

Radio Logiciel Numérique :

Applications à une Station Météo (1^{ère} Partie) et au Suivi d'Avion par Radar (2^{ième} Partie)

Nour Mohammad **Murad**

Département RT
IUT de Saint Pierre
40, Avenue de Soweto 97410 Saint Pierre
nour.murad@univ-reunion.fr

Cédric **Lamardelle**

Orange Réunion
Département Technique
Route de la Vierge Noire
97438 Ste Maire
cedrick.lamardelle@orange.com

Abstract—L'objectif de cette article est de montrer qu'il est possible d'initier les étudiants du DUT RT aux systèmes embarqués au travers d'un Raspberry Pi intégrant un Software Digital Radio (SDR) pour une application du type carte météo (partie 1) ou de suivi des transpondeurs d'avion par radar (partie 2). Les deux exemples d'applications seront traités plus en profondeur sur deux d'articles distincts. Ces deux applications ont pour objectif de renouer le lien entre les étudiants et le monde des télécoms, de l'électronique et de la physique électromagnétique. La pédagogie Travaux Pratiques sous la forme de Projet (TP-projet, noté TPP) apporte une réelle motivation aux étudiants à la réalisation concrète des projets radariste et météorologique. Nous montrerons aussi que le coût d'investissement et de fonctionnement de la maquette reste très faible par rapport au produit professionnel pour une qualité pédagogique raisonnable. La maquette reste libre sans licence et est évolutif.

Keywords—SDR, antennes, système embarqué, météorologie, radar, Raspberry Pi.

I. INTRODUCTION

L'objectif du TP-projet (noté TPP) est de redonner la motivation aux étudiants pour s'épanouir dans les modules de télécoms, d'électroniques et de physique. Renouer avec l'envie de construire quelque chose avec ces mains par la fabrication d'une antenne, par l'installation et la compilation des sources de codes sur un système embarqué de type Raspberry Pi. Une autre approche à l'aide d'un PC sous l'OS Window a été aussi appliquée. Ce TPP s'applique plus particulièrement pour le module M4208C - antenne et réseaux de diffusion hertziens où les compétences visées est de mettre en place des antennes et un kit de récupération de signaux, de mesurer la qualité du signal, d'analyser des flux multimédia et de comprendre le transcoding. De plus, ce TPP de fin de seconde année sert aussi de rappels et de consolidation des savoirs et savoirs faire sur les principes des transmissions radio (M2107), les bases de l'électromagnétisme pour la propagation (M2206) et la transmission large bande (M3106). Les deux applications choisies sont la météorologie et le suivi radar des avions. Les notions et concepts abordés de manière non exhaustive sont les suivantes : dimensionnement de l'antenne, pointage, mesure du SNR, connectique HF, installer et compiler des softs,

comprendre la modulation utilisée, polarisation de l'antenne, porteuse et canal, ...

II. EQUIPEMENTS ET LOGICIELS

Cette section liste l'ensemble des équipements et logiciels nécessaires à la réalisation du TPP. Chaque section sera détaillée plus tard sur les deux articles, une pour chaque application.

A. Antenne ADS-B air radar et logiciels associés

Les avions utilisent un transpondeur ADS-B Mode-S (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast), qui diffuse périodiquement des informations d'identification et de position aux radars au sol et aux autres avions à proximité [1]. Les signaux ADS-B peuvent être traités afin de créer son propre système de radar aérien, comparé au 1000€ pour la version récepteur commercial. L'ADS-B fonctionne à une fréquence de 1090MHz. Une antenne coaxial colinéaire est utilisé en polarisation verticale (Fig. 1) ainsi que des logiciels pour écouter et décoder le signal (ADSB#, RTL1090, dump1090, Modesdeco,...). De plus, parmi des logiciels d'affichage graphique de position des avions (Virtual Radar Server, PlanePlotter, adsbScope, ...) un sera présenté et utilisé. Des éléments pour fabriquer l'antenne seront tuteurés avec une source bibliographique. Le rayon de suivi des avions est de l'ordre de 250 à 300 km pour le type d'antenne fabriqué sans amplificateur et sans optimisation de l'antenne lorsqu'on se trouve sur un point haut et dégagé d'obstacle (être proche d'un aéroport). Au pire, il faut ajouter un amplificateur ce qui sera le cas plus tard.

B. Antenne Météo et logiciels associés

Tous les jours plusieurs satellites météorologiques de la NOAA passent au-dessus de nous. Chaque satellite météorologique NOAA émet un signal qui transmet automatiquement des images Automatic Picture Transmission (APT) de la météo en direct de notre région. Un tutoriel montrera comment fabriquer une antenne à polarisation circulaire droite accordée à 137MHz R-QFH (Right Quadri Filaire Helicoidale) (Fig. 1) et mettre en place une station de réception de satellites météorologiques [2]. Les logiciels tels que WXtoImg pour décoder le signal APT et un logiciel de

suivi de satellite météo avec correction d'effet Doppler, Orbitron 3.71 seront configurés et utilisés.

C. La clé USB Nooelec RTL-SDR R820T2

Ils existent divers radios logiciels numérique associés à des dongles comme FUNcube, HackRF et Airspy. Mais le RTL-SDR est l'option la moins chère (Fig. 4). Cette clé utilise une puce tuner R820T2 qui est une petite amélioration par rapport à la puce RT820T [3]. Le chipset est un peu plus sensible de 2 à 6dB et sa plage de réception va de 13 à 1864 MHz (au lieu de 24 à 1766 MHz précédemment). Le dongle RTL-SDR combinée avec une des antennes précédentes et un programme de décodage peut être utilisé pour télécharger, analyser et afficher ces images en direct.

D. Raspberry Pi B et son Raspbian

Cette sous-section présentera et décrira succinctement ce qu'est le système embarqué et donnera des références caractéristiques. De plus, l'installation de l'OS Raspbian [4], des drivers et des logiciels pour chaque application sera expliquée. Il est aussi possible d'utiliser un PC sous Windows. Cependant l'idée pédagogique est de familiariser les étudiants avec du Linux embarqué. Par ailleurs, le traitement des images météorologiques ou du suivi en temps réel des positions des avions dans un espace aérien (Fig. 3) sollicitent énormément le processeur du Raspberry Pi qui reste correcte.



Fig. 1. Antenne R-QFH (à gauche) et antenne ADS-B (à droite).

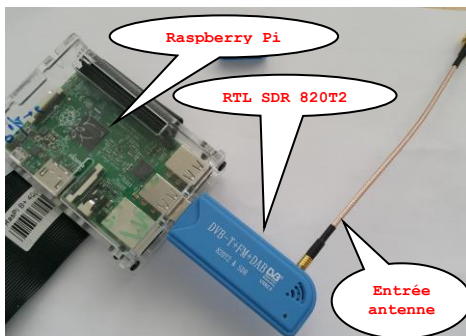


Fig. 2. Le kit de reception de signaux.

III. MISE EN ŒUVRE DES SEANCES

Les séances sont au nombre de quatre pour une durée de 3h30/séances. Il est vivement conseillé de faire le TPP sur une journée, car dans l'hémisphère sud le satellite NOAA 19 passe deux fois par jour (début et fin de journée). Concernant, le trafic aérien, dans le sud de la Réunion, il est peu dense. Séance 1 : Dimensionnement, Caractérisation, Fabrication et Positionnement de l'antenne. Séance 2 : Installation, Configuration et Paramétrage des logiciels embarqués pour une application choisie. Séances 3 : Mise en place de la réception pour l'application choisie, Analyse spectrale, Décryptage du flux, Analyse des codages,...Séance 4 : Rediffusion sur le réseau local ou Internet (une extension possible)

IV. COUT D'INVESTISSEMENT

Le coût de la maquette reste faible pour les deux applications. Le temps et l'effort pour fabriquer les divers éléments des antennes demandent un peu « d'huile de coude » afin que l'assemblage et la finition se fassent aisément durant la séance. Une préparation avant le TP est recommandée.

Listes	Prix
Antenne, câble coaxial connectique, tubes PVC, tuyaux de cuivre...	150 €
Raspberry Pi B, ...	35 €
RTL-SDR 820T2	25 €
Total	210€

V. QUESTIONS DE TP ET RESULTATS

Cette section exposera quelques questions qui sont posées aux étudiants sur les notions et concepts abordées, sur les mesures et l'interprétation des mesures effectués. L'étudiant résumera dans son rapport final toute sa démarche expérimentale afin de consolider son savoir.

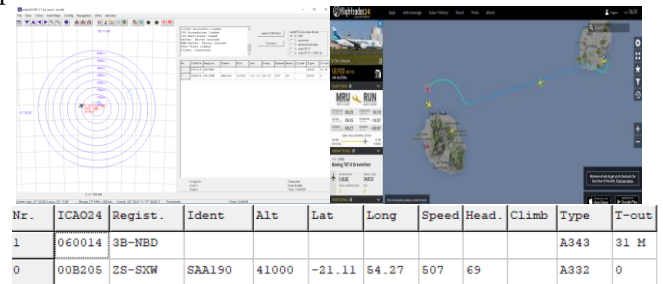


Fig. 3. Position des avions avec AdsbScope comparée à flightradar24.

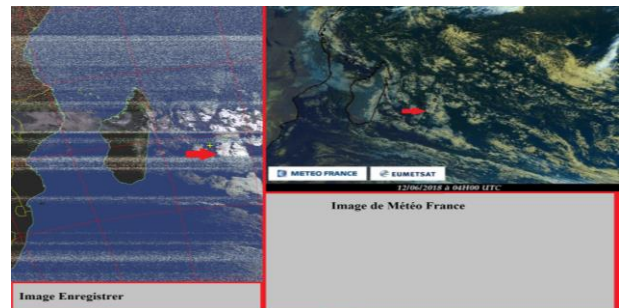


Fig. 4. Image météo reçu à gauche comparée à celui de Météo France.

VI. CONCLUSION

Les étudiants ont été très intéressés par ces TPP, en effet dès la présentation des sujets de nombreuses questions ont été posées. Ensuite, les étudiants ont réalisé ces TPP avec un enthousiasme perceptible, d'une part pour le mode de déroulement en projet et d'autre part parce que les étudiants étaient autonomes dans la mise en œuvre des maquettes (montage des antennes et installation des logiciels).

En effet, le mode projet a incité les étudiants à chercher par eux-mêmes des méthodes pour arriver aux objectifs des TP. Nous avons simplement fourni les grandes lignes des actions à réaliser pour les orienter dans leurs démarches ce qui leur a servi de guide. De plus, les étudiants ont montré un engouement non négligeable lors la mise en œuvre de ces TP parce qu'ils ont dû mettre en place tous les aspects fondamentaux comme choisir l'emplacement des antennes, assemblage les connecteurs, choix de la suite de logiciel, etc...

Pour finir, les maquettes sont simples, peu couteux et facile à mettre en œuvre. Une évolution du TP serait de diffuser les images sur un site web avec les modules 1106, 1108 et 2106 qu'ils ont étudiés.

REFERENCES

- [1] <http://www.rtl-sdr.com/adsb-aircraft-radar-with-rtl-sdr/>
- [2] http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/digitalbeacon/information/Building_QFH_Antenna_Guide.pdf
- [3] <http://www.rtl-sdr.com/nooelec-now-selling-rtl-sdrs-r820t2-tuner/>
- [4] <http://raspbrian-france.fr/category/mise-place-installation-raspbian-sur-raspberry-pi/>

