

## **P42. Caméra électromagnétique. Observons l'invisible**

Année 2016

**Encadrants** : P. PAJUSCO (département MO) et M. LE GALL (département ELEC)

**Partenaires** : N. MALHOUROUX, Société ORANGE LABS

**Mots clés** : Propagation, sondage de canal, direction d'arrivée, réseau d'antennes, réponse impulsionnelle, rayonnement électromagnétique, python, Qt, C++.

### **Résumé :**

Ce projet consiste à réaliser une caméra électromagnétique. Un émetteur transmet un signal à spectre large (80 MHz) dans les bandes de fréquences UHF. Le récepteur, à base de radio logicielle, capture successivement les signaux radio sur les différentes antennes d'un réseau planaires. Par traitement d'antenne, il est possible de visualiser la distribution spatiale de puissance en 3D des ondes radio dans l'environnement. L'interface graphique permet de choisir la configuration de mesure et de visualiser les différents résultats.

### **1. Présentation et contexte du projet.**

Augmenter le débit est un fort enjeu pour Orange Labs, dont la volonté est d'anticiper le passage à la 5G. Dans ce but, ses laboratoires de recherche développent des modèles de propagation aussi précis que possible. Ces modèles s'appuient sur une connaissance fine des mécanismes de propagation, généralement fruits de nombreuses campagnes de mesures spatio-temporelles. Il n'existe pour l'instant, aucun dispositif simple et évolutif pour visualiser en temps réel les propagations des ondes. Pour pallier ce manque, notre projet a poursuivi le développement d'un sondeur de canal spatio-temporel s'appuyant sur une architecture open-source. Il permet de visualiser et d'enregistrer en temps réel les niveaux de radio fréquences détectés par le réseau d'antennes (champ proche) mais également les directions d'arrivée des ondes (champ lointain). La facilité de collecte de telles informations permettront d'accélérer l'optimisation des modèles large bande.

### **2. Méthodologie développée pour aboutir.**

Notre projet se divise en quatre grands axes d'études. Les deux premiers consistent à la prise en main de l'émetteur constitué par un générateur de signal arbitraire et du récepteur à base de radio-logicielle. Le troisième se concentre sur l'étude du traitement des antennes et du canal de propagation. Une fois ces axes travaillés, l'axe restant est l'incorporation des résultats trouvés dans une interface graphique Qt. La finalité est de superposer image visible et image radioélectrique, une forme de réalité augmentée. Nous utilisons deux langages pour ce projet : C++ et python. Le C++ sert à dialoguer avec le récepteur. Tandis que l'on a recours à python pour le chargement et le traitement des données, ainsi que pour la réalisation de l'interface graphique Qt. Etant cinq dans le groupe, nous avons désigné un responsable pour chaque tâche. Tous les membres du groupe ont été cependant amenés à travailler sur chaque axe.

Pour finir, par demande de nos encadrants, nous avons décidé de travailler en méthode agile pour faciliter l'interactivité entre eux et notre groupe.

### **3. Développement des différentes tâches et principaux résultats :**

#### **3.1. Prise en main de l'environnement**

Les premières tâches ont consistées à prendre en main le matériel existant, un générateur arbitraire Rohde & Schwarz SMJ100a et un récepteur USRP 2953R mis à disposition par Orange Labs. Ces deux équipements constituent les fonctions indispensables d'émission et d'acquisition des ondes électromagnétiques. Les principales techniques de sondages de canal sont la méthode temporelle, la méthode fréquentielle et la méthode par compression d'impulsion. Dans le cadre de ce projet, la méthode par compression d'impulsion a été retenue dans un premier temps. Elle consiste à transmettre des séquences pseudo aléatoire qui occupe l'ensemble de la bande à sonder. Dans un second temps, une séquence plus optimale a été utilisée. Le signal large bande optimisé est généré et chargé dans le générateur arbitraire au moyen d'un programme python. Le signal transmis est reçu sur chaque élément du réseau d'antennes et enregistré dans un format spécifique.

#### **3.2. Traitement d'antennes**

Nous travaillons sur une antenne constituée de 64 voies, conçue conjointement par Orange et Telecom Bretagne. Une fonction python permet de représenter la valeur du champ proche sur une figure respectant la géométrie de l'antenne réseau. Les données peuvent aussi être affichées pour chacune des antennes en fonction du temps. La partie traitement d'antennes consiste à écrire un code Python qui permet de calculer et manipuler le diagramme de rayonnement de l'antenne réseau. Grâce à un algorithme de formation de voies, les directions d'arrivée des différents trajets de propagation peuvent être calculées.

#### **3.2. Interface graphique et documentation**

Développée avec la librairie Qt, l'interface graphique ergonomique permet de configurer la chaîne de mesures comme par exemple la fréquence, le nombre de points, la bande passante... Elle permet de calculer et afficher en temps réel les résultats trouvés lors de mesures du canal radio : signaux temporels, réponse impulsionnelle, champ proche, directions d'arrivée...

Afin d'assurer une continuité du projet, une génération automatique de documentation a été mise en place. Une documentation HTML du code a été réalisée grâce à l'outil sphinx, ainsi qu'une documentation utilisateur au format PDF et HTML générée par les logiciels pweave et rst2pdf. Une notice d'utilisation est aussi fournie de manière rendre l'équipement accessible à tout utilisateur.

### **4. Conclusions et perspectives :**

Ce projet propose une méthode d'acquisition des ondes électromagnétiques reçues par un réseau d'antennes (64 éléments). Cette caméra électromagnétique permettra à notre client, Orange Labs, de réaliser plus facilement des mesures spatio-temporelles et ainsi d'optimiser plus efficacement leurs modèles de canal. C'est un point crucial pour eux, spécialement avec l'arrivée prochaine de la 5G. Celle-ci est, en effet, programmée pour 2020.

L'utilisation de sources existantes à la place de l'émetteur actuel constituera une piste d'évolution pour visualiser l'ensemble des sources radio présentes dans l'environnement. La visualisation de la répartition spatiale de la puissance en réalité augmentée qui n'a pu être réalisée au cours du projet constitue une seconde piste d'évolution.