

**Institut Universitaire de Technologie,
Aix-Marseille Université**

**RAPPORT DE STAGE
Diplôme Universitaire de Technologie
Spécialité Réseaux et Télécommunications**

**Conception de l'infrastructure informatique d'un
Magasin Connecté**

Yanis GARCIN

AMIDEX

Responsable entreprise : Arnaud FEVRIER

Responsable académique : Anouch HOVSEPIAN

2019

Table des matières

1. Introduction.....	5
2. Le Magasin Connecté.....	6
2.1. Amidex et AMU.....	6
2.2. Le magasin.....	7
2.3. Pour le futur.....	8
3. Ma Mission.....	9
3.1. Ce que j'ai fait.....	9
3.1.1 Réseau et Serveur.....	10
3.1.2 LoRaWAN.....	14
3.1.3 Balises Bluetooth.....	15
3.1.3 Documentation MediaWiki.....	16
3.2. Ce qu'il me reste à faire.....	17
4. Les Problèmes Rencontrés.....	17
5. Conclusion.....	19
6. Remerciements.....	21
7. Glossaire.....	23
8. Bibliographie.....	25

Table des Figures

Figure 1 : Défis et objectifs de la fondation Amidex.....	7
Figure 2 : Magasin Amazon Go au niveau des bornes.....	9
Figure 3 : Schéma explicatif du fonctionnement du RAID-5.....	11
Figure 4 : Schéma explicatif du principe de fonctionnement d'un réseau LoRaWAN....	14
Figure 5 : Liens entre différents types de Bluetooth.....	16

1. Introduction

Le stage que j'ai effectué dans le cadre de mon Diplôme Universitaire Technologie spécialité Télécommunications et Réseau est intégré à la partie Informatique et à la partie Réseau de cette formation.

J'ai travaillé sous la tutelle de M. FEVRIER Arnaud, employé du département IUT (Institut Universitaire Technologique) Aix-Marseille Université (AMU), appartenant à l'entreprise AMU. Le projet auquel j'ai fait part est financé par le label d'excellence Amidex, et a pour but de créer à partir de locaux un magasin connecté entièrement automatique et optimisé d'un point de vue technologique (de la même façon qu'un Fab Lab).

Mes missions consistaient à proposer une infrastructure informatique, à proposer des services et une configuration pour un serveur Debian, et faire une documentation de technologies "R&T"; le tout pouvant être réutilisé plus tard lors de la mise en place concrète du magasin connecté.

Lors de ce rapport, je vais tout d'abord introduire le projet ainsi que tout ce qui l'entoure. Puis, je vais expliquer les détails de ma mission, ce que j'ai fait et ce qu'il me reste encore à faire. Enfin, avant de conclure, je vais expliquer tous les soucis que j'ai pu rencontrer au cours de ce stage, au niveau technique ou simplement en tant que stagiaire.

2. Le Magasin Connecté

2.1. Amidex et AMU

AMU est une académie régissant toutes les études supérieures universitaires dans l'académie d'Aix-Marseille. Le Diplôme Universitaire Technologique spécialité Réseaux et Télécommunications (DUT R&T) qui compose ma formation actuelle est proposé aux étudiants par IUT AMU, lui même appartenant à AMU.

Amidex quant à elle est une fondation qui gère les fonds budgétaires de tous les projets qui lui sont affiliés par AMU. Cela représente, selon leur site, près de 26 millions d'euros par an.

Leurs missions, par le financement de projets, est de favoriser le développement technologique au sein de la communauté AMU, au niveau du corps enseignant ou même du corps étudiant. Il a ainsi trois principaux domaines d'activité :

- La recherche
 - ◆ Rechercher de nouvelles technologies innovantes et de nouveaux usages pour celles peu ou pas assez exploitées.

- La formation
 - ◆ Essayer de nouvelles pédagogies pour entraîner les étudiants à apprendre de façon plus innovante, voire en autonomie.

- L'impact socio-économique
 - ◆ Mettre en relation des technologies avec des individus de tous les jours, pour influencer leur quotidien au niveau social et économique.

Voici le détail de leurs objectifs, trouvé sur leur site Web (Cf. Figure 1) :

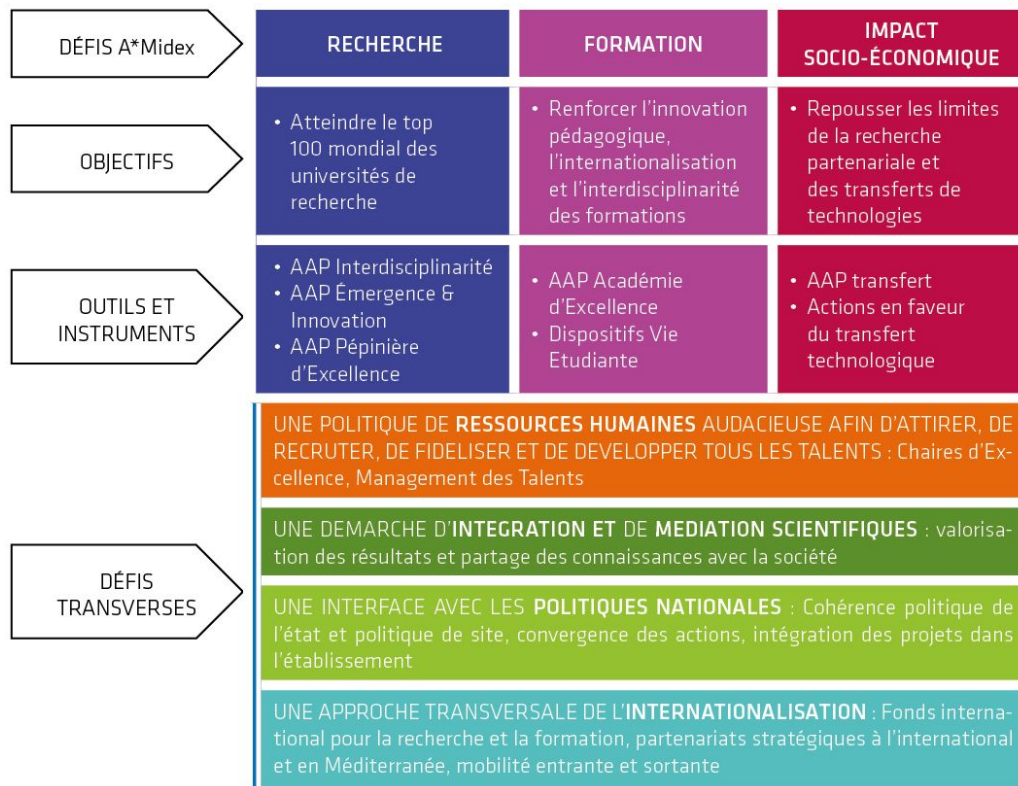


Figure 1 : Défis et objectifs de la fondation Amidex

Plusieurs enseignants d'AMU (tels que M. FEVRIER, mon responsable entreprise) répondent aux missions d'Amidex, et j'ai été pris comme stagiaire sur un projet répondant aux trois. Il s'agit en effet du magasin connecté, dont nous allons maintenant parler.

2.2. Le magasin

Le magasin connecté dont je parle depuis le début de ce rapport n'existe en réalité pas encore. Pour être exact, il ne s'agit simplement pas pour le moment d'un magasin. Sur le campus de Saint Jérôme (Marseille) se trouvent des locaux souterrains, pour le moment vides, et qui pourraient devenir dans un futur incertain ce fameux magasin connecté.

C'est pourquoi, après que certaines personnes telles que J.-J. SIMON (chef de département d'IUT spécialité Mesure Physique (IUT MP)) se soient adressées à Amidex pour le projet du magasin, des fonds et des ressources telles que lesdits locaux purent être consacrés au projet.

Cependant, M. SIMON et M. FEVRIER ne sont pas les deux seules personnes d'AMU sur le projet. Sans citer ici directement toutes les personnes concernées, les départements qui possèdent au moins un enseignant sur le projet sont :

- ❖ IUT R&T
- ❖ IUT MP
- ❖ IUT Génie Electrique et Informatique Industrielle (GEII) de Saint Jérôme et de Salon
- ❖ IUT Techniques de Commercialisation (TC)

La raison pour laquelle il y a autant de monde employé sur le projet, est qu'il permet l'aboutissement d'un réel magasin connecté, de la manière d'un **Fab Lab***. Les technologies du magasin lui seraient intégrées au travers de projets tutorés inclus dans la formation des étudiants qui les développeront. Par exemple, il existe d'ores et déjà des groupes d'étudiants de plusieurs départements sur des projets de développement pour le magasin. Dans ces groupes, chaque étudiant apporte une technologie venant de son département, et en fait l'étude. De ce fait, un projet de développement peut avoir du marketing venant du département TC, un programme informatique venant du département GEII, des capteurs venant du département MP et du traitement d'informations venant du département R&T.

Ainsi, le magasin devrait posséder des technologies venant de plusieurs départements, et toujours dans l'idée du Fab Lab, il serait possible de rajouter des technologies par la suite au fil des années. De cette manière, au fil du temps, les générations d'étudiants qui suivront pourront faire évoluer le magasin en y ajoutant ou en modifiant les technologies de leur département.

De cette manière, nous pouvons déjà nous faire une idée de la comment nous voyons le magasin dans le futur, et comment le futur pourra lui aussi influencer sur le magasin.

2.3. Pour le futur

Maintenant, parlons de ce à quoi est censé ressembler le magasin une fois construit et un peu développé.

Le but est comme nous l'avons dit de faire un Fab Lab, mais aussi de faire un magasin (où l'on peut donc acheter des produits). Reprenant le même concept qu'Amazon Go (Cf. Figure 2), le magasin ne posséderait presque pas d'employés et fonctionnerait de façon automatique. Nous remplissons le panier avec ce que l'on veut acheter, et le paiement se fait automatiquement au moment de la sortie du magasin aux bornes qui scannent ce qu'il y a dans le panier.



Figure 2 : Magasin Amazon Go au niveau des bornes

Ce magasin serait donc sur le campus de Saint Jérôme, la clientèle ciblée serait alors principalement étudiante.

Les technologies qui seraient alors développées pour ce magasin serviraient sur le long terme de façon pratique. Par exemple, une enseignante d'Amidex a pour projet de faire des **caméras IP*** avec des **Raspberry*** pilotées qui se déplaceraient dans le magasin pour filmer ce qui se passe dedans de façon dynamique.

Ainsi, nous comprenons bien que pour répondre aux besoins de tous les départements, il va falloir concevoir une infrastructure réseau de façon réfléchie.

3. Ma Mission

3.1. Ce que j'ai fait

Ma mission consiste en plusieurs points :

- ❖ Concevoir une architecture pour le réseau informatique du magasin, ainsi que mettre en place plusieurs technologies sur son serveur
- ❖ Étudier le LoRaWAN pour en faire une potentielle implantation
- ❖ Faire des balises Bluetooth Low Energy (BLE)
- ❖ Rédiger de la documentation sous MediaWiki

3.1.1. Réseau et Serveur

Le serveur que j'ai configuré est un serveur **Linux***, dont j'ai fait l'installation du **système d'exploitation*** Debian (une **distribution*** de Linux). L'un des nombreux avantages de se servir d'un serveur sous Debian, est qu'il permet gérer des technologies serveur de façon plus approfondie, et plus claire. De cette manière, plusieurs technologies ont pu être planifiées au niveau de la configuration :

→ RAID-5 et Debian

◆ Mise en place du RAID-5 : Un RAID est un moyen d'agréger plusieurs disques de stockage sur une machine en un seul ou quelques-uns virtuels. A ces agrégations, nous pouvons apporter des sécurités supplémentaires (telles que de la **redondance*** ou de la **tolérance de panne***). C'est le principe initial du RAID (**R**edundant **A**rray of **I**nexpensive **D**isks). Cependant, il en existe plusieurs types, les plus importants étant :

- Le RAID-0 permet l'agrégation simple de plusieurs disques en un ou plusieurs disques virtuels (sans redondance ou tolérance de panne). Ainsi, si l'un des disques cesse de fonctionner, au mieux une partie des données est perdue et le RAID pose des soucis de fonctionnement, au pire une partie importante des données systèmes est perdue et l'appareil qui se sert du stockage (pour nous, le serveur) devient inutilisable. Cependant, l'entièreté des disques est disponible.
- Le RAID-1 permet d'agréger la moitié du disque en un seul disque et d'y appliquer de la redondance par clonage. Ainsi, un seul disque virtuel est accessible faisant la taille de la moitié de tout le stockage, l'autre moitié n'étant que la copie de la première moitié. Cela permet de faire de la redondance. Si l'un des disques lâche, le disque miroir prendra sa place et permettra de ne rien corrompre. En contrepartie, nous n'utilisons réellement que la moitié des disques totaux de la machine.
- Sur une machine possédant N disques, le RAID-5 permet d'agréger N-1 disques en un seul, et d'utiliser le dernier pour la parité. De cette façon, les N-1 disques sont accessibles pour le stockage et le dernier complète les autres en contenant de la **parité***.

Voici un schéma illustrant le RAID-5 (cf Figure 3) :

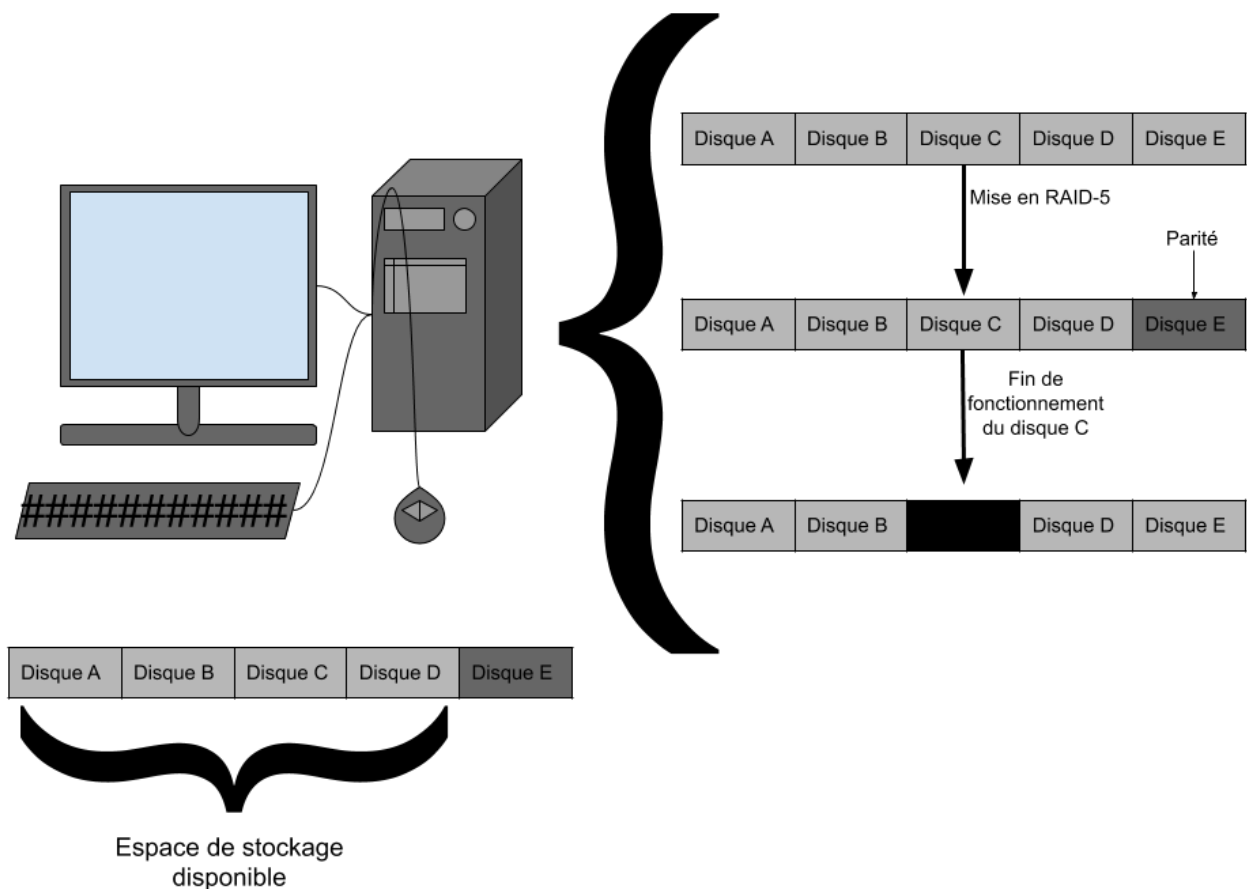


Figure 3 : Schéma explicatif du fonctionnement du RAID-5

- ◆ Installation de Debian : Après avoir défini sur notre serveur le principe de gestion des disques par un RAID-5, nous pouvons directement installer une distribution Debian.

L'installation s'est faite simplement, sans **interface graphique***, au travers d'une clé USB **bootable***.

Une fois l'installation effectuée, il ne reste plus qu'à faire la configuration des services dont nous allons avoir besoin.

→ Configuration **LAMP** (Linux-Apache-MySQL-PHP)

- ◆ Il s'agit de la configuration de base pour avoir des services Web hébergés sur le serveur :
 - Apache2 permet d'avoir un service de serveur Web, donc de contenir des pages Web qui pourront être lues sur le réseau de notre serveur. Nous stockons nos pages **HTML*** et **CSS*** dans un dossier prédéfini et lorsque nous nous connectons au serveur depuis un navigateur Web (Firefox, Chrome...), nous pouvons afficher ces pages comme s'il s'agissait de sites sur internet.

- MySQL permet d'avoir des bases de données hébergées sur le serveur, ainsi qu'un gestionnaire qui les ordonne. De cette manière nous pouvons (entre autres) manipuler les données Web et les ranger de façon ordonnée dans la table qui lui correspond (par exemple, **Wordpress*** nécessite au moins une base de donnée par page Web).
- PHP est un langage de programmation. Lorsque l'on parle de Web, le **PHP** (**PHP Hypertext-Preprocessor**) désigne les pages Web dynamiques permettant de traiter des données en intégrant des **scripts*** PHP dans les balises de codage HTML. Cela permet d'avoir des pages Web dynamiques qui changent en fonction de certaines données. Pour afficher une page PHP sur le Web, il faut cependant avoir un serveur Web qui est déjà en service (par exemple, Apache2).
- ◆ Pour l'installation, cela n'est pas très compliqué puisque nous sommes sous Debian. Pour installer un service sur Linux, la plupart du temps nous pouvons simplement installer des **paquets*** mis à disposition sur des dépôts en ligne. C'est le cas de tous les outils dont nous avons besoin pour mettre en place un serveur LAMP :
 - Le paquet "apache2" suffit à lui seul pour installer le service Apache.
 - Les paquets "mariadb-server" et "mysql-client" suffisent à eux seuls pour installer le service MySQL.
 - Les paquets "php7.0", "libapache2-mod-php7.0" et "php7.0-mysql" permettent enfin l'installation d'un service PHP qui fonctionnera avec les services Apache et MySQL sur le serveur.
 - Sachant le nom de tous les paquets, et étant sous Debian, installer tous les services LAMP n'est pas un soucis :
 - Ouvrir un terminal et entrer la simple commande :

```
# apt install apache2 mariadb-server mysql-client php7.0 libapache2-mod-php7.0 php7.0-mysql
```

→ Service IPMI

- ◆ **IPMI** (**I**ntelligent **P**latform **M**anagement **I**nterface) est un service qui permet de contrôler le fonctionnement d'un serveur à distance, et d'interagir avec les fonctionnalités basiques d'un serveur; à savoir l'allumage et l'extinction entre autres. Pour cette dernière fonctionnalité, là où le principe diffère d'un **ssh*** basique est qu'il permet le Wake On Lan. Ce terme désigne le fait de pouvoir allumer et éteindre un périphérique sur un réseau **LAN*** même s'il est éteint, chose impossible avec le ssh puisqu'il faut une connexion sécurisée, et par conséquent que la machine soit allumée et accessible.

- ◆ L'installation du paquet ipmitool ainsi que la mise en place du service se fait dans un terminal de la même façon que l'on installe un autre service sur Debian :

- Sur le serveur :

```
# apt install ipmitool
# ipmitool lan set 1 ipsrc static
# ipmitool lan set 1 ipaddr {IP interface IPMI}
# ipmitool lan set 1 defgw ipaddr {Passerelle du réseau}
# ipmitool lan set 1 gwaddr {Passerelle du réseau}
# ipmitool lan set 1 netmask {Masque du réseau}
# ipmitool lan set 1 auth ADMIN MD5,PASSWORD
# ipmitool lan set 1 arp respond on
# ipmitool lan set 1 access on
# ipmitool user list 1
# ipmitool user set password 2 {Mot de passe}
# ipmitool user set name 2 admin
# ipmitool user enable 3
# ipmitool lan print 1
```

- Sur le client :

```
# apt install ipmitool
# IPMI_PASSWORD={Mot de passe} ipmitool -I lanplus -U
admin -H {Adresse du Serveur} -E chassis power on
```

(dans le cas où l'on veut allumer le serveur déjà configuré à distance, par exemple)

→ Disponibilité du Sans-Fil (Hostapd, Dnsmasq)

- ◆ Pour parvenir à faire du sans-fil (de la même façon que le WiFi), nous pouvons utiliser deux services disponibles sous Debian : Hostapd pour émettre dans les fréquences radios et Dnsmasq pour fournir un service de serveur **DHCP*** et **DNS***.

- Hostapd s'installe grâce au paquet "hostapd", et nous avons simplement besoin d'une carte réseau sans-fil sur notre machine pour pouvoir émettre un signal radio. Cependant, pour le moment, lorsqu'une machine essaiera de se connecter au réseau du serveur, elle n'y parviendra pas puisqu'il n'y a pas encore de service pour lui attribuer une adresse ni pour la relier à internet.

- Dnsmasq s'installe grâce au paquet "dnsmasq", et la mise en place se fait au travers de fichiers de configuration. Il permet de faire office de serveur DNS et DHCP ; cumulé avec un serveur Hostapd nous pouvons faire du sans-fil.
- A noter que pour un serveur qui est relié à internet, et pour permettre aux utilisateurs connectés à son réseau sans-fil, il faut aussi prendre en compte que le réseau utilisateur doit être **naté***. Pour cela, nous pouvons utiliser "Masquerade".

3.1.2. LoRaWAN

Dans une optique d'études pour le magasin, j'ai cherché ce qu'était le LoRaWAN et comment nous pouvions le mettre en place.

Le LoRaWAN est un protocole permettant de faire de l'**IoT*** à l'aide de matériel bien particulier. Un objet dit 'connecté' est relié à un certain matériel sans-fil et communique avec au travers du fameux protocole "**LoRa**" (pour **Long Range**). Puis, les données transitent jusqu'à un serveur en ligne qui va les traiter, avant de les renvoyer là où nous les voulons. Par ailleurs, le matériel fonctionnant avec la technologie du LoRaWAN permet de regrouper n'importe quel objet connecté compatible dans la zone de recouvrement. Cette dernière est généralement assez grande. Par exemple, pour la "Dragino LG01-S" (un modèle lambda de matériel fonctionnant avec la technologie du LoRaWAN), la portée du sans-fil est estimée entre 5 et 10 km.

Voici le schéma du principe de fonctionnement d'un réseau LoRaWAN (cf. Figure 4) :

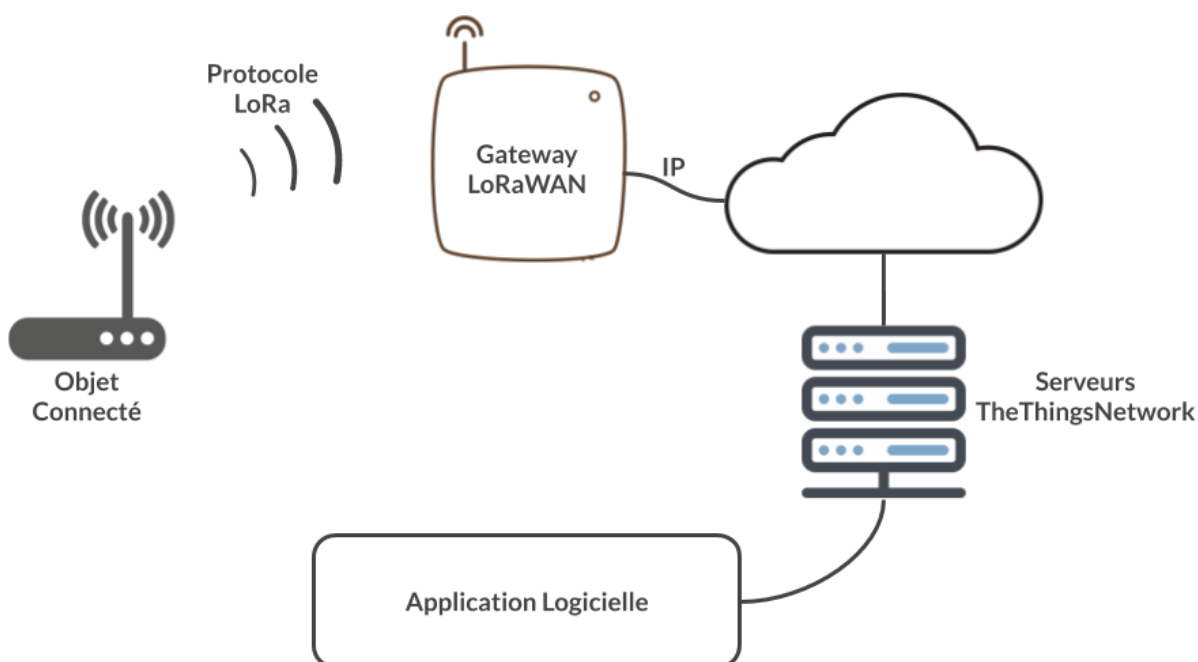


Figure 4 : Schéma explicatif du principe de fonctionnement d'un réseau LoRaWAN

Sur la Figure 4, la “Gateway LoRaWAN” est le matériel fonctionnant avec le LoRaWAN qui est relié à tous les objets connectés dans son champ d’émission de sans-fil. The Things Network quant à lui n’est que l’un des fournisseurs de services qui permettent de manipuler les données de l’objet connecté (telles que la température ambiante ou la vitesse de déplacement de l’objet, par exemple). Enfin, l’application logicielle serait à développer (mais ne fait pas partie de mes missions) et utilise les données déjà traitées auparavant.

Je n’ai pas pu faire autre chose que l’étude pour le moment, ayant reçu d’autres tâches entre la fin de cette étude et le moment où j’étais censé faire la mise en pratique.

3.1.3. Balises Bluetooth

Parmi les technologies R&T qui peuvent être reprises par des prochaines générations de projet, j’ai développé des balises **BLE (Bluetooth Low Energy)**, fonctionnant comme des objets connectés reliable par BLE.

Expliquons donc rapidement le BLE au travers de l’étude que j’en ai faite : “Appelé ainsi pour sa faible consommation d’énergie, il permet entre autres la transmission de données par Bluetooth pour des appareils à faible puissance de calcul, ou bien à faible alimentation. Néanmoins, cette technologie n’est pas directement compatible avec un périphérique possédant un Bluetooth traditionnel, c’est pourquoi il existe des supports intermédiaires : les périphériques “Bluetooth Smart Ready”. Ces périphériques (tels que des smartphones ou ordinateurs) permettent de faire le lien entre ces deux normes de Bluetooth, permettant le transit de l’un vers l’autre et inversement.

Dans notre cas, nous utiliserons des cartes “STM32 Discovery Kit IoT” pour faire office de balise. Ces balises transmettent des données au travers du BLE, données que nous pourrions récupérer sur un quelconque téléphone.”

Nous ne nous attarderons pas sur le principe de fonctionnement du BLE, cependant je peux désormais expliquer comment j’ai transformé une simple carte en balise BLE : grâce à Arduino.

Arduino est un simple logiciel qui permet de configurer des **microcontrôleurs*** dans un langage de programmation approchant le C/C++, de la manière qu’on le désire. Des dépôts de **librairies*** sont également mises à disposition et sont généralement riches.

Dans les *Annexes* se trouve la façon de transformer la carte en balise BLE (le code Arduino et l’explication du paramétrage nécessaire de ce dernier pour le faire sur une carte “STM32 Discovery Kit IoT”).

Voici un schéma qui met en avant la différence entre appareil Bluetooth, appareil Bluetooth Smart Ready et BLE/Bluetooth Smart (Cf. Figure 5) :

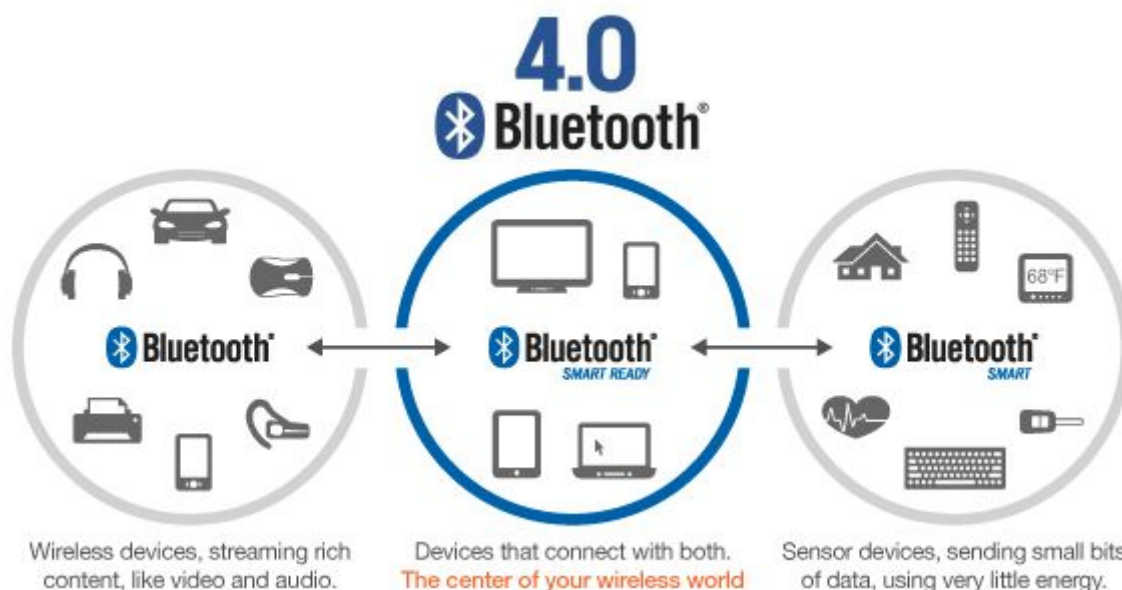


Figure 5 : Liens entre différents types de Bluetooth

3.1.4. Documentation MediaWiki

Enfin, ma dernière et plus importante mission fut de rédiger une documentation. En effet, le magasin n'existant pas encore, ce n'est pas moi qui vais appliquer tout le travail que j'ai effectué dans le magasin de manière concrète. De fait, la manière la plus concrète que j'ai de faire quelque chose pour le magasin est de laisser une documentation la plus complète possible au technicien qui configurera son réseau.

Cette documentation est accessible dans la salle où j'ai travaillé (Osaka), sur un serveur présent à l'IUT R&T de Luminy, celui dans lequel je poursuis ma formation.

Elle se fait sur un MediaWiki, MediaWiki étant un logiciel sur lequel s'appuie Wikipédia, désormais connu de tous. L'un des avantages de MediaWiki est qu'il peut s'installer très facilement sur un serveur LAMP, et interagit de la même façon que Wikipédia : il lit des scripts pour mettre en page, recueille des photos et permet d'obtenir une documentation propre sur un ou plusieurs sujets.

Sur cette page MediaWiki que j'ai entièrement édité se trouve l'explication technique et le détail de mon travail (pratique sur des maquettes, ou études) afin qu'il puisse être réutilisé par la suite. Aussi, ayant pris rendez-vous à maintes et maintes reprises avec d'autres personnes du projet, j'ai pu noter sur des plans du magasin leur besoin pour savoir de quelle manière faire le réseau. Cependant, il reste encore des personnes avec lesquelles le rendez-vous est repoussé à après la soutenance du 24.06.2019, mais que je pourrai voir néanmoins.

3.2. Ce qu'il me reste à faire

Ayant entré dans ma documentation la majeure partie de mes tâches, il me reste encore à prendre rendez-vous avec les dernières personnes du projet pour finaliser l'ensemble de mes tâches.

Je n'ai pas pu mettre en application la technologie impliquant le LoRaWAN sur une quelconque maquette, mais la simple étude de son fonctionnement permet déjà d'avoir en tête une idée du moyen dont nous pourrions l'implanter dans le magasin, ainsi que l'intérêt qu'il pourrait avoir pour les prochains projets de développement propres à ce dernier.

Enfin, la mise en place d'autres technologies telles que des caméras IP à l'aide de Raspberry ayant déjà été faite par moi en dehors du stage (lors de ma formation), il me faut encore entrer cette dernière partie de documentation sur ma page MediaWiki.

4. Les problèmes rencontrés

Outre les soucis de temps avant que d'autres membres du projet Amidex pour le magasin connecté ne répondent, où les quelques difficultés que j'ai pu avoir sur mon poste de travail, je n'ai pas réellement rencontré de problèmes.

D'un point de vue strictement personnel, le plus gros étant d'être resté une certaine partie du stage en autonomie, là où j'aurais peut-être préféré être un peu plus guidé. Cependant cet inconvénient apporta aussi un avantage certain, une prise en autonomie plus affirmée : j'ai dû prendre rendez-vous avec des enseignants de Saint Jérôme et de Salon, définir moi même quel temps je consacrais à quelle tâche, et quelle était la meilleure méthode de travail en me posant un ratio travail sur maquette / études / rédaction de documentation.

Le problème découlant de ce dernier point serait peut-être qu'au final je faisais ce que je pensais être bon sans savoir si c'était le cas ; avant de finalement parler avec mon maître de stage ou bien un autre membre du projet, ce qui parfois pouvait chambouler mon plan des tâches. C'est cette idée du contraste entre ce que je pense devoir faire, et ce que l'on me dit de faire.

5. Conclusion

Pour conclure et faire le bilan de ce stage, je dirais qu'il m'a beaucoup apporté sur plusieurs plans.

J'ai acquis un savoir-faire au niveau de la pratique lorsque j'ai manipulé le matériel, où lorsque j'ai vu comment réagissaient les maquettes sur lesquelles je travaillais à mes divers tests. De cette manière, j'ai pu appliquer des connaissances que j'avais de ma formation de façon plus ou moins concrète.

J'ai acquis un savoir théorique conséquent au fil des nombreuses études que j'ai dû effectuer. Nous pouvons observer ce travail notamment au travers de la documentation que j'ai entièrement rédigée. Aussi, interagir avec d'autres membres du groupes m'a permis de découvrir de nouvelles technologies que je ne connaissais pas (telles que les VNC, les lampes LiFi, la RFID ou encore le marketing sensoriel), et que j'ai dû étudier dans le cadre de mes missions.

Aussi, j'ai acquis beaucoup de savoir-être. L'autonomie et l'indépendance ont été ce à quoi j'ai été confronté une grande partie de ce stage ; cependant je travaillais toujours dans un groupe de projet. J'ai su être à l'écoute des autres membres du groupe, à l'écoute de mon maître de stage et à l'écoute des personnes à qui j'ai eu à faire pour mener à bien mes missions.

Bien que je ne puisse pas donner de chiffres quant à l'impact de mon travail puisque le magasin n'existe pas encore, une documentation reste concrète et pourra s'avérer utile dans le futur de ce dernier.

Enfin, ce stage rentrant totalement dans le domaine d'activité qui m'intéresse d'un point de vue professionnel, j'ai pu être épanoui en apprenant à maîtriser des outils qui me serviront ultérieurement, en tant qu'ingénieur.

6. Remerciements

Tout d'abord, je souhaite remercier toute l'équipe enseignante de l'IUT Réseaux et Télécommunications de Luminy pour la formation que j'ai pu y acquérir, qui a su me fasciner et m'intéresser ; et qui m'a notamment permis de parvenir à la fin de ce stage.

Puis, je souhaite remercier M. Arnaud FEVRIER pour le temps qu'il a consacré à me former en tant que stagiaire. Au travers de sa pédagogie j'ai pu beaucoup apprendre de mes outils de travail, et je sais que ces notions me serviront lors de mon parcours professionnel. Il a pu me faire prendre en maturité, en autonomie et en compétences. Il a pris le temps de m'expliquer en détail chacune des technologies sur lesquelles j'ai travaillé, me faisant aussi acquérir de nombreuses connaissances diverses liées à ces dernières. Enfin, pour m'avoir permis de réaliser ce stage qui fut enrichissant.

Je souhaite également remercier M. Jean-Jacques SIMON, Mme Anouch HOVSEPIAN, M. Djamel MERAD ainsi que l'entière des membres du projet de magasin connecté, pour le temps qu'ils ont pu m'accorder. Que ce soit pour m'expliquer, m'aiguiller ou me diriger, ils ont su se rendre présents lorsque j'étais perdu dans les tâches qui m'étaient confiées, ou simplement lorsque je leur demandais un conseil.

De la même façon je remercie énormément Mme Anouch HOVSEPIAN, ma tutrice de stage qui a pu maintes fois m'aiguiller en ce qui concerne les tâches qui m'étaient attitrées.

Enfin, j'aimerais remercier toutes les personnes avec qui j'ai été amené à travailler ou discuter dans le cadre de mon stage.

7. Glossaire

- Fab Lab (Page 8)
 - Un “Fab Lab” est un Laboratoire de Fabrication, c’est à dire un lieu où nous pouvons inventer, innover, créer.
- Caméra IP (Page 9)
 - Une caméra qui se sert d’un réseau informatique pour transmettre ses données. Permet entre autres un accès à travers le monde.
- Linux (Page 10)
 - Il s’agit d’un système d’exploitation (tout comme Windows), sur lequel j’ai beaucoup travaillé lors de mon DUT et de mon stage.
- Système d’exploitation (Page 10)
 - Il s’agit d’un logiciel fondamental au fonctionnement d’un matériel. Les 3 plus connus sont Linux, Windows et Mac OS.
- Distribution (Page 10)
 - Une distribution d’un système d’exploitation peut être interprétée comme une “version”, une sous-famille (Ex: Debian, Ubuntu et ArchLinux sont des distributions de Linux).
- Redondance (Page 10)
 - La redondance désigne le fait de rajouter une sécurité telle que si un problème intervient en un point, un autre système peut prendre le relais (généralement pour empêcher l’interruption d’un quelconque service).
- Tolérance de pannes (Page 10)
 - Le fait de pouvoir continuer de fonctionner, même si une panne intervient en un point.
- Parité (Page 10)
 - Dans ce contexte, désigne un moyen de sécurité (faible) permettant de déterminer par des calculs binaires si il y a une erreur ou non. Dans le cas du RAID, cela permet de retrouver le disque cassé en considérant qu’il n’y a pas d’erreur.
- Interface graphique (Page 11)
 - Couche du système d’exploitation permettant de voir visuellement tout ce que l’on peut faire.
- Bootable (Page 11)
 - Sur lequel l’ordinateur peut démarrer.
- HTML (Page 11)
 - Langage de codage à balises permettant de mettre des éléments sur une page Web.
- CSS (Page 11)
 - Langage de codage permettant de mettre en forme les éléments d’une page Web.
- Wordpress (Page 12)
 - Logiciel facilitant la création d’une page Web.
- Script (Page 12)
 - Morceau de programme/code permettant d’exécuter des tâches et effectuer des actions.

- Paquet (Page 12)
 - Dans le contexte de Linux, un paquet est comparable à un logiciel compressé dans une capsule. L'installation d'un paquet revient à la décompression de cette dernière, puis à la simple installation.
- SSH (Page 12)
 - Protocole informatique sécurisé permettant la connexion directe entre deux hôtes.
- LAN (Page 12)
 - Local Area Network, autrement dit "Réseau Local"
- DHCP (Page 13)
 - Protocole informatique distribuant et gérant des adresses numériques à des hôtes sur son réseau.
- DNS (Page 13)
 - Protocole informatique permettant d'agréger des adresses numériques en "noms de domaines". Par exemple, traduire "74.125.21.94" en "www.google.fr".
- Naté (Page 14)
 - C'est un terme technique qui désigne le fait de traduire une adresse d'un réseau dit "privé" en réseau dit "public", et inversement.
- IoT (Page 14)
 - Internet of Things, ou internet des objets. Principe selon lequel nous pouvons utiliser des objets connectés parmi d'autres machines sur un réseau, formant internet.
- Microcontrôleurs (Page 15)
 - Les microcontrôleurs sont des sortes de cartes à microprocesseurs, permettant de recevoir divers scripts, effectuer des tâches telles que lire la valeur de capteurs ou alimenter un moteur.
- Librairies (Page 15)
 - Banque de programmes. Permet entre autres de ne pas avoir à faire des programmes soi-même s'ils ont déjà été faits par quelqu'un d'autre dans le monde. Permet aussi souvent la compatibilité entre plusieurs matériels.
- Raspberry (Page 9)
 - Microcontrôleur évolué, comparable à un petit ordinateur. Il possède une carte réseau, des ports HDMI, USB et Ethernet, et est assez évolué pour pouvoir recevoir une distribution Linux nommée "Raspbian".

8. Sitographie

→ <https://www.univ-amu.fr/>

→ <https://amidex.univ-amu.fr/>

→ <http://arnaud.fevrier.p.luminy.univ-amu.fr/MR/>



**Institut Universitaire de Technologie,
Aix-Marseille Université**

**ANNEXES
Diplôme Universitaire de Technologie
Spécialité Réseaux et Télécommunications**

**Conception de l'infrastructure informatique d'un
Magasin Connecté**

Yanis GARCIN

AMIDEX

Responsable entreprise : Arnaud FEVRIER

Responsable académique : Anouch HOVSEPIAN

2019

Mon explication dans la documentation MediaWiki pour savoir comment configurer une carte STM32 en balise :

Nous allons nous servir d'une carte [STM32 Discovery Kit IoT](#) pour obtenir notre balise.

Nous allons nous servir du logiciel Arduino (disponible sur leur site officiel), et d'un exemple récupéré sur internet pour avoir la base de la balise.

Après le téléchargement du logiciel fait, il va falloir **ajouter notre carte** dans le dépôt des cartes disponibles. Pour cela, sur le logiciel:

- Fichier > Préférences > Dans le champs "URL de gestionnaire de cartes supplémentaires", rajouter l'adresse "https://github.com/stm32duino/BoardManagerFiles/raw/master/STM32/package_stm_index.json"
- Outils > Type de carte > Gestionnaire de carte > Chercher et installer le package de cartes "STM32 Cores"
- Outils > Type de carte > "Discovery"
- Outils > Board part number > "STM32L475VG-DISCOVERY-IOT"
- Ne pas oublier de sélectionner le bon port (sous debian, avec une seule carte branchée, il s'agit de /dev/ttyACM0) => Outils > Port > Sélectionner le port à utiliser (dans l'exemple cité, /dev/ttyACM0)

Notre carte est enfin prête à recevoir un code Arduino.

Un exemple est disponible dans une library à **installer** avec le manager:

- Croquis > Inclure une bibliothèque > Gérer les bibliothèques > Chercher et installer la lib "STM32duino SPBTLE-RF"
- Fichier > Exemples > STM32duino SPBTLE-RF > SPBTLE_BeaconDemo

Et voilà, votre exemple de programme beacon est là. Il ne vous reste plus qu'à le téléverser sur la carte. Cet exemple est modifiable, notamment au niveau de ce champs :

```
// Mac address
uint8_t SERVER_BDADDR[] = {0x56, 0x45, 0x34, 0x23, 0x12, 0x01};
```

Correspondant à l'adresse MAC du beacon BLE, ici l'adresse serait "01:12:23:34:45:56" (**l'ordre des octets dans la chaîne de caractères est inversé**).

Erreur fréquente lors du téléversement :

```
DIS_L4IOT not found. Please ensure the device is correctly connected
Une erreur est survenue lors du transfert du croquis
```

Pour comprendre et résoudre ce problème, c'est très simple.

Votre carte est bien connectée à votre PC, le nom de son espace de stockage est bien "DIS_L4IOT", mais si vous êtes sous linux, cet espace n'est pas automatiquement monté. Il vous faudra :

- Dans le cas d'un système d'exploitation **sans interface graphique**, monter la partition manuellement, par exemple :

```
$ sudo mkdir -p /media/{login}/DIS_L4IOT && sudo mount -o
uid={nom_user_utilisant_arduino}
/dev/{partition_de_stockage_de_la_carte_(ex:_sdd)} /media/{login}/DIS_L4IOT
```

- Dans le cas d'un système d'exploitation **avec une interface graphique**, double-cliquer sur l'icone du disque sur le bureau ou dans l'explorateur de fichiers suffit

Les outils que nous allons maintenant utiliser dépendent du package "**bluez**", pour l'installer sous debian :

```
$ sudo apt install bluez
```

Sur un ordinateur qui fonctionne sous debian, pour vérifier que le beacon est bien détectable et est bien configuré, il faut :

- Vérifier que la carte bluetooth est bien existante :

```
$ sudo hciconfig dev
hci0:  Type: Primary  Bus: USB
      BD Address: 82:29:91:38:37:47  ACL MTU: 1021:5  SCO MTU: 96:6
      DOWN
      RX bytes:1601 acl:0 sco:0 events:199 errors:0
      TX bytes:38429 acl:0 sco:0 commands:198 errors:0
```

- Passer la carte à l'état UP :

```
$ sudo hciconfig hci0 up
$ sudo hciconfig dev
hci0:  Type: Primary  Bus: USB
      BD Address: 82:29:91:38:37:47  ACL MTU: 1021:5  SCO MTU: 96:6
      UP RUNNING
      RX bytes:1601 acl:0 sco:0 events:199 errors:0
      TX bytes:38429 acl:0 sco:0 commands:198 errors:0
```

- Effectuer un scan BLE :

```
$ sudo hcitool lescan
LE SCAN...
12:23:34:45:56 (unknown)
```

Ici, on voit que l'adresse MAC de la balise est bien celle que nous avons définie dans le programme compilé et téléversé sur la carte par Arduino.

Il ne nous reste plus qu'à **traiter ces données** en faisant quelque-chose de l'information de captation de la balise par BLE.

Enfin, voici le programme que j'envoyais à ma carte depuis Arduino :

```
#include <SPI.h>
#include <SPBTLE_RF.h>
#include <beacon_service.h>

#define PIN_BLE_SPI_MOSI    (PC12)
#define PIN_BLE_SPI_MISO    (PC11)
#define PIN_BLE_SPI_SCK     (PC10)

#define PIN_BLE_SPI_nCS     (PD13)
#define PIN_BLE_SPI_RESET   (PA8)
#define PIN_BLE_SPI_IRQ     (PE6)

#define PIN_BLE_LED        (LED4)

SPIClass BTLE_SPI(PIN_BLE_SPI_MOSI, PIN_BLE_SPI_MISO, PIN_BLE_SPI_SCK);

SPBTLERFCClass BTLE(&BTLE_SPI, PIN_BLE_SPI_nCS, PIN_BLE_SPI_IRQ,
PIN_BLE_SPI_RESET, PIN_BLE_LED);

uint8_t SERVER_BDADDR[] = {0x42, 0x69, 0x99, 0x19, 0x08, 0x24};

#define USE_UID_MODE

#ifdef USE_UID_MODE

uint8_t NameSpace[] = "ST BTLE";
uint8_t beaconID[] = {0x1, 0x2, 0x3, 0x4, 0x5, 0x6};
#else
char url[] = "www.st.com";
#endif

void setup() {
    Serial.begin(9600);

    if(BTLE.begin())
    {
        Serial.println("Bluetooth module configuration error!");
        while(1);
    }

#ifdef USE_UID_MODE

    if(BeaconService.begin(SERVER_BDADDR, beaconID, NameSpace))
    {
        Serial.println("Beacon service configuration error!");
        while(1);
    }
else
```

```
{
  Serial.println("Beacon service started!");
}
#else

if(BeaconService.begin(SERVER_BDADDR, url))
{
  Serial.println("Beacon service configuration error!");
  while(1);
}
else
{
  Serial.println("Beacon service started!");
}
#endif
}

void loop() {

  BTLE.update();
}
```