

## ***Action Spécifique 37*** ***Radio Logicielle***

### ***Synthèse des activités des différents laboratoires en relation avec l'AS 37***

#### **Institut de Recherche en Communication et Cybernétique (IRCCYN) de Nantes - UMR 8520**

L'équipe télécommunications de la division Systèmes Electroniques Télécom et Radar de l'IRCCyN est constituée de 16 membres, dont 6 permanents et 10 doctorants. Ses activités concernent les technologies des télécommunications mobiles. Pour cela elle s'appuie sur un certain nombre de compétences de base en traitement du signal, systèmes de télécommunications et électromagnétisme ainsi que sur la maîtrise de la modélisation et la programmation réseau. Le software radio fournit un certain nombre de sous-problèmes (qui sont en fait des verrous technologiques) qui intéressent l'équipe dans tous ces domaines.

Les actions suivantes ont débuté spécifiquement sur ces sujets :

- Architectures software radio pour terminaux multimodes (thèse d'Abdallah Soulmani, soutenance mars 2003)
- Modélisation et conception de convertisseurs numériques pour le software radio (Thèse Mickaël Garon, soutenance 2004)
- Implantation de filtres de canaux dans des FPGA (Stage DEA 2001),
- Architecture d'une micro-machine Java (Stage DEA 2001)
- Filtres à agilité de fréquence (Collaboration IRCCyN -IRCOM -LEST)
- Amplificateurs de puissance multifréquences (Thèse Stéphane Avrillon)
- Miniaturisation des antennes et intégration antenne et filtre.
- Réalisation d'une maquette de software radio pour une application de diversité de réception dans la bande FM.

Suite à la première réunion, nous comptons contribuer sur les thèmes suivants :

- Sous-projet 1 : Architecture radiofréquences reconfigurables
  - Amplificateurs de puissance
  - Filtres
  - Antennes
- Sous-projet 2
  - Front-end numérique
  - Architecture logicielle – middleware

**Contact :** Jean-François Diouris  
IRCCYN – UMR 6597  
Ecole Polytechnique de l'Université de Nantes  
Rue Christian Pauc, La Chantrerie  
BP 50609  
44306 Nantes Cedex 03  
Tél : 02 40 68 30 27  
Email : [jean-francois.diouris@polytech.univ-nantes.fr](mailto:jean-francois.diouris@polytech.univ-nantes.fr)

---

# **Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne (ENSTB)**

## **Département Electronique**

Le département Electronique dirigé par Michel Jézéquel est constitué de 16 personnes dont 12 enseignant-chercheurs, un chercheur CNRS et accueille 8 doctorants.

Le développement de nouveaux algorithmes et la recherche d'architectures originales de circuits pour les applications de communications numériques représentent la plus grande part de l'activité de R&D du département. Ce savoir-faire dans l'interaction algorithme/silicium est notamment reconnu dans les domaines du codage de canal (turbo codes) et des traitements itératifs dans les récepteurs (turbo communications).

C'est en 1993 que les turbo codes, inventés dans les départements Electronique et Traitement de Signal de l'ENST Bretagne (Berrou, Glavieux), ont été présentés à la communauté scientifique internationale. Ils ont suscité un intérêt considérable, autant dans le monde académique (plus de 1000 publications recensées à ce jour sur le sujet) que dans le monde industriel et dans les comités de normalisation (CCSDS, UMTS, DVB-RCS, ...).

L'activité du département Electronique entre dans le SP2 de l'Action Spécifique à deux niveaux : la conception de systèmes et la définition de standards.

### **Conception de systèmes**

Le département travaille sur la problématique de l'adéquation algorithme/architecture dans le domaine des communications numériques. Il participe actuellement à un projet RNRT/RNTL (ALIPTA), un projet région (VIRTUAL TURBO) et une plate-forme radio en collaboration avec l'UBS (Lorient) et l'IETR (Rennes).

### **Définition de standards**

Le concept de *radio logicielle* sera d'autant plus facile à mettre en œuvre que les différents systèmes à implémenter seront compatibles entre eux. Nous avons actuellement une forte activité de définition de codes correcteur d'erreurs (et d'associations codage/modulation) qui permettent de s'adapter aux besoins spécifiques d'un système en utilisant des algorithmes qui sont invariants.

**Contact :** Michel Jézéquel  
Département Electronique  
ENST Bretagne  
BP 832  
29285 Brest, Cedex  
Tél. : 02 29 00 11 61  
Email : Michel.Jezequel@enst-bretagne.fr

-----

## **Equipe Circuit Instrumentation et Modélisation Electronique (ECIME)**

ECIME est une équipe commune ENSEA / UCP, dont le responsable est Jean-Luc Gautier. Plus spécialisés dans le domaine de la modélisation, la caractérisation et la conception de circuits intégrés monolithiques, ECIME a développé des compétences dans le domaine des transmissions multi-porteuses, dans le cadre d'une collaboration avec le laboratoire ETIS de l'ENSEA/UCP. Ainsi nous avons mis au point la simulation d'une chaîne de transmission complète (partie numérique, partie analogique et canal de propagation) basée sur la modulation OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) et nous étudions l'influence des non-linéarités de l'amplificateur de puissance sur les performances de la chaîne. Les connaissances acquises vont nous permettre de mettre en place les simulations des différents systèmes, d'analyser les problèmes rencontrés, de comprendre et compenser les défauts mis en évidence.

En outre, la forte expérience de l'équipe ECIME dans la conception et l'analyse de circuits est un point fort pour l'étude des différents composants analogiques, tels que l'amplificateur faible bruit, le mélangeur ...

Ainsi, concernant l'action spécifique 37, ECIME peut contribuer au SP1 : Architecture radio reconfigurable et plus précisément aux parties concernant l'amplificateur de puissance en émission et l'amplificateur faible bruit en réception.

**Contact :** Myriam ARIAUDO  
ECIME – ENSEA  
6 avenue du Ponceau  
95014 Cergy Pontoise Cedex  
Tél : 01 30 73 66 17  
Email : [ariaudo@ensea.fr](mailto:ariaudo@ensea.fr)

-----

## **Laboratoire ETIS (Equipe de Traitement des Images et du Signal) UPRES-A 8051**

ETIS est une unité de recherche commune de l'ENSEA et de l'Université de Cergy-Pontoise, UMR du CNRS, dont le directeur est Didier Demigny. Elle est constituée de 4 équipes : architecture pour le TSI, image, neurocybernétique, signal. ETIS est composée de 22 permanents et 16 doctorants.

Les thèmes de recherche d'ETIS en lien avec l'AS (37) radio-logicielle sont :

- équipe architecture
  - \* les architectures reconfigurables FPGA et FPGA/DSP
- participation à l'AS 28 architectures reconfigurables
- équipe signal (axe signal pour les télécommunications)
  - \* les transmissions numériques multi-porteuses en présence d'amplificateurs non-linéaires (cette activité est menée en collaboration avec ECIME).
  - \* la couche physique des systèmes de transmission 4G (codage, modulation, MIMO, accès multiple, traitements numériques en réception, turbo-traitements, traitements aveugles)

Ainsi, concernant l'action spécifique 37, ETIS va contribuer aux trois SP, en particulier,

- SP1 : Architecture radio reconfigurable et plus précisément à l'amplificateur de puissance en émission, (Inbar Fijalkow en collaboration avec ECIME)
- SP2 : Méthodologie d'implémentation : hardware software codesign, et en particulier, Chaîne de traitement (codage), Flot de conception (architectures reconfigurables - reprogrammables), (Francois Verdier)
- SP3 : Software radio et adaptabilité à l'environnement et plus particulièrement les extensions non compatibles (plus de modulation, extension de bande, MIMO), (Inbar Fijalkow).

**Contact:** Inbar Fijalkow  
ETIS  
ENSEA - UCP  
6 avenue du Ponceau  
95014 Cergy-Pontoise Cedex

Email: [fijalkow@ensea.fr](mailto:fijalkow@ensea.fr)  
Fax: +33 1 30 73 66 27  
Tél : +33 1 30 73 66 10  
<http://www-etis.ensea.fr/~fijalkow/>

## Laboratoire IXL/ENSEIRB, Université Bordeaux I, CNRS, UMR 5818

### EQUIPE CIRCUITS ANALOGIQUES RAPIDES

(Alain FABRE, fabre@enseirb.fr)

Les circuits translinéaires, pour lesquels les variables d'entrée et de sortie sont des courants, sont utilisés pour la réalisation de fonctions analogiques monolithiques BiCMOS sur Silicium (Si) et Silicium-Germanium (SiGe). Ces fonctions innovantes, qui sont du domaine des radiofréquences et des micro-ondes, sont mises en oeuvre sous forme de circuits intégrés à partir de convoyeurs de courant translinéaires contrôlés. Elles bénéficient des propriétés de ces derniers: facilité de réglage par les courants de polarisation et fonctionnement en classe AB. Elles peuvent ainsi véhiculer en mode courant et sans distorsions notables, des signaux variables dont l'amplitude est supérieure au courant de polarisation. Elles ont en outre l'avantage de permettre de régler électroniquement les paramètres de la fonction réalisée: gain dans le cas d'un amplificateur, fréquence centrale et coefficient de qualité dans le cas d'un filtre.

Les technologies SiGe actuelles, dont les transistors ont des fréquences de transition,  $f_T$ , qui dépassent les 70 GHz, permettent d'envisager la réalisation de circuits monolithiques micro-ondes (plages visées 0-5 GHz et au delà) de type amplificateurs contrôlés et filtres réglables (passe bas, passe bande, réjecteurs de fréquences images, .. etc..) pour Télécommunications.

De nouveaux circuits convoyeurs de courant contrôlés ont été introduits et utilisés pour permettre de réaliser des filtres de fréquences intermédiaires (F.I.) pour radiotéléphones GSM, sur Silicium. Ces filtres passe bande du 4ème ordre, à fréquence centrale  $f_0$  et coefficient de qualité contrôlés, fonctionnent en mode courant ( $f_0 = 85$  MHz,  $Q = 45$ ). Ils ont été réalisés à partir de la technologie HF3CMOS de SGS THOMSON dont les fréquences de transition des transistors NPN sont égales à 6.5 GHz.

De nouvelles architectures pour des circuits convoyeurs de courant fonctionnant en classe AB ont été développées. Ces structures permettent la réalisation de convoyeurs bipolaires Silicium contrôlés très performants à partir des technologies BiCMOS faible coût classiques (telle que la 0.8 $\mu$ m d'AMS, par exemple). Les applications concernent les amplificateurs LNA contrôlés et les filtres monolithiques contrôlés à bande étroite. Ces derniers sont nécessaires au remplacement des filtres à ondes de surface (SAW) pour parvenir à l'intégration complète sur un seul circuit de Silicium, des systèmes récepteurs des radiotéléphones de type GSM et WCDMA.

Des amplificateurs de tension RF faible bruit (LNA) à large bande, simples et différentiels, dont le gain est réglable par un courant continu ont été étudiés.

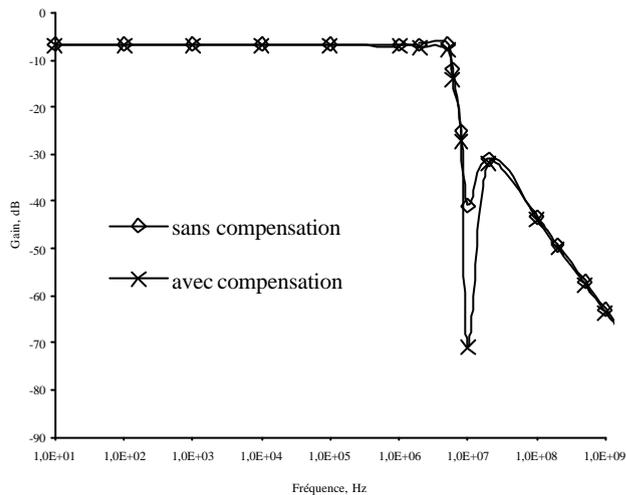
De nouvelles structures innovantes pour des amplificateurs RF de puissance sont aussi en cours d'étude.

Des études ont récemment conduit à la mise au point de nouveaux types de filtres passe bandes dits «agiles», dont la fréquence centrale  $f_0$  est contrôlée électroniquement. Sa position peut à la fois varier par sauts de façon programmée et être finement réglée à la nouvelle valeur désirée. Les applications visées concernent les transmissions RF cryptées ainsi que les récepteurs de type multibandes.

Des circuits intégrateurs différentiels contrôlés, des filtres à variables d'état et des filtres elliptiques avec zéro de transmission fonctionnant soit en mode courant soit en mode tension, ont été mis en oeuvre à partir de circuits convoyeurs de courant contrôlés en

technologie CMOS, (Fig. 1). Les applications concernent les filtres réjecteurs de fréquences images, utilisables en vidéo ou dans les radiotéléphones de type WCDMA.

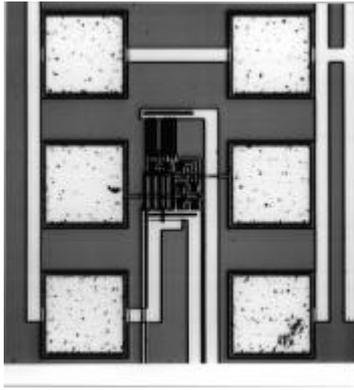
Un filtre passe bas de troisième ordre (fréquence de coupure 5 MHz) dont la fréquence du zéro de transmission  $f_0$  est réglable électroniquement par un courant de polarisation entre 6,2 MHz et 8,2 MHz a été réalisé en technologie CMOS Silicium  $0,8\mu\text{m}$ . L'atténuation à  $f_0$  est supérieure à 63 dB et l'ondulation maximale dans la bande transmise est de 0,45 dB. Alimenté sous  $\pm 3,3$  Volts, le circuit consomme environ 19,6 mW. Sa dynamique d'entrée à 1 MHz est de 480 mV pour un THD inférieur à 1%.



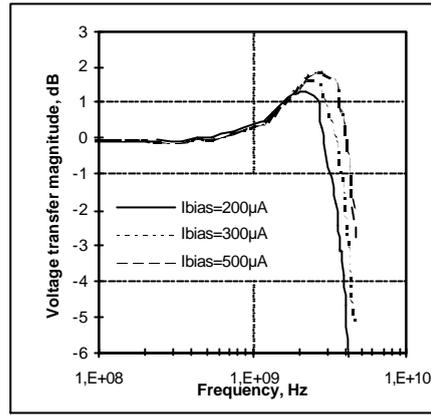
*Figure 1 : Réponse en fréquence du filtre elliptique du 3ème ordre avec zéro de transmission en technologie CMOS  $0,8\mu\text{m}$ , avec et sans compensation..*

Un circuit convoyeur de courant possédant un transfert en tension dont la bande passante mesurée sous pointes est de 4.5 GHz. a été réalisé à partir de la technologie BiCMOS  $0,8\mu\text{m}$  Silicium d'AMS, (Fig. 2). Cette bande passante est très importante, elle est supérieure à  $f_T / 3$  ( $f_T = 11$  GHz est la fréquence de transition des transistors NPN dans la technologie utilisée).

Un amplificateur de tension RF large bande et à gain réglable a été réalisé à partir de la technologie précédente. Les mesures effectuées sous pointes sur le circuit polarisé à  $\pm 1,5$  Volts indiquent une parfaite adaptation en entrée ( $|S_{11}| < -21\text{dB}$ ). Son gain est réglable de façon continue de 5dB à 20dB. Avec un gain de 14dB, sa fréquence de coupure est de 1,9 GHz et son facteur de bruit est égal à 3,5 dB. La puissance consommée est alors de 11,4 mW.



a)



b)

Figure 2 :

a) Photographie du convoyeur en technologie BiCMOS 0.8µm montrant les plots de test.

b) Variation du transfert en tension du convoyeur en fonction de la fréquence.

Des inductances actives, contrôlées en courant et pouvant fonctionner au delà du Gigahertz avec des coefficients de qualité élevés, sont aussi en cours d'étude. Elles permettent par exemple, à partir de la technologie BiCMOS 0.8µm Silicium d'AMS, de réaliser des filtres passe bande à fréquence centrale  $f_0$  et coefficients de qualité  $Q$  contrôlés électroniquement, (Fig. 3). Les résultats de simulation indiquent la possibilité de réaliser des filtres passe bande contrôlés dont la fréquence centrale  $f_0$  est supérieure à  $f_T/10$  ( $f_T = 11$  GHz est la fréquence de transition des transistors NPN dans la technologie utilisée).

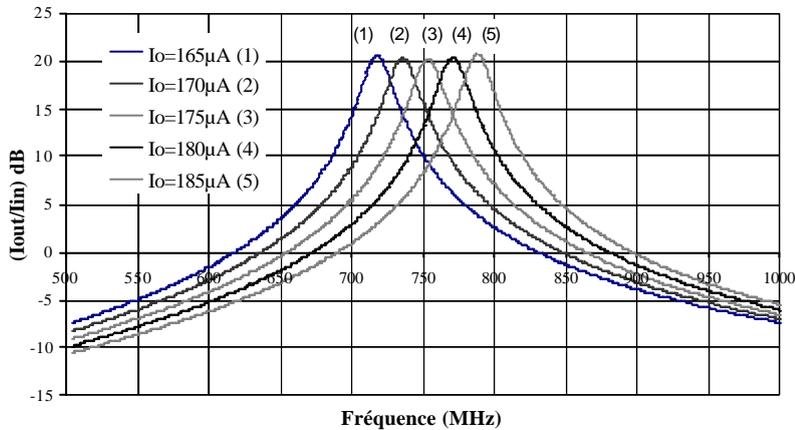


Figure 3 : Réponse en fréquence du filtre passe bande, en fonction du courant de polarisation, technologie BiCMOS 0.8µm AMS.

**Contact :** Alain Fabre  
 ENSEIRB, Université Bordeaux I, UMR 5818  
 Université de Bordeaux I  
 Tél : 05 56 84 23 48  
 Email : [fabre@enseirb.fr](mailto:fabre@enseirb.fr)

## **Laboratoire d'Instrumentation Electronique de Nancy (LIEN)** **Equipe architecture électronique intégrée**

L'activité de l'équipe porte essentiellement sur l'instrumentation et les architectures pour la perception. Les travaux sur les architectures électroniques parallèles de traitement bas et moyen niveau d'images nous ont amenés à exploiter les technologies de circuits FPGA depuis le début des années 1990.

A partir de 1995 nous avons engagé des travaux sur les architectures reconfigurables dynamiquement. Actuellement, 1 professeur, 1 maître de conférences, 1 ATER et 1 doctorant travaillent dans ce domaine. Les travaux initiaux ont permis de montrer la faisabilité d'une architecture à reconfiguration dynamique adaptée au traitement d'image en utilisant des FPGA dont les durées de reconfiguration étaient de l'ordre de la dizaine de millisecondes. Cela a permis de dégager des concepts tels que le masquage des temps de reconfiguration.

Puis le LIEN a participé à l'étude de l'architecture ARDOISE dans le cadre d'une Action Incitative issue du GDR ISIS. Enfin, les travaux de thèse de Camel Tanougast ont permis d'ébaucher une méthodologie de partitionnement du chemin de données d'un algorithme pour une implantation en reconfiguration dynamique. L'idée générale est de reconfigurer le plus souvent possible la matrice logique reconfigurable afin d'aboutir à une taille minimale de cette dernière. Pour cela, une estimation avant implantation du nombre maximal de partitions possibles est effectuée en tenant compte de la contrainte de temps et de la durée d'exécution (estimée) de l'opérateur le plus lent de l'application. Les estimations en terme de surface requise des divers opérateurs du chemin de données sont alors utilisées pour guider le partitionnement final. Le but étant d'obtenir des partitions de tailles égales en terme de ressources utilisées. Cette méthode a été testée sur quelques chemins de données et il reste à prendre en compte le coût de la gestion des accès mémoire ainsi que l'augmentation du débit mémoire qu'entraîne ce type de partitionnement. Une comparaison de cette approche avec la synthèse architecturale classique est en cours. Il est également envisagé de développer un outil automatisant cette méthode de partitionnement temporel.

Nous participons également à l'action spécifique sur les architectures reconfigurables, inscrite au RTP System On Chip.

### **Participation à l'AS Radio Logicielle :**

Compte tenu de l'expérience dans le domaine des architectures reconfigurables à base de FPGA, la contribution dans l'action spécifique est donc directement ciblée sur le sous-projet 2 : Co-conception pour les récepteurs modulaires. L'apport se fera essentiellement sur la définition des limites d'utilisation, pour la Radio Logicielle, des technologies FPGA.

**Contact :** Serge Weber  
LIEN  
Fac des sciences  
BP239 54506  
Vandoeuvre les Nancy cedex  
Tél: 03 83 91 21 80 et 03 83 91 23 91  
Email : [Serge.Weber@lien.u-nancy.fr](mailto:Serge.Weber@lien.u-nancy.fr)

---

## Télécom Paris

### Département COMELEC : Communications et Electronique

L'objectif qui sous-tend les activités du département COMELEC est de développer et de transmettre les connaissances dans le domaine des communications et de l'électronique pour satisfaire aux nouveaux besoins des sciences et technologies de l'information et de la communication. Le champ disciplinaire est riche et s'étend de l'électromagnétisme à la théorie de l'information en passant par les technologies électroniques sub-microniques. Les différentes disciplines recouvrent l'intégration de systèmes de communications avec en vue un accroissement significatif de leurs performances en termes de qualité, de capacité et de puissance de traitement. Les synergies sont particulièrement fortes entre conception, analyse, réalisation et validation d'un système de communications et la maîtrise de l'ensemble de ces étapes constitue le point fort du département.

Un premier champ d'activité est relatif à la modélisation physique et à la conception de dispositifs optoélectroniques (lasers, photodétecteurs, fibres, capteurs) et microondes (antennes, amplificateurs de puissance et faible bruit, démodulateurs) pour adapter le transport de l'information à des canaux de transmission aussi variés que les fibres optiques, les satellites ou les radiocommunications. Ceci implique notamment d'avoir au niveau de l'instrumentation des moyens de mesures et de caractérisation élaborés qui n'existent pas sur étagère et qu'il faut développer (sondage électro-optique, réflectométrie, banc de mesures multi-harmoniques).

Les communications numériques constituent un second champ avec les méthodes de traitement et l'optimisation des performances des informations transmises sur ces canaux. Elles couvrent la conception et l'évaluation d'algorithmes pour la correction des distorsions introduites par les canaux (codage correcteur, codage conjoint source/canal, modulation, égalisation, synchronisation), ainsi que celles des techniques d'accès multiples (étalement de spectre, transmissions très large bande, détection multi-utilisateurs, antennes multiples émission-réception). Elles s'appuient sur les modèles de la théorie de l'information et sur de nombreuses simulations. Les domaines d'applications sont très variés; les radiocommunications avec les mobiles 3G et 4G et liaisons par satellite constituent des domaines traditionnellement privilégiés mais la problématique s'étend aux réseaux locaux radio, liaisons optiques et liaisons filaires à haut débit (xDSL, courants porteurs).

L'implémentation des algorithmes de traitement est le troisième grand volet des recherches. Elle se base sur une maîtrise des outils de CAO, des langages de description de matériel et des choix d'architecture matérielle et/ou logicielle (co-design). Elle vise à réaliser l'adéquation algorithmes/architecture pour deux cibles technologiques principales les circuits programmables et les circuits VLSI avec en perspective les systèmes sur puces. Les applications couvrent les communications proprement dites mais également le codage d'images, la cryptographie et le transport intelligent (détection d'obstacles). Un effort particulier porte sur l'intégration analogique/mixte de fonctions de filtrage et de conversion analogique numérique qui sont à la base de la radio logicielle. Les contraintes liées à la consommation, au coût et aux propriétés intellectuelles sont directement prises en compte.

Enfin, la recherche sur l'implémentation matérielle des codeurs MPEG a évolué vers des sujets plus orientés logiciels comme la description de scènes et d'objets qui s'accompagnent d'importantes contributions aux groupes de normalisation.

Les recherches s'appuient de plus en plus sur des plates-formes à vocation pluridisciplinaire et le département a mis en place plusieurs de ces plates-formes pour intégrer de nouvelles technologies dans un système de communications et les tester dans des conditions réalistes. plate-forme DWDM 10 Gbit/s pour tester de nouvelles fonctions optiques, régénération, récupération de rythme et de porteuse, conversion en longueur d'onde,....., plate-forme Boucle Locale Radio 26 GHz pour intégrer des composants d'émission et de réception micro-ondes et des fonctions de modulation/démodulation, plate-forme de prototypage rapide pour développer des circuits programmables, plate-forme MPEG4 en collaboration avec les autres départements.

Les recherches sont menées à différents niveaux . Académique plus particulièrement dans le cadre de l'Unité de Recherches Associé 820 CNRS avec une contribution très active aux différentes actions du département STIC Radiologique, Circuits sur Puces, Circuits inspirés du Vivant et au Groupement de Recherches Isis avec la responsabilité du groupe Télécommunications. L'encadrement d'une soixantaine de thésards de l'Ecole Doctorale d'Informatique de Télécommunications et d'Electronique (EDITE) représente également une source importante de résultats innovants. Contractuel ensuite avec une participation aux programmes nationaux RNRT, RIAM, RMNT et européens IST et des partenariats industriels bilatéraux français et étrangers pour un montant annuel de contrat de l'ordre de 4 MF. Un faisceau de relations a été établi avec les universités européennes et les industriels et opérateurs du monde des télécommunications. Les équipes de recherche ont ainsi acquis une reconnaissance internationale avérée par de nombreuses publications dans les revues réputées (IEEE tout particulièrement) et dans les congrès les plus importants, des participations à des comités aux comités scientifiques de conférences et revues internationales et à la vie des sociétés « savantes ».

Enfin, les collaborations avec les autres départements de l'Ecole et des autres écoles du GET sont en constant développement grâce aux projets sur contrats incitatifs et aux plates-formes et viennent ainsi renforcer le potentiel scientifique.

### **Equipes et chercheurs impliqués dans l'Action Spécifique CNRS Radio Logicielle**

- Equipe SIAM : Systèmes Intégrés Analogiques et Mixtes

Participants : Patrick Loumeau, Jean-François Naviner

- Equipe RFM : Radio-Fréquence et Micro-ondes

Participants : Bernard Huyart, Xavier Begaud, Eric Bergeault, J.C. Cousin

- Equipe SENT : Systèmes Electroniques Numériques pour les Télécommunications

Participant : Lirida Naviner

### **Activités dans l'action spécifique**

1. Prise en charge de l'animation du sous-projet 1, SP1, Interface Radio Reconfigurable : Patrick Loumeau.
2. Dans SP1, responsabilité de la partie Numérisation du signal radio : Patrick Loumeau, Jean-François Naviner.
3. Dans SP1, participation aux points :
  - a. Amplification de Puissance : Bernard Huyart, Eric Bergeault, J.C. Cousin.
  - b. Antennes : Xavier Bégaud.
4. Dans SP2, participation aux points :
  - a. Architectures reconfigurables – reprogrammables : Lirida Naviner.
  - b. Partitionnement HW/SW : Lirida Naviner.
  - c. Front-end numérique : Lirida Naviner.

**Contact :** Patrick Loumeau  
ENST  
Département Communications et Electronique  
46 rue Barrault  
75634 Paris Cedex 13  
Tél : 01 45 81 78 43  
Email : loumeau@enst.fr

---

## Laboratoire Matériaux et Microélectronique de Provence (L2MP) UMR 6137

### Laboratoire d'accueil :

L2MP – Laboratoire Matériaux et Microélectronique de Provence (UMR 6137),  
Informations <http://www.l2mp.fr>

### Axe de recherche :

Microélectronique (responsable Pr. R. Bouchakour)

### Action de recherche :

Conception de Circuits et Systèmes pour les Communications (coordonnateur Pr. C. Dufaza)

### Tableau synthétique des Projets de recherche de l'Action :

Domaine	Projets		Personnes impliquées
Numérique	Cryptographie (implémentation hard et optimisée d'algorithmes)		A. Pérez
	Modulation numérique (pour RFID)		C. Tételin
Analogique	Circuits intégrés	Architectures et modules RF	H. Barthélemy, S. Bourdel, C. Dufaza, J. Gaubert, P. Pannier,
		Application faible consommation	H. Barthélemy, C. Dufaza, E. Kussner
	Caractérisation et modélisation de composants	Composants RF	H. Barthélemy, S. Bourdel, C. Dufaza, J. Gaubert, P. Pannier,
		Mémoires	R. Bouchakour, P. Canet, F. Lalande, P. Masson, JM Portal

### Projets de recherche en relation avec l'Action Spécifique Radio Logicielle :

Les deux projets de recherche en relation avec l'AS Radio Logicielle sont :

- Circuits Intégrés : Architecture et modules RF
- Caractérisation et modélisation de Composants RF

Le premier de ces projets est relativement récent (1 an d'existence) mais constitue un axe fort de cette action de recherche du L2MP. Cette action a d'ailleurs bénéficié d'un apport important en ressources humaines ; 3 recrutements dans les derniers six mois. Les sujets de recherche en cours de développement dans ce projet concernent de façon générale la conception de modules radio-fréquences pour les standards de télécommunications modernes UMTS, Bluetooth, etc. Des premières expérimentations et caractérisation portent sur des modules de type LNA et Mélangeurs. Un axe de réflexion concernant les architectures RF sera engagé à terme.

Le second projet qui concerne la Caractérisation et la Modélisation de Composants RF correspond à une activité de recherche plus ancienne de l'équipe. Les travaux portent sur la définition fine de modèles tant pour les composants passifs (résistance, inductance, self) que les composants actifs (MOS et bipolaire) dans le domaine des radio-fréquences.

Ces deux projets de recherche s'appuient sur un potentiel de 5 enseignants-chercheurs, de deux doctorants en thèse, avec l'expérience de plusieurs contrats de recherche industriels.

**Contact :** Christian Dufaza  
Ecole Polytechnique Universitaire de Marseille  
L2MP

Tél : 04 91 05 47 74

Email : [christian.dufaza@polytech.univ-mrs.fr](mailto:christian.dufaza@polytech.univ-mrs.fr)

---

## **Institut de Recherche en Informatique et Systèmes Aléatoires (IRISA) de Rennes**

Les travaux de l' IRISA dans le domaine de la Radio Logicielle sont réalisés dans le cadre d'un nouveau projet appelé IRIS . IRIS traite des problèmes liés à la couche physique, ce qui est nouveau à l'IRISA. En particulier IRIS est concerné par les études de Traitement du Signal pour les communications numériques. Dans le contexte d' IRIS des études en Radio Logicielle sont entreprises, elles ne concernent que peu de monde et sont relatives à trois sous- domaines décrits ci-après.

**Les personnes impliquées sont :**

J. Palicot      CDD 2 ans IRISA/INRIA (En disponibilité de FTR&D)  
D. Jaouad      Stagiaire DEA (ENSEA) puis thèse  
C. Roland      ATER, IUT Génie électrique Rennes

**Les trois sous- domaines d'études sont décrits ci-dessous.**

Certaines activités ont démarrées précédemment à FTR&D, comme la « Cognitive Radio ». Pour chaque activité les collaborations sont indiquées entre parenthèses.

### ❖ « Echantillonnage en Radio-Fréquence »

- Paramétrisation (université de Karlsruhe)
- « Channelization » et démodulation par bancs de filtre (Université de DRESDE)
- Optimisation des fonctions et des algorithmes : Repenser la chaîne de réception (utilité des fonctions, ordre classique de ces fonctions,...)

### ❖ « Cognitive Radio »

- Poursuites des études SELF Adaptive Universal Receiver (SAUR)
- Reconnaissance du codage de canal

### ❖ Non-linéarités

- Co- encadrement d'une thèse (Salvatore Ragusa) avec FTR&D et avec l'IMEP de Grenoble
- Participation à l'éventuel projet RNRT « ANTALIA »
  - Système de maintien constant de la puissance instantané
  - Compensation des imperfections d'un amplificateur LINC
  - Précompensation adaptative (Gretsi 95)
  - Problème de séparation de sources
  - Egalisation de perturbations non-linéaires

Comme cela avait été précisé en séance, l'IRISA s'impliquera dans les trois sous- projets de l'AS 37, en particulier fera la synthèse du chapitre 1 du SP1, contribuera au chapitre 1( sous-points Front End et modulation) du SP2, et fera la synthèse du chapitre 4 du SP3

**Contact :** Jacques Palicot  
IRISA  
Campus Universitaire de Baulieu  
35042 Rennes Cedex  
Tél : 02 99 84 75 88  
Email : jacques.palicot@irisa.fr

-----

## **Institut d'Electronique et de Télécommunications de Rennes (IETR) UMR 6164**

### **Présentation générale des activités**

L'Institut d'Electronique et de Télécommunications de Rennes (IETR) résulte de la fusion des deux Formations de Recherche en Evolution, FRE 2272 ART ("Antennes, Radar, Télécommunications") et FRE 2273 URER ("Unité de Recherche en Electronique de Rennes"). L'IETR, nouvelle Unité Mixte de Recherche (UMR 6164) du CNRS, est placé sous la triple tutelle du CNRS, de l'INSA de Rennes et de l'Université de Rennes 1. Il regroupe environ 140 personnes (enseignants-chercheurs, personnels techniques et administratifs, doctorants). L'institut est structuré en quatre départements :

- Département Antennes et Hyperfréquences,
- Département Microélectronique,
- Département Systèmes-Propagation-Radar,
- Département Image.

Les études relatives à l'Action Spécifique Radio Logicielle sont menées au sein des départements "Systèmes, Propagation, Radar" (SPR) et "Image". Le département SPR est entre autres, spécialisé dans la modélisation des phénomènes de propagation (projets RNRT SIMPAA et COMMINDOR) et la conception, la simulation et la réalisation de nouveaux systèmes de communications à haut débit. Le département a ainsi acquis ces dernières années une forte expérience sur les techniques d'étalement de spectre et d'accès multiple par le code (CDMA), les modulations multiporteuses (OFDM) et depuis plus de 3 ans sur les techniques MC-CDMA (projet Européen IST MATRICE, projet RNRT IDILE) reposant sur la combinaison des deux premières. D'autres domaines d'activités sont les techniques de codage de canal, l'étude des effets des perturbations (bruits, brouillages, trajets multiples, ...), l'étude de systèmes à antennes multiples de type MIMO (modélisation du canal, codage temps-espace, ...). L'optimisation finale de ces systèmes en terme de performances (débit, fiabilité, coût,..) prend en compte les limites permises par l'implémentation d'algorithmes et l'intégration microélectronique. Les domaines d'applications sont très variés : radiocommunications avec les mobiles de type 3G et 4G, transmissions à haut débit sur lignes bifilaires, transmissions sur courant porteur, liaisons optiques ...

Le développement d'un système de transmission dans le contexte de la Radio Logicielle nécessite l'utilisation de méthodes et d'outils de conception de haut niveau permettant de prendre en compte la diversité des applications traitées et l'hétérogénéité des architectures les supportant. A cette fin, des méthodologies dites de CoDesign sont étudiées au sein du département "SPR" afin de permettre conjointement une exploration efficace des espaces de conception algorithmique et architecturaux. Nous utilisons notamment cette méthodologie via le développement d'un modem MC-CDMA ("Multi-Carrier Code Division Multiple Access") sur une architecture mixte et reconfigurable. La méthodologie utilisée permet ainsi d'intégrer les contraintes imposées par la Radio Logicielle tout en facilitant les phases d'intégration et de synthèse. De plus, la généralisation de cet aspect méthodologique avec les outils basés sur SystemC permet d'aboutir à une solution globale. Ainsi, la simulation fonctionnelle complète et le raffinement de la description du système conduisent à un découpage hardware/software optimisé. En outre, cette simulation s'effectue dans le même environnement en utilisant des passerelles vers des outils comme SynDex et des compilateurs pour DSPs.

Les activités de recherche du département "Image" dans le domaine de l'architecture s'attachent essentiellement à développer des méthodes de portage automatique de chaînes de traitement du signal sur des plate-formes multiprocesseurs, voire éventuellement comprenant un ou des FPGAs. Le processus s'articule également autour de SynDEx, pour le partitionnement et la génération de code automatique. Une collaboration industrielle a permis également de recentrer le domaine applicatif sur la radio logicielle. Les travaux actuels et futurs dans le cadre d'une thèse en cotutelle s'inscrivent dans la problématique de la génération automatique de code embarqué optimal, à partir de SynDEx, pour des cibles mono ou multi-DSPs. En particulier, il s'agira de définir dans SynDEx, un modèle d'architecture plus fin pour la description des différents types de mémoire disponibles (interne ou externe), afin d'intégrer cette contrainte d'optimisation lors du partitionnement et la génération du code.

**Activités dans l'action spécifique :**

1. Animation et coordination de l'ensemble de l'action spécifique Radio Logicielle
2. Dans SP1 : contribution à la partie Architecture Emission-Réception (Samuel Crand)
3. Dans SP2 : responsabilité de la partie Modulation (Jean-François Hélard)
4. Dans SP2 : contribution aux points :
  - Front-end numérique (Samuel Crand)
  - Architectures reconfigurables, reprogrammables (Fabienne Nouvel, Olivier Deforges)
  - Partitionnement Hardware-Software (Dominique Houzet)

**Contact :** Jean-François Hélard  
IETR – UMR 6164  
INSA  
20 Avenue des Buttes de Coësmes  
5043 Rennes Cedex  
Tél : 02 23 23 86 84  
Email : [jean-francois.helard@insa-rennes.fr](mailto:jean-francois.helard@insa-rennes.fr)

-----

## Laboratoire Electronique et Communication du CNAM

Objet : Participation du laboratoire Electronique et Communication du CNAM (Directeur : M. BELLANGER) au SP1 de l'AS 37 « Radio Logicielle »

Le laboratoire Electronique et Communication du CNAM a abordé le thème de la « Radio Logicielle) en 1997. Des travaux ont été effectués sous le contrat CNET n° 97-7.1344, sous l'intitulé :

« Interface analogique/numérique et transposition de fréquence numérique pour émetteur-récepteur universel ».

Durant la période 1997-2000, cela a donné lieu à deux rapports techniques ainsi que deux mémoires d'ingénieurs. Les sujets abordés sont :

- L'étude d'architectures possibles pour la chaîne frontale analogique et les spécifications du convertisseur analogique-numérique. Cela a conduit à un modèle de bruit et des spécifications pour le GSM concernant les caractéristiques du convertisseur (résolution/fréquence d'échantillonnage).
- Les algorithmes de traitement numérique immédiatement après conversion :
  - La transposition de fréquence et la récupération de porteuse.
  - La décimation, le filtrage et la sélection de canal.
  - L'interpolation et le rééchantillonnage au rythme symbole.
- La mise en œuvre et la validation des algorithmes sur une plateforme de test comprenant une carte d'acquisition ultra rapide hébergée par un PC.

Ces travaux et les mesures réalisées ont permis de proposer plusieurs architectures dont certaines (par exemple la numérisation directe de la porteuse par sous-échantillonnage) ne sont pas accessibles dans l'état actuel de la technologie et ne le seront peut-être jamais pour certaines combinaisons rapidité/résolution.

Après un ralentissement de ces activités en 2000-2001, le laboratoire envisage de s'engager à nouveau sur ces sujets.

Cela porterait encore sur la chaîne frontale, principalement :

- La Conversion analogique numérique avec l'étude de nouvelles architectures incluant (intégrant) la conversion sigma-delta passe-bande.
- Les traitements numériques frontaux (avant démodulation) avec la mise au point d'algorithmes optimisés combinant en particulier la décimation et l'interpolation.

*Nous souhaiterions également identifier clairement et évaluer les limites théoriques physiques de fonctionnement de ces architectures (résolution et bande passante).*

**Contact :** Jean-Claude Dudek  
CNAM  
Laboratoire Electronique et Communication  
2, rue Conté  
75141 PARIS CEDEX 03  
Tél. : 01 40 27 24 85  
Email : [dudek@cnam.fr](mailto:dudek@cnam.fr)

## **Laboratoire d'Informatique de Robotique et de Microélectronique de Montpellier (LIRMM)**

### **Activités en rapport avec l'AS Radio Logicielle durant les 5 dernières années**

#### ***Traitement du signal pour les antennes :***

Depuis de nombreuses années, les travaux sur la séparation de sources nous ont permis d'apprécier l'importance de l'utilisation des statistiques d'ordres supérieurs. En effet, dans ce cas, aucune information a priori sur le système n'est nécessaire pour permettre la séparation des sources présentes (les seules hypothèses à considérer étant l'indépendance statistique et la non-gaussianité des signaux). Il est intéressant maintenant de pouvoir utiliser uniquement les statistiques d'ordre deux pour réaliser la séparation. Cependant, il est nécessaire de connaître des informations a priori sur ces signaux. La notion de non-circularité des signaux utiles peut ainsi être exploitée afin de permettre une séparation à l'ordre 2.

#### ***Architectures Reconfigurables Dynamiques pour le traitement du signal :***

Les systèmes intégrés sur puce (SoC) de demain incorporeront des architectures reconfigurables afin de palier le manque de flexibilité des systèmes actuels. Cependant ces architectures doivent répondre à des contraintes de temps, de densité et de consommation. Pour cette raison nous avons développé une approche originale d'architecture reconfigurable (Anneau Systolique), permettant d'une part de traiter des flots intensifs de données et de s'interfacer facilement avec d'autres processeurs tout en conservant une flexibilité de reconfiguration importante (possibilité de reconfigurer dynamiquement l'architecture en un seul cycle d'horloge).

#### ***Test des circuits intégrés analogiques et mixtes :***

Depuis de nombreuses années, des travaux sont réalisés au LIRMM sur le problème du test des circuits et systèmes intégrés. Il s'agit dans ce domaine de garantir la qualité des circuits mis sur le marché. Compte tenu de l'accroissement de la complexité des circuits ainsi que de la nécessité croissante de réduire les temps de mise sur le marché, les problèmes de test se posent de façon de plus en plus aigus. On constate ainsi ces dernières années que le coût de production de circuits mixtes analogique/numérique est essentiellement dominé par les coûts liés au développement du test, au temps d'application du test et à l'équipement de test. Dans ce contexte, nous avons proposé différentes solutions afin de diminuer les coûts du test de ces circuits, et notamment pour les convertisseurs analogique/numérique qui sont des éléments incontournables dans la majeure partie des applications multimédia et de communication.

## **Participation à l'AS Radio Logicielle**

### ***SP3 : Software radio et adaptation à l'environnement (Animateur : Pierre Duhamel)***

Ce sous-projet s'intéresse aux techniques de paramétrisation des normes permettant une adaptation à l'environnement. Les notions de réseau ad-hoc local et de macro-diversité à l'émission et à la réception seront examinées dans le but d'obtenir une flexibilité maximale. Dans ce sous-projet, l'apport du LIRMM concernera plus particulièrement l'utilisation des techniques adaptatives pour prendre en compte l'environnement.

**Participant :** Jérôme Galy

**Contact :** LIRMM  
Département Micro-Electronique  
161, rue Ada 34392 Montpellier Cedex 5  
Tél : 04 67 41 86 43 Fax : 04 67 41 85 00  
Email : [galy@lirmm.fr](mailto:galy@lirmm.fr)

### ***SP1 : Interface Radio Reconfigurable (Animateur : Patrick Loumeau)***

Ce sous-projet s'intéresse aux traitements allant de l'antenne à la conversion analogique-numérique ou numérique-analogique. Ceci couvre notamment l'architecture de la chaîne, les fonctions de numérisation des signaux, de génération de fréquences, d'amplification faible bruit et de puissance, de mélange et les antennes.

Dans ce sous-projet, l'apport du LIRMM concernera plus particulièrement la prise en compte des problèmes de test de la chaîne de traitement, et notamment du convertisseur analogique/numérique.

**Participants :** Florence Azaïs, Serge Bernard, Michel Renovell

**Contact :** LIRMM  
Département Micro-Electronique  
161, rue Ada 34392 Montpellier Cedex 5  
Tél : 04 67 41 86 25 Fax : 04 67 41 85 00  
Email : [azais@lirmm.fr](mailto:azais@lirmm.fr), [bernard@lirmm.fr](mailto:bernard@lirmm.fr), [renovell@lirmm.fr](mailto:renovell@lirmm.fr)

-----

## Laboratoire d'Analyse des Systèmes de Traitement de l'Information (LASTI)

Le LASTI est une unité propre de recherche de l'université de Rennes 1 et de l'ENSSAT. Les activités du laboratoire sont structurées en deux thèmes complémentaires : "**image**" et "**signal-architecture**" (<http://archi.enssat.fr>). Ces deux thèmes complémentaires permettent de maîtriser toutes les étapes de la conception d'un algorithme jusqu'à sa mise en œuvre. Le laboratoire regroupe environ 30 personnes (enseignant-chercheur, doctorants et ingénieurs).

Les activités de recherche du groupe signal-architecture du LASTI concerné par cette action spécifique consistent à proposer des nouvelles architectures de systèmes intégrés et à développer les méthodologies de conception associées en tenant compte de plusieurs contraintes (temps réel, fiabilité, complexité, consommation). En effet, les systèmes intégrés qui équiperont les produits embarqués (e.g. les systèmes de télécommunications mobiles de futures générations 3G/UMTS ou 4G, la radio logicielle) répondent au concept de système sur silicium (ou SOC pour *System-On-a-Chip*). Ils intègrent des architectures de type multiprocesseur hétérogènes associés à des coprocesseurs ou des accélérateurs matériels dédiés ou reconfigurables. Aussi, les outils d'aide à la conception de ces composants doivent faire un saut qualitatif et quantitatif important afin de permettre la production d'équipements avec un rythme et des coûts acceptables.

En plus de ces recherches sur les méthodes et les architectures, un axe de recherche important consiste à travailler directement sur les algorithmes afin d'en réduire la complexité. Un ensemble d'outils de niveau système permettent d'analyser les performances d'une spécification de haut-niveau, afin de faciliter le travail sur l'application.

Le groupe signal-architecture associé à des chercheurs de l'IRISA est action INRIA depuis mai 2002. Le thème du projet bi-localisé (Rennes-Lannion) R2D2 (Reconfigurable and Retargetable Digital Devices) est l'exploration, l'estimation, le prototypage pour la conception de systèmes matériels sur des plates-formes sur silicium reconfigurable. Une proposition d'équipe/projet conjointe INRIA et CNRS STIC est en cours d'évaluation.

L'expertise du groupe dans les domaines précédents et les études menées dans le domaine du traitement du signal et de l'image pour les télécommunications mobiles de troisième génération (UMTS) nous ont amenés à la définition d'une architecture reconfigurable dynamiquement permettant de prendre en compte toutes les contraintes liées à la notion de multimédia mobile. Cette architecture, nommée DART, supporte les performances demandées par l'UMTS. Lors du développement de l'architecture l'accent a été mis sur le respect des contraintes de faible consommation mais aussi sur la faisabilité d'une chaîne de conception pour ce type d'architectures. Nous travaillons à l'heure actuelle sur les aspects méthodologiques nécessaires à la mise en œuvre de ces architectures, et sur les aspects systèmes d'exploitation embarqués.

En ce qui concerne les aspects purement Radio Logicielle, nous travaillons sur l'optimisation algorithmique et architecturale d'opérations spécifiques telles que la synthèse flexible de signaux numériques modulés directement en fréquence intermédiaire, l'opération de filtrage faible bande d'un signal échantillonné à fréquence rapide (sélection de bandes) ou encore la conversion de fréquences d'échantillonnage lors de réception multi-standards. Par ailleurs, nous avons développé une chaîne complète de communication numérique conforme aux spécifications de la norme mobile de 3ème génération (Matlab, et C/SystemC) ce qui nous permet d'étudier les contraintes architecturales des algorithmes détection multi-utilisateur ainsi que la technique MC-CDMA, candidate pour la 4<sup>ème</sup> génération de mobiles.

**Contact :** Pascal Scalart  
LASTI  
Ecole Nationale Supérieure des Sciences Appliquées et Technologies  
6, rue de Kerampont - BP. 447  
22305 LANNION cedex  
Tél : 02 96 46 66 74  
Email : pascal.scalart@enssat.fr

---

## **Laboratoire d'Informatique Signaux et Systèmes de Sophia-Antipolis (I3S) (I3S)**

### ***Activités de l'I3S en relation avec l'AS 37Radio Logicielle***

Le projet MOSARTS (MOdélisation et Synthèse d'ARchitectures pour le Traitement du Signal) du laboratoire I3S s'intéresse aux méthodologies de conception de systèmes sur puce où le traitement de signal constitue une composante importante. Parmi les applications visées, on s'intéresse particulièrement aux télécommunications sans fil. Nos travaux de recherche sur cette problématique ont démarré il y a environ dix ans et ont donné lieu à plusieurs actions contractuelles qui s'articulent autour du partitionnement logiciel/matériel, de l'estimation de performances de DSP et de l'optimisation de la consommation.

Le thème du partitionnement logiciel/matériel a donné lieu à deux projets. Le premier concerne l'étude et le développement d'un outil (CODEF) d'exploration d'architectures de systèmes sur puce en liaison avec Philips Semiconductors Sophia. A partir d'une spécification de type flux de données conditionnés, l'outil CODEF est capable d'effectuer la sélection des IPs logiciels et/ou matériels, et réalise l'allocation et l'ordonnement des fonctionnalités de l'application dans le but de satisfaire des contraintes de temps et de minimiser la surface de silicium. Les architectures ciblées sont de type multiprocesseur hétérogènes avec des coprocesseurs et des accélérateurs matériels. Ce projet devrait se poursuivre avec Philips Semiconductors pour considérer une gestion multitâches de l'application.

Dans le deuxième projet nous étudions le problème du partitionnement logiciel/matériel pour une architecture composée d'un processeur connecté à une unité matérielle re-configurable dynamiquement. Ces travaux s'inscrivent dans projet RNTL Epicure. L'objectif est d'utiliser au mieux les ressources y compris les capacités de reconfiguration dynamique pour maximiser les performances. Outre le partitionnement, une des particularités de l'outil est d'aider à déterminer les valeurs des paramètres de l'architecture vis à vis d'une application : taille de reconfigurable, temps de reconfiguration, vitesse des bus de communication par exemple.

Sur le thème de l'estimation de performances pour DSP nous avons conçu, contractuellement avec Philips Semiconductors Sophia, un outil (VESTIM) capable d'évaluer la performance maximum qu'on peut atteindre avec un DSP à partir d'un code C d'une application. L'objectif est de fournir au programmeur des informations sur les parties de code que le compilateur C a traduites en un code assembleur peu efficace. Nous avons également démarré une étude sur l'optimisation de la consommation au niveau système. Cette étude, liée à CODEF, a pour objectif de produire des architectures systèmes qui vérifient les contraintes temporelles de l'application, minimise la consommation d'énergie et respecte des contraintes de puissance dissipée instantanée.

Par ailleurs, nous participons à l'animation de l'AS 29 Systèmes d'Exploitation et Architectures Multiprocesseurs dans le cadre du Réseau Thématique Pluridisciplinaire SOC. Des interactions avec cette AS sont tout à fait probables. Nos activités sur le partitionnement logiciel/matériel avec application à des architectures reconfigurables sont donc directement liées à l'étude d'architectures relatives à la problématique radio logicielle. Notre intervention se situe principalement dans le sous-projet 2 intitulé Co-conception pour les récepteurs modulaires.

**Contact :** Michel Auguin  
I3S – Les Algorithmes  
Batiment Euclide B  
2000 route des Lucioles, BP 121  
06903 Sophia-Antipolis Cedex  
Tél : 04 92 94 27 77  
Email : [auguin@i3s.unice.fr](mailto:auguin@i3s.unice.fr)

---



ÉCOLE  
SUPÉRIEURE  
D'ÉLECTRICITÉ

le 16 mai 2002

## Conception de circuits mixtes et de microsystemes

### Objectifs généraux

Augmentation de la rapidité des systèmes d'interface analogique-numérique en conservant un faible coût.

Amélioration de l'interopérabilité des systèmes.

Réduction des consommations globales des systèmes (matériels portables)

Réduction des consommations spécifique des systèmes (imposée par la complexité)

Applications : télécommunications, sonars, radars, instrumentation.

### Sujets de recherche récents ou en cours :

Convertisseurs sigma-delta multimodes reconfigurables

Convertisseurs passe-bande et large bande. Convertisseur analogique sigma delta effectuant la démodulation directe des signaux sur la première fréquence intermédiaire.

Convertisseurs  $\Sigma\Delta$  temps continu à filtre LC intégré ( $\gg 1\text{GHz}$ ) ou GmC. Techniques de synthèses parallèles. pour l'adaptabilité bande $\times$ résolution ou le multibande.

Adaptabilité aux dispersions technologiques (20% et plus) par l'architecture

Commandabilité numérique (réduire intermodulation)

Capteurs  $\Sigma\Delta$  à sortie numérique directe (réalité virtuelle, interface homme/traitement)

Sigma delta multiplexé

Sigma delta « passif »

### Participation à l'AS Radio Logicielle

Sous-Projet 1 : Interface Radio Reconfigurable

Richard KIELBASA

Service des Mesures

SUPELEC

3 rue Joliot Curie

91192 Gif sur Yvette Cedex

richard.kielbasa@supelec.fr

Tél: 01 69 85 14 03

fax: 01 69 85 12 34

<http://www.supelec.fr>

## **Laboratoire d'Informatique de Paris 6 (LIP6) – UMR 7606**

### **Présentation du LIP6 :**

Le LIP6 est l'un des acteurs majeurs en matière de recherche en réseau en France. Ce laboratoire est impliqué dans plusieurs projet RNRT et européens. Il est leader des projets de plateforme RNRT @irs et @irs++ et il participe aussi dans les projets RNRT REVE. Actuellement, le LIP6 est impliqué dans un vaste projet de métrologie et de modélisation sur Internet dont le responsable est Kavé Salamatian. Kavé Salamatian a été précurseur en France dans l'analyse du canal IP du point de vue de la théorie de l'information. Il a aussi travaillé sur l'application du codage conjoint source/canal au domaine de la transmission sur IP.

### **Implication dans l'AS**

Le domaine des télécommunications s'est développé jusqu'ici sur un paradigme de séparation en couches indépendantes et étanches. L'aboutissement de ce paradigme est le modèle en 7 couches ISO de l'OSI dans lequel les fonctionnalités des applications dans le réseau sont ventilées entre de multiples couches. Ce paradigme de séparation a abouti à une conception séparée et indépendante de chaque partie des mécanismes de transmission. En particulier, chaque couche utilise un modèle de canal particulier.

La couche physique utilise classiquement un canal gaussien ou d'évanouissement (en fonction de l'environnement), tandis que la couche réseau et applicative suppose un canal à effacements de paquets (ou de trames) sans erreurs de transmission.

Un des axes d'études du LIP6 consiste à rechercher comment changer de paradigme. Dans cette approche, les couches ne sont pas complètement étanches et certains phénomènes inhérents à la couche physique, comme les erreurs de transmissions, seraient visibles aux couches supérieures. La radio logicielle est le préalable matériel à l'application de ce concept, d'où notre implication dans cette AS.

La radio logicielle devra interagir avec un canal dont le modèle est différent des modèles classiques. Notre contribution à l'AS sera de développer un modèle du canal de communications sur réseau IP à travers un canal radiomobile, tel qu'il est perçu par une application opérant au-dessus d'IP. Ce modèle devra être évolutif et modulable afin de faire apparaître des phénomènes inhérents à la couche physique comme le type de canal (gaussien ou à évanouissement, bruit impulsif, *etc.*), les paramètres de FEC utilisés, les problèmes liés à la batterie et la puissance d'émission *etc.* Il fera aussi apparaître d'autres problèmes spécifiques au fonctionnement des couches réseau : la congestion, les pertes de paquets, la gigue de délai, les FEC par blocs, *etc.*

Un autre axe de contribution du LIP6 à l'AS sera au sujet des réseaux Ad hoc. Nous sommes fortement intéressé par l'application de la diversité espace-temps dans le domaine du routage sans états dans les réseaux Ad hoc.

**Contact :** Kavé Salamatian  
LIP6

Tél : 01 44 27 30 58  
Email : [salamat@rp.lip6.fr](mailto:salamat@rp.lip6.fr)

**Université de Marne La Vallée (UMLV)**  
**Equipe Signal pour les Communications de l'Institut Gaspard Monge**  
**(rattachée au LTCl, URA 820)**

L'un des intérêts potentiels présentés par les terminaux reconfigurables est de pouvoir adapter les briques de l'émetteur et celles du récepteur aux paramètres de la couche physique qui déterminent les performances des liaisons : nature du canal de propagation, nombre d'utilisateurs d'une cellule dans le cas d'un système CDMA, interférence co-cellule, nombre d'antennes d'émission et/ou de réception.... Avant de se demander si il est possible de mettre en évidence des règles d'adaptation des différents composants de la couche physique (et d'évaluer la faisabilité de leur mise en oeuvre pratique), il faut commencer par étudier dans quelle mesure l'émetteur et/ou le récepteur sont capables d'évaluer des paramètres caractérisant grossièrement les performances des différentes combinaisons de briques d'émission/réception. La situation la plus simple permettant d'illustrer cette problématique est celle des liaisons filaires point à point dans le cadre desquelles la seule connaissance du canal permet de mettre en oeuvre un schéma d'émission optimisant le débit de transmission grâce à la procédure de "Waterfilling". Le contexte des systèmes mobiles est évidemment infiniment plus complexe car les performances d'une configuration d'émission/réception donnée dépend d'un plus grand nombre de paramètres, variant parfois très vite au cours du temps : canal de transmission, interférences entre cellules, taux de charge d'une cellule dans le cas d'accès multiple par répartition par les codes,...

Dans le cadre du SP3, nous proposons de faire le point sur les techniques d'évaluation de performances de la couche physique de certains systèmes de communication, et sur leur applicabilité dans l'optique de la reconfigurabilité. Certains de nos travaux actuels se situent dans cette perspective. Ils consistent en effet à évaluer les performances de certains récepteurs classiques dans le cadre de systèmes CDMA quand le facteur d'étalement et le nombre d'utilisateurs sont suffisamment grands. Dans ce contexte, il est possible d'évaluer le rapport signal sur interférence plus bruit en sortie des récepteurs linéaires les plus communs, et de déduire de quelles informations il est nécessaire de disposer afin d'évaluer des indicateurs de performances tels que les taux d'erreur sans codage, la capacité, le "cutoff rate", ..... Ces résultats peuvent être étendus au cas de récepteurs basés sur le principe d'annulation d'interférence (série ou parallèle), ainsi que dans le contexte de systèmes MC/CDMA et OFDM à grands nombres de porteuses, et de systèmes MIMO pourvus d'un nombre d'antennes d'émission et de réception suffisant.

**Contact :** Philippe Loubaton  
Université de Marne La Vallée  
IGM – Filière Electronique  
5 Boulevard Descartes  
77454 Marne La Vallée Cedex  
Tél : 01 60 95 72 93  
Email : loubaton@univ-mlv.fr

-----

## Laboratoire d'Electronique des Systèmes Temps Réels (LESTER)

Participation du LESTER à l'action spécifique  
Radio-logicielle

Juin 2002

- ✓ Activités relevant de l'étude algorithmique
  - Etude et analyse des algorithmes de codage canal
    - Analyse des différents algorithmes
    - Utilisation et paramètres caractéristiques dans les différentes normes
  - Spécification, validation et intégration d'IP « algorithmiques »
    - Emulateur de canal
    - Turbodécodeur
  
- ✓ Activités relevant de la méthodologie de conception
  - Flot de conception système - SoC - pouvant être ciblé sur les systèmes SWR
    - Modélisation, estimation pour le partitionnement système
    - Co-simulation multi-niveaux
    - Analyse, optimisation de la consommation (niveaux algorithme, architecture pour les DSP, FPGA & ASIC)
    - Synthèse architecturale de haut niveau pour les IP algorithmiques (UT, UM, Ucom)
  - Plateforme de prototypage matériel pour la radiocommunication
    - Définition d'une plateforme matérielle et des outils de CAO associés pour le prototypage d'applications de radio communication - *Projet CPER Bretagne (LESTER - IETR - ENST Bretagne)*

**Contact :** Eric Martin, Emmanuel Boutillon  
LESTER – Centre de recherche  
Université de Bretagne Sud  
56321 Lorient Cedex  
Tél : 02 97 87 45 61  
Email : [eric.martin@univ-ubs.fr](mailto:eric.martin@univ-ubs.fr)

-----

## Equipe Systèmes de Télécommunications (LSS)

L'équipe Systèmes de Télécommunications, dont le responsable est Sylvie Marcos, fait partie du Laboratoire de Signaux et Systèmes (Gif Sur Yvette) dont le responsable est Eric Walter.

Les activités de l'équipe se déclinent suivant quatre axes :

### A- Signal pour les communications numériques

Egalisation de canaux de transmission linéaires et non linéaires, convergence des égaliseurs adaptatifs,

Détection multi-utilisateur adaptative, égalisation et détection conjointe,

Localisation et poursuite de mobiles (LUTECE),

Systèmes multiporteuses : nouvelles fonctions de mise en forme, réduction du bruit impulsif par analogie avec les codes correcteurs d'erreur,

Réseaux ad hoc et couche physique : liens vers software radio, et réseaux locaux large bande,

Algorithmes itératifs de décodage canal / détection des symboles / estimation des canaux de propagation : analyse et nouveaux algorithmes.

### B- Signal pour le multimedia

Codage source/canal conjoint,

Tatouage (watermarking) de sons et d'images (DIPHONET, SMDO),

Compression de sources.

### C- Fondements théoriques du TdS pour les Télécommunications

Codage par description multiples muni de propriétés de correction d'erreurs,

Transformées fractionnaires discrètes (Fourier, cosinus),

Géométrie de l'information (interprétation des algorithmes itératifs en terme de projection de densités de probabilités),

Théorie du chaos pour la conception de séquences d'étalement en CDMA,

BCH dans des corps non finis (Réels ou complexes) - applications aux systèmes multiporteuses et au codage source/canal conjoint),

Traitement d'antennes,

Outils généraux du TdS.

Ainsi, concernant l'action spécifique 37, le LSS peut contribuer au SP3 : Adaptation à l'environnement, et fournir des résultats de travaux antérieurs au SP2 (sélection de briques communes pour le co-design de récepteurs « universels »)

**Contact :** Pierre Duhamel  
LSS/Supelec  
Plateau de Moulon  
3, rue Joliot Curie,  
91192 Gif Sur Yvette CEDEX  
Tél : 01 69 85 17 16  
Email : pierre.[duhamel@lss.supelec.fr](mailto:pierre.duhamel@lss.supelec.fr)

## **Institut d'Electronique et de Microélectronique du Nord (IEMN – UMR 8520)**

Les activités actuelles de l'IEMN dans le domaine des radio re-configurables sont concentrées sur les aspects filtres à base de micro-résonateurs MEMS, VCO large bande à capacité variable MEMS et amplificateur de puissance re-configurable à capacités commutables MEMS. Ces activités font partie du projet de recherche Européen IST MELODICT coordonné par l'IEMN. Les activités antérieures en lien avec AS étaient notamment un travail sur les LNA et mélangeurs à 2,4GHz en CMOS submicronique ainsi que les convertisseurs analogique-numérique à très basse tension d'alimentation.

### **Filtres à micro-résonateurs MEMS (D.Galayko, E. Quevy, V. Agache, A. Kaiser, L. Buchillot, D. Collard)**

Trois actions distinctes sont en cours. La première vise à mettre au point des résonateurs et filtres IF dans une technologie industrielle de polysilicium à film épais (15 $\mu$ m). La seconde vise des résonateurs et filtres similaires, mais dans une technologie propre à l'IEMN de polysilicium en couche mince (2 $\mu$ m). De plus, cette technologie sera réalisée en post-process sur une technologie CMOS-SOI RF de l'université de Louvain-la-Neuve grâce à une métallisation tungstène résistant à des températures jusqu'à 800°C. Il serait ainsi possible d'intégrer le front-end radio en architecture super-hétérodyne sur une seule puce.

Enfin, des résonateurs sous forme de pointes en poly-silicium sont développés à l'IEMN, visant des fréquences de résonance de l'ordre de 1 – 2 GHz. Ces structures pourraient être utilisées comme filtre de sélection de bande, voire de sélection de canal, directement sur l'antenne. Une co-intégration avec les circuits actifs en post-process sur CMOS-SOI RF est également envisagée.

### **VCO très large bande à capacité variable MEMS (J.M. Capron)**

Les standards de la téléphonie mobile requièrent des VCO à très bas bruit de phase. Les fréquences radio utilisées à travers le monde se situent aujourd'hui dans une bande de fréquence allant de 800 MHz à 2,4 GHz. Notre travail vise la mise au point d'un VCO compatible avec les principaux standards (GSM, UMTS, ...) accordable sur toute la bande de fréquences utilisées grâce à des capacités variables/commutables de type MEMS. Le cœur actif du VCO est réalisé en technologie Bi-CMOS SiGe. Les capacités sont réalisées par l'institut de recherche ISIT (Fraunhofer Gesellschaft) en Allemagne en technologie de «electroplating» nickel sur piste RF en or.

### **Amplificateur de puissance RF multi-bande (B. Stefanelli, C. Loyez)**

La multiplication des standards et bandes de fréquences en téléphonie mobile rend la réalisation de téléphones de plus en plus difficiles. Certaines estimations prévoient la nécessité de 7 amplificateurs de puissance distincts pour couvrir toutes les bandes et standards envisagés. Ce travail explore les possibilités de commutation de bande par capacités commutables MEMS afin de configurer les réseaux d'adaptation d'un amplificateur à plusieurs bandes de fréquences. Pour l'instant, l'amplificateur est assemblé en technologie hybride, les capacités étant des capacités MEMS fabriqués par ISIT avec le procédé mentionné au paragraphe précédent. Une architecture bi-bande avec uniquement des capacités avec une borne connectée à la masse a été développée et simulée sur MICROWAVE OFFICE permettant de couvrir les bandes GSM900, DCS1800, PCS1900 et UMTS1900.

**Contact :** Andreas Kaiser  
IEMN – UMR 8520  
Tél : 03 20 30 40 43  
Email : Andreas.Kaiser@isen.fr

-----

## **Laboratoire LE2I (Laboratoire d'Electronique, Informatique et Image) FRE CNRS 2309**

Le laboratoire LE2I est associé au département STIC du CNRS depuis Janvier 2001 (LE2I FRE 2309). Ce laboratoire est composé actuellement de 45 enseignants-chercheurs provenant des sections 27, 61 et 63 du CNU, de 40 doctorants et de 7 collaborateurs techniques et administratifs. Les membres du LE2I se répartissent pour 2/3 sur le site de Dijon (Bat Sciences de l'Ingénieur) et pour 1/3 sur le site du Creusot (IUT).

La démarche scientifique du Le2i s'inscrit dans trois axes thématiques majeurs : **Capteurs et architecture, Traitement du signal et des images, Informatique et image.**

Nos activités en relation avec l'Action Spécifique 37 «RadioLogicielle» font partie de la thématique Capteurs, architecture et intégration matérielle.

L'acquisition d'images et le traitement d'images temps réel doivent répondre à des contraintes telles que : débit d'information, rapidité de traitement, embarquabilité, limitation de la consommation électrique, ... Pour répondre à ces contraintes, une approche "Adéquation Algorithme Architecture" est abordée à tous les niveaux. L'originalité de l'équipe est de confirmer cette approche théorique par une approche expérimentale à travers la réalisation de démonstrateurs à base de systèmes électroniques et informatiques.

Dans le cadre d'une thèse de doctorat intitulée «Etude de faisabilité d'un module de réception radar tout numérique», nous étions amenés à étudier plus en détail les problèmes liés à la conversion Analogique-Numérique. C'est à travers cette expérience, que nous participons au Sous-projet 1 : Interface radio reconfigurable. Nous comptons contribuer à la rédaction du sous-chapitre qui porte sur la *Numérisation du signal radio*.

Dans le but d'exploiter la reconfiguration dynamique des FPGAs, nous avons participé à au projet ARDOISE (Architecture Reconfigurable Dynamiquement Orientée Image et Signal Embarquable). Ce projet émane du GDR ISIS (GT7) et est le fruit de la collaboration entre les laboratoires (ETIS, LE2I, LIEN, LPSI et SOSSO). La carte ARDOISE est une carte reconfigurable dynamiquement à base du FPGA ATMEL AT40K40. Nous avons réalisé et testé trois cartes qui sont distribuées à D. Demigny (ETIS) et à Serge Weber (LIEN) et nous avons gardé la dernière. La programmation de cette carte s'effectue en VHDL sous l'outil d'ATMEL IDS6. L'algorithme de test choisi est l'algorithme de rotation décrit par M. Unser. Parallèlement à cela, nous nous sommes intéressés à l'étude théorique de l'apport de la Reconfiguration Dynamique (RD) des FPGAs au traitement d'image et effectué des comparaisons avec des implantations à configuration statique.

De part notre expérience dans ce domaine, notre contribution au sous-projet 2 : Co-conception pour les récepteurs modulaires va porter sur l'apport de ces nouvelles architectures à la radio-Logicielle.

**Contact :** El-Bay Bourennane  
LE2I – FRE CNRS 2309                      Tél./Fax : 03 80 39 59 99  
Email : ebourenn@u-bourgogne.fr

# Institut de Recherche en Communication Optiques et Microondes

## IRCOM – LIMOGES - UMR CNRS 6615

**1<sup>ère</sup> thématique** : Circuits et sous-ensembles électroniques non linéaires haute fréquence  
14 permanents -  $\approx$  20 doctorants

**Activités :**

Modélisation et caractérisation de composants et modules non linéaires pour la conception de démonstrateurs innovants.

- > Amplificateurs de puissance
- > Mélangeurs
- > Source (oscillateur)

Dans ce domaine de compétence ; développement :

❖ D'une part :

D'outils de caractérisation avancée pour l'analyse fine des phénomènes non linéaires :

- ✦ Au niveau « circuit » : *système de caractérisation en impulsion de composants semi-conducteurs*
- ✦ Au niveau « système » : système de caractérisation des distorsions d'enveloppe de modulation par des modules non linéaires

❖ D'autre part :

*De modèles non linéaires :*

- ✦ Au niveau « circuit » : modèles électrothermiques de transistors : (modèles à topologie électrique équivalente pour la CAO des circuits)
- ✦ Au niveau « système » : modèle comportementaux (boîte noire) intégrant la représentation des effets dynamiques non linéaires (mémoire) de modules de puissance pour la simulation de niveau hiérarchique système.

Les avancées dans la compréhension et l'identification des phénomènes non linéaires associées aux méthodologies d'analyse nous permettent de mener des investigations sur des verrous technologiques dans le domaines des sciences et techniques de l'information et de la communication.

Concernant l'AS – radio logicielle, proposition de contribution :

- ✓ *En émission* : module d'amplification à puissance adaptative.  
« Indexation dynamique des polarisations » pour la gestion optimale des compromis linéarité / rendement
- ✓ *En réception* : Circuit d'échantillonnage direct de signaux HF.  
« Lignes millimétriques non linéaires distribuées ».

**Contact :** Jean-Michel NEBUS  
IRCOM – UMR 6615  
123 Avenue Albert Thomas  
87060 LIMOGES CEDEX  
Tél : 05 55 45 72 97  
Email : [jean-michel.nebus@ircom.unilim.fr](mailto:jean-michel.nebus@ircom.unilim.fr)

**2<sup>ème</sup> thématique** : Equipe Circuits et dispositifs microondes  
13 permanents -  $\approx$  26 doctorants

Activités dans cette équipe sur le sujet : **FILTRES ACTIFS RF ET MICROONDES PLANAIRE ET MONOLITHIQUES**

Les études développées visent à intégrer la fonction RF et microonde de filtrage en technologies planaires et monolithiques sur les différents thèmes suivants :

**Synthèse de composants actifs monolithiques utilisés pour la compensation et l'accord en fréquence centrale des filtres actifs RF et microondes**

Exemple de circuits développés : Circuit AsGa PHEMT simulant sur une octave de fréquence autour de 3GHz ou de 8GHz avec une partie réelle commandée en tension de -10 à 0 O ; self inductance active monolithique sans perte mesurée autour de 4 GHz ; circuits à gain et phase variables monolithiques à 4 et 40 GHz.

**Filtres passifs associés à des éléments ou des circuits actifs de compensation et de réglage**

Ces travaux font l'objet d'une collaboration avec le LEST (BREST) et l'IRCCYN (NANTES).  
Exemple de circuits développés : Filtres passifs planaires microrubans constitués de résonateurs de type ? ayant une bande relative d'accord de  $\pm 5\%$  autour de 5GHz.

**Amplificateurs filtrant monolithiques**

Ces circuits combinent les fonctions amplification faible bruit et filtrage.

**Filtres actifs récurrents et transversaux analogiques faible bruit monolithiques**

Filtres récurrents utilisant des circuits diviseur/combineur de puissance dont chaque élément constitutif (élément de retard, élément de gain dans la voie en rétroaction), est lui-même adapté en puissance.

Exemple de circuit développé : Filtre récurrent ayant un facteur de bruit de 2 dB associé à un gain de 5 dB à la fréquence centrale de 10 GHz.

Filtres récurrents utilisant une adaptation active aux accès d'entrée et de sortie d'un filtre lui-même adapté en tension. La potentialité d'accord large bande de la fréquence centrale de ces circuits monolithiques est expérimentalement démontrée avec une bande relative d'accord de  $\pm 15\%$  autour de 7 GHz.

**Intégration monolithique Silicium des filtres actifs RF et microondes**

Conception de filtres intégrés de type LC aux pertes compensées par une résistance négative différentielle flottante en technologie SiGe.

Application du concept des filtres récurrents avec des structures différentielles et une technologie CMOS.

Etude de nouvelles structures de filtres intégrés SiGe.

**Contrôle automatique et stabilisation de la fréquence centrale des filtres actifs**

Deux méthodes de contrôle (à boucle de gain ou boucle de phase) de la fréquence centrale de filtres actifs microondes sont mises en œuvre. Avec ces deux techniques, un verrouillage est obtenu autour de 4 GHz sur une bande relative de  $\pm 5\%$  avec une précision inférieure à 1 %.

**Contact :** Bernard JARRY  
IRCOM – UMR 6615  
123 Avenue Albert Thomas  
87060 LIMOGES CEDEX  
Tél : 05 55 45 72 62  
Email : jarry@ircom.unilim.fr