



HAL
open science

Les objets connectés au service de l'ENSEIRB-MATMECA et de l'innovation pédagogique

Guillaume Ferré, François Rivet, Marwane Rezzouki

► To cite this version:

Guillaume Ferré, François Rivet, Marwane Rezzouki. Les objets connectés au service de l'ENSEIRB-MATMECA et de l'innovation pédagogique. CETSIS 2018, Oct 2018, Fès, Maroc, Maroc. hal-04312380

HAL Id: hal-04312380

<https://hal.science/hal-04312380>

Submitted on 28 Nov 2023

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.

Les objets connectés au service de l'ENSEIRB-MATMECA et de l'innovation pédagogique

Guillaume Ferré, François Rivet et Marwane Rezzouki

guillaume.ferre@ims-bordeaux.fr

351 cours de la libération, 33405 Talence - FRANCE

RESUME : dans cet article nous présentons un projet sur l'Internet des objets avec une approche pédagogique originale. En effet, outre les aspects techniques inhérents à un tel projet, les élèves-ingénieurs doivent faire face d'innovation et de créativité afin de concevoir un objet qui ce doit d'avoir une utilité pérenne au sein de l'école. Cet article est une évolution de notre précédente communication au CETSIS en 2017 : « *Conception et déploiement d'un réseau d'IoT en technologie LoRa permettant de connecter l'ENSEIRB-MATMECA* »

Mots clés : Internet des objets, modulation LoRa, Arduino, découpe laser, FabLab

1 INTRODUCTION

Les objets connectés font partie de notre quotidien. Leur présence va continuer de croître dans les dix années à venir. Nous avons intégré l'Internet des Objets dans la formation des élèves ingénieurs de l'ENSEIRB-MATMECA en proposant notamment dans la filière électronique de l'école un projet sur la conception d'objets connectés. Ce projet est géré par les élèves de en abordant tous les aspects, aussi bien techniques que financiers ou organisationnels. Nous demandons aux élèves de mener une réflexion autour d'une problématique sur les objets connectés qu'ils conçoivent. Pour l'année scolaire 2017-2018, la problématique était d'optimiser la consommation énergétique de l'ENSEIRB-MATMECA. Cet article présente synthétiquement l'approche pédagogique mise en œuvre et donne des détails techniques quant à la conception de 3 objets connectés.

2 PRESENTATION DE L'ENSEIRB-MATMECA

2.1 L'école

L'ENSEIRB-MATMECA propose une offre de formation reposant sur cinq disciplines scientifiques : électronique, informatique, télécommunications, mathématique et mécanique. Elle est dotée d'équipements et de logiciels de pointe ainsi que d'un bâtiment de plus de 20 000 m² au service de la pédagogie et du transfert de technologie. L'école propose une formation axée sur des projets innovants et s'appuie sur la performance de ses laboratoires de recherche (IMS, LaBRI, I2M, IMB), reconnus au niveau national et international. L'école a noué des liens très forts avec des grands groupes mais aussi avec un réseau de PME et de startups locales. Enfin, l'école héberge dans ses locaux 15 entreprises et un FabLab [1].

2.2 Focus sur l'option SRT de la filière électronique

L'option SRT (Systèmes de Radio et Télécommunications) est proposée aux élèves-ingénieurs

de troisième année de la filière électronique. L'objectif de la formation est de fournir aux élèves :

- une connaissance technique approfondie des technologies, des circuits et des systèmes de radio et télécommunications,
- des compétences sur la conception et la caractérisation de ces systèmes,
- des méthodes d'analyse de la qualité et de la sécurité des transmissions.

Le projet semestriel IoT s'inscrit dans la démarche de formation par projet. Cette démarche est mise en place dans chacune des 5 UE scientifiques de l'option. Le projet IoT vient plus spécifiquement mettre en application les enseignements théoriques acquis dans l'UE de radiocommunications en déployant au sein de l'école plusieurs objets connectés utilisant la technologie LoRa [2].

3 PRESENTATION DE LA DEMARCHE PEDAGOGIQUE MISE EN PLACE

La démarche pédagogique mise en place dans le cadre de ce projet est originale. En effet, après avoir présenté aux élèves la thématique du projet, ils doivent proposer de réaliser un objet connecté permettant de répondre à la problématique. Ce travail se fait en groupes de 4 à 5 élèves-ingénieurs. La proposition se fait lors d'un pitch de 5 minutes durant lequel ils doivent convaincre l'équipe pédagogique de l'intérêt de leur objet connecté. Un budget leur est ensuite alloué et des moyens logiciels et matériels leur sont fournis.

3.1 Organisation et gestion du projet

Le projet peut être décrit en 5 phases principales :

- Phase 1 : présentation du projet aux élèves lors de la réunion de rentrée début octobre,
- Phase 2 : pitch des élèves-ingénieurs 2 semaines après la réunion de rentrée,
- Phase 3 : développement et conception des objets pendant 2 mois à raison de 4 heures par semaine,

- Phase 4 : mise en service des objets (1 mois avant la soutenance),
- Phase 5 : soutenance du projet et évaluation (fin janvier).

Plusieurs éléments de gestion de projet sont imposés aux élèves. Nous leur demandons de tenir à jour un journal de bord à l'issue de chaque séance de projet et d'utiliser une méthode collaborative de gestion de projet. Nous leur conseillons de se servir de l'outil logiciel Trello [3]. Enfin, nous leur demandons de fournir des livrables permettant à un technicien de reproduire les objets car les objets connectés conçus dans le cadre du projet sont prévus d'être déployés à grande échelle.

3.2 Moyens mis à disposition

Les moyens logiciels et matériels que nous mettons à disposition des élèves sont : le FabLab *Eirlab*, le magasin de composants électronique de l'école, les machines permettant la fabrication de PCB, un réseau LoRa (composé de passerelles à 433 et 868 MHz, d'un serveur et d'une base de données, voir Fig. 1), une interface de traitement et d'affichage des données. Pour accéder à cette interface, nous créons pour chaque groupe des accès login et mot de passe individuel. De plus, nous fournissons aux élèves les modules LoRa [4] à utiliser ainsi que le driver permettant de les piloter. Enfin, un budget de 200€ est alloué par groupe de projet. Ils doivent donc concevoir leur solution avec cette contrainte budgétaire.

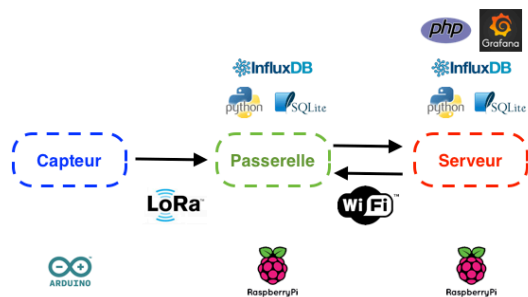


Fig. 1 : architecture du système de communication IoT mis à disposition des élèves.

4 EXEMPLES DE REALISATION

Dans cette section nous présentons plusieurs exemples de réalisations d'objets connectés.

4.1 Gestion intelligente de l'éclairage des salles de TD

Objectif : Gérer et optimiser de manière automatique l'éclairage des salles de l'école.

Quelques éléments sur les développements techniques :

Deux objets connectés ont été conçus pour ce projet : un objet à l'intérieur permettant de superviser une salle et un autre à l'extérieur de l'école permettant de connaître le niveau de luminosité. Les deux objets sont également

équipés de capteurs environnementaux pour des mesures de température et d'humidité. L'objet doit détecter une présence dans la salle et corrélérer le niveau de luminosité intérieure avec le niveau extérieur. Cette corrélation permet de prendre une décision quant à la nécessité d'allumer ou non l'éclairage de la salle.

La conception du PCB de l'objet a été réalisée sous le logiciel PROTEUS 8. Le substrat utilisé pour le PCB est un FR4 basique de 1.5mm d'épaisseur. Il n'y a pas de plan de masse pour éviter au maximum de perturber les performances de l'antenne. Un schéma complet du PCB (vue de dessus) avec la position des composants ainsi que des informations complémentaires est donné sur la figure 2.

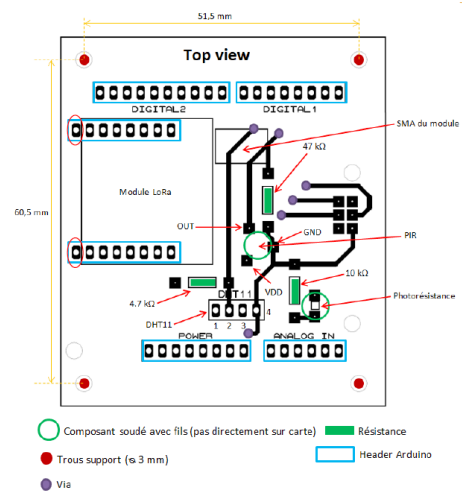


Fig. 2 : PCB vue de dessus

Les boîtiers des objets connectés sont fabriqués en bois à l'aide de la découpe laser du FabLab. La figure 3 montre l'objet dans sa version assemblée.

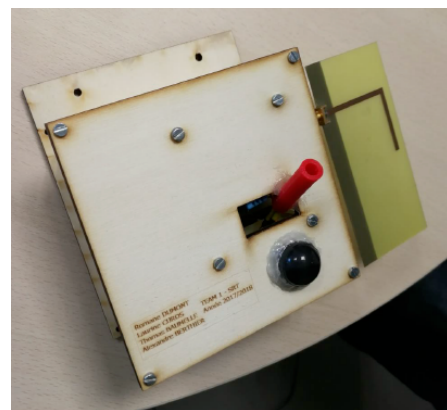


Fig. 3 : photo de l'objet connecté réalisé avec en noir la PIR, en rouge un tube permettant d'optimiser la détection de lumière allumée et en jaune l'antenne.

Il est nécessaire de bien comprendre comment placer le boîtier avec la PIR et le tube contenant la photorésistance. En effet, ce dernier doit être dirigé vers les ampoules présentes dans la salle pour avoir le plus d'efficacité. Le boîtier présenté sur la fig. 3 est donc fixé au mur en hauteur de telle sorte que la PIR puisse

utiliser au maximum son champ d'action pour détecter une présence. Enfin, le suivi des mesures se fait par l'intermédiaire de l'interface graphique présentée en figure 4.



Fig. 4 : interface graphique permettant d'être alerté

4.2 Print'Eirb : module de supervision des imprimantes et gestion intelligente du papier

Objectif : Le module *Print'Eirb* est un dispositif permettant d'instrumenter un réseau d'imprimantes. Chaque module *Print'Eirb* est en mesure de collecter :

- la quantité de feuilles de papier en stock à côté de l'imprimante,
- la quantité de feuilles de papier consommées,
- la quantité de feuilles de papier jetées,
- le nombre d'impressions réussies.

Quelques éléments sur les développements techniques :

Chaque module est composé de trois ensembles distincts :

- un ensemble de contrôle : organe principal du module, tous les capteurs lui sont reliés. Il traite les données et gère la communication LoRa grâce à une carte Arduino Nano,
- un bloc à papiers : muni de deux compartiments, il mesure la quantité de feuilles en stock et de feuilles jetées. Il est relié à l'ensemble de contrôle par une trame,
- une sonde déportée : la sonde est positionnée sur le câble d'alimentation secteur de l'imprimante. Elle analyse la consommation électrique. Elle est reliée à l'ensemble de contrôle par un jack 3,5 mm.

La figure 5 résume l'organisation du module *Print'Eirb*.

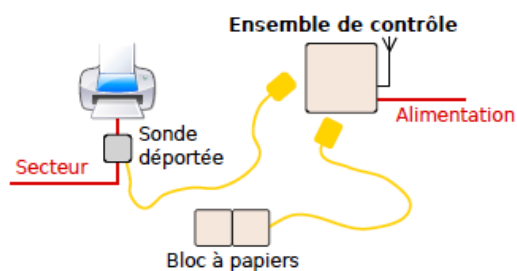


Fig. 5 : architecture du module Print'Eirb

L'ensemble « bloc à papiers » collecte les feuilles de papier vierges et jetées. Il est constitué de deux bacs et d'un arceau supportant les capteurs (voir fig.6).

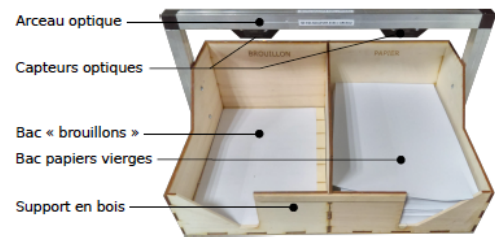


Fig. 6 : bloc à papier réalisé

L'arceau optique sert de support aux capteurs optiques de détection du papier rangé dans les bacs. Il est construit en profilés d'aluminium montés en « U » et vissés sur les faces latérales du support en bois.

La sonde déportée (fig. 7) permet d'effectuer la mesure du courant consommé par l'imprimante. En effet, lors d'une impression, les moteurs se mettent en marche afin d'entraîner le papier et les buses. Cela a pour effet d'augmenter de manière significative la consommation électrique et ce pic permet d'en déduire le nombre de pages imprimées. La sonde déportée embarque une sonde de courant SCT013-005 qui retourne une tension directement proportionnelle au courant consommé. La connaissance de la loi $i_{\text{cons}} = f(u_{\text{mes}})$ n'est pas nécessaire : il ne s'agit pas de déterminer numériquement la valeur du courant consommé mais d'observer une variation soudaine dans la consommation.

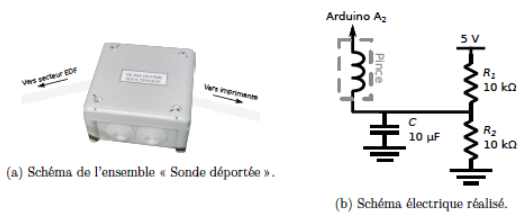


Fig. 7 : Utilisation de la sonde de courant SCT013-005

L'ensemble de contrôle (fig. 8) est le « cerveau » du module *Print'Eirb* : les capteurs lui sont reliés et il pilote l'acquisition et la liaison de données via LoRa grâce à une carte Arduino Nano.

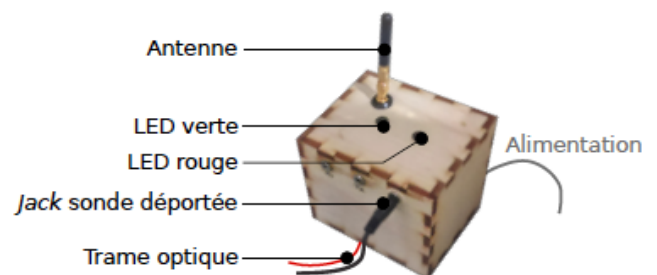


Fig. 8 : Schéma de l'Ensemble de contrôle

La carte Arduino sur laquelle sont connectés tous les

circuits à l'intérieur de l'ensemble repose sur quatre entretoises plastifiées traversant la boîte en bois. Le brochage électrique de l'ensemble est résumé sur la fig. 9.

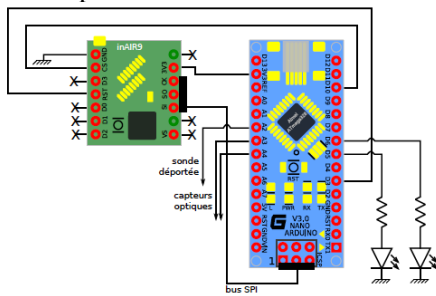


Fig. 9 : schéma de câblage de l'Arduino Nano

4.3 Supervision de la consommation électrique des salles machine

Objectif : Connaître en temps réel la consommation d'énergie électrique des salles machine afin d'optimiser le nombre d'équipement informatique.

Quelques éléments sur les développements techniques :

Un prototype de multiprise connectée a été réalisé avec du matériel récupéré à l'école (goulotte, domino électrique, prises de courant) et avec des éléments commandés (sondes de courant, adaptateur de tension 230V vers 5V). Elle contient une carte PCB supportant une carte arduino et un module LoRa. Le capteur de courant utilisé est le module *Freaduino Octopus* (voir fig. 10) qui permet de mesurer un courant alternatif. Il est basé sur le capteur TA12-100.

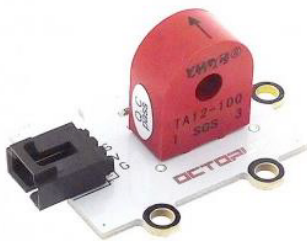


Fig. 10 : module *Freaduino Octopus*

La phase doit passer dans le capteur à effet hall qui délivre un signal analogique en fonction de l'intensité mesurée. La plage de mesure est comprise entre 0 et 5A. Afin d'étalonner les sondes à effet Hall, des générateurs de courant ont été utilisés. Nous avons ensuite validé les valeurs mesurées à partir d'appareil électrique dont les consommations sont connues.

Une interface graphique a été développée afin de superviser les consommations en temps réel (fig. 11).

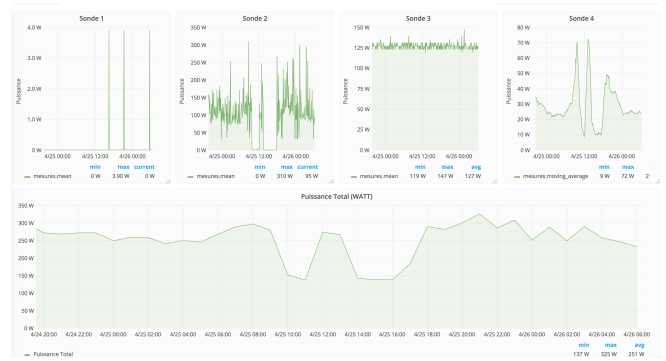


Fig. 11 : interface graphique réalisée avec Grafana permettant de suivre les consommations électriques

5 CONCLUSION

Nous avons présenté le projet IoT de l'option SRT de l'ENSEIRB-MATMECA. Ce projet de dernière année d'école d'ingénieur permet aux élèves de travailler à la réalisation d'objets connectés qui sont utilisés en situation réelle. Cet aspect « utile » du projet mélangé à l'esprit d'initiative, à un respect de budget et au caractère innovant fait que les élèves ont fortement adhéré à ce module. Cet engouement a été mesuré à travers l'enquête qualité d'évaluation de nos enseignements. Enfin, nous soulignons que dans ce projet les antennes utilisées sont également conçues par les élèves-ingénieurs dans le cadre d'un module antennes et qu'un concours de portée de communications est organisé afin de tester la qualité des antennes produites. Les perspectives pour l'année prochaine sont de limiter la consommation d'énergie des objets en n'utilisant que le microcontrôleur de la carte Arduino et de travailler sur une autre plateforme comme la STM32L.

Bibliographie

- [1] www.eirlab.fr, accédé le 26/06/2018
- [2] O. Seller and N. Sornin, "Low power long range transmitter," Aug. 7 2014, uS Patent App. 14/170,170. [Online]. Available : <http://www.google.com/patents/US20140219329>
- [3] <https://trello.com/>, accédé le 26/06/2018
- [4] Module InAiR9 B et InAiR4, <http://modtronix.com/inair9.html> accédé le 26/06/2018