



**HAL**  
open science

## Etude, conception, réalisation et tests d'une nouvelle canne connectée intelligente multi-technologie radio

Thierry Val, Réjane Dalcé, Imen Megdiche, Oussema Fakhfakh, Khawla Ltifi

### ► To cite this version:

Thierry Val, Réjane Dalcé, Imen Megdiche, Oussema Fakhfakh, Khawla Ltifi. Etude, conception, réalisation et tests d'une nouvelle canne connectée intelligente multi-technologie radio. Congrès National de la Recherche des IUT (CNRIUT 2021), ADIUT : Assemblée des Directeurs d'IUT, Jun 2021, Lyon (en ligne), France. hal-03195002

**HAL Id: hal-03195002**

**<https://hal.science/hal-03195002>**

Submitted on 10 Apr 2021

**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.

Public Domain

---

# Étude, conception, réalisation et tests d'une nouvelle canne connectée intelligente multi-technologie radio

---

Thierry VAL<sup>1</sup>      Réjane DALCE<sup>2</sup>      Imen MEGDICHE<sup>3</sup>  
Oussema FAKHAKH<sup>3</sup>      Khawla LTIFI<sup>2</sup>

[thierry.val@irit.fr](mailto:thierry.val@irit.fr)   [rejane.dalce@irit.fr](mailto:rejane.dalce@irit.fr)   [megdiche@irit.fr](mailto:megdiche@irit.fr)  
[oussema.fakhfakh@irit.fr](mailto:oussema.fakhfakh@irit.fr)   [khawla.ltifi@irit.fr](mailto:khawla.ltifi@irit.fr)

<sup>1</sup> IUT Blagnac, dpt RT, Université de Toulouse 2 Jean-Jaurès  
Laboratoire IRIT, équipe RMESS, UMR 5505

<sup>2</sup> ISIS Castres, INU Champollion  
Laboratoire IRIT, équipe RMESS, UMR 5505

<sup>3</sup> ISIS Castres, INU Champollion  
Laboratoire IRIT, équipe SIG, UMR 5505

**Thèmes** – Santé - Informatique - Électronique

**Résumé** – *Le présent article détaille la conception d'une canne intelligente équipée de trois technologies de communication sans fil complémentaires : WiFi, Bluetooth Low Energy et LoRaWAN. Cette canne connectée est utilisée pour le suivi des personnes âgées, aussi bien en intérieur qu'en extérieur. La liaison BLE permet en particulier des échanges avec le Smartphone de la personne. La liaison WiFi est préférée pour les communications à l'intérieur de l'habitat. La liaison LoRaWAN est plutôt utilisée en extérieur en tirant avantage des liens longues distances de ce nouveau réseau dédié à l'Internet des objets. La canne est équipée de différents capteurs : accéléromètre 3D, magnétomètre 3D permettant les mesures de l'actimétrie, mais aussi d'un capteur de pression de la main sur la canne. La canne est construite autour d'un microprocesseur ESP32 et d'un transceiver RFM95. De nombreux programmes de tests de communication en langage C ont été développés pour ce dernier, associés à des applications pour Smartphone, tablette, ordinateur PC et nano-ordinateur RaspberryPI.*

**Mots-Clés** – IoT, réseau sans fil, e-santé, WiFi, Bluetooth, LoRaWAN, canne connectée.

## 1 Introduction

Les objets connectés sont aujourd'hui omniprésents dans notre quotidien, et montrent en particulier leur intérêt pour les applications liées à la santé. Face au vieillissement de la population liée à l'augmentation de la durée de vie, il est intéressant pour les personnes âgées d'utiliser une canne de marche intelligente afin de suivre leur déplacement, prévenir les chutes et les aider dans leur vie quotidienne. Notre idée de canne connectée CaNET est née il y a une dizaine d'année [1] [2]. Plusieurs versions ont été développées [3] [4]. Nous prévoyons maintenant la conception d'une canne équipée de trois technologies de communications sans fil, pour son utilisation pour des tests réels avec des personnes âgées de l'EPHAD AGIR de Castres, et l'analyse des données transmises par des techniques de *Deep Learning*. Ce papier présente plus particulièrement la conception matérielle électronique de la canne et de ses programmes de tests des fonctionnalités de communication sans fil, en amont des futurs travaux.

## 2 Une canne tri-connectée en sans fil

Nos objectifs dans ce projet sont de concevoir une nouvelle version de canne connectée pouvant, suivant les besoins et les situations, communiquer avec plusieurs systèmes de communications sans fil :

- WiFi : notre idée est de permettre à la canne de se connecter typiquement à une box Internet chez un particulier, un réseau WiFi dans un EPHAD. La canne doit donc se comporter comme un client WiFi. Via ce réseau, elle doit pouvoir échanger des messages avec des équipements IP au sein même du réseau local du bâtiment mais aussi, via un routeur, accéder à Internet. On peut aussi imaginer que la canne se connecte à un Smartphone qui partage sa connexion Internet en WiFi. Ici aussi, la canne est client WiFi. Dans des cas plus spécifiques et ponctuels, il pourrait aussi être intéressant de relier deux cannes entre elles en WiFi.

- Bluetooth : offrir à la canne un moyen de communication Bluetooth, en particulier basse consommation comme *Bluetooth Low Energy* (BLE) est également l'un de nos objectifs. C'est typiquement le cas d'une connexion directe entre la canne et le Smartphone de la personne, ou d'un aidant qui est visé. Avoir une liaison BLE activée va permettre des échanges à moyen débit avec une application dédiée dans le Smartphone, ou éventuellement avec une passerelle BLE dans l'habitat ou associée à des équipements dans une ville intelligente comme des ascenseurs, des portes de bus... La consommation de BLE étant très réduite, on va privilégier également ce lien qui peut être actif en quasi permanence. Il peut être plus avantageux d'utiliser BLE en lieu et place du lien WiFi, plus économe, avec le Smartphone évoqué

plus haut, par exemple pour un partage de connexion Internet. La détection de *iBeacons* pour une localisation dans des lieux de vente, pour l'activation de services à distance lors de l'approche de la personne pour appeler un ascenseur ou un monte-escalier est également envisagée.

- LoRaWAN : afin d'assurer une connectivité permanente, en dehors de la couverture WiFi et BLE (si la personne n'a pas de Smartphone par exemple, ou si on limite l'utilisation du partage de connexion Internet à cause du coût des forfaits 4/5G), il semble indispensable de prévoir une liaison LPWAN (*Low Power Wide Area Network*) de type LoRaWAN. Ayant déjà expérimenté avec succès des liaisons LoRa [2], nous avons envisagé d'étendre ces simples liaisons sans fil entre canne et nœud LoRa, en rendant compatible la canne avec LoRaWAN, et donc en rajoutant la partie WAN Internet aux liens sans fil. Nous imaginons alors d'installer au moins une *gateway* LoRaWAN (passerelle) chez le particulier ou l'EPHAD. Cette *gateway* offrira une zone de couverture radio de plusieurs centaines de mètres, voir même plusieurs kilomètres de rayon. La connexion de cette passerelle à Internet permettra de propager les messages issus de la canne sur des services distants, sur le *cloud*, vers des centres de surveillance médicale, vers le personnel soignant, le médecin, la famille, en fonction des choix de la personne âgée. Les informations pourront être visualisées sur ordinateur, tablette, Smartphone... LoRaWAN impose dans la bande 866 MHz des contraintes en termes de rapport cyclique d'émission (généralement 1% du temps), qui sont à priori compatibles avec la faible quantité de données à transmettre (état, localisation, appel d'urgence, commande...). LoRaWAN permet également de façon simple un lien descendant vers la canne. Il est bien sûr possible de s'appuyer sur la fourniture d'un accès payant via les opérateurs, mais aussi de mettre en place son propre réseau LoRaWAN privé en toute légalité. C'est cette solution architecturale que nous avons retenue en nous basant sur le déploiement d'une quinzaine de passerelles (*gateways*) LoRaWAN par l'association Tetaneutral sur Toulouse et sa région [6].

## 3 Conception matérielle

Deux stratégies sont possibles pour intégrer les trois moyens de communication, WiFi, BLE et LoRa, à la canne : (i) rajouter un *transceiver* WiFi et un *transceiver* BLE à l'architecture existante constitué principalement d'un processeur Teensy 3.2 et d'un *transceiver* RFM95 LoRa ; (ii) changer de processeur en utilisant par exemple un microcontrôleur ESP32 offrant nativement WiFi (IEEE 80.211 b/g/n) et BLE (BT v4). Nous avons retenu cette seconde solution, présentant également d'autres avantages comme le coût très réduit d'un ESP32 (quelques euros), sa compatibilité avec l'environnement de développement

Arduino et l'accès à la très grande bibliothèque de librairies et composants associés. Nous avons bien sûr gardé le module RFM95 permettant de disposer d'un *transceiver* radio LoRa à moindre coût et lui aussi compatible avec de nombreuses librairies Arduino, en particulier L-MIC pour l'accès à LoRaWAN. Nous avons également rajouté un capteur de pression FSR402 sur une GPIO configurée en entrée analogique pour mesurer la pression exercée par la main de la personne s'aidant de sa canne. Le circuit intégré (fig. 1) a été réalisé à partir d'un PCB conçu sous KICAD.

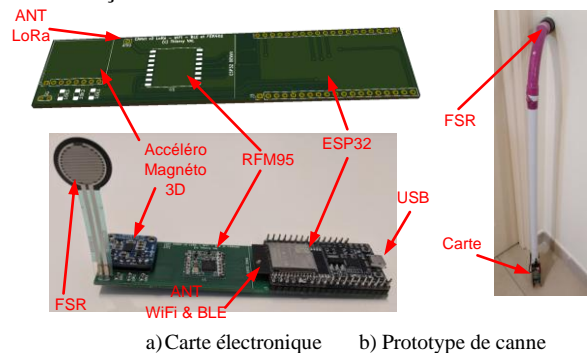


Figure 1 – carte électronique / 1<sup>er</sup> prototype

La figure 1a) présente le circuit imprimé portant un module ESP32 DevKit-v4-32D disposant d'un connecteur USB pour l'alimentation et la programmation via l'IDE Arduino. L'antenne WiFi et BLE de l'ESP32 est tout à gauche du module : notre plan de masse évite cette zone sur les 2 faces du circuit imprimé pour favoriser la propagation radio. Le centre du PCB est prévu pour souder un RFM95 en CMS et la gauche est réservée à l'accéléromètre/gyromètre 3D (LSM303), utilisé avec succès dans les versions précédentes de la canne. Un point de connexion est prévu pour souder un fil d'antenne LoRa de 8.6 cm. Enfin, un connecteur 2 points permet de relier le capteur FSR402, en lui associant une résistance CMS de charge. Deux autres résistances CMS de 10 kOhms servent de résistances de *Pull-Up* à la liaison I2C entre le capteur LSM303 et l'ESP32. La connexion entre RFM95 et ESP32 se fait par bus SPI, en respectant le brochage assez complet compatible avec la librairie L-MIC. La carte est formatée en longueur dans l'idée de la positionner dans le bas de la canne, là où les accélérations sont les plus importantes. La batterie peut également être connectée et positionnée dans le même alignement que la carte et la canne. Par contre, nous n'avons pas tenté de réduire la largeur de la carte comme nous l'avions fait pour la version précédente qui avait été prévue pour se loger dans le tube même de la canne. Suite à des études et questionnaires avec des utilisateurs, il semble qu'ils préfèrent utiliser leur propre canne, avec éventuellement un appendice rajouté vers le bas, plutôt que de devoir changer de canne pour avoir une version connectée tout intégrée. Le schéma électronique ainsi que le PCB sont

mis à la disposition de la communauté scientifique sur simple demande, tout comme les codes sources de test en langage C permettant de piloter tous les composants électroniques. La carte complète avec ses composants soudés a les dimensions suivantes : 120 x 28 x 10 mm. Le capteur FSR est ici placé pour illustration. Il est déporté et connecté à la carte par un double fil qui monte jusqu'à la poignée rouge en haut de la canne comme on peut le voir sur la figure 1b) qui illustre le premier prototype opérationnel de cette nouvelle version de canne, utilisé pour les premiers tests.

## 4 Conclusion

La conception électronique de cette nouvelle version de canne intelligente représente la première étape du projet CIPAD. Ce projet est composé d'autres étapes :

- l'intégration de ce matériel électronique dans les cannes des personnes âgées,
- la mise en place d'une architecture réseau LoRaWAN, WiFi et BLE avec l'utilisation du bus logiciel MQTT [4],
- le développement des protocoles de communication associés à ces trois technologies réseaux, aussi bien dans l'ESP32, le Smartphone, le serveur MQTT et tous les équipements réseaux et informatiques utilisés,
- les tests réels dans l'EPHAD AGIR, reportés à cause de la crise sanitaire, ainsi que la récolte et l'analyse des données par des techniques de *Deep Learning*.

Au-delà de cette canne connectée, la carte développée est utilisée pour d'autres objets connectés conçus au laboratoire, comme une genouillère connectée [5].

## Remerciements

Nous remercions TTT (Toulouse Tech Transfert) pour le financement du projet CIPAD contribuant à ces travaux ainsi que les deux stagiaires Oussema Fakhfakh et Khawla Ltifi.

## Références

- [1] E. Bougeois, A. Van den Bossche, N. Cazenave, L. Redon, A. Soveja, T. Val, T. Villemur, *Le projet CANet : une activité pluridisciplinaire liant recherche et pédagogie*, CNRIUT 2012 : Congrès National de la Recherche en IUT, Tours, 06/2012.
- [2] T. Val, E. Bougeois, A. Van Den Bossche, N. Cazenave, L. Redon, A. Soveja, T. Villemur, *Projet CANet : un système de suivi de personnes à mobilité réduite grâce à leur canne de marche*, revue EspriUT, Numéro spécial Recherche, Vol. Hors-série, p. 10-11, 02/2013.
- [3] A. Lachtar, T. Val, A. Kachouri, *3DCane: a monitoring system for the elderly using a connected walking stick*, International Journal of Computer Science and Information Security, Vol. 14 N. 8, ISSN 1947 5500, IJCSIS, USA, 08/2016.
- [4] A. Lachtar, T. Val, A. Kachouri, *Elderly monitoring system in a smart city environment using LoRa and MQTT*, IET Wireless Sensor Systems, IET Digital Library, 11/2019.
- [5] Ibtissem Letaief, Thierry Val, Hanen Idoudi, *Conception d'un prototype initial d'une genouillère connectée dans le cadre d'une auto rééducation de la maladie de l'arthrose du genou*, Journée Thématique « RIADI & Santé », Tunis, Technopôle de la Manouba, Tunisie, 12/2019.
- [6] Réseau LoRaWAN de Tetaneutral : <https://docs.lora.tetaneutral.net/gallery/divers/>