



**HAL**  
open science

## **LocURA4IoT et OctEUS : deux plateformes pédagogiques et recherche dédiées à l'Internet des Objets**

Rémi Boulle, Réjane Dalcé, Zainab Kamal-Idrissi, Carine Livoti, Olivier Negro, Thierry Val, Adrien van den Bossche, Quentin Vey

### ► **To cite this version:**

Rémi Boulle, Réjane Dalcé, Zainab Kamal-Idrissi, Carine Livoti, Olivier Negro, et al.. LocURA4IoT et OctEUS : deux plateformes pédagogiques et recherche dédiées à l'Internet des Objets. Congrès National de la Recherche des IUT (CNRIUT 2024), ADUIT : Association des Directeurs des Instituts Universitaires de Technologie; IUT de Mulhouse, Mar 2024, Mulhouse - Strasbourg, France. hal-04558279

**HAL Id: hal-04558279**

**<https://ut3-toulouseinp.hal.science/hal-04558279v1>**

Submitted on 24 Apr 2024

**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.

---

# LocURA4IoT et OctEUS : deux plateformes pédagogiques et recherche dédiées à l'Internet des Objets

---

Rémi Boulle<sup>2</sup>, Réjane Dalcé<sup>3</sup>, Zainab Kamal-Idrissi<sup>6</sup>, Carine Livoti<sup>4</sup>, Olivier Negro<sup>7</sup>,  
Thierry Val<sup>3</sup>, Adrien van den Bossche<sup>1</sup>, Quentin Vey<sup>5</sup>

[remi.boulle@univ-tlse2.fr](mailto:remi.boulle@univ-tlse2.fr), [rejane.dalce@irit.fr](mailto:rejane.dalce@irit.fr), [zainab.kamal-idrissi@univ-toulouse.fr](mailto:zainab.kamal-idrissi@univ-toulouse.fr),  
[carine.livoti@univ-tlse2.fr](mailto:carine.livoti@univ-tlse2.fr), [olivier.negro@univ-tlse2.fr](mailto:olivier.negro@univ-tlse2.fr), [val@irit.fr](mailto:val@irit.fr), [vandenbo@irit.fr](mailto:vandenbo@irit.fr),  
[quentin.vey@irit.fr](mailto:quentin.vey@irit.fr)

<sup>1</sup> IUT Blagnac, département Génie Industriel et Maintenance, laboratoire IRIT, équipe RMESS

<sup>2</sup> IUT Blagnac, département Informatique,

<sup>3</sup> IUT Blagnac, département Réseaux & Télécommunications, laboratoire IRIT, équipe RMESS

<sup>4</sup> IUT Blagnac, département CS

<sup>5</sup> laboratoire IRIT, équipe RMESS

<sup>6</sup> Université de Toulouse

<sup>7</sup> IUT Blagnac

Université de Toulouse 2 Jean-Jaurès, Université de Toulouse

**Thèmes** – Santé - Énergie - Environnement - Informatique - Électronique - Mathématiques – Réseaux sans fil

**Résumé** – *L'IUT de Blagnac vient de mettre en place sur le campus de Blagnac deux plateformes dédiées à l'Internet des Objets. La première historiquement est la plateforme LocURa4IoT, fruit de recherches menées au sein du laboratoire IRIT, équipe RMESS. La seconde plateforme OCTeUs est en quelque sorte sa variante dédiée à des activités pédagogiques impliquant les quatre départements de l'IUT de Blagnac. LocURa4IoT vient de rejoindre la communauté FIT/IOT-Lab où elle présente la particularité de proposer un grand nombre de nœuds connectés basés sur la technologie radio UWB. Cette plateforme est principalement dédiée à la localisation par mesures de temps de vol radio. La plateforme OCTeUs offre un grand nombre de capteurs LoRaWAN installés dans tout l'IUT, et permet des activités pédagogiques et de recherche sur le traitement des données, sur les protocoles de communications, sur la consommation énergétique, mais aussi sur les aspects éthiques et déontologiques de l'IoT. En constante évolution, ces plateformes évoluent régulièrement avec l'intégration d'UWB prochaine sur OCTeUs, la détection des angles d'arrivées du signal radio sur LocURa4IoT et la 5G.*

**Mots-Clés** – Internet des Objets, UWB, LoRaWAN, plateforme d'expérimentation.

## 1 Introduction

L'Internet des Objets (IoT) est en train de révolutionner le monde de la recherche, de l'industrie, de l'enseignement. De nombreuses recherches sont menées actuellement sur l'IoT, et offrent aux chercheurs en réseau sans fil un nouveau terrain de jeux bien plus vaste. De nombreuses formations incluent maintenant dans leurs activités pédagogiques des enseignements sur l'IoT : aspects techniques, protocolaires, cas d'usage, éthiques... Cet article présente deux plateformes mises en place à l'IUT de Blagnac, LocURa4IoT et OCTeUs.

## 2 LoCURA4IoT

LocURa4IoT (*Localisation and UWB-Based Ranging testbed for the Internet of Things*) [1] est une plate-forme de type *testbed* dédiée à l'étude et à l'analyse des performances des réseaux et protocoles de *ranging*. Elle permet également d'adresser la problématique de la localisation des nœuds/systèmes embarqués radio indoor, principalement par la mesure du temps de vol [2]. Initialement conçue pour l'étude des réseaux sur couche physique *Ultra-Wide Band* (IEEE 802.15.4z), elle permet également d'adresser la problématique de l'hétérogénéité des couches physiques, avec trois couches physiques : *UWB*, *Bluetooth Low Energy* (BLE) et *LoRa*. Comme tous les *testbed*, la cible visée est la communauté des chercheurs et industriels qui souhaitent *benchmarker* les performances des technologies réseau sans fil, ainsi que des protocoles et algorithmes associés. De par sa structure, LocURa4IoT permet également de viser des études d'usages qui ouvrent la porte à des initiatives pluridisciplinaires. D'un point de vue architectural, elle s'organise en 3 couches : une couche dite *Device Layer* (DL), une couche de contrôle et une couche Application. La *Device Layer* est composée aujourd'hui d'une cinquantaine de nœuds dotés d'un MCU, de plusieurs interfaces réseau sans fil (UWB, BLE et LoRa) et d'un débogueur local. Lors d'une expérience, les nœuds de la DL exécutent un *firmware* faisant appel à une ou plusieurs interfaces radio. Au sein de la couche contrôle, ils sont identifiés dans un scénario Python. Ce scénario précise le *firmware* pour chaque nœud, la durée de l'expérience et les éventuelles commandes à envoyer aux nœuds pendant l'expérience. Un serveur central gère la reprogrammation des nœuds, le contrôle du scénario d'expérience ainsi que les fonctions de débogage classiques. Le serveur s'appuie sur des Raspberry Pi pour la reprogrammation effective des nœuds radio. La couche Application est tournée vers l'utilisateur final. Elle a pour missions la présentation des résultats ainsi qu'une interface de création d'expérience. La présentation des résultats se fait en remontant les données des nœuds sur un bus MQTT. Un IDE en ligne simplifie l'utilisation à

distance de la plateforme en offrant des outils de création du scénario mais aussi du *firmware*. Pour adresser la problématique de la localisation des nœuds sans fil, tous les nœuds ont une position connue à quelques centimètres près (par mesures laser). Si la majorité des nœuds sont fixes, quelques uns sont mobiles (car placés sur des rails) et pilotables,

LocURa4IoT est déployée dans un environnement *indoor* sur le campus de l'IUT. Trois déploiements sont opérationnels : une zone de bureaux (300m<sup>2</sup>), une zone de type appartement (maison intelligente, 120m<sup>2</sup>) et une chambre anéchoïque (20m<sup>2</sup>). L'environnement de type bureau permet des expériences dans un environnement simple et stable, aux bonnes propriétés de répétabilité (notamment de nuit, sans activité humaine et portes fermées) ; l'environnement Maison Intelligente permet un environnement plus proche d'une situation écologique, avec de fortes interactions humaines possibles ; la chambre anéchoïque permet d'être totalement isolé de l'extérieur, sur le plan électromagnétique. Les deux premiers environnements offrent une grande diversité de type de murs et cloisons (brique, plâtre, métal, bois...), un critère important pour les expériences sur la localisation indoor, où la non ligne de vue (NLOS) est un enjeu important. La plateforme vient de rejoindre la communauté FIT/IoT-LAB [3], ce qui lui permet de proposer un accès à distance via Internet pour les utilisateurs (chercheurs, étudiants, entreprises...).

De nombreuses figures et informations sont disponibles sur [6] et détaillent cette plateforme.

## 3 OCTeUs

Cette plateforme pédagogique trouve naissance en 2018 dans le projet POD-IoT : « Plateforme Ouverte de Développement pour l'IoT », un réseau LoRaWAN ouvert qui a été mis en place suite à une thèse sur le sujet [4]. Dans le contexte du BUT, nous avons étendu le projet aux 4 départements de l'IUT. Cette nouvelle plateforme, OCTeUs [5] : « Objets Connectés par la TEchnologie et les USages » compte 70 capteurs « sur étagère » (non programmables) générant de la donnée de façon stable et consistante, ouvrant la possibilité de générer des données observables sur le long cours. 60 capteurs « d'ambiance » (température, luminosité, humidité, etc.) et 10 compteurs électriques connectés ont ainsi été installés dans les salles communes, amphithéâtres, salles de cours. Ces capteurs et ces données permettent d'aborder l'IoT sous l'angle de l'usage, avec ici un premier usage sur l'économie d'énergie. Les premiers enseignements ont été montés, permettant aux étudiants de travailler à la représentation des données, et leur analyse. Un projet inter-département entre Génie Industriel Maintenance (GIM) et Informatique a consisté en un jeu de rôle où les GIM ont

dirigé des étudiants développeurs d'INFO dans une démarche CdC/prestation pour le développement d'une application d'exploitation des données. Le service patrimoine de l'IUT a également demandé un accès à la plateforme et a pu adapter le chauffage de certaines salles en vue d'économiser de l'énergie. Cette plateforme a été soutenue par le projet THE CAMPUS de l'Université de Toulouse pour développer l'hybridation des enseignements à l'IUT. Ce projet a permis l'embauche d'une Ingénieure Pédagogique sur 18 mois et le financement de matériel pour commencer un travail sur la Réalité Augmentée/Virtuelle en GIM ainsi que l'utilisation des plateformes en distanciel. Dans le domaine GIM où la maintenance connectée et la télé-maintenance se développent, ce projet a permis à l'équipe pédagogique de monter en compétences, y compris pour les collègues BIATSS. Cette ingénieure pédagogique a également travaillé sur OCTeUs, pour en développer l'accès hybride pendant les TP. À ce jour, la plateforme est utilisée également par les 4 départements de l'IUT, pour des enseignements traditionnels (ressources) et des SAE propres ou inter-départements (cf. Tableau suivant).

Semestre	Ressource	Dpts	Thème
5	SAE52	RT/CS	Localisation UWB de personnes âgées
3	R309	RT	Programmation événementiel sous Node-RED
5	SAE51	RT	Monitoring : température, Co2, mouvement
5	SAE52	INFO/RT/GIM	Pilotage à distance climatisation
1	R102/ INFO1	GIM	Architecture et initiation au traitement de donnée sous tableur
2	R202/ INFO2	GIM	Initiation au traitement de donnée en Python
3	IoT	INFO	Initiation aux architectures IoT
5	R502/ INFO5	GIM	Conception de <i>Dashboard</i> et interfaces de visualisation de données
5	SAE51	GIM	Localisation d'outillages en atelier et connexion de compteurs électriques

La plateforme est composée de nœud LoRaWAN qui émettent des données captées par plusieurs passerelles

réparties dans les différents bâtiments de l'IUT. Elles sont connectées en IP par Ethernet à un serveur LoRaWAN exploitant l'implémentation libre *Chirpstack*. Le serveur publie sur un broker MQTT de l'IUT les messages reçus. Un serveur Node-RED permet un traitement des données en s'abonnant au flux MQTT. Une base de données InfluxDB est également disponible afin de conserver l'historique des données, tout en pouvant y accéder graphiquement avec Grafana.

## 4 Conclusion

Ces deux plateformes sont à ce jour complémentaires, LocURa4IoT vise principalement la recherche et le test de nouveaux protocoles de communications pour la localisation précise par UWB, alors qu'OCTeUs offre un terrain d'expérimentation pour la récolte de données environnementales, en particulier pour les étudiants de BUT, même si ces derniers travaillent maintenant eux aussi avec LocURa4IoT, en particulier en BUT3 RT et GIM. Plusieurs perspectives sont à l'étude comme l'intégration de la technologie 5G via le projet européen Hi5 avec Toulouse Métropole, ou l'angle d'arrivée et la détection de la non ligne de vue avec l'entreprise Qorvo.

## 5 Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude à l'IUT de Blagnac, l'Université Toulouse 2 Jean-Jaurès, l'Université de Toulouse, le laboratoire IRIT, l'entreprise Qorvo, la région Occitanie et le CNRS pour leurs soutiens.

## 6 Références

- [1] A. Van Den Bossche, R. Dalce, N. Gonzalez, T. Val. LocURa: A New Localisation and UWB-Based Ranging Testbed for the Internet of Things. IEEE International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation, Nantes, France, septembre 2018.
- [2] F. Despaux, A. Van den Bossche, K. Jaffres-Runser, T. Val. N-TWR: An Accurate Time-of-flight-based N-ary Ranging Protocol for Ultra-Wide Band. Ad Hoc Networks Journal, Elsevier, juillet 2018
- [3] <https://www.iot-lab.info>
- [4] Thèse de Nicolas GONZALEZ "Architectures protocolaires interopérables pour le réseau de collecte de l'Internet des Objets", 16 oct 2020, IRIT-UT2J.
- [5] <https://octeus.iut-blagnac.fr/>
- [6] <https://locura4iot.irit.fr/>