



**HAL**  
open science

## Architecture et applications d'un système d'acquisition multi-capteurs

Patrice Pajusco, N Malhouroux, F. Gallée

► **To cite this version:**

Patrice Pajusco, N Malhouroux, F. Gallée. Architecture et applications d'un système d'acquisition multi-capteurs. JNM - Journées Nationales Micro-ondes, May 2019, Caen, France. hal-02298844

**HAL Id: hal-02298844**

**<https://hal.science/hal-02298844v1>**

Submitted on 27 Sep 2019

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

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

## Architecture et applications d'un système d'acquisition multi-capteurs

P. Pajusco<sup>1</sup>, N. Malhouroux<sup>2</sup>, F. Gallée<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Lab-STICC, IMT Atlantique, technopôle Brest-Iroise, CS 83818, 29238 Brest Cedex 3

<sup>2</sup>Orange Labs Belfort, 1 rue Maurice et Louis de Broglie, CS 2038, 90007 Belfort Cedex  
patrice.pajusco@imt-atlantique.fr

**Résumé** – La modélisation du canal de propagation, notamment massive MIMO, nécessite des sondeurs de canaux performants. Cet article présente un système d'acquisition multi-capteurs basé sur une architecture « Software Defined Radio ». La solution proposée, bas coût et flexible, offre des performances attractives pour le sondage de canal. Une méthode originale est proposée pour la caractérisation au niveau mobile. Enfin, bien que l'acquisition repose sur une approche commutée, ce système est capable de traiter des signaux réels comme le Wi-Fi et déterminer les directions d'arrivée de chaque utilisateur.

### 1. Introduction

Pour développer et optimiser les modèles de propagation, les sondeurs de canal large bande MIMO sont devenus des outils incontournables. De nombreuses équipes ont développés des solutions spécifiques de sondage de canal [1-3]. Ces projets couteux requièrent des compétences très variées. De récents développements [4] profitent de la maturité de la radio logicielle pour réduire les coûts et la complexité de développement.

L'objet de cet article est de présenter une solution flexible et bas coût pour la caractérisation du canal de propagation. La première partie détaille l'architecture et les caractéristiques du système développé. La section suivante présente ses capacités de sondage de canal, avec notamment une nouvelle approche pour la caractérisation spatio-temporelle au niveau du mobile. La troisième section illustre la flexibilité du système avec un exemple de « localisation » de sources Wi-Fi.

### 2. Architecture de l'équipement

Avec l'émergence des techniques massives MIMO, le système doit permettre la caractérisation d'un grand nombre de canaux. Il doit aussi pouvoir être embarqué, impliquant un poids et une consommation réduits.

Pour éviter un développement matériel, notamment RF, le cœur du système repose sur une solution radio logicielle Ettus X310. Ce produit open-source présente des performances adaptées. L'acquisition multi-capteurs repose sur une approche par commutation. Cette solution, très souvent adoptée en sondage de canal, permet de réduire les coûts (un seul boîtier) et limite les problématiques de calibrage (unique chaîne active). Un GPS assure le positionnement et la synchronisation de

l'ensemble des horloges, notamment pour les mesures MIMO en contexte extérieur. Le second récepteur du boîtier X310 peut-être mis à profit pour acquérir simultanément le signal sur une antenne fixe. Dans ce cas, il est possible de s'affranchir de la synchronisation de fréquence entre la source et le sondeur. Pour l'analyse des mesures, une caméra panoramique calibrée complète le dispositif RF. Enfin, un PC assure l'ensemble du paramétrage et la visualisation des résultats. L'ensemble complètement intégré dans un rack 3U est présenté sur la Figure 1.

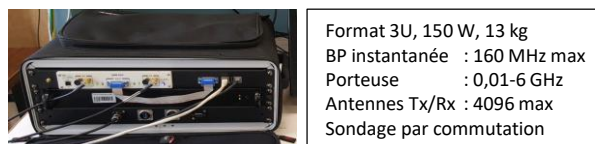


Figure 1. Ensemble intégré

La solution logicielle repose uniquement sur des composants open-source : C++ pour l'acquisition, python pour les traitements, QT pour l'interface graphique. Les échanges de données entre acquisition et traitement s'effectuent par fichier. Malgré cette architecture modulaire et basique, le système permet une visualisation en temps réel.

### 3. Caractérisation spatio-temporelle

#### 3.a. Caractérisation à la station de base

L'objectif premier d'un sondeur large bande multi-capteurs est la caractérisation spatio-temporelle. Dans ce but, une antenne planaire avec 64 éléments a été développée. Cette antenne, détaillée dans [5], est capable de dépointer en azimuth et en élévation, avec une polarisation arbitraire. L'estimation directionnelle est réalisée en temps réel par formation de voie. Le résultat est superposé à la capture optique pour une meilleure interprétation physique.

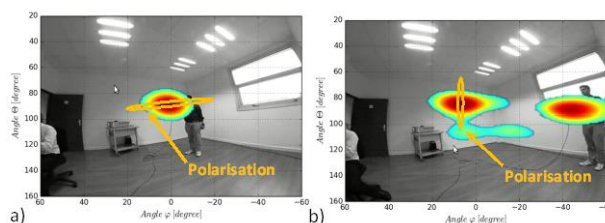


Figure 2. Exemple d'analyse directionnelle « live »

La Figure 2a présente l'exemple d'analyse d'un trajet direct et la Figure 2b une situation avec une réflexion sur un mur. Le dispositif est également capable d'estimer la polarisation de l'onde reçue (ellipses sur les figures). Une vidéo avec tous les détails de l'expérience est disponible sur [youtube.com/watch?v=72O3DiWHmk0](https://www.youtube.com/watch?v=72O3DiWHmk0)

### 3.b. Caractérisation au mobile

Il est également important de caractériser le canal au niveau du mobile. Une solution planaire virtuelle est proposée par Orange, mais nécessite l'arrêt du véhicule. Un réseau sphérique  $2 \times 16$  sur la voiture est utilisé par l'université d'Helsinki. Cette solution permet des mesures en mobilité mais sa mise en œuvre semble assez lourde. Une approche originale est proposée ici offrant une résolution angulaire significative et une faible complexité. Le principe, illustré sur la Figure 3, consiste à utiliser un réseau uniforme linéaire sur la voiture, et de synthétiser un réseau planaire virtuel d'antennes à partir du déplacement du véhicule.

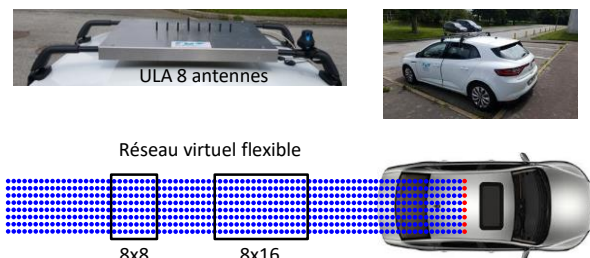


Figure 3. Principe de réseau virtuel mobile

Ce principe de synthèse d'antennes par déplacement est très classique en télédétection (radars à ouverture synthétique). Le réseau planaire résultant est plus grand que les réseaux généralement utilisés sur un véhicule. Il peut être constitué par plusieurs centaines d'antennes, et offrir une excellente résolution angulaire, aussi bien en azimut qu'en élévation.

Comme toute approche avec un réseau virtuel, la stationnarité et surtout la stabilité de phase sont des éléments critiques. Une horloge synchronisée via un GPS a été utilisée à l'émission et la réception. Une parfaite connaissance de la trajectoire et de la vitesse du véhicule permet de calculer dynamiquement la formation de voies. Les premiers tests ont permis de valider le concept. Un exemple est donné sur la Figure 4. Il correspond à l'analyse du pic principal de la réponse impulsionnelle au passage du véhicule devant l'émetteur. On observe très bien l'inversion de la direction d'arrivée.

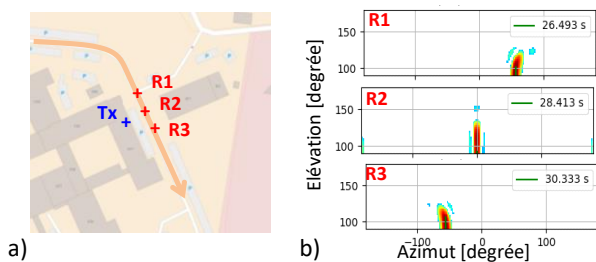


Figure 4. Exemple d'analyse au mobile

## 4. Directions d'arrivée de sources Wi-Fi

Bien que le système d'acquisition repose sur un principe de commutation, il peut aussi être utilisé sur de véritables signaux télécoms tels que le Wi-Fi. Le principe consiste à exploiter le second récepteur pour décoder l'adresse MAC de chaque burst. Parallèlement, ces bursts asynchrones sont reçus par une partie des antennes du réseau commuté. Au bout de quelques paquets, toutes les antennes du réseau ont reçu un signal. Après un traitement adapté, la formation de voie peut-être appliquée pour connaître la direction principale de la source Wi-Fi. La Figure 5b présente un exemple avec deux sources, un smartphone et un routeur. La Figure 5a présente le résultat actualisé en temps réel où apparaît la direction (azimut et élévation), l'adresse MAC et l'amplitude des deux sources.

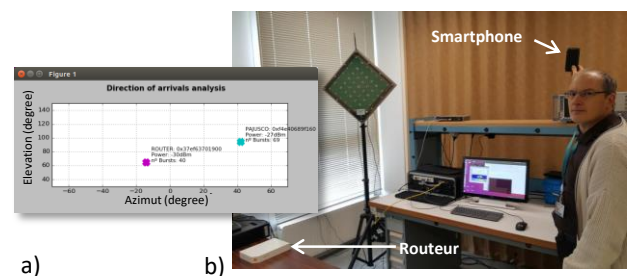


Figure 5. Exemple de localisation de sources Wi-Fi

## 5. Conclusion

Un sondeur de canal à bas coût ainsi qu'une solution originale pour la caractérisation au mobile ont été proposées. Bien que l'architecture exploite une approche par commutation, l'équipement est aussi utilisable pour l'analyse de signaux réels, illustré par un exemple de localisation multi-utilisateurs Wi-Fi.

## Références

- [1] P. Laly et al., « *Flexible real-time MIMO channel sounder for multidimensional polarimetric parameter estimation* », in 2015 IEEE Conference on Antenna Measurements & Applications (CAMA),
- [2] L. Ji, J. Zhao, et J. Zhou, « *Design of a compact hardware platform for broadband MIMO channel measurement* », in Asia-Pacific Microwave Conference 2011, 2011, p. 1422-1425.
- [3] V. -. Kolmonen, J. Kivinen, L. Vuokko, et P. Vainikainen, « *5.3-GHz MIMO radio channel sounder* », IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. 55, no 4, p. 1263-1269, août 2006.
- [4] Mohamed Rabeek S et Annamalai Arasu M, « *Design of channel sounder using an agile RF transceiver based USRP3 and Matlab/Simulink* », in 2016 IEEE Region 10 Conference (TENCON), 2016, p. 3494-3497.
- [5] P. Pajusco, F. Gallée, N. Malhouroux, et R. Burghelée, « *Massive antenna array for space-time channel sounding* », in 2017 11th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP), 2017, p. 865-868.