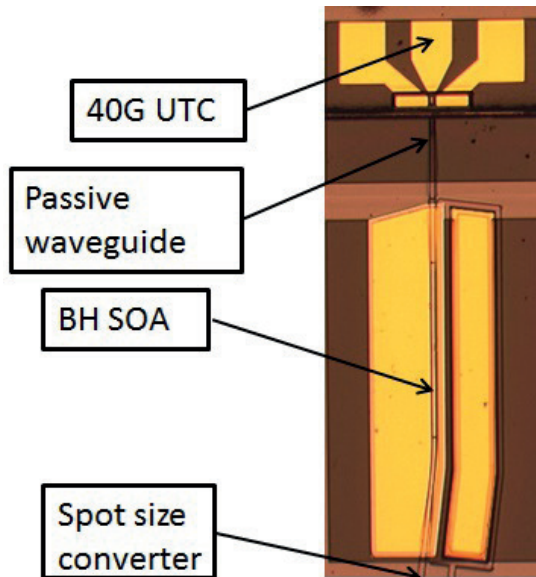
### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

- E. Fares, J.-P. Bodeveix, and M. Filali. (EJCP 2010), Dinard, Mai 2010.
- E. Fares, J.-P. Bodeveix, and M. Filali. In GDR GPL, Juin 2011
- Elie Fares, Jean-Paul Bodeveix and Mamoun Filali. BPMDS, London, June 2011
- Nikolaos Georgantas, Mohammad Ashiqur Rahaman, Hamid Ameziari, Animesh Pathak and Valerie
- Issarny, International Conference on Grid and Pervasive Computing, GPC 2011, May 2011
- DDS en composant SCA : R-DDS, Brevet déposé par Thales



# TRANSCEIVERS RÉALISÉS PAR INTÉGRATION MONOLITHIQUE POUR LES RÉSEAUX ET SERVICES

## JASMIN



► SOA-PIN chip

III-V lab

En effet le crédit photo n'est pas de très bonne qualité ! Peut-être faut-il l'écrire comme sur les autres fiches : © III-V lab sur le côté ?

### POURQUOI ?

Le projet JASMIN vise le développement de photorécepteurs SOA/UTC (*Semiconductor Optical amplifier / Uni-Travelling Carrier*) innovants réalisés par intégration monolithique sur un même substrat d'InP. Il s'agit d'exploiter les caractéristiques attractives des SOA et des UTC pour réaliser des récepteurs dont les performances se situeraient bien au-delà de l'état de l'art actuel. Les objectifs du projet sont de pousser les limites des SOA/UTC dans deux directions : rapidité/sensibilité et faible dépendance à la polarisation de la lumière.

### COMMENT ?

La technologie de fabrication d'un amplificateur optique SOA étant généralement différente de celle d'une photodiode PIN, un compromis doit être trouvé pour garantir de bonnes performances. En raison d'une capacité de la diode élevée et d'un faible rendement de couplage, le SOA/PIN de la concurrence est pénalisé par un fort facteur de bruit et une faible bande-passante (10 GHz). L'approche utilisée dans le projet JASMIN, a pour ambition d'utiliser la filière la mieux adaptée pour réaliser un SOA (*Buried* ou ruban enterré) et celle qui est la plus avantageuse pour fabriquer une photodiode très haut débit (*deep ridge* ou ruban profond).

Un récepteur plus sensible pour doubler le nombre d'abonnés connectés à Internet

Utiliser la filière ruban enterré / ruban profond pour réaliser le SOA

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet JASMIN est un projet de recherche financé par le programme ANR INFRA 2011, coordonné par le III-V Lab. Il associe III-V Lab et les laboratoires académiques LPCNO et CNRS LPN ainsi qu'Orange Labs et la PME Advotec. Le projet a commencé en janvier 2012 et a duré 42 mois. Il a bénéficié d'une aide de l'ANR de 0,79 M€ pour un coût global de 2,36 M€.

#### Contact :

► Achouche Mohand,  
III-V Lab  
mohand.achouche@3-5lab.fr

#### Site web :

► <http://www.anr-jasmin.fr/>

### RÉSULTATS MAJEURS

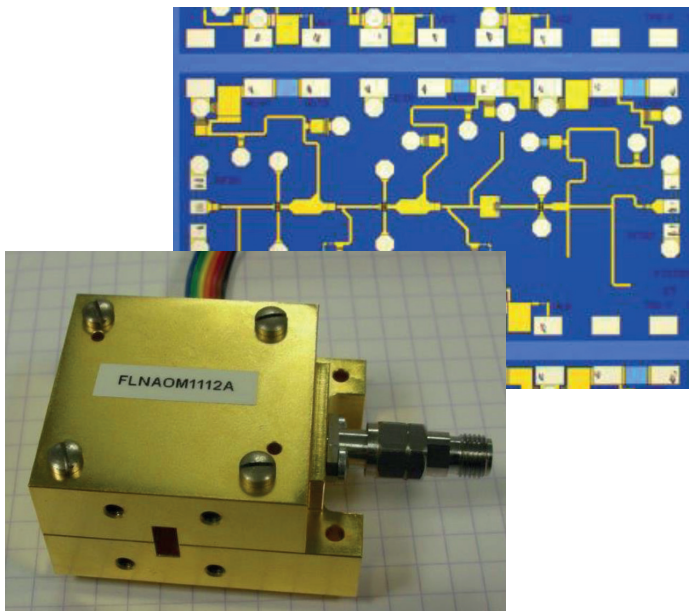
Un photorécepteur innovant comprenant un amplificateur optique à semi-conducteur et une photodiode haut débit (SOA/UTC) a été réalisé par intégration monolithique sur un substrat en Phosphure d'Indium. Le produit gain bande-passante obtenu suite à la réalisation du circuit photonique intégré de type SOA-UTC est de 6 THz bien au-delà de la valeur initialement visée dans le projet (3THz) et qui constitue un record mondial. La validation système de ce circuit photonique intégré à 25 Gb/s et 40 Gb/s a à aussi donné des résultats au meilleur niveau de l'état de l'art. Grâce à l'architecture innovante du récepteur JASMIN, notre solution permet d'envisager une application aux futurs réseaux d'accès.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

- S. Mazzucato, H. Carrère, X. Marie, T. Amand, M. Achouche, C. Caillaud, R. Brenot "IET Optoelectronics", 2014
- Caillaud C.; Chanclou, P.; Blache, F.; Angelini, P.; Duval, B.; Charbonnier, P.; Lanteri, D.; Glastre, G.; Achouche, M.; IEEE Journal of Lightwave Technology, 2015
- Anagnosti M.; Caillaud, C.; Paret, J-F.; Pommereau, F.; Blache, F.; Achouche M., in Proc. Of ECOC'14 (2014), paper We2.4.1. BEST PAPER AWARD

# MMIC ULTRA FAIBLE CONSOMMATION POUR TÉLÉCOMMUNICATIONS SPATIALES EN BANDE Q

## LOWIQ



► Photographie de la puce, du prototype de LNA mise en boîtier

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet LOWIQ est un projet de recherche industriel, financé dans le cadre de l'AAP ANR VERSO 2010, coordonné par l'IEMN. Il associe trois industriels OMMIC, Callisto et TAS (Thalès Alenia Space). Le projet a commencé en mars 2011 pour une durée de 43 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 967 K€ pour un coût global de 2,1 M€.

#### Contact :

► **Professeur Sylvain Bollaert**  
 Institut d'Électronique, de Microélectronique  
 et de Nanotechnologie, IEMN - UMR 8520  
[sylvain.bollaert@iemn.univ-lille1.fr](mailto:sylvain.bollaert@iemn.univ-lille1.fr)

© Projet ANR LOWIQ

### POURQUOI ?

Pour faire face à la demande croissante pour les télécommunications haut débit, les communications spatiales vont connaître une augmentation importante dans les années à venir. Pour réduire la fracture numérique pour des utilisateurs isolés physiquement, non connectés aux réseaux filaires (optique), il est nécessaire de mettre en place de nouveaux systèmes par satellite pour atteindre ces utilisateurs. L'amélioration des performances des amplificateurs de réception faible bruit à 40 GHz est nécessaire. Un obstacle majeur à cette montée en fréquence est la quasi-absence de composants sur le marché ou leur coût élevé et le fait que les principaux fournisseurs de ces composants se situent aux USA.

### COMMENT ?

Ces nouveaux systèmes de réception satellite sont basés sur des circuits d'amplification faible bruit. Ces circuits requièrent l'utilisation de transistors III-V haute performance, des HEMTs. Des circuits utilisant une technologie existante de la société OMMIC ont été conçus par TAS, fabriqués par OMMIC et mis en boîtier. Un banc de mesures spécifiques cryogéniques en bande Q a été développé par Callisto. L'IEMN a exploré une nouvelle filière de HEMT antimoine, qui ont démontré d'excellentes performances électriques mais dont la fiabilité reste un problème majeur. La société OMMIC a aussi développé une nouvelle filière de HEMT.

### RÉSULTATS MAJEURS

Ce projet a permis de démontrer les potentialités des HEMT de la société OMMIC pour le 40 GHz avec de très bons résultats sur les performances électriques des MMIC. Les moyens de caractérisation de système 40 GHz chez Callisto sont opérationnels. Une nouvelle filière 40 nm OMMIC a montré ses potentialités et pourrait être mise au catalogue de cette société. Les HEMT antimoine ont d'excellentes performances avec une consommation de puissance très faible, mais leur fiabilité pour un développement industriel reste encore une question ouverte.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

Les résultats de ce projet ont fait l'objet de trois publications dans une revue internationale avec comité de lecture et de trois conférences.

- GARDÈS C., BAGUMAKO S., DESPLANQUE L., WICHMANN N., BOLLAERT S., DANNEVILLE F., WALLART X., ROELEN Y., Sci. World J., 2014 (2014) 136340
- GARDES C., BAGUMAKO S.M., DESPLANQUE L., WICHMANN N., DANNEVILLE F., BOLLAERT S., WALLART X., ROELEN Y. Proceedings of 25th International Conference on Indium Phosphide and Related Materials, IPRM 2013, Kobe, Japan, may 19-23, 2013, paper MoPI-25, 1-2, ISBN 978-1-4673-6130-9 ; e-ISBN 978-1-4673-6131-6

**Briser la fracture numérique pour les utilisateurs isolés**

**Développer de nouvelles technologies HEMT nanométriques et de nouveaux matériaux**

# TRAITEMENT INTENSIF DE DONNÉES SUR DES INFRASTRUCTURES CLOUD ET HYBRIDES

## MAPREDUCE



© KerData Project Team, Inria Rennes Bretagne - Atlantique.

► Le projet MapReduce répond aux défis de la gestion de grands volumes de données (Big Data) sur des infrastructures hybrides telles que les clouds et les desktop grids.

### POURQUOI ?

Alors que des volumes grandissants de données sont engendrés de plus en plus vite, les technologies de stockage et de traitement du passé, peu performantes, deviennent obsolètes. Le modèle de programmation MapReduce émerge désormais comme l'approche standard pour analyser les données sur les *clouds*. Afin d'exploiter au mieux son potentiel, il est néanmoins crucial de lever plusieurs limitations dans sa mise en œuvre :

- Un support de stockage permettant des accès intensifs plus efficaces à des données partagées sur des infrastructures hybrides ;
- Une tolérance aux fautes à moindre coût de stockage ;
- Un ordonnancement performant des traitements et des données.

### COMMENT ?

Pour surpasser les limitations des *frameworks* actuels Map-Reduce tels que Hadoop et permettre un traitement optimisé des données sur les *clouds*, les *desktop grids* et sur les infrastructures hybrides, ce projet a exploré plusieurs directions :

- Des techniques avancées pour la gestion distribuée des métadonnées permettant un haut débit sous haute concurrence d'accès, en s'appuyant sur l'approche BlobSeer ;
- Des techniques innovantes pour la tolérance aux pannes (*checkpoint-restart*) qui minimisent l'espace de stockage nécessaire ;
- Des algorithmes optimisés pour l'ordonnancement des tâches et des transferts de données entre les phases *map* et *reduce*.

Des traitements de données plus performants face aux défis du Big Data

Efficacité et résilience en gérant mieux les données et les méta-données

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

MAPREDUCE est un projet de recherche fondamentale, financé dans le cadre de l'AAP ANR ARPEGE 2010, coordonné par l'inria à Rennes. Partenaires : inria (équipes KerData et AVALON), IBCP, IBM France, MEDIT SA, Joint inria-ANL-UIUC Laboratory for Extreme Scale Computing, Argonne National Laboratory, University of Illinois at Urbana Champaign. Début : octobre 2010, durée : 52 mois. Aide ANR : 833 K€, coût global : 3,2 M€.

### Contact :

► **Gabriel ANTONIU**  
Inria, Rennes - Bretagne Atlantique  
gabriel.antoniu@inria.fr

### Site web :

► <http://mapreduce.inria.fr>

## RÉSULTATS MAJEURS

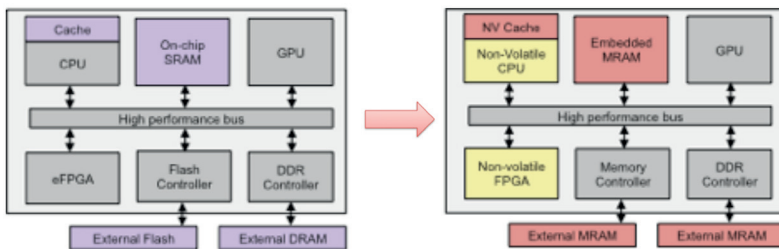
- Des améliorations remarquables des performances ;
- Intégrées dans Hadoop, les solutions développées ont permis de réduire par deux la durée de certains traitements MapReduce ;
- Une avancée importante dans le domaine de la neuro-imagerie ;
- Validée sur le *cloud* expérimental Grid'5000, puis sur des *clouds* IBM avec des applications IBCP, l'infrastructure de stockage et de gestion des données issue du projet MapReduce a été utilisée par le projet A-Brain (Inria-Microsoft Research) dans le domaine de l'analyse conjointe de données génétiques et de neuro-imagerie. Elle a permis de démontrer de nouvelles corrélations significatives entre des caractéristiques génétiques et des images IRM du cerveau.

## PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

- BlobSeer 1.0 (software), validé chez IBM. URL : <http://blobseer.gforge.inria.fr>
- G. Antoniu, J. Bigot, C. Blanchet, L. Bougé, F. Briant, F. Cappello, A. Costan, F. Desprez, G. Fedak, S. Gault, K. Keahy, B. Nicolae, C. Pérez, A. Simonet, F. Suter, B. Tang, and R. Terreux. "Scalable Data Management for Map-Reduce-based Data-Intensive Applications: a View for Cloud and Hybrid Infrastructures". *Int. J. of Cloud Computing*, 2.2 (2013), pp. 150-170
- **Autres publications** : <http://mapreduce.inria.fr>

# SYSTÈMES EMBARQUÉS FIABLES ET FAIBLE CONSOMMATION À BASE DE MÉMOIRES MAGNÉTIQUES (MRAM)

## MARS



► Du processeur au processeur non-volatile. Principe de diffusion de la MRAM au sein d'une architecture de processeur.

### POURQUOI ?

Toute la nouveauté de ce projet réside dans une vision globale allant de la connaissance fine de la technologie vers les aspects systèmes. L'objectif du projet MARS est de prouver que l'apport des technologies mémoires émergentes, notamment MRAM, peut drastiquement faire évoluer le monde du système embarqué en simplifiant et en améliorant notamment les techniques actuelles de fiabilisation et de gestion énergétique, tout en respectant les performances actuelles des systèmes.

### COMMENT ?

Les méthodes déployées pour atteindre ces objectifs s'articulent autour de 4 axes. L'axe 1 a pour principal objectif de déterminer plus finement les contraintes liées au monde de l'embarqué. Le deuxième axe est de proposer des solutions circuits et systèmes pour la conception de nouvelles architectures de processeur à base de MRAM, en suivant le triptyque Performance/Énergie/Fiabilité. L'axe 3 est dédié à la construction des mécanismes nouveaux pour améliorer la fiabilité. Le dernier axe plus prospectif, permettra de se projeter dans les futures technologies MRAM, en analysant ces nouvelles technologies et d'en déterminer la robustesse vis-à-vis des paramètres physiques.

De nouvelles mémoires pour les systèmes embarqués

Concevoir de nouveaux systèmes embarqués à l'aide de mémoires magnétiques

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet MARS est un projet de recherche financé dans le cadre de l'AAP ANR INS 2011, coordonné par le LIRMM. Il associe plusieurs partenaires : SPINTEC, IEF et LRI, le CEA LIST, et la société AIRBUS. Le projet a démarré le 1<sup>er</sup> octobre 2011 et il s'est terminé en décembre 2014. L'aide alloué à ce projet était de 893 K€ pour un coût complet de l'ordre de 2,3 M€.

### Contact :

► **TORRES Lionel**,  
LIRMM, UMR CNRS - Université de Montpellier,  
lionel.torres@lirmm.fr

### Site web :

► [www.lirmm.fr/ANR\\_MARS](http://www.lirmm.fr/ANR_MARS)

### RÉSULTATS MAJEURS

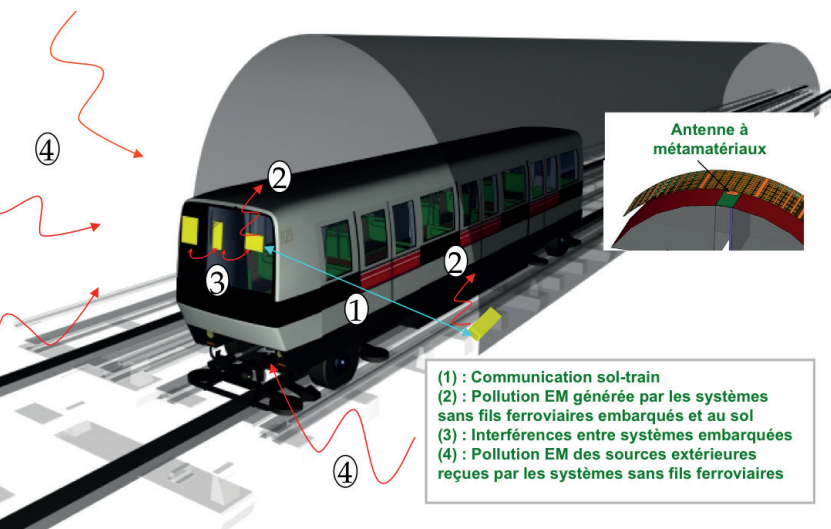
- Des modèles électriques de plusieurs technologies MRAM, sont en libre accès pour la communauté scientifique <http://www.ief.u-psud.fr/~zhao/spinlib.html> ;
- Le projet a permis la conception des cellules mémoires non-volatiles pour la mémorisation des données, ainsi qu'une première définition et validation d'un processeur intégrant des mécanismes de "checkpointing" et "rollback" à base de MRAM ;
- Plusieurs acteurs du projet (IEF, LIRMM, SPINTEC) ont participé au projet ANR DIPMEM, actuellement en cours, qui a permis de réaliser un prototype silicium pour valider les cellules hybrides CMOS/MRAM ;
- Deux Brevets ont été déposés dans le cadre de ce projet (CEA LIST, SPINTEC).
- Un projet Européen H2020 (projet GREAT) a été accepté en 2015 et permet à plusieurs acteurs de ce projet de valoriser les résultats du projet MARS.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

- Yayha Lakys, Weisheng Zhao, Thibaut Devolder, Yue Zhang, Jacques-Olivier Klein, Dafiné Ravelosona, Claude Chappert, IEEE Transaction on Magnetics, vol.48, pp.2403-2406, 2012
- Y. Zhang, W. ZHAO, G. Prenat, T. Devolder, J. O. Klein, C. Chappert, B. Dieny, and D. Ravelosona, Magnetics, IEEE Transactions on, vol. 49, no. 7, pp. 4375-4378, 2013
- Gherman, V. & Cartron, M. (2014), 'Soft-error protection of TCAMs based on ECCs and asymmetric SRAM cells', Electronics Letters 50(24), 1823-1824.

# VERS DES SOLUTIONS D'ANTENNES INNOVANTES À MÉTAMATÉRIAUX POUR LE FERROVIAIRE

## METAPHORT



► Les phénomènes électromagnétiques pris en compte et antenne à métamatériaux réalisée dans le projet Metaphort.

### POURQUOI ?

L'évolution technologique dans la fabrication de véhicules passe souvent par le remplacement des matériaux métalliques par des composites. Si ces matériaux composites répondent aux contraintes ferroviaires en termes de caractéristiques mécaniques, leurs caractéristiques électromagnétiques et leur incidence sur les performances des systèmes de communications sans fil embarqués restent à déterminer. L'objectif principal de Metaphort est de proposer une approche scientifique et suffisamment représentative du point de vue industriel afin de prendre en compte les contraintes électromagnétiques et permettre ainsi l'intégration d'éléments rayonnants dès la conception de véhicules ferroviaires.

### COMMENT ?

- Le projet METAPHORT a nécessité la mise en œuvre de :
- Méthodologies de caractérisation d'environnement ferroviaire et de matériaux ;
  - Méthodologies de conception d'antennes à métamatériaux ;
  - Méthodes de modélisation hybride ;
  - Moyens d'essais pour les sous-systèmes et éléments rayonnants ;
  - Des techniques de conception d'antennes innovantes à base de métamatériaux ainsi que leur intégration sur des véhicules ont ensuite été traitées par la modélisation numérique en considérant l'aspect multi-échelle du problème. Les méthodologies proposées sont suffisamment générales pour permettre la prise en compte de la diversité d'infrastructures et de véhicules du milieu ferroviaire.

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet METAPHORT est un projet de recherche fondamentale, financé dans le cadre du Programme ANR "Véhicules pour les Transports Terrestres", lancé en 2009. Il est coordonné par l'IFSTTAR. Il associe aussi Alstom et Eps&Mu, ainsi que les laboratoires LAB-STICC, IETR, IEF, XLIM-SIC. Le projet a démarré en octobre 2009 et a duré 45 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 1 009 K€ pour un coût global de 2 052 K€.

#### Contact :

► Divitha Seetharamdoo,  
 Laboratoire LEOST, IFSTTAR  
 divitha.seetharamdoo@ifsttar.fr

#### Site web :

► [www.metaphort.inrets.fr](http://www.metaphort.inrets.fr)

© IFSTTAR

### RÉSULTATS MAJEURS

Des techniques de conception d'antennes innovantes en milieux confinés tels que les tunnels, et intégrables sur les surfaces courbes des véhicules ont été mis en œuvre en s'appuyant sur l'utilisation des métamatériaux. Le principe de conformabilité d'une antenne à métamatériaux a été démontré, proposant ainsi une solution technologique pour les intégrer directement au sein des véhicules. Les modèles numériques développés ont permis d'analyser de grandes structures hétérogènes pouvant contenir des éléments rayonnants. La nature confinée de la propagation, notamment en milieu tunnel nous a conduit à proposer une approche originale pour spécifier des antennes en champ proche.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

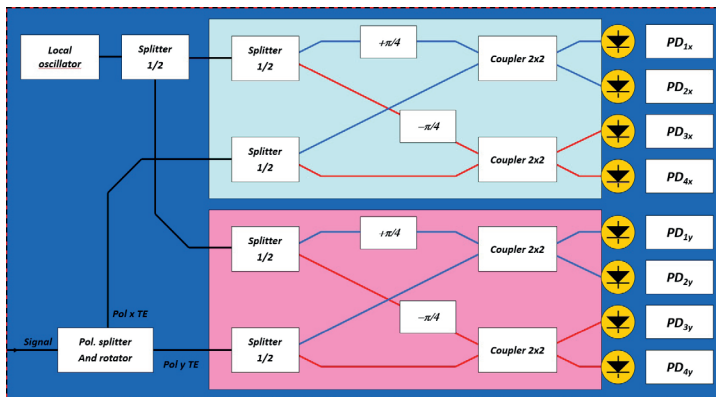
- J. Avella Castiblanco, D. Seetharamdoo, M. Berbineau, M. M. Ney, "Surface Impedance Boundary Conditions in Time Domain for Guided Structures of Arbitrary Cross Section with Lossy Dielectric Walls", *Antennas and Propagation, IEEE Transactions on* 63 (3), pages 1086-1097, 2015
- D. Germain, D. Seetharamdoo, S. Burokur, A. de Lustrac, "Thin conformal directive Fabry-Pérot cavity antenna", *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, Vol. 12, page(s): 926 - 929, 2013

**Le remplacement des matériaux métalliques par des matériaux composites**

**Techniques de conception d'antennes innovantes à base de métamatériaux**

# RÉCEPTEUR OPTIQUE COHÉRENT À FORMAT DE MODULATION MULTI-NIVEAUX INTÉGRÉ SUR CMOS

## MICROS



► Schéma de principe du récepteur cohérent MICROS de type PDM-QPSK

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet MICROS est un projet de recherche appliquée, financée dans le cadre de l'AAP ANR VERSO 2009, coordonné par le CEA-LETI. Il associe le CEA-LETI ainsi que ALBLF (Alcatel-Lucent Bell Labs France), l'INL (institut des nanotechnologies de LYON), 3-5Lab, et l'IEF (institut d'électronique fondamentale). Le projet a duré 3 ans et a bénéficié d'une aide ANR de 1,2 M€ pour un budget de 3,1 M€.

### Contact :

► Pierre Labeye,  
 CEA-LETI  
 pierre.labeye@cea.fr

### Site web :

► <https://www-micros.cea.fr>

© CEA-LETI

## POURQUOI ?

Les objectifs de MICROS sont multiples. Il s'agit en effet de :

- Développer des briques de bases génériques performantes sur silicium : circuits passifs, photodétecteurs germanium balancés rapides, laser III-V sur silicium, packaging en module ;
- Démontrer les avantages de l'intégration sur silicium en réalisant un récepteur cohérent PDM-QPSK (*Polarisation Demultiplexing-Quadrature Phase Shift Keying*) en un module intégré sur technologie CMOS pour les réseaux de télécommunications 40 et 100 Gbits/s ;
- Jalonner la voie pour plus d'intégration mélangeant optique et électronique en un procédé de fabrication compatible CMOS.

## COMMENT ?

Le projet avait pour but une intégration la plus complète possible sur substrat silicium. Pour cela nous avons étudié séparément puis rassemblé les différents composants nécessaires au démonstrateur.

Le projet a donc été divisé en 6 workpackages, le WP1 a permis de fixer les spécifications, le WP2 a permis de développer les composants passifs, le WP3 a été dédié au développement du laser, le WP4 au développement des détecteurs, le WP5 à l'intégration sur silicium et le WP6 au test du composant final.

## RÉSULTATS MAJEURS

Le projet a permis de valider séparément chaque fonction optique et opto-électronique et fournit déjà une boîte à outils complète en photonique silicium pour les réseaux de télécommunications optiques du futur.

Le démonstrateur final, sans atteindre les *spécifications*, a permis la démonstration de la fonction réception PDM-QPSK. L'un des composants clé qui est le laser III-V sur silicium est au meilleur état de l'art mondial.

## PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

Plusieurs chapitres des partenaires dans :

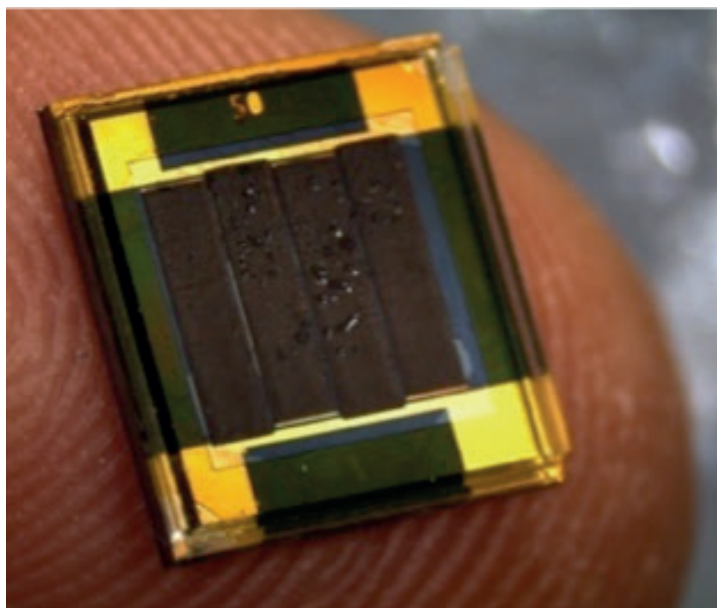
- L. Vivien & al. "Zero- bias 40 Gbit/s germanium waveguide photodetector on silicon," Optics Express 2012
- G. de Valicourt & al. "Directly modulated and fully tunable hybrid silicon lasers for future generation of coherent colorless ONU", Optics Express to be published
- 14 communications orales en conférences internationales dont 6 invités
- Brevet : G.-H. Duan et A. Le Liepvre, "Tunable lasers integrating an intra- cavity Mach- Zehnder interferometer"

Réaliser un récepteur cohérent de type PDM-QPSK intégré sur silicium

Intégration photonique silicium

# INTÉGRATION DE MICRO-DISPOSITIFS INNOVANTS DE STOCKAGE DE L'ÉNERGIE EMBARQUÉE

## MIDISTOCK



© M. Hugo DURROU

► Photographie d'un micro-supercondensateur encapsulé.

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet ANR Jeune Chercheur MIDISTOCK est un projet de recherche fondamentale financé dans le cadre du programme ANR JCJC 2011, coordonné par David PECH (LAAS-CNRS). Le projet a commencé le 1<sup>er</sup> mars 2012 pour une durée de 3 ans. Il a bénéficié d'une aide ANR de 252 907 € pour un coût complet de 901 972 €.

#### Contact :

► David Pech,  
 (LAAS-CNRS),  
 dpech@laas.fr

#### Site web :

► [www.robustfpga.mines-telecom.fr](http://www.robustfpga.mines-telecom.fr)

### POURQUOI ?

Avec le développement des systèmes électroniques embarqués et de la technologie sans fil se pose la question de la miniaturisation des dispositifs de stockage d'énergie. De nos jours, cette fonction est principalement assurée par des micro-batteries. Ces dispositifs possèdent cependant une faible puissance disponible, une durée de vie limitée et un domaine de fonctionnement en température restreint. Les "micro-supercondensateurs" sur puce permettraient de s'affranchir de ces limitations, mais ils ne sont aujourd'hui qu'au stade de la recherche universitaire avec des densités d'énergie bien inférieures à celles nécessaires à l'alimentation des micro-systèmes embarqués.

### COMMENT ?

L'étude a porté sur l'intégration d'électrolytes innovants, l'influence d'une nanostructuration et de fonctionnalisations de surface de micro-électrodes basées sur différents mécanismes de stockage de charge (capacitif et faradique), et la combinaison de ces différentes approches à l'échelle du micro-dispositif électrochimique (architectures hybrides).

### RÉSULTATS MAJEURS

Certains composants réalisés dans le cadre de ce projet possèdent des densités d'énergie et de puissance surpassant tous les systèmes proposés jusqu'à présent. Des micro-supercondensateurs intégrant des nanomurs de carbone ont révélé des capacités dépassant les 1 F/cm<sup>2</sup> (comparés aux 1 mF/cm<sup>2</sup> rapportés dans la littérature). Une rupture technologique en terme de puissance a pu également être obtenue avec des micro-supercondensateurs capables d'être cyclés à 10 kV/s, soit 5 ordres de grandeur plus élevés que les supercondensateurs classiques. Ces résultats ont permis de mettre en place de nouveaux projets, partenariats internationaux et nouveaux sujets de thèse.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

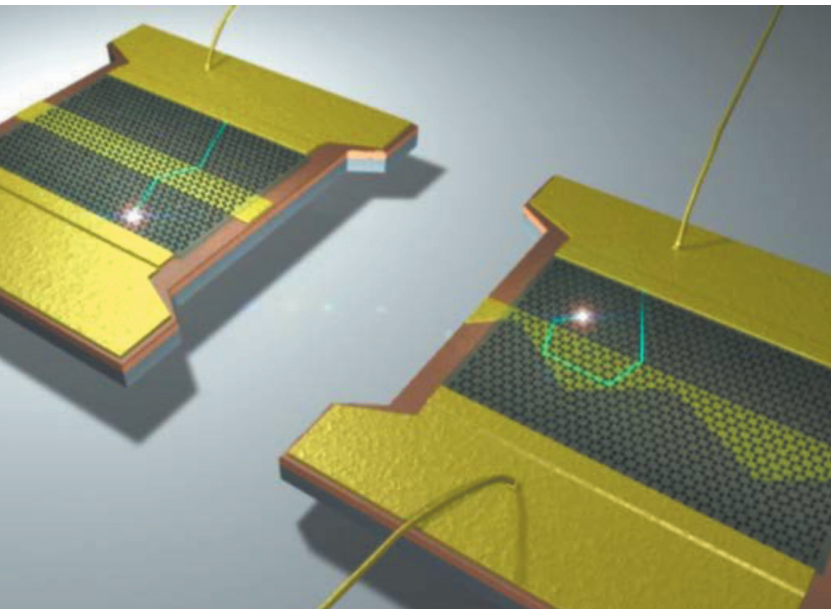
- T.M. Dinh et al., Nano Energy, vol. 10 (2014) p. 288-294
- T.M. Dinh et al., Journal of Materials Chemistry A, vol. 2 (2014) p. 7170-7174
- D. Pech et al., Journal of Power Sources vol. 230, (2013) p. 230-235
- T.M. Dinh et al., Journal of Physics: Conference Series 476 (1), (2013) 012106
- K. Armstrong et al., Materials Research Society Symposium Proceedings 1494 (2013)

Traiter la  
 problématique  
 du stockage  
 de l'énergie  
 embarquée

Intégrer des  
 électrolytes et  
 des matériaux  
 nano-structurés  
 innovants

# ÉLECTRONIQUE QUANTIQUE MICROONDE GRAPHÈNE

## MIGRAQUEL



© LPA

► Image d'artiste d'un transistor à barrière de Klein avec grille en dent de scie exploitant la réfraction anormale des fermions de Dirac aux jonctions p-n. Le trajet électronique, symbolisé par une ligne verte fluorescente, montre la réflexion totale interne à une barrière de Klein et la transparence d'une barrière classique rectangulaire obtenue avec une grille.

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

MIGRAQUEL est un projet de recherche fondamentale, financé dans le cadre de l'AAP ANR BLANC 2010, coordonné par le Lab. Pierre Aigrain (LPA). Il associe l'IEMN (Inst. d'Électronique, Microélectronique et Nanotechnologie), le LPN (Lab. de Photonique et Nanostructures) et l'IEF (Inst. d'Électronique Fondamentale). Commencé en octobre 2010 il a duré 48 mois. L'aide ANR a été de 876 K€ pour un coût global de 3 M€.

#### Contact :

► **Plaçais Bernard**,  
CNRS et École Normale Supérieure,  
bernard.placais@lpa.ens.fr

#### Site web :

► <http://migraquel.ief.u-psud.fr/>

### POURQUOI ?

Entre métal et semi-conducteur la mono-couche de graphite, ou graphène, a hérité du premier une grande vitesse électronique et du second le contrôle par effet de champ de la densité de porteurs. Le projet illustre ces propriétés remarquables caractérisées par une grande mobilité électronique, dix fois celle des semi-conducteurs, et des porteurs qui ne sont plus les électrons et les trous des semi-conducteurs mais des particules étranges appelées fermions de Dirac. L'enjeu du projet est d'exploiter ces propriétés dans des dispositifs électroniques micro-onde innovants, poussés aux limites quantiques accessibles dans ces matériaux d'épaisseur atomique.

### COMMENT ?

Née des laboratoires de recherche, la technologie graphène reste légère et la chaîne - croissance du graphène, conception et fabrication des dispositifs, caractérisation et modélisation - est adaptée au monde académique. Constatant la difficulté d'obtenir des barrières électroniques dans le graphène, 3 défis ont été identifiés : Le 1<sup>er</sup> concerne les transistors à nano-rubans, nano-maillages ou dotés de grilles nano indentées par des approches conjointes de modélisation et de technologie. Le 2<sup>ème</sup> étudie la saturation de la vitesse par interaction électron-phonon. Le 3<sup>ème</sup> substitue à l'exfoliation de cristaux graphène la production de films pour une fabrication intégrée de ces composants.

### RÉSULTATS MAJEURS

Le projet MIGRAQUEL a permis de produire des films de graphène de haute mobilité. Ils ont été utilisés pour réaliser des transistors à effet de champ rapides, à canal plein mais aussi nanostructuré, présentant des fréquences de coupure à l'état de l'art (de l'ordre d'une cinquantaine de GHz). Il a réalisé des études physiques dévoilant le rôle singulier des interactions électrons-impureté et électrons-phonons dans le graphène et montrant leur importance en électronique et optoélectronique. Il a proposé une nouvelle architecture de transistors balistiques exploitant l'effet tunnel de Klein, qui est spécifique aux fermions de Dirac du graphène.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

Ce projet de recherche fondamentale a généré principalement des connaissances scientifiques avec en quatre ans : 41 publications dans des revues scientifiques à comité de lecture, 45 communications orales dans des ateliers ou conférences internationales :

- D. Brunel, S. Berthou, R. Parret, F. Violla, P. Morfin, Q. Wilmar, G. Fève, J.-M. Berroir, P. Roussignol, C. Voisin, B. Plaçais, J. Phys D : Cond. Mat. (2014). (LPAa, LPAb)
- S. Maero, A. Torche, T. Phuphachong, E. Pallecchi, A. Ouerghi, R. Ferreira, L.-A. de Vaulchier, and Y. Guldner; Phys. Rev. B 90, 195433 (2014) (LPA,LPN,IEMN)
- Fregonese S., De Matos M., Mele, E D., Maneux C., Happy H., Zimmer T. ; IEEE J. Electron Devices Soc. 31 201549-53
- Vidéo via <http://www.thinkovery.com>

Revisiter  
l'électronique  
rapide avec  
des fermions  
de Dirac

Concevoir des  
architectures  
électroniques  
adaptées au  
graphène



# MODÈLES ET OUTILS POUR APPLICATIONS NOMADES DE DÉCOUVERTE DE TERRITOIRE

## MOANO



### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet de recherche applicative MOANO, financé dans le cadre de l'AAP ANR CONTINT 2010, coordonné par LIUPPA-Pau. Il associe LIUPPA-Pau, LIFL-Lille, IRIT-Toulouse, et le LIG-Grenoble. Il a démarré en décembre 2010 et a duré 45 mois. Le montant financé par l'ANR était de 627 K€ pour un montant global de 2,7 M€.

#### Contact :

► **ROOSE Philippe**,  
LIUPPA, Université de Pau et des Pays de l'Adour,  
philippe.roose@iutbayonne.univ-pau.fr  
moano.liuppa.univ-pau.fr

#### Site web :

► <http://www.iutbayonne.univ-pau.fr/~roose/>

### POURQUOI ?

D'un point de vue général, ce projet a l'objectif de permettre à des utilisateurs finaux de concevoir des applications dédiées à la découverte de territoire et de les "générer" automatiquement pour un usage en situation de mobilité (téléphones, tablettes) tout en permettant des usages interactifs multimodaux.

Les domaines abordés sont ceux des interfaces multimodales, d'ingénierie des modèles, des ontologies, des middlewares, des systèmes d'informations spatiaux-temporels et des communautés spontanées.

### COMMENT ?

- Travail important en amont de vocabulaire (définitions) ;
- Croisement systématique dans les WP des RH permanentes, et co-encadrement des RH recrutées ;
- Mise en commun de compétences hétérogènes et complémentaires par WP mêlant 2 à 3 domaines de recherche afin de participer à une connaissance commune ;
- Réalisations croisées de prototypes ;
- Réutilisation systématique des prototypes de chaque WP dans au moins 1 autre WP ;
- Bulletin trimestriel d'information à tous les membres ;
- Réunions plénières et thématiques régulières.

### RÉSULTATS MAJEURS

Chaque prototype réutilise les autres. Ainsi, par exemple, l'application sociale (communautés spontanées) TALDEA permettant de mettre en relation des acteurs sur un territoire selon leurs centres d'intérêts interroge le webservice Themastream (qui utilise des ontologies, et en particulier l'ontologie métier liée à la botanique) et fonctionne en utilisant Kalimucho (middleware breveté). Certains de ces prototypes sont suffisamment aboutis, comme Kalimucho dont la valorisation est à l'heure actuelle à l'état suivant :

- 3 brevets (France + extension monde)
- 1 dépôt logiciel à l'APP
- La marque Kalimucho déposée à l'international
- 1 startup en cours de création

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

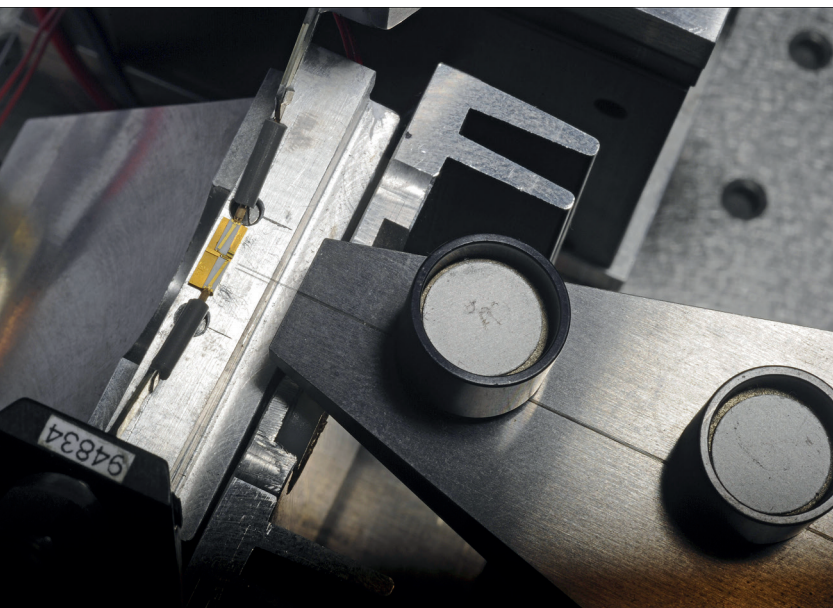
- D. Buscaldi, MN. Bessagnet, A. Royer, C. Sallaberry - Using the semantics of texts for information retrieval: a concept- and domain relation-based approach, in Intelligent Systems and Computing Vol. 241, 2014
- S. Dupuy-Chessa, B. Combenale, M.P. Gervais, T. Nodenot, X. le Pallec, L. Wouters, Vers une approche centrée humaine pour la définition de langages de modélisation graphiques, Infosid 2014, Lyon, France
- Dalmau Marc, Philippe Roose – US Patents - 20140358984 - 20140359103- 20140358 (2014)

Répondre aux besoins d'utilisateurs finaux dans leurs activités quotidiennes

Communication continue et à plusieurs niveaux

# SOURCE OPTIQUE INTÉGRÉE À MODULATION DUALE POUR RÉSEAUX LOCAUX ET MÉTROPOLITAINS

## MODULE



© Telecom ParisTech

► Injection dans une fibre optique de la lumière émise par une source optique à modulation duale.

### POURQUOI ?

Une réponse au besoin de sources optiques à coût réduit pour les réseaux d'accès et métropolitains.

Face aux besoins ininterrompus et exponentiellement croissants des débits transportés dans les réseaux de communication, les ruptures technologiques successives ne sont pas accompagnées d'une augmentation équivalente du coût du service fourni.

Des dispositifs de plus en plus performants à prix réduit, et maintenant, à consommation énergétique limitée sont requis. Le D-EML (*Dual Electro-absorption Modulated*) est une source optique qui apporte une réponse pour les réseaux d'accès et métropolitains. Ce composant que le projet entend développer représente une innovation au niveau de l'état de l'art.

### COMMENT ?

Le projet a consisté dans la conception, la fabrication et le test en environnement système d'une nouvelle source optique. Le D-EML a permis des transmissions entre 10 Gb/s et 40 Gb/s en format NRZ ainsi qu'à 11 Gb/s en format OFDM sur des distances record ou au niveau de l'état de l'art. Ceci démontre les potentialités de ce nouveau composant intégré, de coût et de consommation modérés, pour une utilisation dans les systèmes de communications à moyenne portée. Par ailleurs, sur tous les plans de l'étude, processus technologique, modélisation, méthode de simulation, le consortium a bénéficié de gains de compétences remarquables.

Étude de la modulation duale d'une source optique intégrée

Expérimentation système du D-EML conçu et fabriqué par le consortium

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet MODULE est un projet de recherche industrielle financé à hauteur de 730 K€ par l'ANR dans le cadre de l'appel VERSO 2009. Il implique 3 laboratoires académiques : Xlim, CNRS-LPN, Télécom ParisTech/CNRS-LTCl et deux groupes industriels Orange Labs, et le III-V lab (GIE ALU, Thales, CEA-LETI). Sa durée était de 36 mois.

### Contact :

► **Didier Erasme**,  
Télécom ParisTech / CNRS LTCl,  
didier.erasme@telecom-paristech.fr

### RÉSULTATS MAJEURS

Nous avons démontré que le D-EML permettait des transmissions entre 10 Gb/s et 40 Gb/s en format NRZ ainsi qu'à 11 Gb/s en format OFDM sur des distances record ou au niveau de l'état de l'art.

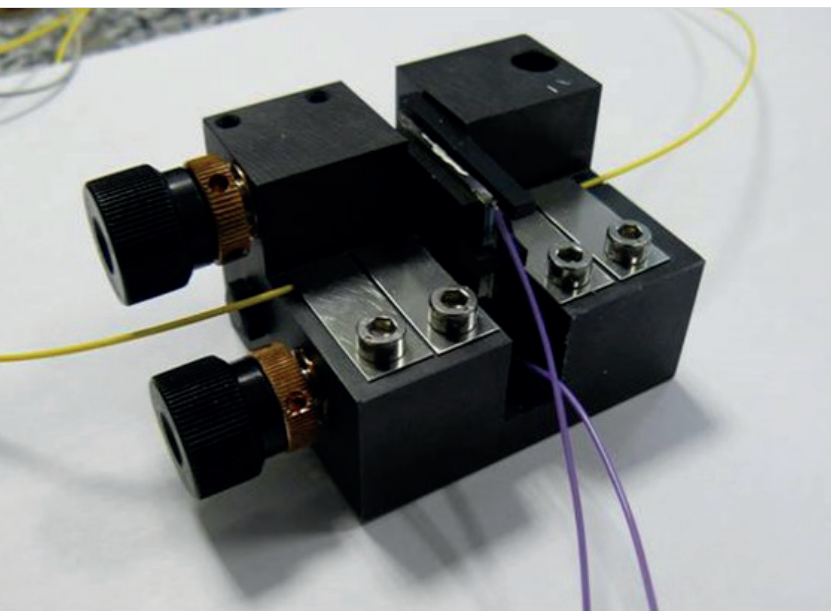
### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

Nombreuses publications : plus de 20 articles et conférences et 2 thèses. Un article de revue résume l'ensemble :

- The Dual-Electroabsorption Modulated Laser, a Flexible Solution for Amplified and Dispersion Uncompensated Networks Over Standard Fiber, Erasme, D.; Anfray, T.; Chaibi, M.E.; Kechaou, K.; Petit, J.; Aubin, G.; Merghem, K.; Kazmierski, C.; Provost, J.-G.; Chanclou, P.; Aupetit-Berthelemot, C
- Lightwave Technology, Journal of Year: 2014, Vol 32, 21, 4068, DOI: 10.1109/JLT.2014.2346427

# DISPERSIONS DE NANO-PARTICULES POUR LES COMPOSANTS OPTIQUES RECONFIGURABLES

## NASTAROD



► Filtre Fabry-Perot fibré à base de suspension de nano-particules.

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet NASTAROD est un projet de recherche fondamentale financé dans le cadre de l'AAP ANR P2N 2010 coordonné par L. Dupont du Département d'optique Telecom Bretagne. Il associe les laboratoires : LEM (L. Michot), LCMCP (C. Chanéac), LPS (P. Davidson, I. Dozov), LC2 (M. Nobili). Il a bénéficié d'une aide de l'ANR de 649 K€.

#### Contact :

► **Laurent Dupont**,  
Département d'optique, Telecom Bretagne/Institut  
Mines-Telecom,  
laurent.dupont@telecom-bretagne.eu

### POURQUOI ?

Ce projet a pour objet le développement de suspensions de nanoparticules anisotropes colloïdales en phase aqueuse et leur utilisation dans différentes technologies optiques. Ces suspensions ont été très étudiées de façon théorique ; l'objectif de ce projet est d'évaluer les applications potentielles de ces systèmes dans l'ingénierie optique et en particulier dans le domaine des télécoms optiques. Ces matériaux présentent un effet électrooptique avec un champ de faible amplitude mais avec une fréquence élevée du fait de la conductivité. Les principales difficultés du projet sont de réduire la conductivité tout en maintenant les propriétés optiques et de développer une technologie adaptée.

### COMMENT ?

Le filtre optique Fabry-Perot a été sélectionné comme "plate-forme" de test à ces nouveaux matériaux. Ce composant est essentiel dans les technologies optiques et il est bien adapté pour tester ces matériaux. Ce composant a permis de mettre en évidence les effets négatifs de la conductivité de ces matériaux : échauffement, instabilité de la mesure, etc. Ces tests ont donc permis de faire évoluer les suspensions en changeant la nature du solvant, ce qui a permis de réduire fortement ces problèmes. Les technologies dérivées de celles des cristaux liquides ont été également adaptées et développées.

### RÉSULTATS MAJEURS

De nouvelles suspensions avec changement du solvant ont été proposées et testées. La conductivité de ces suspensions a été fortement réduite, ce qui a permis de mieux stabiliser l'effet électrooptique. Ces matériaux ont été testés dans le filtre optique Fabry-Perot. L'application d'un champ électrique a mis en évidence le décalage progressif des longueurs d'onde transmises. Les temps de réponse sont de l'ordre de quelques dizaines de millisecondes. Un prototype de filtre avec une connectique à fibre optique a également été réalisé.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

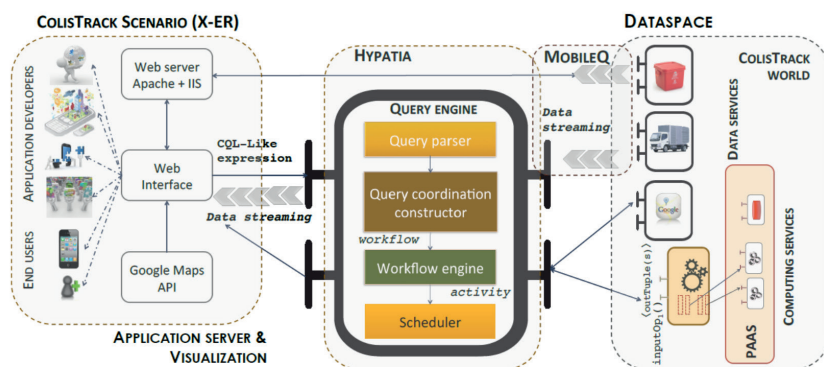
- Electric birefringence and electric dichroism of goethite colloidal suspensions, D. Coursault, et al.; ICLC 2014, Dublin, Ireland, June 2014
- Hybrid Nanocomposites with Tunable Alignment of the Magnetic Nanorod Filler, F. Perineau, et al.
- "Lamellar mesophases doped with inorganic nanoparticles", D. Constantin et al. ChemPhysChem, 15, 1270 (2014)

**Démontrer que les dispersions de nano-particules ont un potentiel applicatif élevé en optique**

**Modifier le matériau pour l'adapter à la fonction optique visée**

# CANEVAS D'OPTIMISATION DE REQUÊTES BASÉ SUR LA COMPOSITION DE SERVICES

## OPTIMACS



## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

OPTIMACS est un projet de recherche fondamentale financé dans le cadre du programme ARPEGE 2008 de l'ANR coordonné par Geneveva Vargas Solar. Il associe le laboratoire LIG ainsi que les laboratoires LIRIS et LAMIH. Le projet a bénéficié d'une aide ANR de 457 017 €. Le projet a commencé en 2008 pour une durée de 36 mois.

### Contact :

► Geneveva Vargas-Solar,  
CR 1 CNRS (HDR),  
geneveva.vargas@imag.fr

### Site web :

► [optimacs.imag.fr](http://optimacs.imag.fr)

### POURQUOI ?

Avec la croissance de la mondialisation, le besoin d'accès continu à l'information de façon robuste et flexible à travers des services se fait sentir. Ce mode d'accès devient un nouveau paradigme de programmation et d'organisation des opérations. La recherche sur l'évaluation de requêtes reste prometteuse, vu l'explosion de la quantité de données largement distribuées et produites par différents moyens et le besoin de les interroger pour obtenir la bonne information, au bon endroit et au bon moment. Le projet Optimacs vise à atteindre la convergence entre les recherches sur l'optimisation adaptative de requêtes hybrides et la composition de services.

### COMMENT ?

Optimacs adresse de nouveaux défis sur l'interrogation de données et de services qui vont au delà des résultats existants pour l'exploitation efficace de données provenant de différentes sources dans des environnements dynamiques. Combiner les services, les données et les flux avec l'évaluation de requêtes tout en considérant les environnements dynamiques et les problèmes de qualité de service constitue un important défi dans la communauté des bases de données.

### RÉSULTATS MAJEURS

Taxonomie de requêtes hybrides ; Moteur d'exécution de requêtes hybrides, Hypatia, Moteur d'évaluation de requêtes mobiles, Plate-forme de services Dataspace ; Approach for optimizing hybrid queries, ColisTrack scenario.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

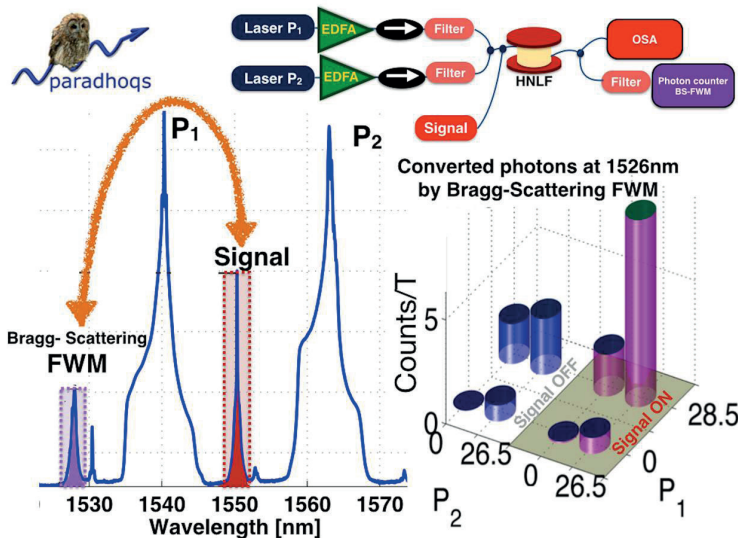
- Thierry Delot, Sergio Ilarri, Marie Thilliez, Geneveva VargasQSolar, Sylvain Lecomte, MultiQscale query processing in vehicular networks, In Journal of Ambient Intelligence and Humanized. Computing, Springer Verlag, 2011
- Victor CuevasQVicenttin, Geneveva VargasQSolar, Christine Collet, Evaluating Hybrid Queries through Service coordination in HYPATIA, In Proceedings of the 15<sup>th</sup> International Conference on Extending Database Technology (EDBT), Berlin, Germany, 2012
- Testbed (<http://ds.liris.cnrs.fr/pmwiki.php/Main/HomePage>)

Services pour l'accès aux données dans des environnements dynamiques

Convergence entre l'optimisation adaptative de requêtes et les services

# PARAMETRIC DEVICES TO HANDLE OPTICAL QUANTUM STATES

## PARADHOQS



► Gauche : Exemple de spectre obtenu en sortie de fibre optique à fort flux. Droite : Histogramme des photons converti par mélange à quatre ondes de Bragg. Seulement en présence de signal et des deux pompes actives le taux de conversion atteint un niveau important. En haut à droite : schéma du banc expérimental.

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet PARADHOQS est un projet de recherche de type JC financé dans le cadre de l'appel à projet ANR 2008 coordonné par le laboratoire XLIM de l'Université de Limoges. Le projet a commencé en janvier 2009 et a duré 42 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 200 K€ pour un coût global de 701 K€.

#### Contact :

- **Tonello Alessandro**,  
 Université de Limoges, XLIM, UMR CNRS 7252,  
 alessandro.tonello@unilim.fr
- **Katarzyna Krupa**,  
 Université de Limoges, XLIM, UMR CNRS 7252,  
 katarzyna.krupa@unilim.fr

### POURQUOI ?

Le but du projet était de concevoir un dispositif optique de conversion de longueur d'onde idéalement sans gain et sans bruit optique. Un tel dispositif trouve un intérêt dans les systèmes de communication quantiques à fibre optique. Dans certains cristaux non linéaires, la somme de fréquences permet ce type de conversion dite unitaire. Lors du dépôt du projet, l'effet équivalent pour les fibres optiques et aux longueurs d'ondes pour les télécommunications, était décrit essentiellement par des modèles théoriques. La réponse non linéaire des fibres optiques engage des mélanges à quatre ondes et l'implémentation de cette opération demande donc deux lasers de pompe ; le processus est appelé mélange à quatre ondes de type Bragg.

### COMMENT ?

Nous avons implémenté le mélange à quatre ondes de type Bragg aux longueurs d'ondes télécom en utilisant deux lasers de pompe et un laser signal dans une fibre à haute non-linéarité. Les deux pompes, conçues en laboratoire, sont constituées par deux lasers à fibre à décalage de fréquence intra-cavité. Cette solution originale permet, pour des coûts limités, de concevoir des pompes accordables et de coupler de la lumière intense dans une fibre optique non linéaire en réduisant les effets de la diffusion Brillouin. Nous avons ensuite appliqué une série de filtres optiques et nous avons caractérisé, à l'aide de photo-compteurs, la conversion de Bragg et le niveau de bruit optique.

### RÉSULTATS MAJEURS

Nous avons caractérisé dans un premier temps les différents types de mélanges à quatre ondes dans la gamme de longueur d'ondes d'intérêt, avec les lasers accordables à décalage de fréquence intra-cavité.

Nous avons également observé expérimentalement la conversion de type Bragg soit en utilisant des signaux à fort flux soit avec des signaux détectables par des compteurs de photons. La conversion de type Bragg a été caractérisée prenant en considération toutes ses configurations de polarisation comme prévu par la théorie. Le bruit Raman a été également caractérisé et comparé aux modèles existants.

Une retombée consécutive à la fin du projet et issue de l'expérience acquise sur les lasers à fibre, a porté sur la conception d'un laser ultra-long pour des possibles applications en cryptographie classique par voie laser.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

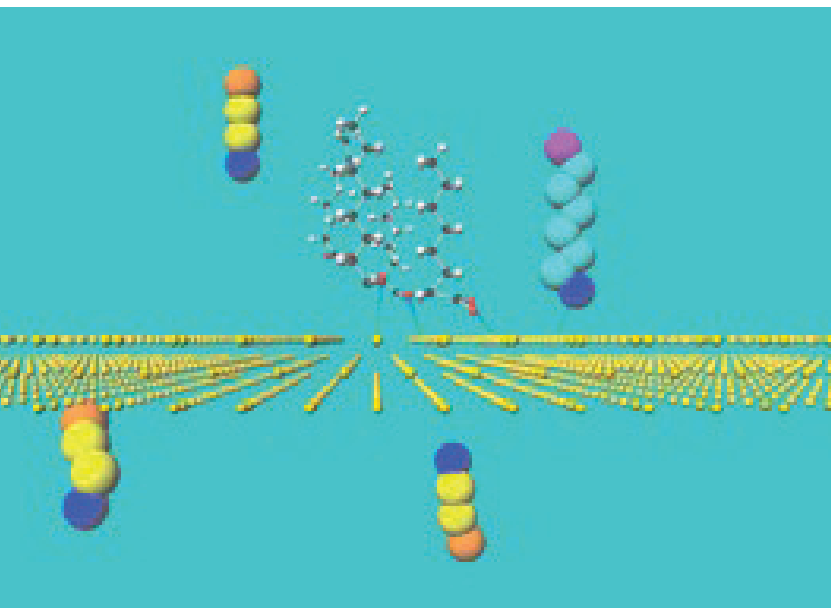
- K. Krupa, et al. , IEEE Phot. Tech. Lett. 2012, pp.258-260
- K. Krupa, A. Tonello, V.V. Kozlov, V. Couderc, Ph. Di Bin, S. Wabnitz, A. Barthélémy, L. Labonté, S. Tanzilli, 2012, Optics Express, pp. 27220-27225 (2012) doi: 10.1364/OE.20.027220
- A. Tonello, A. Barthélémy, K. Krupa, V. Kermène, A. Desfarges-Berthelemot, B. M. Shalaby, S. Boscolo, S. K. Turitsyn, J. D. Ania-Castañón, 2015, Light Science and Applications, NPG, doi:10.1038/lssa.2015.4

Implémenter en fibre optique des transformations unitaires pour les photons

Lasers à décalage de fréquence intra-cavité et filtrage optique

# PARALLÉLISME PARTOUT

## PARTOUT



► Recopie d'écran d'une simulation de Dynamique Moléculaire programmée en SugarCubes et Java3D. Des molécules (formées d'atomes de carbone, d'hydrogène et d'oxygène) à diverses échelles (Tout-Atome, Atome-Unifié et Coarse-Grained) sont simulées à proximité d'une couche d'atomes de fer. Des liaisons chimiques avec les atomes de fer sont créées et détruites dynamiquement. De même, les changements d'échelles ont lieu dynamiquement, en cours d'exécution. Les diverses échelles sont simulées simultanément (aspects multi-échelle, multi pas-de-temps). Plus d'informations en <http://mdrp.cemef.mines-paristech.fr/MDRP>

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet PARTOUT est un projet de recherche fondamentale, financé dans le cadre de l'AAP ANR DEFIS 2008, qui a associé l'inria (projet INDES, coordinateur), le CNAM (Laboratoire Cédric) et le CNRS (LRI, Université d'Orsay). Il a débuté en janvier 2009 et a duré quatre ans. PARTOUT a bénéficié d'une aide ANR de 403 K€ pour un coût global de 1652 K€.

#### Contact :

► **Frédéric Boussinot**,  
MINES ParisTech, PSL Research University, CEMEF,  
[frederic.boussinot@mines-paristech.fr](mailto:frederic.boussinot@mines-paristech.fr)

#### Site web :

► <http://www-sop.inria.fr/indes/PARTOUT>

### POURQUOI ?

L'informatique est engagée dans une évolution majeure qu'on pourrait appeler la globalisation du parallélisme. En effet, le parallélisme est maintenant présent partout, que ce soit dans les architectures multicores et multiprocesseurs, les systèmes distribués, ou bien dans les applications déployées sur le Web. L'objectif du projet PARTOUT a été d'étudier l'impact sur la programmation de cette globalisation du parallélisme avec pour question centrale : comment programmer le parallélisme présent aussi bien dans les multicores que sur le Web ? Nous avons considéré trois axes principaux : expressivité des langages, efficacité des implémentations et sûreté/sécurité de la programmation.

### COMMENT ?

Nous avons étudié comment étendre les langages réactifs FunLoft, SugarCubes et ReactiveML dans plusieurs directions : distribution, contrôle de ressources, sûreté, scripts, migration. Nous avons proposé une approche dans laquelle l'utilisateur peut programmer de manière naturelle, concurrente et dynamique, avec une sémantique claire et précise. Des analyses statiques permettent d'éliminer les erreurs, par exemple les data-races ou les accès concurrents non-contrôlés ou non-sûrs. La structure des programmes permet de les déployer efficacement, en particulier sur des architectures multicores (à base, par exemple, de GPU).

**Le parallélisme est partout : comment le programmer de manière efficace et sûre ?**

**Notre approche : la programmation réactive "correcte par construction"**

### RÉSULTATS MAJEURS

Les résultats du projet peuvent être structurés de la manière suivante : sûreté par construction (langages DSL et DSLM) ; typage des sessions dans le cadre d'une description abstraite des services Web ; évolution des langages réactifs ; enfin, simulations en physique.

Une approche basée sur des types comportementaux appelés sessions types, est proposée pour contrôler statiquement le bon déroulement des sessions ; cette approche a été étudiée en détail dans le projet et a fait l'objet de plusieurs publications, en collaboration avec l'Université de Turin. Les logiciels développés au cours du projet sont disponibles librement sur le site de PARTOUT et sur ceux des partenaires.

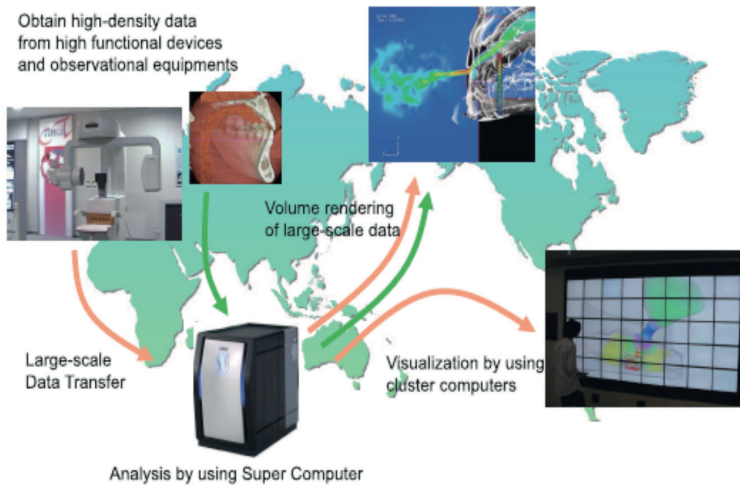
### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

Principales publications :

- Pejman Attar, Vers un langage synchrone sûr et sécurisé, Thèse Univ. Nice, 2013
- S. Capecchi, I. Castellani and M. Dezani-Ciancaglini. Typing Access Control and Secure Information Flow in Sessions. Information and Computation 238: 68-105, 2014
- Frédéric Boussinot, Mimicking Quantum Mechanics Using Reactive Programming, International Journal of Modern Physics C, Vol. 22, No. 6, 2011

# CALCULS INTENSIFS, VISUALISATION SCIENTIFIQUE ET TRANSFERT HAUT DÉBIT INTERNATIONAL POUR DES DONNÉES D'ÉCHELLE PETA : APPLICATION À L'ÉCOULEMENT DANS LES VOIES SUPÉRIEURE DE L'HOMME

## PETAFLOW



► Présentation de projet PetaFlow – réseau transcontinental, mégadonnées et visualisation scientifique au bénéfice de la société.

© Projet ANR PETAFLOW

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

PetaFlow est un projet de recherche collaboratif ANR-JST, financé dans le cadre de l'AAP BLANC 2009, coordonné par l'Institut Polytechnique Grenoble de France et par le National Institute of Information and Communication Technology de Tokyo, Japon. Les équipes associées sont l'Inria Rhône-Alpes, l'ENS Lyon, Osaka University (Cybermedia Center, Information Networking) et Kyoto University (Visualization Lab). Le projet a commencé le 1<sup>er</sup> mars 2010 pour une période de 42 mois. Le budget total était de 641 K€, 417 K€ pour l'ANR, 224 K€ pour le JST.

### Contact :

► Van Hirtum Annemie,  
Grenoble Institute of Technology,  
annemie.vanhirtum@grenoble-inp.fr

### Site web :

► <http://petaflow.gforge.inria.fr>

## POURQUOI ?

La société actuelle ainsi que la science se trouvent confrontées à un afflux de données de plus en plus grandes. Aujourd'hui, le développement incessant des techniques de mesures ainsi que des ressources computationnelles dans différents domaines de la société ou de la science aboutissent à la génération ou la collection des données à l'échelle peta. Des ressources computationnelles de haute performance sont nécessaires afin de traiter efficacement un tel volume de données. Souvent, ces ressources doivent être accessibles à distance par des réseaux de longues distances et de hauts débits. En conséquence, l'émergence des technologies d'information et de communication adéquats a pour but de contribuer au transfert haut débit international, à la visualisation scientifique des données d'échelle peta à distance ainsi qu'à leur interaction mutuelle.

## COMMENT ?

Des mégadonnées concernant l'écoulement expiratoire dans les voies aériennes humaines sont obtenues à l'aide d'un superordinateur au Japon. Ensuite, la librairie FlowVR est utilisée afin de visualiser en France ces données de façon interactive et flexible. Le rendu volumique de particules (PBVR) est intégré dans la librairie FlowVR car il est particulièrement adapté pour prendre en charge des mégadonnées. L'approche est mise en œuvre sur le "réseau de test PetaFlow" à partir du réseau NAREGI-Grid5000 afin d'obtenir un lien transcontinental de 1Gb/s entre Osaka et Grenoble avec une latence mesurée de 300 ms. Un système distribué a été développé afin de capturer des paquets de données de façon synchronisée, qui combine des solutions logicielles (software) et matérielles (hardware).

## RÉSULTATS MAJEURS

Le projet PetaFlow a résulté concrètement en un protocole à l'échelle réelle, international et intercontinental, capable de traiter efficacement et à longue distance l'interaction entre utilisateur, données, réseau et ressources computationnelles. En conséquence, le projet PetaFlow propose des technologies d'information et de communication qui répondent à deux exigences de notre société actuelle : la globalisation et l'affluence de données considérables. Les efforts combinés de tout le consortium ont permis de proposer une application concrète qui contribuera à la télésanté respiratoire et/ou dentaire. En outre, le projet a contribué à la communauté scientifique avec l'initiation d'un workshop international annuel HSNCE-SAINT (Seoul 2010, Munich 2011, Izmir 2012, Kyoto 2013).

## PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

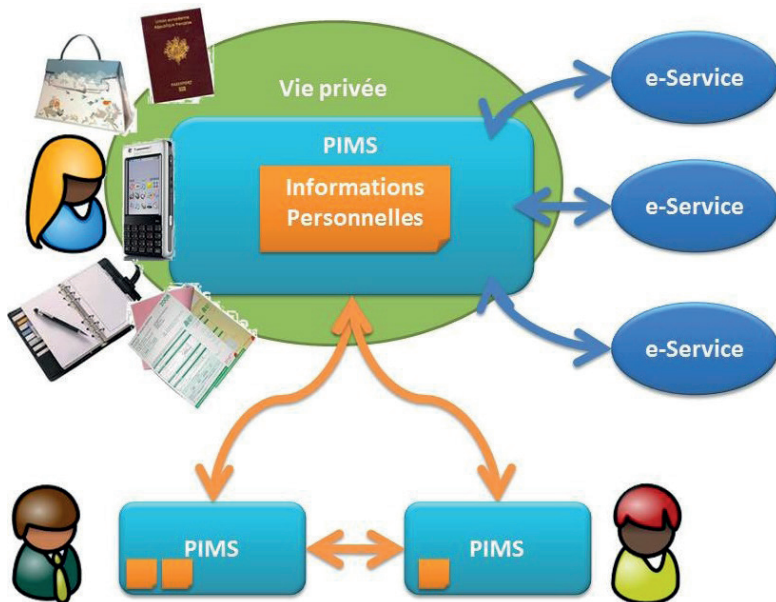
- (2015) Ancel A., Assenmacher I., Baba K., Cisonni J., Fujiso Y., Gonçalves P., Imbert M., Koyamada K., Neyron P., Nozaki K., Ohsaki H., Orgerie A.C., Pelorson X., Raffin B., Sakamoto N., Sakane E., Wada S., Shimojo S., Van Hirtum A., Int. Res. J. Computer Science (IRJCS), hal-01231826
- (2014) Van Hirtum A., Fujiso Y., Nozaki K., J. Acoust. Soc. Am., hal-01091317
- (2013) Cisonni J., Nozaki K., Van Hirtum A., Grandchamp X., Wada S., Fluid Dyn. Res., hal-00798224
- 7 articles de journaux et 13 papiers de conférence

**Technologies de communication de haute performance pour le calcul intensif**

**Visualisation scientifique des données obtenues de calcul intensif avec le réseau transcontinental PetaFlow**

# PLATEFORME DE CONCEPTION ET DE DÉPLOIEMENT D'ESPACE PERSONNEL D'INFORMATIONS

## PIMI



► Gestion des Informations Personnelles™

### POURQUOI ?

À l'avenir, l'Internet offrira un nombre croissant d'applications en réseau (services), de dispositifs et de données individuelles (dont certaines seront privées) aux utilisateurs finaux (citoyens, consommateurs, employés). Les défis importants sont l'organisation de l'accès à ces données, et la garantie de confiance et confidentialité, ainsi que l'assurance de la meilleure qualité d'expérience pour les utilisateurs finaux.

Les objectifs du projet PIMI sont la définition d'un environnement de conception et d'un environnement de déploiement pour un Système de Gestion des Informations Personnelles (PIMS, Personal Information Management Systems).

### COMMENT ?

Les méthodes scientifiques suivantes ont été utilisées :

- Interviews pour la définition des cas d'utilisation métier ;
- Revue cognitive de prototypes en utilisant GOMS-KLM ;
- Études de terrain (tests par des utilisateurs, inspections ergonomiques) ;
- Prototypage d'une solution de surveillance pour collecter les événements internes des e-services et pour estimer la QoE ;
- Synthèse de circuits logiques ;
- Approche d'ingénierie logique pour la modélisation de la confiance : analyse formelle du concept de confiance ; Conception d'une logique d'action, croyance et choix ;
- Des prototypes ont été conçus et implantés.

**Partage des Informations Personnelles avec des e-services de confiance**

**Approche scientifique multidisciplinaire**

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Démarré en novembre 2010 pour 3 ans, le projet PIMI est un projet de recherche industrielle, financé dans le cadre de l'AAP ANR VERSO 2010, coordonné par Softeam Cadextan (e-Citiz) et impliquant les laboratoires de recherche IRIT IHCS et LLaC (Toulouse), inria (Roquencourt), Télécom SudParis, IUT Tarbes, LRI Université Paris Sud 11 et la PME Montimage. Il a reçu une aide de 1,1 M€ de l'ANR pour un coût global de 2,6 M€.

### Contact :

► **Nicolas Olivier**,  
Softeam Cadextan, R&D e-Citiz,  
onicolas@e-citiz.com

### Site web :

► <http://bit.ly/pimi-rod>

© Olivier NICOLAS, Softeam Cadextan e-Citiz

### RÉSULTATS MAJEURS

- Méthodes ergonomiques pour la gestion des données personnelles par les utilisateurs ;
- Contenu et structure des informations personnelles ;
- Conception pour contrôler le partage des données personnelles avec des e-services ;
- Framework formel pour le calcul de la confiance des e-services ;
- Composition automatique par planification d'e-services (contextualisation des données et politiques d'utilisation) ;
- Approche symbolique de conception de chorégraphies ;
- Transformation de modèle et vérification depuis l'IDE Eclipse de chorégraphies décrites dans la norme ISO BPMN 2.0 ;
- Modèle auto-adaptatif pour l'évaluation de la QoE ;
- Auto-apprentissage, auto-adaptation pour corrélérer QoS et QoE ;
- Architecture d'e-services distribués.

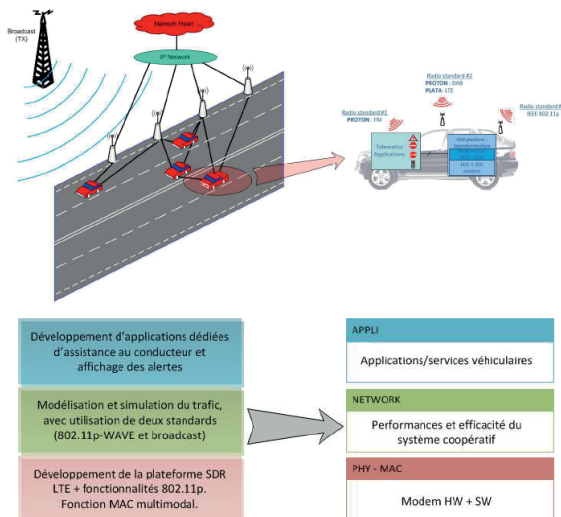
### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

- Personal Information Systems: User Views and Information Categorization. D.L. Scapin, P. Marie-Dessoude, M.A. Winckler, C. Detraux (2011). CENTRIC 2011, Barcelona, Spain October 23- 29, 2011
- Automatic Composition of Form-Based Services in a Context-Aware Personal Information Space. R. Khéfi, P. Poizat, F. Saïs. ICSOC'13, LNCS 8274:575-583, Springer, 2013
- Estimating QoE for web service selection using Fuzzy-Rough hybrid expert system. J. Pokhrel, F. Lalanne, A. Cavalli, W. Mallouli. The 28th IEEE AINA-2014. Victoria, Canada, May 2014.



# PLATEFORME TÉLÉMATIQUE MULTISTANDARD PROGRAMMABLE POUR L'AUTOMOBILE

## PLATA



► Configuration du système PLATA selon les couches ISO.

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet PLATA est un projet de recherche industrielle, financé dans le cadre de l'appel ANR VTT 2008, coordonné par Thales Communications & Security. Il associe l'IFSTTAR (Institut Français des Sciences et Technologies des Transports) et l'institut EURECOM. Le projet a commencé en mai 2009 et a duré 42 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 1.12 M€ pour un coût global de 3.37 M€.

### Contact :

► **Nathalie Haziza**,  
TCS (Thales Communications & Security),  
nathalie.haziza@thalesgroup.com  
www.proton-plata.fr

© Projet ANR Plata

## POURQUOI ?

La problématique de PLATA s'inscrit dans la nécessité d'intégration de fonctions coopératives pour les systèmes d'assistance au conducteur. Le concept-clé réside dans la combinaison d'informations locales (liées à l'environnement proche : véhicules voisins, limitations de vitesse locales, événements, météo...) avec des données de trafic plus régionales. Il faut donc envisager un système capable de gérer les communications de véhicule à véhicule (V2V) et de véhicule vers l'infrastructure (V2I) simultanément, au niveau logiciel (avec traitement systématique des données provenant des différents standards) et applicatif (avec l'optimisation des fonctionnalités).

## COMMENT ?

La question du système de communications dans le contexte véhiculaire est cruciale : cela met en jeu les communications entre véhicules voisins, entre véhicules et infrastructure, dans des conditions différentes selon les normes de chaque pays ou selon les zones de couverture des standards déployés. L'orientation prise pour PLATA est d'éviter une juxtaposition des systèmes et de proposer un seul équipement, répondant à plusieurs normes (selon les spécificités nationales ou de déploiement), et pour lequel l'infrastructure est dimensionnée de manière réaliste.

## RÉSULTATS MAJEURS

- Mise en place de la plateforme collaborative "OpenAirInterface" pour l'évolution des standards et algorithmes ;
- Démonstration du système en situation et en conditions réalistes. La plateforme a été développée grâce aux apports des innovations du modem, ainsi que des adaptations software pour la couche MAC ;
- Soutien aux développements techniques et logiciels : le projet PLATA a fourni un cadre solide au sein des laboratoires pour fédérer un ensemble de développements. Des avancées significatives ont été faites, sur le plan du développement de modèles de simulation de trafic, des mécanismes PHY et MAC du LTE et sur le développement de mécanismes d'allocation des ressources.

## PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

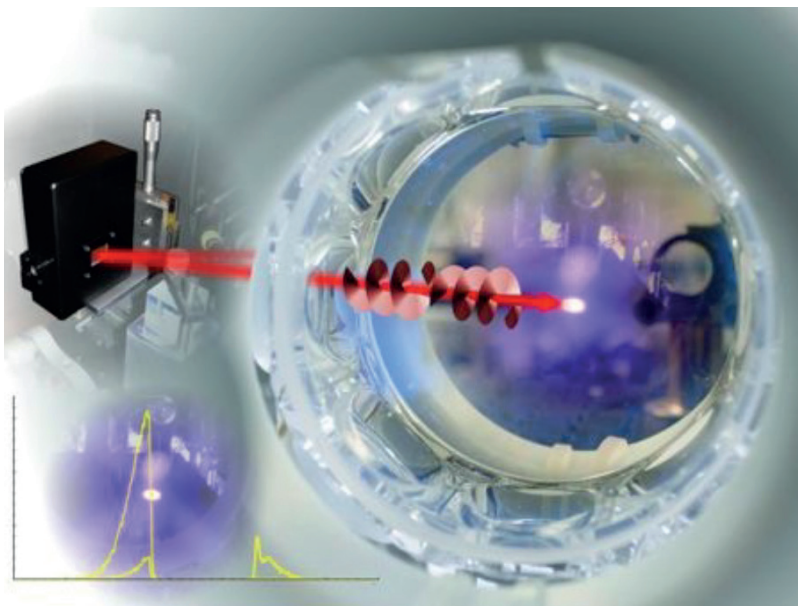
- C.Schmidt-Knorreck, M.Ihmig, R.Knopp, A.Herkersdorf, 7th Karlsruhe Workshop on Software Radios (WSR 2012), March 7-8, 2012 – Karlsruhe (Germany)
- P.Agostini, R.Knopp, J.Haërrri and N.Haziza. IEEE Int. Conference on Communications (ICC) - 9-13 June, 2013 - Budapest (Hungary)
- N.Haziza, M.Kassab, R.Knopp, J.Haërrri, P.Agostini, M. Berbineau, J. Besnier, J.Ehrlich, and H. Aniss , 5th Int. Workshop on Communication Technologies for Vehicles (Net4Cars/Net4Trains) - 14-15 May, 2013 - Lille (France)
- C.Schmidt-Knorreck, M.Ihmig, R.Knopp, A.Herkersdorf ACROPOLIS First International Summer, School on Cognitive Wireless Communications, July 2011 - Firenze (Italy)

Architecture véhiculaire multistandards pour l'assistance au conducteur

Plateforme radiologique multi-technologies pour des applications véhiculaires

# QUANTUM TECHNOLOGIES FOR EXTENDING THE RANGE OF QUANTUM COMMUNICATIONS

## QSCALE



► Storing photonic qubits encoded in twisted photons (LKB)

© Laboratoire Kastler Brossel

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet QSCALE est un projet de recherche fondamentale, financé dans le cadre de l'ERANET CHIST-ERA en 2011, coordonné par Julien Laurat. Il associe 6 équipes internationales : le Laboratoire Kastler Brossel en France, l'Université de Genève en Suisse, l'Institut National d'Optique et l'entreprise Quanta System en Italie, l'Université de Saarbrücken en Allemagne et l'ICFO en Espagne.

#### Contact :

► **Julien Laurat**, Laboratoire Kastler Brossel  
Université P. et M. Curie, 4 place Jussieu,  
75005 Paris, France  
julien.laurat@upmc.fr

#### Site web :

► <http://chistera-qscale.eu>

### POURQUOI ?

Le domaine de l'information quantique s'est développé au cours des dernières années avec l'objectif d'utiliser les particularités du monde quantique pour accomplir de nouvelles fonctions. Les démonstrations récentes de cryptographie quantique ou encore de téléportation ont confirmé l'impact qu'elle peut avoir sur les futures technologies de l'information.

Dans ce contexte, le projet QSCALE s'intéressait à développer des composants innovants, photoniques et atomiques, permettant la mise en œuvre de communications quantiques à longue distance. En particulier, les répéteurs quantiques, associant lumière non-classique et mémoire quantique, permettront de contrer les pertes et erreurs.

### COMMENT ?

Une première composante du projet concernait le développement de composants photoniques, tels que des sources de photons uniques ou d'intrication. Ces sources étaient compatibles avec les mémoires quantiques développées dans la seconde partie du projet. Divers systèmes ont été considérés pour réaliser de telles interfaces lumière-matière : atomes froids et ultra-froids, ions, cristaux dopés aux ions terre rare. La dernière partie du projet a permis de coupler sources et mémoires. Le projet comprenait également une composante théorique permettant d'étudier de nouvelles architectures de réseaux et des tests de fonctionnement à longue distance.

### RÉSULTATS MAJEURS

Au cours du projet, plusieurs systèmes de mémoires quantiques ont été développés, reposant soit sur des ions piégés, des atomes froids ou des cristaux dopés aux ions de terre rare. Le consortium a également produit plusieurs sources de lumière quantique compatible avec les interfaces lumière-matière réalisées. Sources et mémoires ont finalement été combinées pour démontrer de premiers blocs fonctionnels de répéteurs quantiques. Le consortium a également étudié et mis en œuvre tout au long du projet de nouvelles architectures de réseaux.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

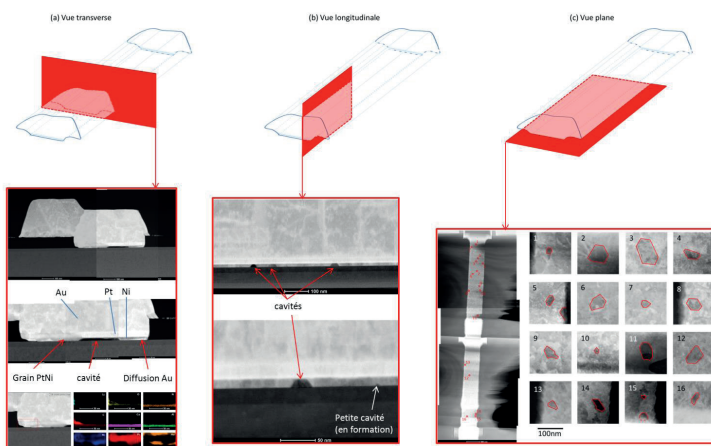
- 45 publications dans des revues internationales, dont 10 Physical Review Letters, 3 Nature Photonics et 3 Nature Communications
- 120 contributions dans des conférences internationales
- 3 chapitres de livre, 3 articles de vulgarisation scientifique sur les réseaux quantiques
- Un site web dédié : <http://chistera-qscale.eu>

**Les répéteurs quantiques : vers des communications quantiques à longue distance**

**Développer des composants photoniques et atomiques pour les réseaux quantiques**

# CARACTÉRISATION PHYSIQUE ET ÉLECTRIQUE DE LA FIABILITÉ DE TECHNOLOGIES GaN

## REAGAN



► Localisation et caractérisation de défauts de la grille sur des lames minces transverses, longitudinales et planes par TEM & EDX.

© SERMA Technologies

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

ReAGaN est un projet de recherche industrielle, financé dans le cadre de l'AAP ANR VERSO 2010, coordonné par le laboratoire IMS, Intégration du Matériau au Système (CNRS, Univ. Bordeaux, Bordeaux INP). Il associe UMS, Serma Technologies, THALES R&T, DGA-MI et les laboratoires, LAAS - Analyse et Architecture des Systèmes (CNRS, Univ. Toulouse) et LEPMI - Electrochimie et Physico-Chimie des Matériaux et des Interfaces (CNRS, Grenoble INP, Univ. Grenoble Alpes). Le projet a débuté en janvier 2011 et a duré 42 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 532 K€ pour un coût global de l'ordre de 1 804 K€.

### Contact :

► **Labat Nathalie**,  
Laboratoire IMS, UMR CNRS, Université de Bordeaux,  
Bordeaux INP, nathalie.labat@ims-bordeaux.fr

**Site web :** ► <http://archive.ims-bordeaux.fr/IMS/pages/pageSite.php?guidPage=REAGAN>

## POURQUOI ?

L'objectif de ReAGaN est de caractériser les mécanismes de transport et les défauts structuraux des transistors à semiconducteur GaN pour lesquels la maîtrise des contraintes mécaniques est un enjeu majeur.

En raison du couplage *in situ* entre propriétés électriques, mécaniques et thermiques, le défi réside dans l'établissement de corrélations entre la caractérisation physique au niveau matériau, la localisation de défauts et l'analyse opto-électrique effectuée à l'échelle du composant.

Les résultats ont contribué à l'amélioration des performances et de la durée de vie des technologies microélectroniques RF de puissance et au développement de techniques d'analyse de défaillances efficaces.

## COMMENT ?

Les dégradations des performances du transistor à base de GaN impactent la fiabilité opérationnelle des circuits. Les mécanismes physiques qui en sont responsables mettent aujourd'hui en cause une évolution des paramètres physiques et structuraux de la grille de commande et de l'hétérostructure AlGaIn/GaN.

Sont utilisées les techniques d'analyse opto-électrique dans les domaines temporels et fréquentiels ainsi que l'analyse physique et structurale. Une méthodologie originale d'analyse de défaillances a été développée en s'appuyant sur la complémentarité de ces techniques de caractérisation électriques et physiques. Elles sont mises en œuvre grâce à des préparations d'échantillon adaptées.

## RÉSULTATS MAJEURS

Le projet ReAGaN a été une opportunité unique de développer une plateforme d'analyse de défaillance à l'état de l'art et dédiée à l'industrialisation d'une technologie GaN en Europe pour les applications radiofréquences.

Il a contribué au développement de solutions originales pour optimiser des procédés technologiques de fabrication (grille, passivation) et l'architecture des HEMTs AlGaIn/GaN sur SiC.

L'expertise développée est issue de travaux fortement collaboratifs et mérite d'être capitalisée. Les méthodes établies pour la caractérisation physique des défauts ont eu pour but systématique d'être applicables sur produit fonctionnel ce qui les rend utilisables au niveau du circuit intégré.

## PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

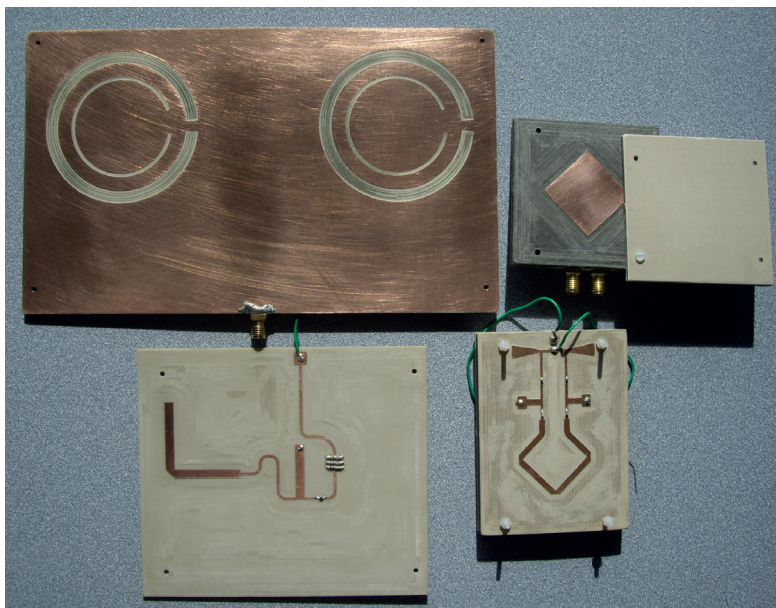
- B.Lambert et al., 2012, Microelectronics Reliability, hal-01002539
- L.Brunel et al., 2013, Microelectronics Reliability, hal-01002643
- S.Karboyan et al., 2013, Microelectronics Reliability, hal-01002658

Identifier la cause racine des mécanismes de dégradation des transistors GaN

Relier la signature électrique d'une défaillance de circuit à un défaut physique

# RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE ÉLECTROMAGNÉTIQUE

## REC-EM



© Projet REC-EM

► Quelques exemples de réalisations d'antennes et circuits de conversion pour la récupération et conversion d'énergie électromagnétique.

### POURQUOI ?

Ce projet visait l'amélioration de l'autonomie énergétique des systèmes communicants par récupération d'énergie électromagnétique. Il s'agissait de concevoir des *rectenna* (*rectifying antenna*) composées d'un élément antenne de captation des ondes RF et d'un dispositif électronique de conversion et de gestion DC-DC du signal récupéré. Verrous :

- Conception d'antennes de petites dimensions, multi fréquences et à polarisations orthogonales ;
- Conception d'un système de rectification à rendement de conversion optimisé ;
- Conception d'un système de gestion d'énergie à très faible seuil de façon à détecter et traiter les faibles niveaux de puissance issus de la *rectenna*.

### COMMENT ?

Dans ce projet, on a combiné les compétences de chercheurs aux thématiques complémentaires (radiofréquences et génie électrique). Les dispositifs ont été conçus par simulation numérique (simulateur circuit et électromagnétique pour la *rectenna* et par modélisation analytique et circuit pour le circuit de gestion d'énergie et convertisseur DC-DC).

La prise en compte des caractéristiques radioélectriques dans la simulation circuit a permis d'optimiser les rendements de conversion de la *rectenna*. La modélisation analytique incluant les pertes et paramètres des composants électroniques a permis d'optimiser le choix des composants pour le circuit DC-DC et le circuit de démarrage à faible niveau.

Augmenter l'autonomie en énergie en récupérant l'énergie électromagnétique

Collaborer entre chercheurs universitaires aux compétences complémentaires

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

REC-EM est un projet de recherche industrielle, financé dans le cadre de l'AAP ANR Blanc 2010, coordonné par le laboratoire ESYCOM de l'université Paris-Est Marne la Vallée. Il associe les laboratoires Ampère de l'École Centrale de Lyon et le laboratoire SATIE de l'ENS Cachan. Le projet a débuté le 1<sup>er</sup> janvier 2011 et a duré 45 mois. Il a bénéficié d'une aide de 480 K€ pour un coût global de 1,2 M€.

#### Contact :

- **CIRIO Laurent**,  
laboratoire ESYCOM,  
université Paris-Est Marne la Vallée,  
laurent.cirio@u-pem.fr

### RÉSULTATS MAJEURS

Les *rectenna* à double polarisation circulaire ou bi-fréquences (ici 1,85 et 2,45 GHz) réalisées ont montré une diminution de la densité de puissance nécessaire pour fonctionner (autour de 2,3  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  pour une tension de sortie continue de 253 mV).

Le convertisseur DC-DC à adaptation d'impédance incluant le circuit de démarrage résonant a montré une sensibilité de 100 mV, bien en dessous de la tension de sortie de la *rectenna* ci-dessus.

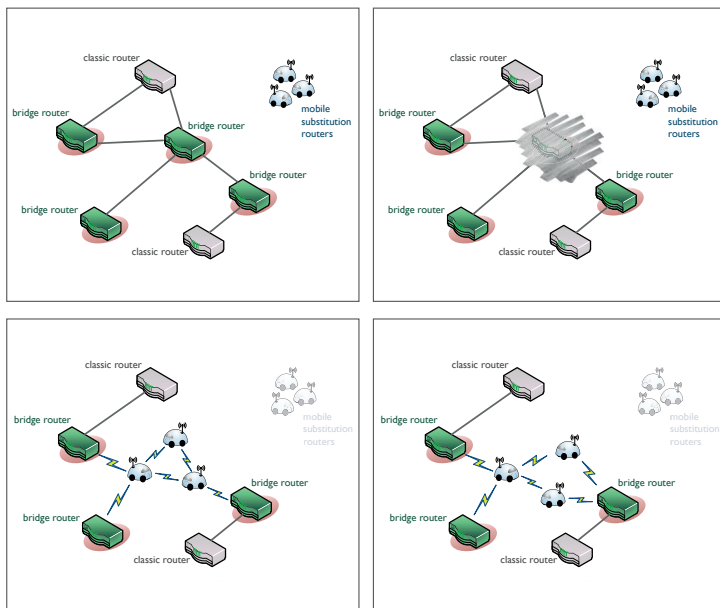
Un capteur de température à affichage LCD sans pile a été réalisé en associant les deux modules (*rectenna* et convertisseur). Ce capteur a fonctionné pour une densité de puissance de 0,75  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  contre 1,25  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  pour un composant DC-DC du commerce.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

- S-E. Adami, N. Degrenne, W. Haboubi, H. Takhedmit, D. Labrousse, F. Costa, B. Allard, J-D. Lan Sun Luk, L. Cirio, O. Picon, C. Vollaie, Journal of Low Power Electronics, April 2013
- H. Takhedmit, L. Cirio, O. Picon, C. Vollaie, B. Allard, F. Costa, PIER C, 2013
- W. Haboubi, H. Takhedmit, J-D. Lan Sun Luk, S.E. Adami, B. Allard, F. Costa, C. Vollaie, O. Picon, L. Cirio, PIER, 2014
- W. Haboubi, H. Takhedmit, O. Picon, L. Cirio, EuCAP 2013, 8-11 April 2013, Gothenburg, Sweden

# RESEAU COORDONNÉ DE SUBSTITUTION MOBILE

## RESCUE



© <https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/legalcode> - Tahiry Razafindralambo

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet RESCUE est un projet de recherche fondamentale, financé dans le cadre de l'AAP ANR VERSO 2010, coordonné par inria. Il associe Orange ainsi que les laboratoires LIP (Laboratoire de l'Informatique du Parallélisme - ENS Lyon), LIP6 (Laboratoire d'Informatique de Paris 6) et LAAS (Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes). Le projet a commencé en décembre, 2010 et a duré 36 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 796 K€ pour un coût global de 2,5 M€.

### Contact :

► **Razafindralambo Tahiry**,  
 Inria,  
[tahiry.razafindralambo@inria.fr](mailto:tahiry.razafindralambo@inria.fr)

### Site web :

► <http://rescue.lille.inria.fr>

## POURQUOI ?

Les réseaux d'accès et métropolitains sont beaucoup plus limités en ressources que le cœur du réseau d'opérateur. Alors que ces derniers sont souvent sur-dimensionnés, les réseaux d'accès et métropolitains peuvent subir de fortes surcharges dues à l'évolution du trafic ou des pannes. Dans les réseaux câblés, quelques pannes (mais pas toutes) sont traitées par un réacheminement du trafic à travers un réseau de secours déjà en place. Sans réseaux de secours, une solution intéressante est de déployer pour un temps limité, correspondant à la période du problème, un réseau de substitution venant aider le réseau de base à fournir des services aux usagers.

## COMMENT ?

Dans RESCUE, nous étudions les mécanismes sous-jacents et le déploiement d'un réseau de substitution composé d'une flotte de routeurs sans fil avec une mobilité contrôlée. Contrairement à de nombreux projets et autres travaux scientifiques, nous ne considérons pas la mobilité comme un inconvénient mais nous l'utilisons pour créer de la ressource pour le réseau de base. Le projet RESCUE s'attaque à la fois aux aspects théoriques et aux aspects pratiques du déploiement d'un réseau de substitution.

Un réseau de substitution pour venir en aide à un réseau en difficulté

Utilisation de la mobilité pour créer de la ressource réseau

## RÉSULTATS MAJEURS

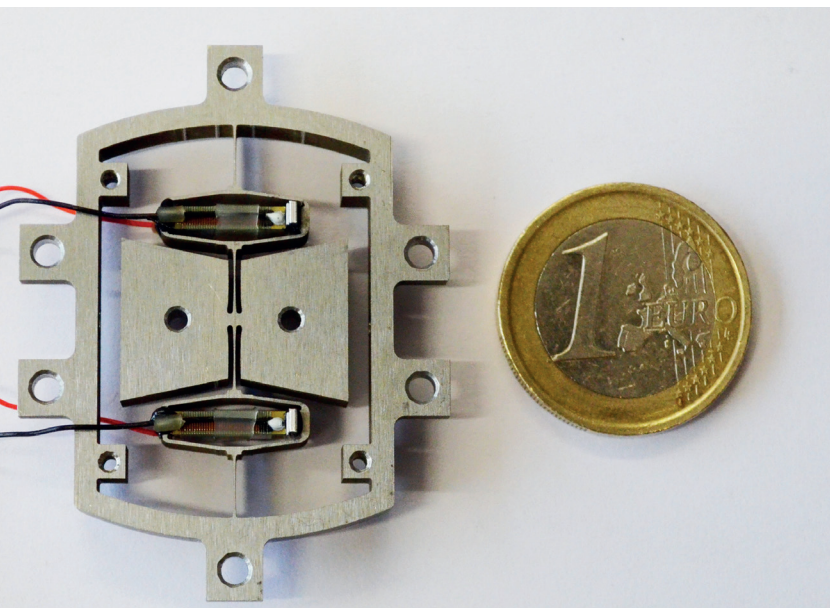
Dans RESCUE, nous avons apporté une nouvelle dimension et un nouveau concept liés au réseaux mobiles. Nous ne considérons pas un réseau formé au dessus d'un ensemble d'entités mobiles, mais un réseau déjà formé qui peut se mouvoir. Les solutions de déploiement mises en place dans le projet RESCUE sont maintenant reprises par Orange pour essayer de les intégrer chez leurs clients, et plus particulièrement dans les pays émergents.

## PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

- Tahiry Razafindralambo, Thomas Begin, Marcelo Dias de Amorim, Isabelle Guérin-Lassous, Nathalie Mitton, et al. Promoting Quality of Service in Substitution Networks with Controlled Mobility. 10th International Conference on Ad Hoc Networks and Wireless (AdHocNow), Jul 2011, Paderborn, Germany. pp.248-261, 2011. hal: inria-00599124
- T. Abreu, B. Baynat, T. Begin and I. Guérin Lassous, Hierarchical Modeling of IEEE 802.11 Multi-hop Wireless Networks, accepted to the 16th ACM International Conference on Modeling, Analysis, Simulation of Wireless and Mobile Systems (MSWiM), Barcelona, Spain, November 2013

# RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE VIBRATOIRE LARGE BANDE

## REVILABA



► Générateur piézoélectrique développé dans le cadre du projet REVILaBa

### POURQUOI ?

Ce projet répond à la problématique de l'autonomie énergétique des dispositifs électroniques portables et/ou des capteurs autonomes communicant afin d'améliorer l'autonomie et la fiabilité, en remplaçant ou permettant la recharge continue de batteries électrochimiques. L'objectif de ce projet est de développer des générateurs à partir de la récupération de l'énergie vibratoire ambiante.

Depuis le début des années 2000, au niveau mondial, des recherches ont été menées pour développer des dispositifs de récupération d'énergie vibratoire (DREV), mais ces premiers dispositifs ont une réponse en fréquence et une densité de puissance limitées.

### COMMENT ?

Les pistes de développement suivies pour améliorer la bande passante et la densité de puissance des DREV sont l'utilisation d'oscillateurs mécaniques bistables afin d'améliorer la réponse fréquentielle des DREV et le développement d'électroniques d'extraction et de mise en forme de l'énergie permettant d'optimiser le transfert et le stockage de l'énergie produite.

Récupérer  
l'énergie vibratoire  
ambiante

Développement  
de générateurs  
large bande à  
haute densité  
de puissance

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet REVILaBa est un projet de recherche réalisé au laboratoire Systèmes et Matériaux pour la Mécatronique (SYMME) de l'Université de Savoie Mont Blanc. Il a été financé dans le cadre de l'AAP ANR JCJC 2011. Le projet a débuté en octobre 2011 et a duré 42 mois. Dans le cadre du programme "Jeunes Chercheuses et Jeunes Chercheurs" 2011, il a bénéficié d'une aide ANR de 240 K€ pour un coût complet global de l'ordre de 630 K€.

#### Contact :

► **Adrien Badel,**  
Laboratoire Systèmes et Matériaux  
pour la Mécatronique (SYMME)  
Université Savoie Mont Blanc  
adrien.badel@univ-smb.fr

### RÉSULTATS MAJEURS

- Réalisation de générateurs bistables, combinant des stacks piézoélectriques amplifiés, des liaisons souples et une masse dynamique centrale au sein d'une structure flambée ;
- Développement et réalisation de circuits électroniques non-linéaires d'extraction d'énergie pour ces générateurs. Ces circuits permettent d'améliorer la conversion énergétique, notamment en découplant le transfert énergétique de l'état de charge électrique ;
- Une valorisation des résultats obtenus par le démarrage d'un projet de maturation d'entreprise est envisagé.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

- 9 revues internationales, dont :
- W. Q. Liu, A. Badel, F. Formosa, Y. P. Wu and A. Agbossou, "Wideband energy harvesting using the combination of optimized synchronous electric charge extraction circuit and bistable harvester", *Smart Materials and Structures*, Vol. 22, pp. 125038, 2014
- W. Q. Liu, A. Badel, F. Formosa, Y. P. Wu, N. Bencheickh, A. Agbossou, *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 2014
- W. Q. Liu, F. Formosa, A. Badel, Y. P. Wu and A. Agbossou, *Sensors & Actuators: A. Physical*, 2014
- Y. P. Wu, A. Badel, F. Formosa, W. Q. Liu, A. Agbossou, *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 2014

# OPTIMISATION FIABILISÉE DES TRANSISTORS BIPOLAIRES INP SUBMICRONIQUES EN VUE DE LA CONCEPTION ROBUSTE DES TRANSMISSIONS OPTIQUES 112 GB/S

## ROBUST



► Robust FPGA : conception d'un FPGA tolérant aux défauts de fabrication.

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

ROBUST est un projet de recherche industrielle, de l'AAP ANR VERSO 2008, coordonné par l'IMS en collaboration avec deux partenaires académiques (IMS et IEMN, deux laboratoires industriels (Alcatel Thales III-V Lab et OMMIC) et une "start-up" (Xmod technologies). Le projet a commencé en janvier 2009 et a duré 36 mois : il a bénéficié d'une aide ANR de 1 M€ pour un coût global de l'ordre de 2,1 M€.

#### Contact :

► **Maneux Cristell**,  
Université de Bordeaux,  
cristell.maneux@u-bordeaux.fr

#### Site web :

► <http://extranet.ims-bordeaux.fr/ROBUST>

### POURQUOI ?

Le développement de l'internet du futur est étroitement associé à des solutions très compétitives sous réserve de la disponibilité d'une technologie appropriée.

Aujourd'hui, les dimensions technologiques submicroniques amènent l'augmentation de la densité de courant. Or, comme la résistance thermique augmente de façon inversement proportionnelle aux dimensions, la température augmente significativement (auto-échauffement) ce qui a pour conséquence d'activer les mécanismes de défaillance des technologies submicroniques. C'est pourquoi, il est nécessaire d'aborder la conception de la technologie submicronique par une approche active de l'évaluation de la fiabilité des circuits.

### COMMENT ?

La conception du transistor submicronique est abordée par une approche active de l'évaluation de la fiabilité des circuits associés par le biais de quatre tâches. La première permet une évaluation détaillée de l'auto-échauffement du transistor bipolaire InP pour identifier les défauts de sa structure. La tâche 2 définit la fabrication de transistor 0.5 µm conçu pour favoriser la dissipation thermique au travers de l'amélioration des propriétés de surface et d'architectures nouvelles en transférant sur un substrat AlN. La Tâche 3 est portée sur l'analyse expérimentale du comportement électro-thermique de la technologie et La Tâche 4 valide toute l'approche.

### RÉSULTATS MAJEURS

Trois technologies de transistor bipolaire InP submicronique ont été réalisées et ont subi les tests de vieillissement. Les lois de vieillissement ont été extraites et introduites dans le modèle compact pour les bibliothèques de conception de circuits. Pour la technologie de chez III-V Lab, la réalisation des circuits a permis de réaliser des tests de vieillissement et la confrontation simulation prédictive *versus* test de vieillissement a permis la validation de toute l'approche.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

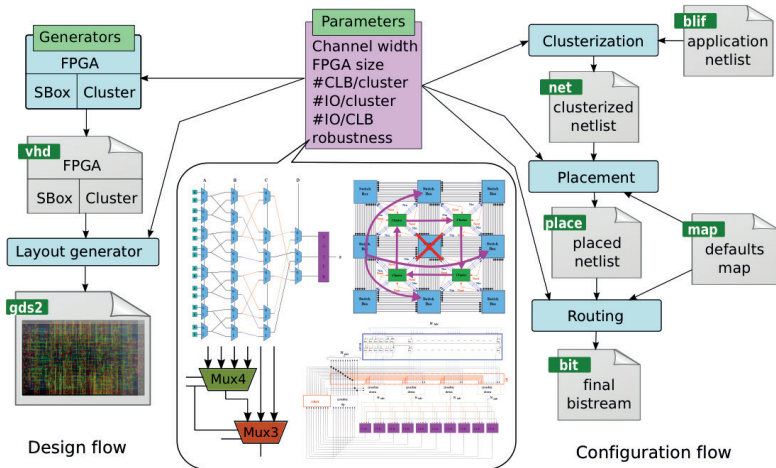
- J-Y. Dupuy, A. Konczykowska, F. Jorge, M. Riet, P. Berdaguer, J. Moulu and J. Godin, ELECTRONICS LETTERS 7th January 2010 Vol. 46 No. 1
- S.Ghosh B. Grandchamp, G. A. Koné, F. Marc, C. Maneux, T. Zimmer, V. Nodjiadjim, M. Riet, J. Godin
- Elsevier, Microelectronics Reliability 51 (2011) 1736–1741, 2011
- B. Ardouin, J. Y. Dupuy, V. Nodjiadjim, M. Riet, J. Godin, F. Marc, S.Ghosh B. Grandchamp, G. A. Koné, C. Maneux, invited paper, Proc. Of ESSDERC/ESSCIRC, Bordeaux, 17-21 sept. 2012

Rétroaction de  
la conception de  
circuits robustes  
en technologie  
submicronique

Conception et  
réalisation de  
transistors  
bipolaires  
submicroniques

# CONCEPTION D'UN FPGA TOLÉRANT AUX DÉFAUTS

## ROBUST FPGA



► Robust FPGA : conception d'un FPGA tolérant aux défauts de fabrication.

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Robust FPGA est un projet de recherche fondamentale, financé dans le cadre de l'AAP ANR INS 2011, coordonné par Télécom ParisTech. Il associe les laboratoires LIP6 et TIMA. Le projet a commencé en octobre 2011 et a duré 42 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 0,74 M€ pour un coût global de 1.74 M€.

### Contact :

► **Lirida Naviner,**  
Télécom ParisTech,  
lirida.naviner@telecom-paristech.fr

### Site web :

► [www.robustfpga.mines-telecom.fr](http://www.robustfpga.mines-telecom.fr)

## POURQUOI ?

L'accroissement de la part de circuits défectueux induit un bouleversement des pratiques de conception. Les concepteurs ne doivent plus raisonner seulement en termes de circuits "bons" ou "mauvais" après test de production car cela s'accompagne de coûts de fabrication très importants. Ainsi le défi à relever est celui de pouvoir utiliser un maximum de circuits tout en tolérant des défauts physiques présents en leur sein. L'objectif général du projet Robust FPGA a été de contribuer à relever ce défi. Les travaux ont porté sur les circuits FPGA à base de SRAM compte tenu de leur importance et du fait qu'ils soient très concernés par la problématique des défauts de fabrication.

## COMMENT ?

Afin d'obtenir l'architecture tolérante, les actions ont concerné la structure et l'utilisation du FPGA. Il s'est agi, d'une part, de rendre les blocs de base du FPGA intrinsèquement plus tolérants et, d'autre part, de rendre possible une configuration tenant compte de l'existence de défauts ayant dépassé la capacité de tolérance mise à disposition. L'architecture tolérante est ainsi le résultat de quatre actions : amélioration de la capacité de masquage des blocs dédiés à la logique et à la communication ; intégration de structures permettant le contournement des défauts ; développement de méthodes de test ; et diagnostic permettant de générer une cartographie des ressources défectueuses.

## RÉSULTATS MAJEURS

Le projet a produit une solution qui rend l'architecture de FPGA plus robuste et rend les FPGA défectueux utilisables. Cette solution allant jusqu'au dessin des masques, combine durcissement architectural des blocs de base, utilisation de mécanismes de contournement adaptés, stratégie de test/diagnostic pour obtention d'une cartographie des défauts et génération intelligente de *bitstream*. Ces résultats se sont traduits par la publication de nombreuses communications scientifiques. Ils ont donné lieu au développement d'outils et innovations qui ont vocation à être protégés et valorisés industriellement. Les savoir-faire acquis ont ouvert la voie à d'autres projets plus ambitieux.

## PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

- A defect-tolerant cluster in a mesh sram-based FPGA, International Conference on Field Programmable Technology (FPT), Kyoto, Japan, December 2013
- Impact of Cluster Size on Routability, Testability and Robustness of a Cluster in a Mesh FPGA, IEEE Computer Society Annual Symposium on VLSI (ISVLSI), 2014
- Cost Analysis of Improved Robustness and Testability in Critical Blocks of an FPGA (en cours de soumission à ACM Transactions on Embedded Computing Systems)
- Organisation d'une journée du GDR SocSip

Répondre au besoin de rendre industriellement exploitables les FPGA défectueux

Agir sur la structure et la manière d'exploiter les ressources du FPGA



# RADIO UWB POUR LES RÉSEAUX CORPOREL

## RUBY



► Un réseau BAN : Une connectivité unique malgré l'hétérogénéité des équipements et des usages.

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

RUBY est un projet de recherche appliquée financé par l'ANR dans le cadre du programme ANR INFRA 2011. Sous la coordination d'Orange, il réunit Thales Communication, le CEA-Leti, le LEAT, le CREMANT et l'IM2NP. Le projet a commencé le 1<sup>er</sup> janvier 2012 pour une durée de 39 mois. Il a bénéficié d'une aide de l'ANR de 1,169 M€ pour un coût complet 2,8 M€.

#### Contact :

► Jean SCHWOERER,  
 Orange Labs,  
[jean.schwoerer@orange.com](mailto:jean.schwoerer@orange.com)

#### Site web :

► <http://ruby.rd.francetelecom.com>

© Projet ANR Ruby

### POURQUOI ?

La Radio impulsionnelle UWB est une technologie qui acquiert sa maturité, et dont la capacité théorique à répondre aux besoins des réseaux BAN (Body Area Networks), n'est plus à démontrer. Le standard IEEE 802.15.6 en amène l'illustration la plus visible.

L'enjeu du projet RUBY est de proposer une solution pour la mise en œuvre de cette technologie de manière à assurer la performance radio requise (fiabilité, débit, coexistence) en fournissant une flexibilité d'implémentation maximale entre consommation d'énergie, débit et complexité tout en préservant l'interopérabilité grâce à l'utilisation combinée d'une chaîne RF cohérente et non cohérente.

### COMMENT ?

RUBY s'est essentiellement basé sur une approche expérimentale. Au-delà de la définition d'une architecture RF innovante et spécialement adaptée aux contraintes très particulières des réseaux BAN, les partenaires du projet RUBY ont conçu, réalisé et implémenté chacun des éléments de cette architecture radio (antennes, générateur d'impulsion à très faible consommation, étage frontal RF UWB bi-architecture, traitement numérique en bande de base) pour, ensuite, les caractériser et valider la pertinence de leur principe.

RUBY a donc fait très nettement progresser l'état de l'art de l'implémentation des systèmes radio UWB.

### RÉSULTATS MAJEURS

Le travail de recherche accompli dans le cadre du projet RUBY a permis de :

- Démontrer la pertinence de l'architecture RF combinant de manière optimale une branche de détection cohérente et non cohérente ;
- Démontrer la faisabilité technologique de la montée en bande UWB haute (6 - 8.5 GHz) sans pénalisation de consommation ou de complexité ;
- Démontrer également la possibilité pour un système UWB d'atteindre des consommations d'énergie très faibles grâce à un *duty-cycling* très poussé, y compris au niveau de l'étage frontal RF.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

Deux sessions spéciales organisées lors de la conférence IEEE International Conference on Electronic Circuit and System (ICECS) 2014.

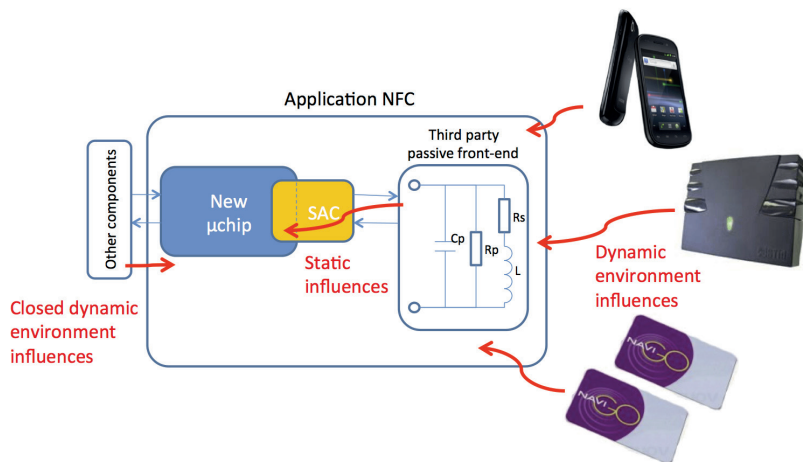
- O. Fourquin, S. Bourdel, J. Gaubert, R. Vauché, N. Dehaese, A. Chami, J.Y. Dauvignac, G. Kossiavas, N. Fortino, P. Brachet IM2NP / LEAT / Orange Labs La Turbie, IEEE Transactions on Components Packaging and Manufacturing Technology, vol.3, Issue 5, May 2013, pp.749-758
- O. Ramos Sparrow, R. Vauche, N. Dehaese, S. Bourdel, J. Gaubert, I. Ben amor, E. Muhr, P. Losco, O. Fourquin IM2NP, Analog Integr Circ Sig Process, DOI 10.1007/s10470-014-0369-y, July 2014,

Démontrer la pertinence d'une architecture radio UWB particulière pour les BAN

Démontrer par l'expérience la pertinence de l'architecture bi-recepteur de RUBY

# SOLUTION POUR L'AUTO-ADAPTATION IN SITU DE SYSTÈMES COMMUNICANTS

## SACSO



## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet SACSO est un projet de recherche financé dans le cadre de AAP ANR INS 2011, coordonné par le LIRMM (Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier). Il associe les sociétés NXP Semiconductors et Ophthimalia et le laboratoire TIMA. Le projet a commencé en janvier 2012 et a duré 47 mois. Il bénéficie d'une aide ANR de 848 K€ pour un coût global de 3,22 M€.

### Contact :

► Serge Bernard,  
LIRMM  
bernard@lirmm.fr

### Site web :

► <http://sacso.lirmm.fr>

### POURQUOI ?

L'évolution des technologies et la forte demande vers toujours plus de fonctionnalités embarquées dans les dispositifs électroniques soulèvent de nouveaux défis scientifiques. Un des défis importants est la préservation de la qualité et de la fiabilité du ou des systèmes intégrés embarqués (puces électroniques) dans le dispositif final, en particulier dans les applications critiques (santé, sécurité, transport...).

Une approche intéressante pour répondre à ces défis consiste à équiper le système intégré de capacité d'auto-compensation des dérives internes et des perturbations induites par l'environnement de l'application (signal ou élément parasite, utilisateur, hacker...).

### COMMENT ?

La première étape consiste à définir une stratégie pour le développement d'une solution d'auto-adaptation de systèmes intégrés. Stratégie en plusieurs étapes de l'identification des indicateurs de performances jusqu'à la circuiterie de compensation.

Le projet SACSO s'appuie sur 3 véhicules de test pour la validation des solutions développées : un système NFC (*Near Field Communication*) pour illustrer les dispositifs à *front-ends* passifs ; un système électronique portable de mesure de la pression intraoculaire pour illustrer les dispositifs à *front-ends* actifs ; un amplificateur RF traitant de la gestion de la consommation. Partant de ces cas d'étude une approche générique est proposée.

### RÉSULTATS MAJEURS

- Modélisation complète de la chaîne de transmission NFC. La modélisation proposée n'a pas d'équivalent dans la littérature. Système embarqué d'auto-adaptation d'impédance d'antenne prenant en compte les perturbations de l'environnement.
- Développement d'une plateforme matérielle d'œil fantôme permettant de simuler les effets biomécaniques utiles et perturbateurs mis en jeu dans une mesure de pression intraoculaire (PIO). Nouvelles solutions de capteur de PIO plus robuste.
- Développement d'une méthode d'auto-calibration statique pour les circuits RF dans le but de trouver le meilleur compromis entre puissance consommée et performances à l'aide de capteurs non-intrusifs.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

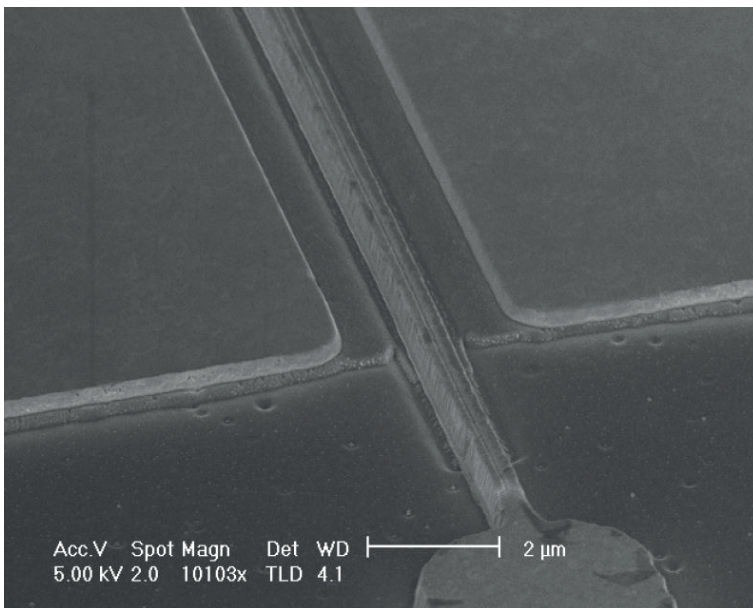
- A. Dimakos and al, «Parametric Built-In Test for 65nm RF LNA Using Non-Intrusive Variation-Aware Sensors,» *Journal of Electronic Testing: Theory & Applications*, Springer, vol. 31, no. 4, pp. 381-394, 2015.
- M. Dieng and al, "Accurate and Efficient Analytical Electrical Model of Antenna for NFC Applications", *IEEE international Newcas Conference*, June 2013
- A. Deluthault and al, "Methodology for Self-Adaptation of Electronic Medical Devices: Application to an Intraocular Pressure Sensor", *IOLTS'14: 20th International On-Line Testing Symposium*, 2014.

Rendre un circuit intégré auto-adaptatif à son environnement applicatif

Cas d'étude complémentaires (santé, sécurité, com...), vers une solution générique

# PROCESS BASÉ SUR LE GAN POUR DES APPLICATIONS EN ONDES MILLIMÉTRIQUES

## SATELLITE



© Société OMMIC

► Image MEB d'un doigt de transistor HEMT AlGaIn/GaN sur substrat silicium mettant en évidence la qualité de la technologie de grille et des contacts ohmiques non-alliés par la société OMMIC.

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

SATELLITE est un projet de recherche Industrielle, financé dans le cadre de l'AAP ANR INFRA 2011, coordonné par l'IEMN. Il associe l'IEMN et le CRHEA (Centre de Recherches sur l'Hétéro Épitaxie et ses Applications) ainsi que les sociétés OMMIC, VECTRAWAVE et BLUWAN. Le projet a commencé en avril 2012 pour une durée de 48 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 1,1 M€ pour un coût total de 3,1 M€.

#### Contact :

► **Jean-Claude DE JAEGER**,  
responsable du groupe de recherches  
PUISSANCE à l'IEMN.  
[jean-claude.dejaeger@iemn.univ-lille1.fr](mailto:jean-claude.dejaeger@iemn.univ-lille1.fr)

#### Site web :

► <http://puissance.iemn.univ-lille1.fr>

### POURQUOI ?

Le projet a pour but de développer des composants avec une puissance hyperfréquence élevée en onde millimétrique et de fabriquer un MMIC (Circuit Intégré Monolithique Millimétrique) délivrant une puissance de 4 W à 40 GHz. Dans ce projet, on optimise les différentes briques technologiques nécessaires pour le développement et l'industrialisation future de circuits faible coût fournissant une puissance élevée et une bonne linéarité. L'étude est basée sur une chaîne complète allant de la croissance du matériau jusqu'au démonstrateur qui concerne les télécommunications multipoints. Jusqu'à présent, ce thème de recherche sur substrat silicium n'a encore jamais débouché sur des produits commercialisés.

### COMMENT ?

Les différents partenaires du projet ont un savoir-faire complémentaire. Le projet est basé sur la technologie des composants du type HEMT AlGaIn/GaN (High Electron Mobility Transistors) et des circuits développés sur substrat silicium. Des innovations ont dû être faites au niveau matériau afin de limiter les pertes de propagation hyperfréquence et au niveau des composants avec la fabrication de grilles courtes et des contacts ohmiques basés sur une reprise d'épitaxie de GaN dopé afin d'améliorer leur morphologie et limiter au maximum les résistances d'accès. Ainsi, des résultats à l'état de l'art ont pu être obtenus.

### RÉSULTATS MAJEURS

- Mise au point d'une technologie par lithographie électronique (e-beam) permettant la fabrication de composants à grille courte. Des densités de puissance de 4 W/mm, des rendements de 40 % et des fréquences de coupure de 135 GHz ont été obtenus ;
- Développement de contacts ohmiques non alliés basés sur une recroissance de GaN. Cela permet d'améliorer les résistances de contact et d'éviter un recuit. Des résistances de contact de 0.17 ohm.mm ont été obtenues ;
- Mise au point des différentes étapes technologiques permettant la fabrication de MMICs AlGaIn/GaN sur substrat silicium, fonctionnant à 40-43 GHz ;
- Développement de simulations de type Monte-Carlo permettant une analyse physique des composants.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

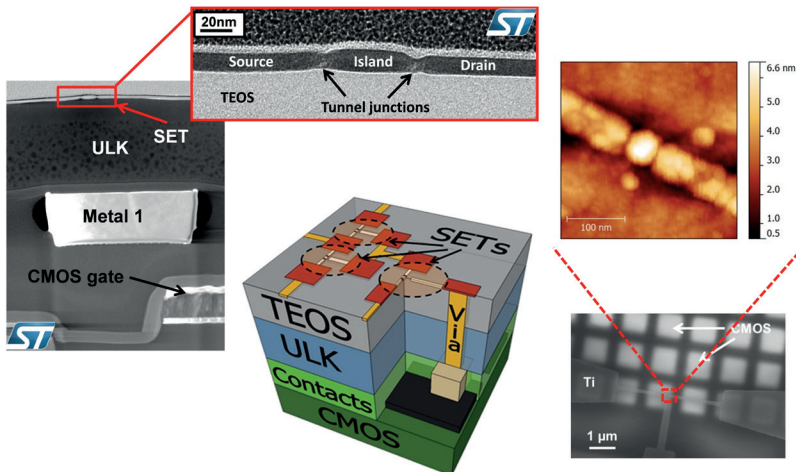
- S. BOUZID-DRIAD et al, 7th EuMIC 2012, Amsterdam, The Netherlands, October 2012, DOI : 978-2-87487-028-6
- S. BOUZID-DRIAD et al, IEEE Electron Device Lett. Vol.34, n°1, January 2013. DOI : 10.1109/LED.2012.2224313
- A. AGBOTON et al, 43rd ESSDERC, Bucharest, Romania, September 2013, DOI : 978-1-4799-0649-9/13/\$31.00
- P. ALTUNTAS et al, 9th EuMIC, Rome, Italy, October 2014. DOI : 978-2-87487-036-1
- A. AGBOTON et al, 23rd HETECH 2014, October 2014, Marburg, Germany

Des circuits  
encore jamais  
commercialisés

Un travail  
de fond sur  
le matériau et  
la technologie

# SINGLE ELECTRON DEVICE INTEGRATION ON CMOS TECHNOLOGY

## SEDIMOS



► Intégration de composant mono-électronique métallique (transistor à un électron / single electron transistor - SET) dans le back-end d'un circuit intégré CMOS, au-dessus du premier niveau de métal (LN2-INL-STMicroelectronics).

© INSA de Lyon - INL, Université de Sherbrooke, STMicroelectronics

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet SEDIMOS est un projet de recherche fondamentale, financé dans le cadre du Programme ANR BLANC INTERNATIONAL 2009, coordonné par F. CALMON (INL, INSA Lyon) et D. DROUIN (3IT-LN2, Univ. de Sherbrooke) en partenariat avec STMicroelectronics Crolles et IBM Bromont. Le projet a commencé le 1<sup>er</sup> mars 2010 et a duré 36 mois. Il a bénéficié d'une aide de 334 K€ pour un coût global de 849 K€.

### Contact :

- F. CALMON, INSA Lyon, francis.calmon@insa-lyon.fr
- D. DROUIN, Univ. de Sherbrooke, dominique.drouin@usherbrooke.ca

### Site web :

- <http://www.agence-nationale-recherche.fr/Colloques/J3N2012/sessions/SEDIMOS-J3N2012>

## POURQUOI ?

L'industrie de la micro-nano-électronique recherche des solutions innovantes pour diminuer la consommation des systèmes intégrés afin de gagner en performances et en autonomie. Ces solutions peuvent se trouver à plusieurs niveaux : architecture, circuit ou composant élémentaire ; c'est à dire le transistor. Le projet SEDIMOS s'inscrit dans la recherche de composant complémentaire au transistor MOS en se focalisant sur les transistors et mémoire à un électron (Single Electron Transistor – SET, Single Electron Memory – SEM). Les objectifs du projet étaient de démontrer l'intérêt et la faisabilité d'une intégration de composants mono-électroniques métalliques au-dessus de transistors MOS.

## COMMENT ?

Le projet SEDIMOS a permis de démontrer la faisabilité d'une intégration technologique de composants mono-électroniques métalliques dans un procédé de fabrication standard de circuits intégrés silicium (technologie CMOS) en développant le procédé nanodamascène. L'originalité repose sur l'usage de la lithographie électronique associée à une planarisation des nanostructures grâce à un procédé mécano-chimique. Les structures ainsi réalisées sont nanométriques, permettant d'augmenter la température de fonctionnement de ces dispositifs (le verrou actuel) tout en fournissant un procédé compatible CMOS.

## RÉSULTATS MAJEURS

Les principales retombées du projet SEDIMOS sont :

- Le développement d'un modèle qui a permis de concevoir une bibliothèque complète de cellules numériques standards à base de SET double grille, puis de comparer les performances par rapport à l'existant en CMOS, et de démontrer un gain notable en consommation mais une limitation en fréquence de fonctionnement.
- La mise au point du "nanodamascène" et notamment de l'étape de planarisation grâce à un procédé mécano-chimique, permettant un contrôle nanométrique de la hauteur des nanostructures. Ainsi des transistor SET ont été réalisés et caractérisés.
- La démonstration de l'intégration technologique de SET au-dessus de transistor CMOS.

## PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

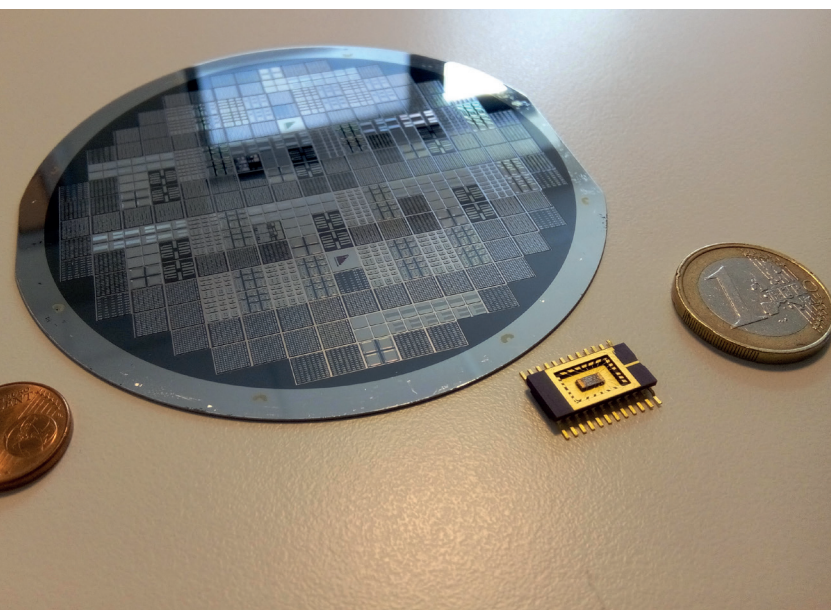
- N. Juvet et al., "Recent Developments on 3D Integration of Metallic SET onto CMOS Process for Memory Application", Int. J. of Nanoscience, 11(4), 2012
- W. Xuan et al., "Static and Dynamic Modeling of Single Electron Memory for circuit simulation", IEEE Trans. on Elect. Dev., 59(1), 2012
- S. Ecoffey et al., "Technology platform for the fabrication of titanium nanostructures," J. of Vac. Sc. Tech. B, B 29(6), 2011

Besoin de nouveau composant pour l'électronique ultra basse consommation

Développement simultané de la technologie et des outils de conception

# CONTRÔLE OPTIQUE INTÉGRÉ POUR LES SEMICONDUCTEURS DE PUISSANCE

## SIPOWLIGHT



© Nicolas ROUGER, CNRS, G2Elab UMR5269

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet SiPowLight est un projet de recherche fondamentale, financé dans le cadre de l'AAP ANR JCJC 2010, coordonné par Nicolas Rouger (CNRS / G2Elab). Il associe Grenoble-INP et le G2Elab (UMR 5269 CNRS / Univ. Grenoble Alpes). Le projet a commencé en novembre 2010 et a duré 40 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 215 K€ pour un coût global de l'ordre de 870 K€.

#### Contact :

► **ROUGER Nicolas**,  
CNRS et laboratoire de génie électrique  
de Grenoble (G2Elab),  
nicolas.rouger@g2elab.grenoble-inp.fr

#### Site web :

► <http://www.g2elab.grenoble-inp.fr/pp-330879.kjsp>

► Photographie d'une plaquette de Silicium 100 mm conçue et fabriquée pendant le projet ANR JCJC 2010 SiPowLight, regroupant différentes variantes de détecteurs optiques intégrés pour une meilleure gestion dans les convertisseurs d'énergie électrique. Une solution complémentaire en technologie CMOS Silicium conçue au sein du projet est aussi présentée dans son boîtier.

### POURQUOI ?

L'effort de recherche pluridisciplinaire présenté dans ce projet, s'appuie sur des compétences en conception, physique du composant, optique, communication numérique et technologies silicium. C'est au confluent de ces activités que se justifient les nouvelles pistes scientifiques, avec pour objectifs de relever les enjeux importants concernant les économies d'énergie et la dépollution électromagnétique. L'activité de recherche consiste à repousser les limites de l'intégration monolithique et hybride à travers l'étude et l'analyse des interactions électriques, optiques et technologiques au sein des composants de puissance intelligents et des convertisseurs tout intégrés de demain.

### COMMENT ?

Dans un premier temps, l'intégration monolithique d'un récepteur optique au sein d'un composant de puissance haute tension a été retenue. Des plans d'expériences numériques, basés sur des simulations 3D utilisant la méthode des éléments finis, ont permis d'appréhender les couplages entre le détecteur optique intégré et le composant de puissance, mais aussi de dimensionner et mener des études comparatives entre plusieurs solutions. Plusieurs variantes ont été fabriquées grâce au soutien technologique de la plateforme technologique amont (Grenoble, réseau RENATECH, CNRS/CEA) et du centre interuniversitaire de microélectronique (CIME Nanotech), mais aussi grâce aux technologies industrielles CMOS.

### RÉSULTATS MAJEURS

Les détecteurs optiques fabriqués selon des étapes technologiques reproduisant un transistor de puissance présentent une sensibilité spectrale maximale de l'ordre de 0.2A/W (pour une longueur d'onde de 500nm – rendement quantique 50%), bande passante supérieure à 10 MHz et une tenue en tension de 600V. Les détecteurs optiques CMOS présentent une sensibilité spectrale maximale entre 0.1A/W et 0.3A/W (pour une longueur d'onde de 500nm à 800nm) et une bande passante supérieure à 10 MHz. Ces performances statiques et dynamiques sont tout à fait compatibles avec l'application de la gestion de l'énergie et l'électronique de puissance en commutation.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

- R. Vafaei, N. Rouger, D.N. To, J.C. Crébier, "Experimental Investigation of an Integrated Optical Interface for Power MOSFETs Drivers", IEEE Electron Device Letters, Vol 33 Issue 2 (2012)
- L.T. Le, J.C. Crébier, N. Rouger, "CMOS Integrated Optical Isolator for Power Transistor Gate Driver", IEEE IECON 2014, Dallas USA - Oct Nov 2014

Proposer  
des solutions  
optiques intégrées  
en électronique  
de puissance

Intégration  
monolithique  
et hybride pour  
la gestion  
de l'énergie

# PLATE-FORME EDA SOCIALE, LARGEMENT DISTRIBUÉE POUR L'INFORMATIQUE DANS LES NUAGES

## SOCEDA



► SocEDA : plate-forme Cloud pour la gestion d'événements complexes et l'Internet des Choses.

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet SocEDA est un projet de recherche de développement expérimental et d'innovation coordonné par Linagora GSO, financé dans le cadre du programme ANR ARPEGE 2010. Il associe ActiveEon, ORANGE et Thales ainsi que les laboratoires I3S, LIG, EMAC, ADAM et LIRIS. Le projet a débuté en novembre 2010 et a duré 36 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 1,5 M€ pour un coût global de 3,9 M€.

### Contact :

► Jean-Pierre LORRE,  
Linagora GSO,  
jplorre@linagora.com

### Site web :

► <https://research.linagora.com/display/soceda/SocEDA+Overview>

## POURQUOI ?

L'objectif de SocEDA est de développer et de valider une architecture SOA fédérée et élastique pour des interactions dirigées par des événements dynamiques et complexes dans de grands systèmes de services hétérogènes. Cette architecture permet l'échange d'informations contextuelles entre des services hétérogènes, fournissant ainsi la possibilité d'optimiser et de personnaliser leur exécution selon des informations basées sur la notion de réseaux sociaux par l'intermédiaire d'un filtre social. Ce filtre implémente une méthodologie pour le filtrage et le traitement des événements et joue le rôle de consommateur d'événements.

## COMMENT ?

Le résultat principal est une plateforme dirigée par les événements pour les interactions entre les services qui s'adapte à l'échelle de l'Internet. De plus, cette plateforme se propose d'assurer les exigences de Qualité de Service (QoS). Plus précisément, les résultats du projet se révèlent être une plateforme idéale pour collecter et gérer les événements de services. Ce qui correspond aux exigences du modèle proposé par l'Internet des objets.

La plateforme SocEDA est composée de :

- Couche middleware ;
- Processeur d'événements complexes distribué ;
- Modélisation du contexte social ;
- Framework de surveillance et de gouvernance.

## RÉSULTATS MAJEURS

La plateforme SocEDA est composée de :

- Couche middleware : couche réseau pair-à-pair combinée à un mécanisme de publish/subscribe qui a pour objectif de collecter les événements provenant de services hétérogènes et distribués ;
- Processeur d'événements complexes distribué : un moteur élastique et distribué basé sur le cloud pour le traitement d'événements complexes provenant de différents services dans le but de détecter des situations pertinentes pour lesquelles un service doit réagir ;
- Modélisation du contexte social et d'un moteur de workflow d'événements pour le filtrage d'événements offrant la possibilité d'adapter et de changer le business process et le comportement des services.

## PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

Durant le projet, il y a eu :

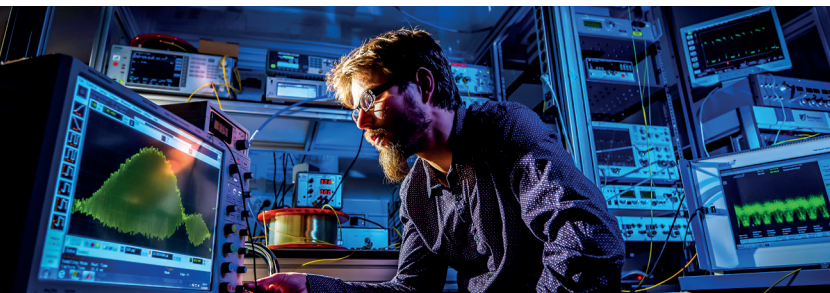
- 7 articles dans des revues internationales à comité de lecture
- 34 communications internationales
- Ben Hamida, A., Lesbegueries, J., Morsellino, T., Zribi, S., and Lorre, J-P. (2014). A Flexible Monitoring Infrastructure for a Cloud-based ESB, to appear at I-ESA'14 (2014)
- Sonia Ben Mokhtar, Gautier Berthou, Amadou Diarra, Vivien Quéma, and Ali Shoker. In Proceedings of the International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS), Philadelphia, USA, July 2013

Collecter et gérer les événements de services à l'échelle d'Internet

Combiner un middleware, un CEP et un filtre social à la surveillance

# SOURCE OPTIQUE FIBRÉE POUR APPLICATIONS AUX SYSTÈMES TÉLÉCOMS

## SO FAST



► Prototype SO FAST 40 GHz.

© Julien Fatome, ICB

© Alexis Chézière

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet SO FAST est un projet qui se situe à la frontière entre recherche fondamentale et appliquée. Il a été financé dans le cadre de l'appel à projet ANR Emergence 2011, coordonné par le Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne associé à la filiale de valorisation de l'Université de Bourgogne à travers le programme Synerjinov. Le projet a commencé en janvier 2012 et a duré 24 mois. Le projet a bénéficié d'une aide ANR de 166 K€.

#### Contact :

► **Fatome Julien**  
Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne  
UMR 6303 CNRS Université Bourgogne  
Franche-Comté  
jfatome@u-bourgogne.fr

### POURQUOI ?

Le projet SO FAST s'inscrit dans une démarche de développement expérimental et de maturation dont l'objectif est de concevoir, prototyper et étudier des sources optiques entièrement fibrées, à très hautes cadences de 10 à 100-GHz centrées autour de 1550 nm pour l'instrumentation et le domaine des télécoms. L'avantage de la solution SO FAST par rapport aux solutions existantes est de lever la contrainte du blocage de mode imposée par les sources Laser, donc plus simple pour l'utilisateur. Elle présente également l'avantage d'être accordable en longueur d'onde, en largeur d'impulsions ainsi qu'en fréquence de répétition.

### COMMENT ?

La technique SO FAST est basée sur une compression non linéaire d'un battement sinusoïdal au sein d'une fibre optique. Deux verrous technologiques ont été levés. Premièrement, pour garantir une synchronisation optimale pour le domaine des Télécommunications, le battement initial a été généré à partir d'une onde continue modulée par un modulateur d'intensité alimenté par une horloge électrique ultra stable. D'autre part, afin de limiter l'impact de la rétrodiffusion Brillouin, la méthode a consisté en une modulation de phase du battement initial. La levée de ces deux principaux verrous techniques a permis la réalisation d'un premier prototype de source SO FAST cadencée à 40 GHz.

### RÉSULTATS MAJEURS

Le projet SO FAST a permis la première réalisation d'un prototype de source optique impulsionnelle picoseconde ( $10^{-12}$  seconde) cadencée à 40 GHz (40 milliards d'impulsions optiques sont émises par seconde) sans recourir à une cavité laser. Son principe original repose sur la compression d'un signal sinusoïdal au sein d'une fibre optique grâce à une interaction non linéaire lumière-matière. L'absence de cavité lui confère une certaine stabilité et une grande flexibilité contrairement aux techniques lasers fibrés actuellement disponibles commercialement. Le prototype SO FAST a été testé avec succès pour des applications de transmission d'information par fibre optique à 40 Gbit/s.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

#### Publications :

- J. Fatome et al. Opt. Lett. 38, 181-183 (2013)
- J. Fatome et al. J. Opt. Soc. Am. B 30, 99-106 (2013)
- J. Fatome et al. 38, 1663-1665 (2013)

#### Conférences :

- J. Fatome et al. Nonlinear Photonics, Colorado Springs, USA, 2012.
- J. Fatome et al. JNOG 2012, Lyon.
- I. Elmansouri et al. JNOG 2013, Villetaneuse

#### Brevet :

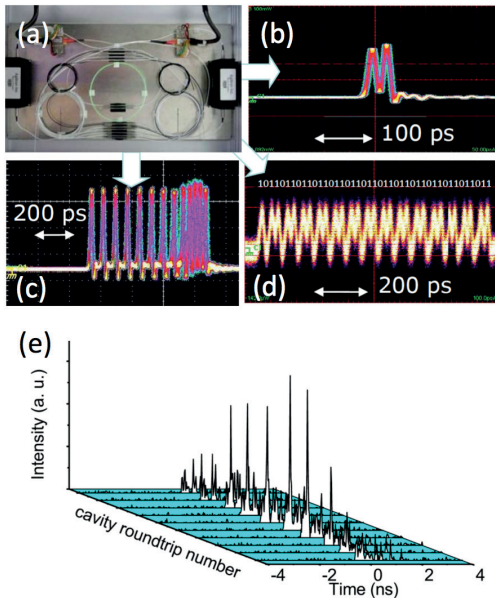
- Finot C., Fatome J., Kibler, B 28048/002FR1
- Prototype 40-GHz SO FAST

Concevoir des sources optiques entièrement fibrées à très hautes cadences

Compression non linéaire d'un battement sinusoïdal au sein d'une fibre optique

# DYNAMIQUE DES GRANDS ENSEMBLES DE SOLITONS DISSIPATIFS EN CAVITÉ LASER

## SOLICRISTAL



► Illustration de l'éventail des dynamiques multi-impulsionnelles produites par un laser à fibre, suivant l'ajustement de ses paramètres de contrôle : (a) cœur du dispositif expérimental, (b,c,d) molécules et macromolécules de solitons optiques temporels observés avec un oscilloscope ultrarapide, (e) transitoire chaotique produisant une "onde scélérate" optique. D'après Nature Phot. 6, 84 (2012) et Phys. Rev. Lett. 108, 233901 (2012).

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

SOLICRISTAL est un projet de recherche fondamentale de l'AAP ANR BLANC 2010, coordonné par le laboratoire ICB UMR 6303 de l'Université de Bourgogne. Ce projet associe le Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne (ICB) et le Laboratoire de Photonique d'Angers (LPhiA). Il a débuté en décembre 2010 et a duré 48 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 300 K€ pour un coût complet de 980 K€.

#### Contact :

► **Philippe GRELU**,  
 laboratoire ICB UMR 6303 CNRS,  
 Université de Bourgogne Franche-Comté, 21000 Dijon  
 philippe.grelu@u-bourgogne.fr

### POURQUOI ?

L'étude des comportements collectifs de grands ensembles de solitons en cavité laser, appelés solitons dissipatifs, est un sujet de recherche fondamentale fascinant mais encore largement inexploré. Nous visons à établir des analogies porteuses entre ces comportements collectifs et les états de la matière, ainsi que les transitions de phase qui peuvent s'y dérouler, suivant l'évolution des paramètres du système. Tandis que les états auto-organisés périodiques, tels des "cristaux" de solitons, permettent d'envisager la réalisation de nouvelles sources laser d'impulsions courtes à très haute cadence, les états chaotiques seront mis en rapport avec la formation d'ondes scélérates optiques.

### COMMENT ?

Reposant sur le concept récent de soliton dissipatif, cette étude à dominante expérimentale est soutenue par des simulations numériques. Expérimentalement, nous explorons un large éventail de dynamiques au moyen de lasers à fibres optiques fonctionnant en régime d'impulsions multiples. Avec des centaines d'impulsions optiques sub-picosecondes interagissant en cavité laser, la caractérisation des états dynamiques est un challenge majeur. Nous avons employé le faisceau croisé de diverses techniques de caractérisation optique rapide, ainsi que des systèmes de détection électronique à large bande passante, et confronté nos observations aux prédictions numériques.

### RÉSULTATS MAJEURS

Nous avons mis en évidence l'universalité de grandes classes de comportements collectifs d'impulsions optiques en cavité laser, tels que cristaux, poly-cristaux, liquides et pluie de solitons, contribuant au développement d'un pan original de la physique des solitons optiques en régime dissipatif. Nos résultats peuvent ainsi être exploités dans d'autres configurations laser, avec d'autres niveaux de puissance et différentes longueurs d'ondes. Même si les obstacles pratiques menant à la réalisation de sources laser stables et auto-organisées à haute cadence n'ont pas tous été surmontés, nous en avons posé les principaux jalons expérimentaux.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

- F. Amrani, M. Salhi, Ph. Grelu, H. Leblond, F. Sanchez, Universal soliton pattern formations in passively mode-locked fiber lasers, *Opt. Lett.* 36, 1545 (2011)
- Ph. Grelu and N. Akhmediev, "Dissipative Solitons for Mode-locked Lasers" *Nature Phot.* 6, 84 (2012)
- F. Sanchez, Ph. Grelu, H. Leblond, A. Komarov, K. Komarov, M. Salhi, A. Niang, F. Amrani, C. Lecaplain, S. Chouli, "Manipulating dissipative soliton ensembles in passively ML fiber lasers" (Invited) *Opt. Fiber Technol.* 20, 562 (2014)

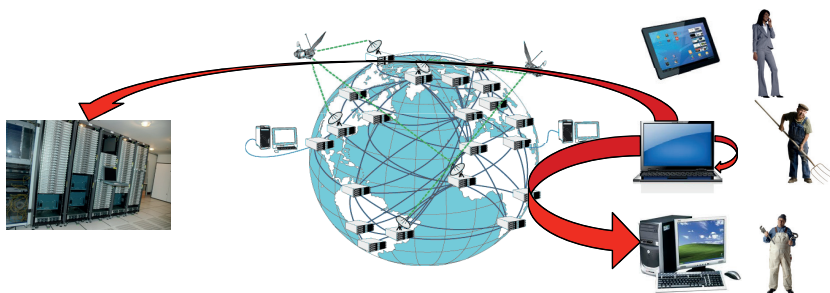
**Solitons dissipatifs en interaction : une physique nouvelle riche de perspectives**

**Caractérisation et contrôle de dynamiques ultrarapides complexes : le challenge**



# PENSER SERVICE GLOBAL POUR LES ORDINATEURS PERSONNELS

## SOP



### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet SOP est un projet de recherche appliquée, financé dans le cadre de l'AAP ANR INFRA 2011, coordonné par le LAAS-CNRS. Il associe des partenaires industriels : QoS Design, SYSFERA et DEGETEL, ainsi que des laboratoires : LAAS-CNRS et IRIT. Le projet a commencé en décembre 2011 et a duré 39 mois. Ce projet de 3,6 M€ a été financé par l'ANR par une aide de 1,3 M€.

#### Contact :

► **Monteil Thierry,**  
LAAS-CNRS,  
monteil@laas.fr,

#### Site web :

► <http://projects.laas.fr/SOP>

© Projet ANR SOP

### POURQUOI ?

Les téléphones mobiles et les ordinateurs se rapprochent de plus en plus. Toutefois, le modèle d'accès aux services / applications sur les téléphones mobiles a été conçu aussi pour des utilisateurs novices avec des modèles économiques de gratuité, de facturation à l'achat ou à l'utilisation. Pour les ordinateurs, nous sommes plutôt sur un modèle où l'utilisateur gère sa machine, achète ses logiciels, les installe et les met à jour. Ceci est propice à un nouveau modèle de fonctionnement s'appuyant sur les acquis de la téléphonie mobile. L'objectif de ce projet est de construire un modèle de fonctionnement hybride efficace pour l'informatique des particuliers comme du monde professionnel.

### COMMENT ?

SOP a permis de faire cohabiter plusieurs modèles de fonctionnement : *cloud*, exécution locale et pair à pair en cachant la complexité à l'utilisateur final. Ceci a été réalisé en utilisant des mécanismes de gestion autonome de ce système distribué. Une difficulté a été de tenir compte du passage à l'échelle du système et de son dimensionnement. Ceci a nécessité une gestion fine en termes d'allocation de ressources. Le mécanisme sous jacent est basé sur l'utilisation de machines virtuelles distantes et locales et des outils d'accès à un grand nombre de services/logiciels distribués. La gestion des ressources répond à de multiples critères : qualité de service, économie d'énergie.

Gestion et accès  
aux logiciels d'un  
ordinateur comme  
sur un smartphone

Une plateforme  
hybride "verte"

### RÉSULTATS MAJEURS

SOP a permis de proposer une nouvelle façon de gérer les puissances des ordinateurs des particuliers associées au centre de ressources informatiques. Il a proposé la notion "d'écopoint" permettant de valoriser le prêt d'une partie de la puissance de sa machine pour une utilisation économe en énergie. Le prototype a montré la faisabilité de la démarche dans ce que pourrait être les principaux scénarios usuels des utilisateurs. Ceci a permis aux partenaires d'acquérir ou d'accentuer leurs compétences dans les modèles de *cloud* et aussi d'en voir les limites. La recherche a été validée par plusieurs publications.

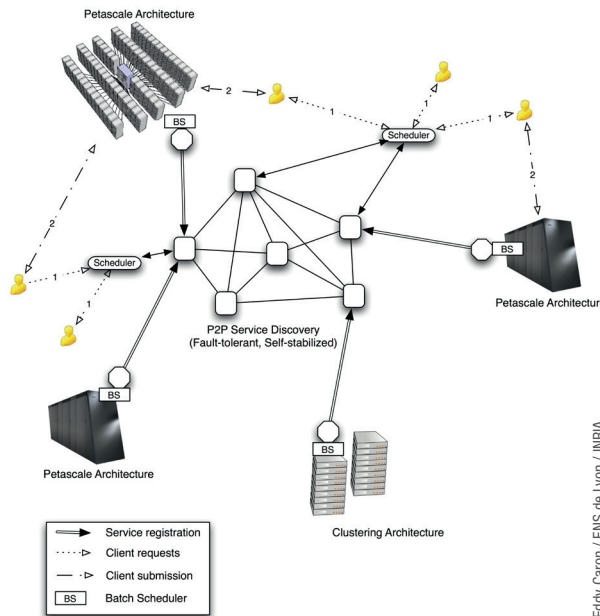
### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

SOP a donné lieu à la création d'une plateforme de *cloud* constituée de plusieurs ordinateurs de particuliers et d'un centre de ressources informatiques. Il a généré des publications scientifiques et notamment une revue acceptée dans un journal spécialisé dans le *cloud* (*Journal of Grid Computing*) donnant une synthèse de l'ensemble des travaux réalisés dans SOP. Le logiciel Vishnu de SysFera a grandement évolué ainsi que le logiciel NEST de QoS design.

D. Borgetto · R. Chakode · B. Depardon · C. Eichler · J.M. Garcia · H. Hbaieb · T. Monteil · E. Pelorce · A. Rachdi · A. Al Sheikh · P. Stolf , Energy aware management of complex cloud architecture for new usage, *Journal of Grid Computing* (Impact Factor 1.603), special issue on Green Cloud Computing, 2015

# SERVICING PETASCALE ARCHITECTURES AND DISTRIBUTED SYSTEM

## SPADES



► Vue globale de l'architecture SPADES.

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet SPADES est un projet de recherche fondamentale, financé dans le cadre de l'AAP ANR ARPEGE 2008 (Systèmes embarqués et Grande Infrastructure), coordonné par inria Rhône-Alpes. Il associe le CERFACS, le CNRS-IN2P3, le LAL, inria Saclay, le LIG, le MIS-UPJV, inria Rennes. Il a bénéficié d'une aide ANR de 1 020 K€.

### Contact :

► **Caron Eddy,**  
 ENS de Lyon / Inria  
 Eddy.Caron@ens-lyon.fr

### Site web :

► <http://graal.ens-lyon.fr/SPADES>

© Eddy Caron / ENS de Lyon / INRIA

## POURQUOI ?

La plateforme visée dans le cadre SPADES a pour vocation d'offrir une solution extensible d'accès à l'agrégation de ressources de calcul. La cible privilégiée de SPADES concerne les architectures Petascale que nous allons devoir apprendre à maîtriser efficacement. Mais la plate-forme SPADES va plus loin et souhaite offrir aux utilisateurs un accès transparent à un très grand nombre de processeurs via un mécanisme de découvertes de services adapté à un environnement à large échelle et volatile. La volatilité étant provoquée par les périodes des réservations réalisées sur les architectures.

## COMMENT ?

Nos résultats ont donné lieu à une solution logicielle auto-stabilisante pour la découverte de services. Cette solution a été réalisée de façon à ce qu'elle puisse supporter la forte dynamique des services. De plus cette solution logicielle sera également déployée sur des nœuds volatiles et se doit donc d'être tolérante aux pannes. SPADES proposera des solutions pour la gestion d'ordonnanceurs distribués pour des environnements de type Desktop Computing.

## RÉSULTATS MAJEURS

SBAM est l'intergiciel résultant des travaux de l'ANR SPADES. SBAM initie un environnement non-intrusif mais fortement dynamique capable de tirer avantage des ressources disponibles sans perturber les mécanismes natifs. SBAM fédère des ressources multi-sites et ordonnance les tâches des utilisateurs de façon transparente (<http://graal.ens-lyon.fr/SBAM>)

## PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

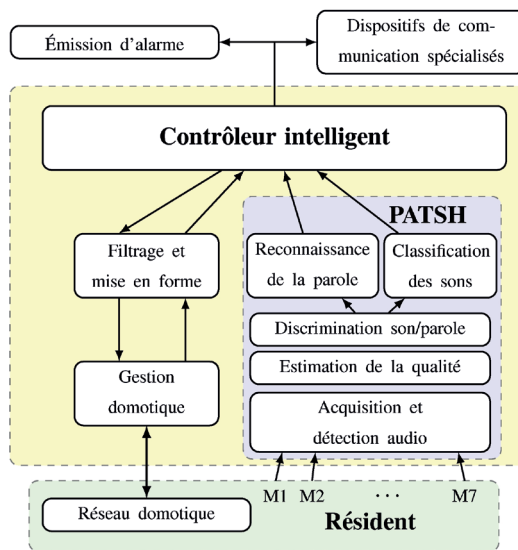
- E. Caron, A. K. Datta, B. Depardon, and L. L. Larmore. "A Self-Stabilizing K-clustering algorithm for weighted graphs". *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 70(11) : 1159-1173, November 2010.
- J. Emeras, O. Richard, and B. Bzeznik. "Reconstructing the Software Environment of an Experiment with Kameleon. *ACM Compute*, January 2012".
- E. Caron, F. Chuffart, and C. Tedeschi. When self-stabilization meets real platforms: an experimental study of a peer-to-peer service discovery system. *Future Generation Computer Systems*, 29(6):1533–1543, August 2013.
- E. Caron, A. K. Datta, C. Tedeschi, and F. Petit. Self-stabilizing prefix tree based overlay networks. *International Journal of Foundations of Computer Science*, 2016. to appear.
- A. Cournier, S. Dubois, A. Lamani, F. Petit, and V. Villain. Snap-stabilizing message forwarding algorithm on tree topologies. In *13th International Conference on Distributed Computing and Networking (ICDCN 2012)*, volume 7129 of *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, pages 46–60, Honk-Kong, China, 2012. Springer Berlin / Heidelberg.

Besoin de  
 gérer un accès  
 transparent  
 à un très grand  
 nombre de  
 processeurs

Mise en œuvre de  
 l'intergiciel SBAM  
 Un intergiciel  
 de découverte  
 de services

# SYSTÈME DOMOTIQUE D'ASSISTANCE AU DOMICILE

## SWEET-HOME



► Architecture générale du système SWEET-HOME

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet Sweet-Home est un projet de recherche industrielle, financé dans le cadre de l'AAP ANR VERSO 2009, coordonné par le Laboratoire d'Informatique de Grenoble. Il associe le LIG ainsi que l'ESIGETEL, THEORIS, Technosens et Camera-contact. Le projet a commencé en novembre 2009 et a duré 42 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 817 424 € pour un coût global de 2 297 723 €.

### Contact :

► **Michel Vacher**,  
CNRS, Laboratoire d'Informatique de Grenoble,  
michel.vacher@imag.fr

### Site web :

► <http://sweet-home.imag.fr/>

## POURQUOI ?

Bien que pouvant faciliter la vie de nombreuses personnes en perte d'autonomie ou atteintes de handicaps moteurs, les technologies de l'information et de la communication leur sont peu accessibles étant donné leur handicap ou leur méconnaissance de la technologie. L'objectif est de concevoir de nouvelles interfaces réactives à la parole, ce qui suppose de relever le défi de la reconnaissance automatique de la parole en conditions distantes. Un tel système permettra aux utilisateurs d'avoir une véritable interaction "main libre" à la maison pour améliorer leur confort et leur sécurité, mais il devra prendre des décisions à partir de données imprécises et incertaines.

## COMMENT ?

Un contrôleur intelligent réactif aux ordres vocaux et agissant pro-activement en détectant des situations à risque a été défini par une étude d'usage conduite auprès d'utilisateurs finaux. Les méthodes nécessaires ont été développées grâce à des corpus réalistes enregistrés par des personnes jouant des scènes de la vie quotidienne : identification automatique des ordres domotiques, localisation du locuteur, reconnaissance de l'activité, prise de décision à partir des données de contexte (phrase reconnue ou données inférées : localisation ou activité) basée sur les réseaux logiques de Markov (MLN). Le système final a été validé dans l'habitat intelligent DOMUS du LIG.

## RÉSULTATS MAJEURS

L'inclusion des utilisateurs finaux (personnes âgées ou malvoyantes, aidants ou professionnels de santé) a révélé l'intérêt de l'approche et des perspectives de recherche lors des études d'usage et de la validation finale en habitat intelligent. Le logiciel d'analyse sonore en temps réel PATSH (Plateforme d'Accueil de Traitement Sweet-Home) a permis d'intégrer les modules d'analyse sonore sur une maquette fonctionnant dans un habitat réel. Le contrôleur intelligent s'est montré efficace pour le contrôle en contexte de la domotique. Enfin, les précieux corpus multimodaux (parole, son, capteurs domotiques) permettront d'alimenter des recherches ultérieures.

## PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

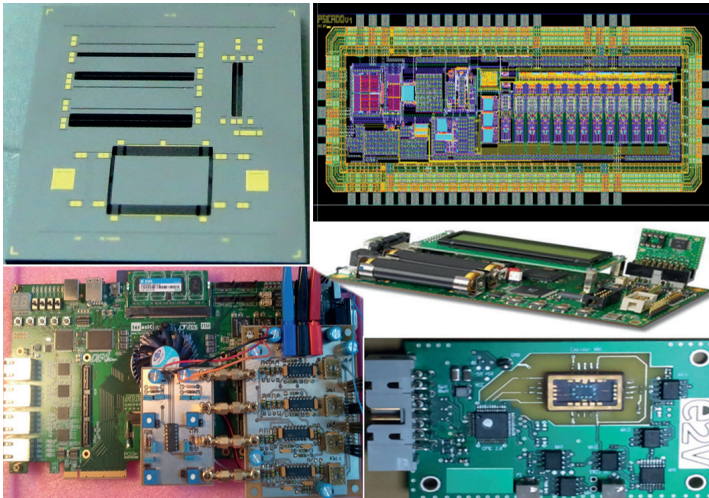
- M. Vacher, S. Caffiau, F. Portet, B. Meillon, C. Roux, E. Elias, B. Lecouteux, P. Chahua. ACM Trans. on Accessible Computing, 2015, Special Issue on Speech and Language Processing for AT Part 3, 7 (2):1-36 (hal-01138090)
- F. Portet, M. Vacher, C. Golanski, C. Roux, B. Meillon. Personal and Ubiquitous Computing, 2013, 17(1):127-144 (hal-00953242)
- 4th WS on Speech and Language Proc. for Assistive Technologies. J. Alexandersson, P. Ljunglof, K. McCoy, F. Portet, B. Roark, F. Rudzicz, M.Vacher

Apporter  
une assistance à  
l'utilisateur par une  
commande vocale  
de la domotique

Développer  
et évaluer des  
outils dans une  
approche  
écologique  
centrée humain

# SYSTÈME DE MESURE BAS COÛT À BASE DE CAPTEUR INTÉGRÉ MULTIFONCTION RECONFIGURABLE

## SYSRECAP



► Carte FPGA implémentant l'algorithme LIMBO (ESSIEE)

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet SYSRECAP est un projet de recherche fondamentale, financé dans le cadre de l'AAP ANR Programme ARPEGE 2008, coordonné par l'Institut d'Électronique Fondamentale (IEF). Il associe SUPELEC et entreprise E2V ainsi qu'ESIEE et LETI CEA. Le projet a commencé en mars 2009 et a duré 55 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 900 K€ pour un coût global de 1,3 M€.

### Contact :

► **ZHANG Ming,**  
Institut d'Électronique Fondamentale  
Université Paris Sud,  
ming.zhang@u-psud.fr

### POURQUOI ?

L'objectif du projet est l'utilisation d'un seul capteur associé avec un unique circuit d'interface pour la mesure de plusieurs grandeurs physiques comme la température, la pression, l'humidité et l'accélération. Les avantages de cette approche, associée à une conception globale du capteur et de l'architecture de traitement, sont multiples : l'optimisation globale des performances du système pour la mesure des paramètres et la diminution de la consommation d'énergie, des dimensions du système global et du coût de fabrication. Les applications potentielles sont l'automobile, les systèmes médicaux, les mesures environnementales et les produits grand public.

### COMMENT ?

Deux types de capteurs ont été envisagés : résistif et capacitif. Concernant le capteur résistif, un microfil suspendu a été choisi comme cellule sensible pour sa simplicité. Le capteur capacitif choisi est constitué d'une masse suspendue dotée d'un symétrique peigne de deux côtés. En face de chaque peigne, il y a encore deux autres peignes servant à actionner et à lire. Le tout a été conçu tel qu'une variation différentielle de capacité puisse être obtenue. Pour le rendre multifonction, les ressorts ont été conçus de telle sorte qu'ils puissent aussi être exploités comme des capteurs résistifs et ce afin de permettre la mesure d'autres paramètres.

### RÉSULTATS MAJEURS

Nous avons réalisé et testé trois dispositifs résistifs de test en technologie SOIMUMPS en demi-pont avec un microfil suspendu comme cellule sensible. Mesure de température : de 20 à 120°C une relation quasi linéaire a été observée. Mesure de pression : la sensibilité à la pression au-delà de l'atmosphère entre 1 bar et 11 bars a été mesurée. Mesure d'humidité : Nous avons étudié dans ce projet un microcapteur à fil chaud en tant que capteur d'humidité basé sur l'interaction de sa durée de chauffage avec l'humidité. L'un des avantages est un temps de réponse très court. Capteur capacitif et son démonstrateur a été réalisé. LIMBO et son implantation a montré un excellent résultat.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

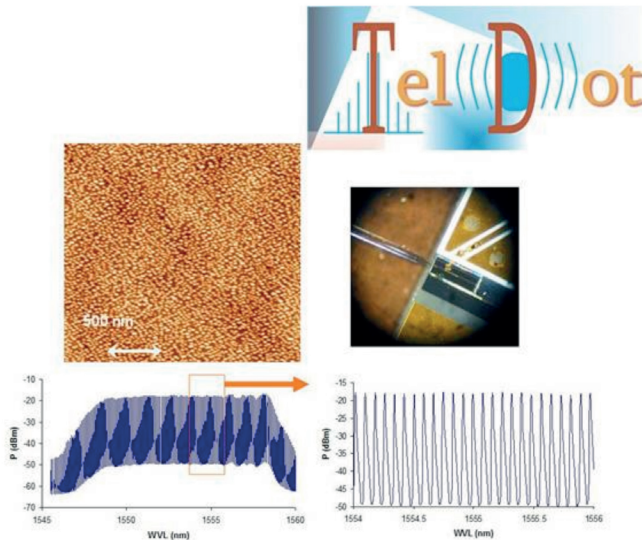
- O. Legendre, H. Bertin, O. Garel, M. Zhang, H. Mathias, S. Mégherbi, J. Juillard, F. Mailly, IEEE Journal of Sensors, Vol. 12 Oct. 2012, pp. 3090-3097
- Legendre, O., Bertin, H., Mathias, H., Mailly, F., Megherbi, S., Sensors and Actuators A: Physical 2012
- O. Legendre, H. Bertin, H. Mathias, M. Zhang, S. Mégherbi, F. Mailly, Sensors and Actuators A: Physical 2015
- Projet d'enseignement CRCCI financé par LASIPS 2015 pour les étudiants en M1 E3A, M2 ICS et M2 NANO

Mesurer la pression, température, ... avec un unique capteur

Concevoir deux capteurs résistif et capacitif multifonctions en SOIMUMPS

# TELECOM APPLICATIONS BASED ON QUANTUM DOT DEVICES

## TELDOT



► De l'optimisation de la croissance des boîtes quantiques à la validation sur des plateformes de test de réseaux accès et métropolitains.

### POURQUOI ?

Pour faire face à l'explosion du trafic internet, il est nécessaire de développer des réseaux optiques à haut débit et large bande passante. L'un des enjeux repose sur la capacité à réaliser des composants optiques bas coûts, compacts et à faible consommation tout en améliorant leurs performances.

Depuis quelques années, les lasers à base de boîtes quantiques (BQs) suscitent un fort intérêt en raison de leurs propriétés théoriques remarquables, qui résultent du confinement tridimensionnel des porteurs de charges. Ces lasers à base de nanostructures présentent des effets non linéaires exaltés ouvrant la porte à une nouvelle génération de sources pour les réseaux d'accès et métropolitains.

### COMMENT ?

Le projet Teldot a permis de développer des lasers à blocage de mode à base de BQs pour la génération de peignes de fréquences à 1,3  $\mu\text{m}$  et 1,55  $\mu\text{m}$  et des sources faible bruit pour des applications radio sur fibre. Ce résultat a été obtenu grâce à une ingénierie spécifique des matériaux à BQs afin d'obtenir à la fois un fort gain modal et un spectre d'émission étendu. Un circuit photonique intégré consistant en un laser à blocage de mode, une section de Bragg et un amplificateur optique a été développé pour augmenter les fonctionnalités de ce type de composants. Ces sources innovantes ont été validées dans des plateformes d'expérimentation de réseaux télécoms.

Une nouvelle génération de sources lasers à BQs pour les réseaux télécoms

Circuit photonique intégré à base de BQs pour la génération de sources WDM

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet TELDOT est un projet de Recherche Industrielle du programme ANR VERSO 2009, coordonné par III-V Lab et dont les partenaires sont : CNRS-LPN, IMEP, Orange Labs, INSA-Rennes, ENSSAT et ULB. Le projet a démarré en décembre 2009 pour une durée de 3 ans. Le montant de l'aide ANR est de 1 183 246 € pour un budget total : 3 321 907 €.

### Contact :

► Francois Lelarge,  
 III-V Lab,  
 francois.lelarge@3-5lab.fr

### Site web :

► [www.teldot.fr](http://www.teldot.fr)

## RÉSULTATS MAJEURS

Les sources faible bruit et multi-longueur d'onde à base de BQs développées ont confirmé leur potentiel dans deux domaines d'exploitation :

- Le réseau d'accès optique futur, capable de fournir une connectivité 1Gbps "soutenue" à chaque client final reposant sur l'utilisation du multiplexage en longueur d'onde. Nous avons démontré la transmission simultanée de quatre canaux espacés de 100 GHz. Nous obtenons ainsi une capacité totale de 112 Gbit/s sur une distance de transmission de 100 km ;
- Le réseau sans fil domestique à très haut débit. Ces sources ont été utilisées avec succès pour produire et transporter des signaux utilisables dans les systèmes de communications sans fil type WIFI.

## PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

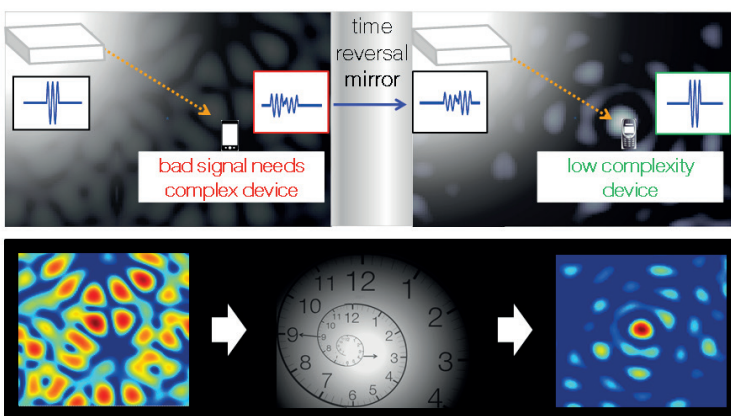
- Sooudi, Ehsan; de Dios, Cristina; McInerney, John G.; et al., *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics* Volume: 19, Issue: 4, Article Number: 1101208 doi: 10.1109/Jstqe.2013.2249045 Published: jul-aug 2013
- Rosales, R.; Merghem, K.; Calo, C.; et al., *Applied physics letters* Volume: 101, Issue: 22 Article Number: 221113 doi: 10.1063/1.4768946 Published: NOV 26 2012
- Rosales, Ricardo; Merghem, Kamel; Martinez, Anthony; et al., *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics* volume: 17 issue: 5 pages: 1292-1301 doi: 10.1109/Jstqe.2011.2116772 Published: sep-oct 2011

# TIME-REVERSAL MIMO OFDM GREEN COMMUNICATIONS BASED ON MICRO-STRUCTURED ANTENNAS

## TRIMARAN



Time-Reversal MIMO OFDM Green communications based on Micro-structured Antennas



## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet TRIMARAN est un projet de recherche industriel, financé dans le cadre de l'AAP ANR VERSO 2010, coordonné par Orange. Il associe aussi Thales Communications and Security, Time Reversal Communications, INSA-IETR, Institut Langevin et Télécom Bretagne. Le projet a commencé en février 2011 et a duré 39,5 mois. Il a bénéficié d'une aide de 1,1 M€ pour un coût global de l'ordre de 3 M€.

### Contact :

► **Dinh-Thuy PHAN HUY**,  
Orange,  
dinhthuy.phanhuy@orange.com

### Site web :

► <https://rd-project-trimaran.rd.francetelecom.com/public-2>

### POURQUOI ?

Le projet conçoit un petit point d'accès radio, haut débit, qui, au lieu d'émettre puissamment en toute direction, émet faiblement mais de manière focalisée vers le récepteur. Il pré-filtre sa transmission par un filtre dit de "Retournement Temporel" et appris au préalable. La propagation doit demeurer identique (réciproque) entre l'apprentissage et la transmission. En pratique, la mobilité du récepteur, l'émission/réception sur des fréquences porteuses distinctes et les distorsions aléatoires dues à l'électronique des équipements radio brisent la réciprocité. De plus, la focalisation n'étant effective qu'à grand nombre d'antennes, elle est difficile avec un point d'accès de petite taille.

### COMMENT ?

Le projet a traité avec succès les sources de non réciprocité, en introduisant de nouveaux protocoles MAC/PHY tels que "antennes d'apprentissage/de réception séparées" et "retournement temporel pour duplexage en fréquence". Le projet a optimisé de manière conjointe la focalisation et la forme d'onde multi-porteuse (dominante dans les normes). Le projet a conçu une nouvelle antenne à microstructures équivalente à 8 antennes, mais plus compacte. En sus de rendre un point d'accès radio haut débit, moins gourmand en énergie, le projet ouvre des perspectives dans le domaine des objets connectés : le signal focalisé est si net qu'un récepteur bas coût suffit pour connecter un objet en haut débit.

### RÉSULTATS MAJEURS

Le projet rend l'ultra-densification plus raisonnable pour un opérateur en termes de coût et de consommation d'énergie. Il ouvre des perspectives dans le domaine de l'internet des objets en montrant qu'un récepteur bas coût suffit pour connecter un objet en haut débit. L'innovation technique permettant de focaliser sur un récepteur se déplaçant rapidement a donné lieu à la soumission d'un projet européen sur la 5G véhiculaire en partenariat avec la Suède, l'Allemagne, et des acteurs européens majeurs de l'industrie véhiculaire. Une autre innovation technique a donné lieu à la création d'un projet ANR (SpatialModulation) sur la 5G et l'internet des objets.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

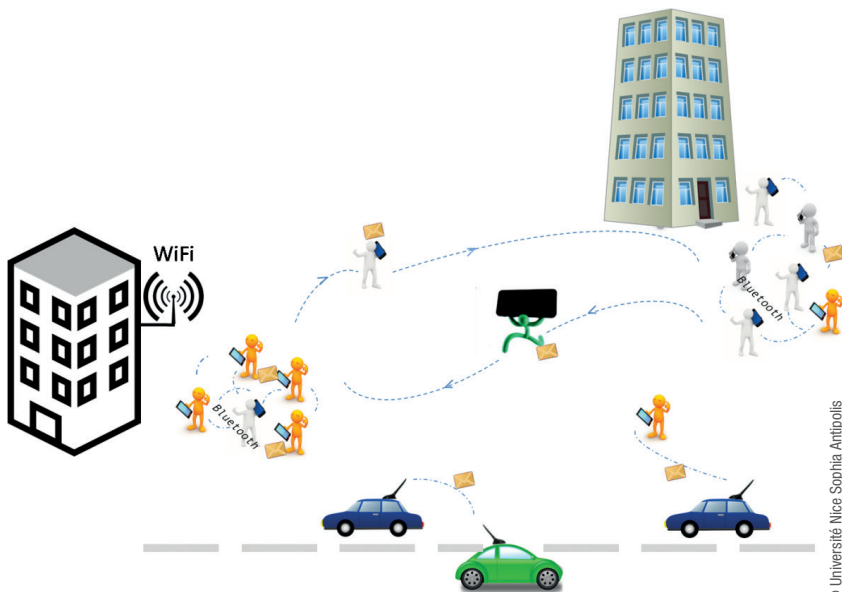
- Le projet a produit plus de 24 articles de revue et de conférence, en majorité avec un comité de lecture et avec une diffusion internationale. Le projet a déposé 1 demande de brevet
- Dubois, T. ; Hélar, M ; Crussière, M. ; Germond, C., "Performance of time reversal precoding technique for MISO-OFDM systems", EURASIP 2014. URL : <http://jwcn.eurasipjournals.com/content/2013/1/260>.
- Phan-Huy, D.-T.; Siohan, P.; Helard, M., "Make-It-Real" precoders for MIMO OFDM/OQAM without inter carrier interference," in Proc. IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM) 2013, Atlanta, 9-13 Dec. 2013, pp.3920,3924. URL : <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6831685>.

Des antennes intelligentes pour focaliser au lieu de couvrir

Antennes à microstructures compactes et algorithmes MAC/PHY innovants

# TRANSPORT AND ROUTING PROTOCOLS FOR WIRELESS AND MOBILE AD HOC NETWORKS

## TROUP WILMA



► Un ensemble hétérogène d'équipements sans-fil et mobiles peuvent communiquer de façon autonome (sans nécessairement d'infrastructure).

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet TROUP Wilma est un projet de recherche fondamentale, financé dans le cadre de l'AAP ANR JCJC 2010, coordonné par l'I3S. Le projet a commencé en octobre 2010 et a duré 48 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 151 000 € pour un coût global de 310 000 €.

#### Contact :

► **Lucile Sassatelli,**  
Université Nice Sophia Antipolis, Laboratoire I3S  
UMR UNS/CNRS 7271  
sassatelliATi3s.unice.fr

#### Site web :

► <http://www.i3s.unice.fr/ANRtrouwilma/>

© Université Nice Sophia Antipolis

### POURQUOI ?

Les réseaux sans-fil du futur supportent des communications entre utilisateurs mobiles sans dépendre nécessairement d'une infrastructure existante (comme les réseaux cellulaires). Les buts sont notamment de permettre un accès libre au contenu par le concept d'échange direct entre utilisateurs et de décharger les réseaux cellulaires (cellules surchargées et résistance aux catastrophes). Nous nous focalisons sur les problèmes de transport et routage, la clé étant de tenir compte de la mobilité humaine. Nous résolvons de façon innovante en tenant compte conjointement des caractéristiques de réseau social (smartphones portés par des humains) et d'un nouveau paradigme appelé codage réseau.

### COMMENT ?

Des outils théoriques (tels que les approximations de champ moyen) ont d'abord permis une modélisation des systèmes envisagés, puis une extraction d'heuristiques pour l'optimisation. Les protocoles conçus ont été testés en simulation sur de vraies traces de réseaux sociaux mobiles (librement accessibles), montrant ainsi l'efficacité des solutions conçues. L'exploitation des caractéristiques sociales dans les décisions de codage de sessions utilisateurs est un aboutissement majeur du projet. La conception des nouveaux systèmes a également résidé dans l'inclusion d'algorithmes avancés d'ordonnement et contrôle de gestion pour l'amélioration des points d'accès WiFi.

### RÉSULTATS MAJEURS

L'exploitation des caractéristiques sociales dans les décisions de codage réseau impliquant plusieurs sessions utilisateurs est un aboutissement majeur du projet. Cela permet de prendre en compte la charge du réseau mobile, ce que ne faisaient pas les algorithmes de codage réseau existants, pour augmenter les performances des utilisateurs qui agissent à la fois comme sujet (source et destination de communication), mais aussi comme objet relayant les communications des autres. Notre protocole permet ainsi de lisser la charge de relai sur les utilisateurs. Les autres contributions sur les protocoles de transport et les réseaux WiFi sont sur le site du projet.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

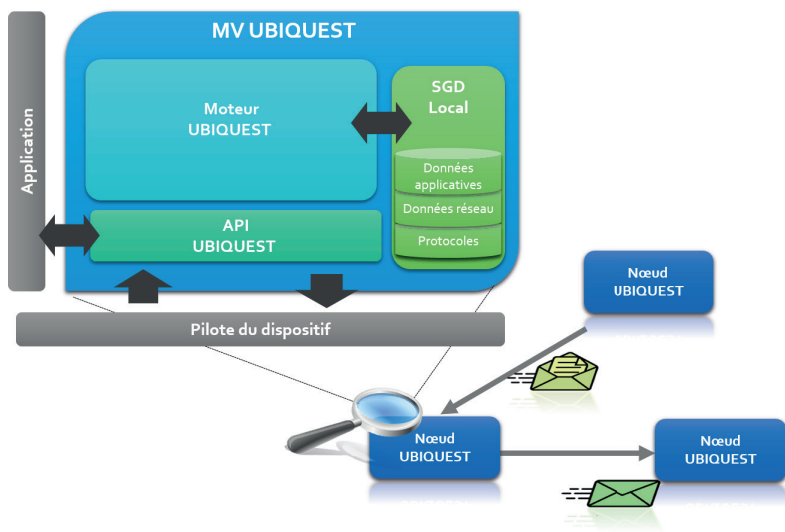
- Book chapter : 1, Springer, 2013, ISBN 978-1-4614-3513-6
- Journal article : 2, IEEE Trans. on Wireless Communications,
- Conference articles : 7, AOC WoWMoM, MSWiM, VTC, WiOpt, ITC, PIMRC, APWC
- Authors : L. Sassatelli, N. Shrestha, M. Médard, S. Shintre, J. Barros, A. Ali, M. Panda, T. Chahed, E. Altman.

Pour l'efficacité de communications directes entre utilisateurs mobiles

Codage et réseaux sociaux mobiles, modélisation, tests sur données réelles

# PROTOCOLES ORIENTÉS DONNÉES POUR DES RÉSEAUX SANS FIL MULTI-SAUT

## UBIQUEST



© Lourdes MARTINEZ / Grenoble INP - LIG

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet UBIQUEST est un projet de recherche fondamentale, financé dans le cadre de l'AAP ANR Blanc 2009, coordonné par l'Institut Polytechnique de Grenoble (labo. LIG). Il associe aussi l'Institut National de Recherche inria (labo. LIAMA) et l'Institut National des Sciences INSA de Lyon (labo. CITI). Le projet a commencé en décembre 2009 et a duré 36 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 366 781€ pour un coût global de l'ordre de 2 M€.

#### Contact :

► **Christine COLLET**,  
Grenoble INP – LIG,  
ubiquet@imag.fr

#### Site web :

► <http://ubiquet.imag.fr>

► Un nœud UBIQUEST est équipé d'une machine virtuelle (MV UBIQUEST) pour le traitement des données et la diffusion des messages. Une MV UBIQUEST comprend: (I) un Système de Gestion de Données (SGD) local pour gérer les données d'application, les données du réseau et des informations supplémentaires pour l'exécution de requêtes, des API (II) pour l'échange de messages entre des nœuds, et (III) un moteur d'exécution de requêtes distribuées.

### POURQUOI ?

Dans notre société du numérique, de nombreuses applications sont développées en considérant des dispositifs hétérogènes échangeant des informations via des réseaux multi-sauts sans fil. Leurs caractéristiques limitées (capacité de communication, puissance de calcul, ...), ainsi que la répartition des ressources rendent difficile la programmation des aspects gestion du réseau et des données.

Le projet UBIQUEST combine la gestion des données et du réseau dans un cadre unique. Il propose une abstraction de programmation déclarative facilitant le codage des applications du réseau, tout particulièrement des aspects concernant la manipulation de données réparties et des protocoles réseaux.

### COMMENT ?

Le réseau et les données applicatives sont représentés par la même abstraction permettant au programmeur de spécifier le comportement de l'application plutôt que les détails. Le réseau est considéré comme une base de données distribuées. Les échanges entre les dispositifs liés aux protocoles de communication ou aux couches applicatives sont réalisés au travers de requêtes distribuées. Une application est vue comme un système UBIQUEST composé de nœuds interconnectés. Un nœud inclut une Machine Virtuelle UBIQUEST en charge d'évaluer des requêtes en utilisant des techniques décentralisées, adaptatives et tolérantes aux pannes afin d'obtenir de bonnes performances dans les réseaux dynamiques.

### RÉSULTATS MAJEURS

- Un cadre unifié pour la programmation déclarative d'algorithmes distribués (protocoles), de contraintes sur les réseaux ou les données, de destinations de messages (pouvant être exprimées par des requêtes évaluées dynamiquement) et de tâches d'interrogation/mise à jour des données applicatives.
- Un mécanisme d'exécution intégré des requêtes et programmes déclaratifs qui produit de manière automatique la logique de contrôle optimisée des opérations de bas niveau sur les données des dispositifs.
- Un environnement de simulation instrumenté qui permet aux développeurs d'applications/protocoles réseau d'affiner le comportement de leurs produits.

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

Nous avons 14 publications dans des journaux et conférences internationaux et le prototype UBIQUEST a été démontré. Les publications majeures sont :

- Martinez L., Collet C., Bobineau C., et al, The QOL approach for optimizing distributed queries without complete knowledge. Colloque Inter. IDEAS 12
- Ahmad A., Bobineau C., Collet C., et al, UBIQUEST for declarative and adaptive programming of networking applications. Journal Inter. IJACS'13

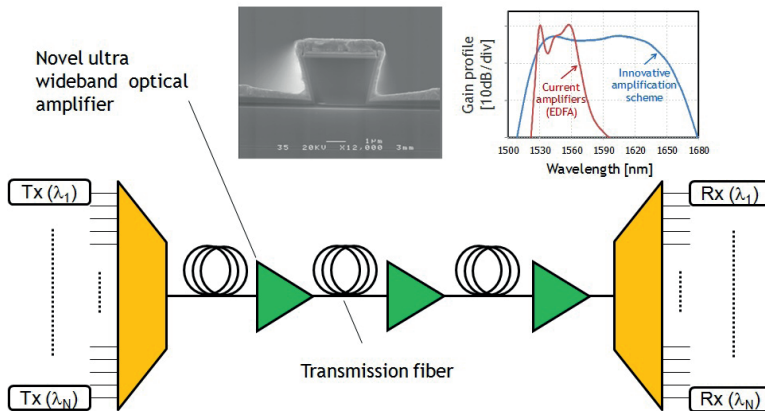
**Le codage des applications du réseau sans fil multi-saut constitue un défi**

**La gestion du réseau et des données est réalisée via des requêtes distribuées**



# AMPLIFICATEUR INTÉGRÉ ULTRA-LARGE-BANDE POUR SYSTÈMES OPTIQUES

## ULTRAWIDE



► Réalisation d'un amplificateur optique ultra-large bande pour systèmes de transmission haut débit

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet UltraWIDE est un projet de recherche industrielle, financé dans le cadre de l'AAP ANR VERSO 2010, coordonné par Alcatel-Lucent Bell Labs France. Il associe les partenaires industriels Kyllia et GIE III-V Lab aux laboratoires de Telecom Sud-Paris, Supélec et ENIB. Le projet a commencé en décembre 2010 et a duré 36 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 1,1 M€ pour un coût global de 3,3 M€.

### Contact :

► **Renaudier Jérémie**,  
Alcatel-Lucent Bell Labs France  
jeremie.Renaudier@alcatel-lucent.com

### Site web :

► [www.kyllia.com/ultrawide.html](http://www.kyllia.com/ultrawide.html)

## POURQUOI ?

Le projet UltraWIDE a pour objectif d'augmenter la capacité totale des systèmes multiplexés en longueur d'onde (WDM) à partir d'une approche disruptive qui vise à augmenter la largeur de la bande d'amplification optique. Actuellement, les systèmes de communication WDM utilisent des amplificateurs à fibre dopée Erbium (EDFA) ayant typiquement une bande passante de 32 nm. Le projet vise à développer et valider dans un environnement système un nouvel amplificateur optique ayant une bande optique de 100 nm afin d'augmenter la capacité des systèmes d'un facteur 3.

## COMMENT ?

Le projet vise à augmenter la capacité des systèmes de transmission optiques d'un facteur 3 grâce au développement d'un nouvel amplificateur ayant une bande passante de 100 nm. Cet amplificateur repose sur la conception d'amplificateurs optiques à semi-conducteurs large bande intégré dans une structure innovante en diversité de polarisation pour atteindre des performances supérieures à l'état de l'art. Le projet vise aussi à proposer des configurations innovantes pour des systèmes de transmission haut débit sur fibre optique tirant le meilleur bénéfice du nouvel amplificateur, afin de démontrer expérimentalement une transmission WDM à 100 Gb/s sur une bande de 100 nm sur longue distance.

## RÉSULTATS MAJEURS

Les résultats innovants dans Ultrawide ont permis de démontrer la faisabilité d'un amplificateur très large bande dépassant la cible du projet. Une première démonstration expérimentale de systèmes de transmission optiques WDM a été mise au point à l'aide du prototype réalisé, laissant entrevoir un potentiel de différenciation important sur le marché des télécommunications haut débit sur fibres optiques.

## PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

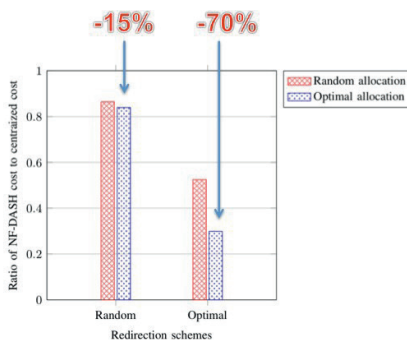
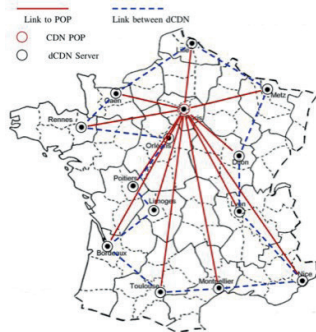
- H. Khaleghi et al, "Numerical analysis of SOA performance over a wide optical bandwidth in a CO-OFDM transmission system", *Optical and Quantum Electronics*, vol 44, N°3, pp 205-212, 2012
- Khaleghi, Hamidreza, et al. *Journal of Lightwave Technology* 31.1 (2013): 161-170
- Mickaël Faugeron, Catherine Fortin, Yannick Robert, Eric Vinet, François Lelarge, Romain Brenot, and Frederic Van Dijk, submitted to *Photonics Technology Letters*, Nov. 2013

**Tripler la capacité de transport sur fibre optique pour le trafic Internet**

**Amplificateur optique ultra large bande pour systèmes de transmission haut-débit**

# INGÉNIERIE DU TRAFIC VIDÉO EN INTRA-DOMAINE BASÉE SUR LE PAIR À PAIR

## VIPEER



► Pour le FAI, servir les clients à partir du dCDN (liens bleus) peut diminuer de 70% le coût du service de distribution par rapport au service initial (liens rouges) quand on optimise à la fois le placement des contenus et la politique de redirection des demandes. (NOF 2012).

© Li Zhe, SBAI Mohamed Karim, HADJADJ-AOUL Yassine, GRAVEY Annie, ALLIEZ Damien, GARNIER Jérémie, SIMON Gwendal, MADEC Gérard, SINGH Kamal.

### CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet VIPEER est un projet de recherche industrielle, financé dans le cadre de l'AAP ANR VERSO 2009, coordonné par Télécom Bretagne. Il associe trois laboratoires de recherche (Télécom Bretagne, Inria, Eurecom) à trois industriels (Envivio, NDS Technologies, Orange Labs). Le projet a commencé en janvier 2010 et a duré 36 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 1,6 M€ pour un coût global de 3,22 M€.

#### Contact :

► **Gravey Annie**,  
Télécom Bretagne,  
annie.gravey@telecom-bretagne.eu

#### Site web :

► <http://recherche.telecom-bretagne.eu/vipeer/>

### POURQUOI ?

VIPEER s'intéresse à la distribution de vidéo sur Internet "Over The Top" (OTT), dont la qualité laisse souvent à désirer. D'un côté, les fournisseurs de contenu vidéo OTT, tel YouTube, bénéficient d'une consommation grandissante de leurs services. De l'autre, les fournisseurs d'accès Internet (FAI) peinent à garantir un débit suffisant à leurs abonnés, sauf à ajouter en permanence de la bande passante de manière aveugle. VIPEER suppose qu'une collaboration s'établit entre le fournisseur d'accès Internet et le réseau de distribution de contenus, afin d'améliorer la qualité globale du service.

### COMMENT ?

Au titre de leur collaboration, le distributeur de contenus délègue au fournisseur d'accès Internet la distribution des flux vidéo les plus populaires. Le contenu est redirigé vers des espaces de stockage locaux répartis sur le territoire desservi par le fournisseur d'accès Internet, ce qui lui permet ensuite de distribuer les contenus au plus près de la demande, sans solliciter les artères principales entre réseaux. VIPEER a développé des méthodes d'optimisation du placement des contenus, et de sélection du serveur à utiliser pour chaque demande, le tout en fonction de la popularité du contenu, de la localisation de la demande et de l'état du réseau et des serveurs.

Améliorer la distribution vidéo sur Internet sans sur-dimensionner les réseaux

Ajouter de l'intelligence au réseau pour mieux distribuer la vidéo

### RÉSULTATS MAJEURS

VIPEER a introduit une architecture fonctionnelle pour la distribution vidéo, qui correspond à un réseau de distribution de contenus (CDN) déployé dans le réseau du FAI (dCDN) et opéré par ce dernier. C'est la première architecture de ce type mettant en œuvre une collaboration entre un acteur OTT et un FAI.

Différents mécanismes et prototypes ont été développés, évalués et testés pour la reconnaissance du trafic au fil de l'eau, l'estimation de la qualité perçue par l'utilisateur, l'encodage des contenus vidéo, l'optimisation de l'utilisation des ressources de stockages du dCDN. Les masses de données à traiter ont imposé l'utilisation de techniques de type "big data".

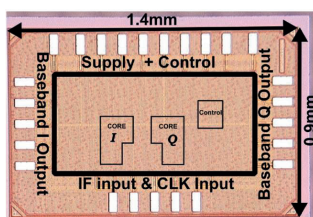
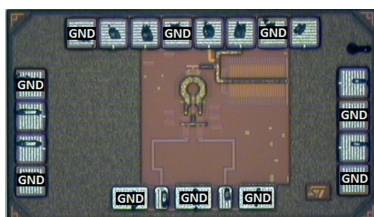
### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

Les résultats de VIPEER ont été rapportés dans plus d'une quinzaine de publications scientifiques : six articles de journaux internationaux, onze communications dans des conférences internationales, dont deux multipartenaires. L'une de ces deux communications a obtenu la distinction du "Best Paper" de cette conférence.

LI Zhe, SBAI Mohamed Karim, HADJADJ-AOUL Yassine, GRAVEY Annie, ALLIEZ Damien, GARNIER Jérémie, SIMON Gwendal, MADEC Gérard, SINGH Kamal. "Network Friendly Video Distribution". NoF 2012: 3rd International Conference on the Network of the Future, 21-23 novembre 2012, Tunis, Tunisia, 2012. HYPERLINK [http://recherche.telecom-bretagne.eu/data/vipeer/NOF\\_Best\\_Paper\\_Award.pdf](http://recherche.telecom-bretagne.eu/data/vipeer/NOF_Best_Paper_Award.pdf) BEST PAPER AWARD.

# WIGIG FLEXIBLE TRANSCIVER ADVANCED SYSTEM

## WENDY



© IEMN, IMS et STMicroelectronics

► Circuits intégrés conçus en technologie STMicroelectronics CMOS FD-SOI 28nm dans le cadre de WENDY, par IEMN ou IMS.

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet WENDY est un programme de recherche du Programme INFRA, édition de 2011. Il a commencé en février 2012 et a duré 51 mois. Le projet WENDY implique STMicroelectronics, IEMN et IMS Bordeaux. Il a été coordonné par STMicroelectronics jusqu'en septembre 2014, puis par IMS Bordeaux. D'un coût complet de 2,8 M€, WENDY a bénéficié d'une aide ANR de 814 K€.

### Contact :

► DEVAL Yann,  
 IMS Bordeaux, Bordeaux INP

## POURQUOI ?

Au début des années 2010 la bande de fréquence située aux alentours de 60GHz a été standardisée par le consortium WiGig, et des chipsets multipuces dédiés ont vu le jour. WENDY adresse la deuxième génération de chipset WiGig qui devra reposer sur une puce unique et adaptative. Conjointement, WENDY adresse la convergence WiFi/WiGig, l'addition des liens WiGig dans les écosystèmes WiFi existants. Pour les terminaux mobiles cette convergence constitue un verrou, en particulier en termes de consommation. Le projet propose de démontrer, sur des prototypes intégrés en technologies CMOS avancées, de nouvelles architectures radiofréquences de transmetteurs et de récepteurs non conventionnelles.

## COMMENT ?

Le projet WENDY apporte des innovations au niveau de l'architecture des transmetteurs et récepteurs. Ces innovations s'appuient sur des technologies CMOS avancées (28nm FDSOI), et elles ont été rendues possibles par la complémentarité des acteurs du consortium (conception système / modélisation / conception circuit / fabrication / caractérisation). WENDY a permis de valider les concepts proposés via des démonstrateurs silicium. Les approches démontrées se positionnent en rupture par rapport à l'état de l'art étant tout à la fois reconfigurables et basse consommation. La convergence a été obtenue par le biais d'un plan de fréquence raisonné développé conjointement par le consortium.

## RÉSULTATS MAJEURS

Le projet WENDY a permis la première démonstration de la réception de données ultra-haut-débit avec un nouveau concept de sous-échantillonnage. Cette démonstration a été faite à l'aide de deux circuits intégrés prototypes en technologie CMOS 28 nm FDSOI de STMicroelectronics.

Pour l'émission, une architecture configurable entre WiFi et WiGig a été implémentée sur une puce unique. Les solutions apportées permettent plus de flexibilité et réduisent la consommation globale du nœud communicant. Pour la réception un plan de fréquence de convergence WiFi/WiGig a été développé, permettant de spécifier le synthétiseur. Un oscillateur original a été réalisé sur silicium pour démontrer la faisabilité.

## PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

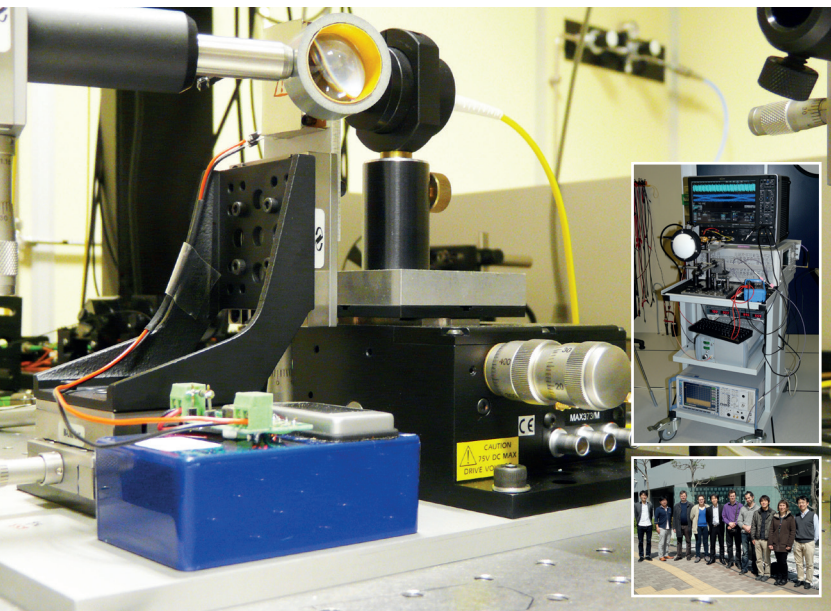
- B. Grave, A. Frappé, A. Kaiser, IEEE ISCAS, Mai 2012
- B. Grave, A. Frappé, A. Kaiser, IEEE TCAS-I, Mai 2013
- B. Grave, A. Frappé, A. Kaiser, IEEE NEWCAS, Juin 2014
- M. Vallet, O. Richard, Y. Deval, D. Belot, IEEE S3S, Juin 2014
- M. Vallet, O. Richard, Y. Deval, D. Belot, IEEE ICECS, Décembre 2014
- B. Grave, A. Frappé, A. Kaiser, communication invitée à CMOS ETR, Mai 2015
- F.T. Gebreyohannes, A. Frappé, A. Kaiser, IEEE NEWCAS, Juin 2015

Intégration  
 des standards  
 WiFi et WiGig  
 dans un même  
 système  
 configurable

Démonstration  
 d'architectures  
 innovantes en  
 technologies  
 CMOS avancées

# WIRELESS COMMUNICATION USING TERAHERTZ PLASMONIC-NANO ICT DEVICES

WITH



© Projet ANR-JST WITH

## CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

Le projet WITH est un projet de recherche appliquée, financé dans le cadre de l'AAP bilatéral ANR-JST 2010, coordonné par le CNRS. Le CNRS/Université de Montpellier, l'IEMN/Université de Lille 1, l'Université de Savoie et, du côté japonais, les Universités de Tohoku, d'Osaka et l'institut RIKEN ont contribué au projet. Commencé fin 2010, le projet a duré 36 mois et a bénéficié d'une aide ANR de 664 K€.

### Contact :

- ▶ **Knap Wojciech**, CNRS Univ Montpellier  
knap.wojciech@gmail.com,
- ▶ **Guillaume Ducournau**, IEMN/Université de Lille 1  
guillaume.ducournau@iemn.univ-lille1.fr

▶ Émission à base de photomélangage UTC, à 0.4 THz (IEMN Lille), insert : vue du récepteur (IEMN Lille), expériences franco-japonaises de transmission THz à OSAKA.

### POURQUOI ?

Communiquer toujours plus vite, telle est la course engagée dans les réseaux actuels.

Le projet WITH avait pour but de développer, sur la base de concepts nouveaux, des transmissions sans fils avec de nouvelles ondes (les ondes TéraHertz), des systèmes capables d'aller environ 1000 fois plus vite que le Wi-Fi.

Une synergie entre des acteurs clés, en France et au Japon, a permis d'arriver à des démonstrations de premier plan.

### COMMENT ?

Pour arriver à réaliser ces démonstrations, le besoin de maîtriser la technologie de composants "térahertz" était le point clé.

L'apport principal a donc été de quantifier quelles performances de niveau "système final" pouvaient être atteintes avec ces technologies.

En effet, si les fréquences actuellement utilisées en Wi-Fi ou sur nos téléphones portables permettent aujourd'hui de téléphoner et d'échanger des informations à faible vitesse, elles sont incompatibles avec le haut-débit du futur.

### RÉSULTATS MAJEURS

Les 3 résultats majeurs du projet WITH sont :

- ▶ Premières démonstrations en transmission à 40 Gbit/s, à la fois en France et au Japon ;
- ▶ Premières démonstrations au monde de communications THz utilisant les transistors à onde de plasma (CNRS/Université d'Osaka) ;
- ▶ Premières démonstrations de transmissions THz cohérentes (IEMN/Université d'OSAKA) ;

permettant d'envisager des liens radio à très faible puissance (forte diminution des risques liés aux ondes radio du fait de puissance 1000 fois plus faibles qu'en Wi-Fi).

### PRODUCTION SCIENTIFIQUE MAJEURE

- ▶ 22 publications transnationales produites conjointement par les équipes françaises et japonaises dans des revues scientifiques internationales de premier plan
- ▶ "Special Feature" obtenu dans le journal international *Electronics Letters*, pour la première démonstration franco-japonaise de transmission térahertz ultra-sensible
- ▶ "Terahertz wireless communication using GaAs transistors as detectors", *Electron. Lett.*, 50, 4 (2014) 323-325 doi: 10.1049/el.2013.3702.
- ▶ "Ultrawide-bandwidth single-channel 0.4-THz wireless link combining broadband quasi-optic photomixer and coherent detection", *IEEE Trans. Terahertz Sci. Technol.*, 4, 3 (2014) 328-337, doi: 10.1109/TTHZ.2014.2309006.

**Le haut débit sans fil avec les ondes THz**

**Maîtrise des composants térahertz avancés pour repousser les limites**