

# Motivations du projet IOT LoRaWAN à L'HERMITAGE

William Michalski  
Juin 2022



## L'IOT libre dans les tiers-lieux ?

Qu'est-ce-qu'un objet connecté ? Qu'est-ce-que l'Internet des Objets ? Il est toujours difficile de définir ces deux concepts, ils restent très abstraits pour beaucoup de personnes. Pourtant, ces concepts s'immiscent dans nos vies quotidiennes depuis bientôt une dizaine d'années. Après la révolution apportée par les ordinateurs et l'automatisation au début du XXe siècle (« Troisième Révolution industrielle », bien qu'elle ne touche pas que l'industrie), la prochaine – et déjà bien en marche - sera celle de l'Internet des Objets.

Un objet connecté, représente tout appareil électronique capable d'interagir avec son environnement, grâce à l'intermédiaire d'Internet. Il peut s'agir de captation d'informations du monde réel, par des capteurs (relevé de température, CO2, images, stress... tout type de donnée), ou d'activation d'une « action » du monde réel (allumage d'une lampe, d'un moteur, d'un micro, conduite d'un véhicule, envoi de messages personnalisés... tout type d'action). On parlera de « capteur » ou « d'actionneur », par extension, pour désigner tout objets connecté qui peut soit être observateur, soit acteur du monde réel.

La différence avec les autres objets électroniques, est que les objets connectés ne sont pas autonomes, ils communiquent avec Internet, avec le Cloud, pour déterminer comment ils interagissent. Le Cloud leur sert de « cerveau », à qui ils envoient ce qu'ils ont capté, ou à qui ils demandent ce qu'ils doivent activer. Sauf que ce cerveau ne possède pas les données d'un seul objet connecté, mais de tous ceux du réseau. Un objet pourrait donc capter un départ de feu, et un autre pourrait lancer un appel téléphonique aux pompiers, par l'intermédiaire du Cloud. Un objet connecté n'est donc pas une entité autonome ; on pourrait considérer que l'ensemble d'un réseau d'objets connectés est une entité, car tous ces objets peuvent communiquer et interagir entre eux.

En plus de l'interconnexion de ces objets grâce à Internet, il faut comprendre que les interactions possibles sont infinies. Il n'y a que les fonctions de captations et d'activations qui sont figées ; le traitement des données peuvent être reprogrammées sur le Cloud sans modifier les objets connectés (lors d'un départ d'incendie, on pourrait plutôt décider d'activer l'allumage d'un circuit d'eau en plus d'appeler les pompiers, la prochaine fois). Les données peuvent aussi simplement être collectée

pour faire des analyses plus approfondies de l'environnement (c'est en fait le cas le plus commun, plutôt que la captation puis activation en temps réel, qui reste rare).

On pourrait dire que l'Internet des Objets, est la convergence entre les objets du monde réels et Internet. Le fait que l'on soit capable de pouvoir collecter des informations sur tous objet réel, à tout moment, d'analyser ces informations, ainsi que de créer des connexions entre celles-ci, permet d'imaginer une quantité phénoménale de possibilités. C'est une extension du monde physique, en créant un réseau entre des aspects du monde réel qui n'étaient pas capables d'interagir avant cela. On trouve déjà beaucoup d'applications à l'Internet des Objets : la e-santé, la domotique, l'organisation des moyens de production pour l'industrie (on parle d'industrie 4.0), l'agriculture intelligente... Tout domaine pourrait bénéficier de ces méthodes de mesure (et d'activation) automatisées. Ces masses d'informations permettraient de déterminer les meilleures manières de produire, consommer, optimiser... Pour réussir à faire toujours mieux qu'avant, avec un coût (financier, énergétique, humain...) toujours plus faible.

Cette révolution (« la troisième évolution d'Internet », ou la « quatrième révolution industrielle ») est donc en marche depuis plusieurs années, le nombre d'objets captant des informations ne fait qu'augmenter. Le déploiement à marche forcée de la 5G en France en est un bon exemple : les particuliers ne voient pas forcément l'intérêt pour leur quotidien (télécharger encore plus vite ?) d'installer toutes ces nouvelles antennes, mais la 5G apporte beaucoup de solutions pour l'IOT et intéresse particulièrement les industriels !

Mais est-ce-que l'on veut cette révolution ? La question n'est jamais posée...

Certes il y a des gains à collecter toutes ces informations. Mais il y aussi des situations où on ne souhaite pas que des informations soient collectées : quand est-il de la vie privée ? De plus, à l'heure où l'urgence climatique et le besoin de « décroître » sont de plus en plus évidents, cette augmentation exponentielle des appareils électroniques dans le but de croître toujours plus vite est elle souhaitable ? Est-ce-que tout cela est bénéfique pour notre bien-être, avant d'être bénéfique pour le PIB ?

Ces questions sont complexes et nous n'avons pas pour but d'y répondre ici. Mais nous pouvons remarquer que malgré la richesse et la complexité de ces questions, elles ne sont jamais discutées. Nous allons droit vers cette révolution du tout numérique sans se poser la question de son bien-fondé. Ou plutôt, des groupes privés ultra minoritaire mais ultra puissant décident pour l'ensemble de la population.

Nous sommes face à une crise démocratique, et pour en apprendre plus sur ces questions et les solutions à envisager, nous encourageons vivement à lire « Technologies partout, démocratie nulle part », d'Irénée Régnauld et Yaël Benayoun.

Au-delà de ces choix de société qu'il faudrait être en mesure de discuter, il y a le problème de l'appropriation de ses outils numériques (qu'il s'agisse de l'Internet des Objets, ou de tout autre outil numérique, comme le smartphone).

Les technologies que l'on développe aujourd'hui sont extrêmement complexes, les métiers d'ingénieries et de recherches sont ultras spécialisés. Peu de personnes aujourd'hui sont à même de comprendre et maîtriser, d'un bout à l'autre de la chaîne, les outils qu'ils utilisent au quotidien. Pire : peu de personnes sont intéressées à comprendre leurs outils, la plupart sont dans une posture de « client », et attendent un « service ». D'où le fait qu'il n'y a que de grands groupes, qui sont capables de maîtriser et proposer ces outils. Il y a donc un énorme problème, à devenir aussi dépendants d'outils si complexes, maintenus par une minorité d'entreprises privées. Comment les états peuvent-ils avoir un fonctionnement démocratique si l'ensemble du système est dépendant de quelques groupes privés ?

Il paraît donc pertinent, de développer à la fois des technologies plus simples - pensons au lowtech - mais également librement accessibles et compréhensibles - thèses libristes - tout cela dans un souhait de « souveraineté numérique » par les citoyens. À l'heure où l'Internet des Objets promet la fusion du monde réel et du monde virtuel, les thèses libristes, issues du monde du logiciel libre, viennent s'ajouter aux conditions d'un monde plus démocratique. Vouloir apprendre à développer des objets connectés libres semble donc tout à fait cohérent. Cela permettrait de développer des opinions pertinentes sur ces sujets, grâce à une connaissance profonde de leur fonctionnement. Mais également, de manière plus concrète, de développer et installer des objets connectés par les citoyens, pour les citoyens.

Ce sont ces pensées qui ont poussé au développement de ce projet de « réseau d'objets connectés », dans le tiers-lieu l'Hermitage. Un tiers-lieu, qui plus est ayant un axe numérique (projets de fablab, de médiation numérique, de reconditionnement...) , semblait être un bon espace pour tenter de développer une émulation autour de la compréhension et l'appropriation des objets connectés par les citoyens.

Ce projet avait pour but d'amorcer cette démarche d'appropriation, d'un point de vue technique, en proposant un premier prototype de ce que pourrait être un réseau IOT libre et autogéré. Ainsi avec ce travail à la fois d'état de l'art des solutions existantes, et de développement d'une partie des outils manquants, il sera plus simple pour d'autres de s'approprier et d'améliorer les outils IOT libre.

Ce travail ne s'est pas concentré sur le développement de débat et de discussion autour de la souveraineté numérique, cette introduction est notamment là pour pallier ce manque. Nous espérons que celle-ci sera suffisamment compréhensible pour des personnes mal à l'aise avec le numérique, pour comprendre l'intérêt de ce travail ; et qu'elle aidera les plus sensibles à ces questions à provoquer les débats !

## **Un réseau IOT à l'Hermitage ?**

Au-delà de l'idéal démocratique, et de manière plus pratique, qu'est-ce-que pourrait concrètement apporter le développement d'un réseau d'objet connecté à l'Hermitage ? Lors de ce travail, deux usages ont été principalement identifiés : la facilitation de la gestion du site de l'Hermitage par des outils de monitoring, et le développement des activités de la Rural Hacking Factory ; d'autres usages pourraient être imaginés à l'avenir, c'est l'avantage du « tiers-lieu ».

Le site de l'Hermitage est un lieu chargé d'histoire, avec des activités très diverses qui se sont succédées au cours du XXe puis du XXIe siècle. De fait, de nombreux bâtiments et structures sont vieillissants, et représentent un poids, tant en entretien qu'en rénovation. L'utilisation d'outils de domotique pourrait permettre (i) de faire des optimisations de la consommation énergétique au quotidien (compteurs connectés pour faciliter la gestion de ce grand site ? Coupure de la lumière, de l'électricité, du chauffage quand ce n'est pas nécessaire?) (ii) de faire des analyses ciblées par mesure automatisée, pour en apprendre plus sur le site, et déterminer les priorités en matière de rénovation et/ou des méthodes de monitoring à mettre en place.

L'utilisation d'une solution IOT « maison » pour ces applications pourrait permettre un gain financier intéressant, comparativement à ce que pourrait proposer une entreprise. Cependant la vitesse de développement et la qualité du rendu ne pourront pas égaler ceux d'une entreprise spécialisée. Il faut déterminer, selon les usages, si la priorité est l'économie et l'intérêt pour les questions de souveraineté, ou la vitesse et la qualité de la solution.

On soulignera que le développement d'une solution IOT pour un besoin bien défini du site de l'Hermitage, pourrait être un sujet de stage intéressant pour un étudiant en école d'ingénieurs (en particulier, le stage « d'assistant ingénieur », durant 2/3 mois). Après s'être approprié la solution de réseau IOT proposé dans ce travail, l'étudiant pourrait se concentrer sur la mise en application.

Il existe au sein de l'association Hermitage un pôle numérique. Ses activités sont en cours de développement, mais la question du numérique a une place prépondérante depuis le démarrage du projet de tiers-lieu : on entend souvent le terme "hacking citoyen" ; la salle de cours de la formation de dépanneur informatique a été nommée Rural Hacking Factory. Tout cela fait référence au souhait de créer une émulation autour du numérique, en ruralité, soit là où il a le plus de mal à s'imposer. Comme évoqué en introduction, il s'agit des questions de "souveraineté numérique". Il est d'autant plus important de faire cela à la campagne, car la population est vieillissante et n'a pas pris en main ces outils, alors qu'il y a bien une numérisation de toutes les structures sociales, ce qui accroît l'isolement des ruraux.

Le développement d'outils IOT à l'Hermitage répond donc à cet objectif de ralliement autour du numérique, et colle bien à la définition du hacking citoyen en ruralité. Cela pourrait donc, à terme, se traduire par une équipe (d'internes et/ou de bénévoles), développant et maintenant des réseaux IOT ; à destination des besoins du site de l'Hermitage, mais également des autres activités de la zone (les réseaux IOT n'étant bien sûr qu'un exemple, parmi la multitude des projets possibles en lien avec la souveraineté numérique : gestion de crise et radio-amateurisme, réseaux de communication gérés/hébergés localement...).

En plus de ces deux objectifs identifiés, d'autres besoins pourraient à terme être identifiés. La pluralité des activités de l'Hermitage et son caractère expérimental -caractéristique des tiers-lieux - sont à même de faire émerger des collaborations entre les numériciens et les autres domaines. Des outils IOT pourraient servir au monitoring du site (évoqué plus haut), au développement de la micro-ferme, à la gestion durable de la forêt, à l'éducation des plus jeunes... Le fait que les numériciens et que les utilisateurs - quelque soient leurs usages (maraîchage, logistique, éducation, forêt...) - aient un lieu pour échanger et développer ensemble des outils numériques est une formidable chance. Cela permet à la fois de développer des outils qui correspondent réellement aux besoins des usagers, et à accorder une plus grande place à la compréhension et à l'appropriation des outils utilisés.

On retrouve le besoin de débattre autour des usages du numérique, évoqué en introduction (: a-t-on réellement besoin de telle technologie pour tel usage ?). Un tiers-lieu semble être l'endroit idéal pour amorcer de meilleures collaborations entre développeurs d'outils numériques et utilisateurs.

## **Présentation des objectifs du projet**

Le développement du réseau IOT s'est fait en se concentrant sur la technologie LoRa, et le protocole LoRaWan. LoRa est un type de modulation, longue portée (de l'ordre du kilomètre pour les petits appareils, jusqu'à plusieurs centaines de kilomètres pour les plus grosses installations) et à faible débit d'informations (voir Figure 1). Cette technologie est donc bien adaptée aux appareils envoyant des données simples (une/des valeur(s) de température/pression/stress, des SMS... en opposition, par exemple, à de l'image ou de la vidéo qui nécessite un gros flux de données), et qui sont isolés dans des zones où il n'y a pas de réseau. La consommation énergétique est donc faible, et permet d'avoir des appareils fonctionnant sur batterie pendant plusieurs mois/années. De plus, la bande de fréquences associée au LoRa est libre d'utilisation (bande des 868MHz en Europe, la bande des 433MHz est également utilisable pour les radioamateurs), il est donc possible pour tout à chacun de développer, maintenir et utiliser un réseau LoRa.

Dès lors, on peut imaginer tout type d'usage avec LoRa, il s'agit simplement d'un moyen d'échanger des informations simples entre deux appareils. LoRa est par exemple utilisé par les radioamateurs, pour développer des réseaux mondiaux APRS, permettant avec un GPS d'établir des cartes de la répartition des radioamateurs par zones. Il est aussi possible de concevoir des réseaux de communication « mesh », pour échanger des messages là où il n'y a pas d'infrastructure réseau, comme le propose le projet MeshStatic.

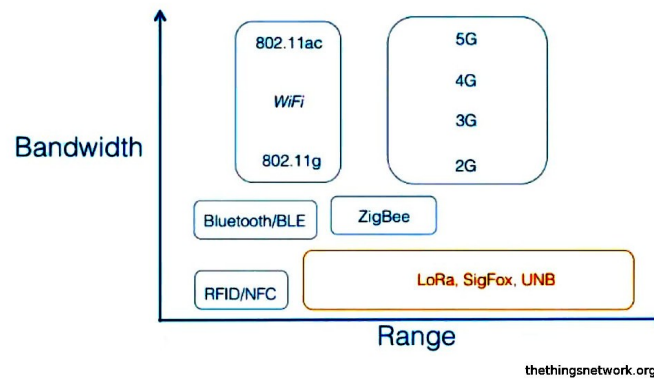


Figure 1: Les différents type de modulation, selon le rapport portée/débit.

LoRa est particulièrement adapté pour les réseaux d'objets connectés, car des capteurs ou actionneurs peuvent être laissés en autonomie dans des zones éloignées. Un protocole de communication permettant de gérer un réseau IOT fonctionnant en LoRa a donc été développé : LoRaWan. C'est sur ce protocole que s'est concentré le travail établi ici.

Le protocole LoRaWan a été développé spécifiquement pour les objets connectés, et est donc particulièrement adapté à cet usage (en comparaison, par exemple, aux protocoles TCP/IP, qui sont au départ prévus pour des utilisateurs, par des « objets »). D'après ce qu'on peut voir sur la Figure 2, les objets connectés communiquent à une passerelle, en LoRa. Cette passerelle permet ensuite de transférer ces données sur Internet, pour qu'elles soient ensuite analysées et interprétées par d'autres applications. La communication entre objets connectés se fait toujours par l'intermédiaire de la passerelle (pour reprendre l'exemple de l'incendie : si un capteur détecte un départ de feu, l'information va être transférée jusqu'à une application du serveur réseau, qui va déterminer qu'il faut lancer un circuit d'eau ; l'application, par l'intermédiaire de la passerelle, va donc indiquer à un actionneur d'ouvrir un robinet).

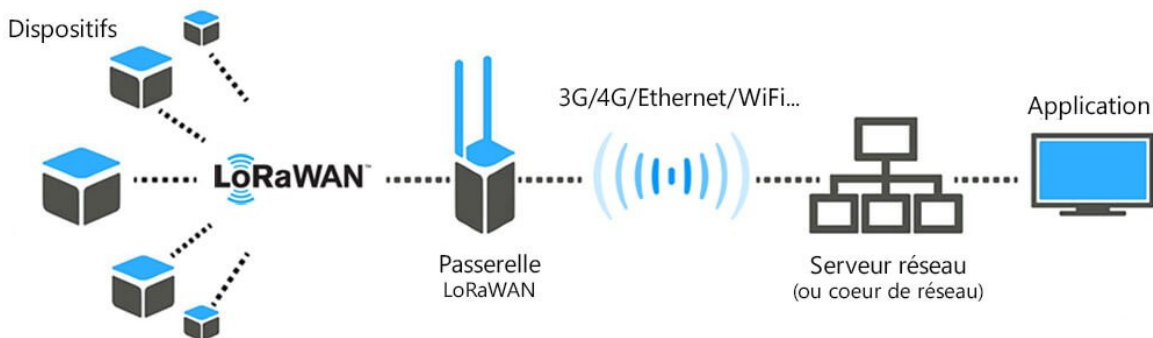


Figure 2: Architecture réseau LoRaWan (giga-concept.fr)

Ce projet s'est donc concentré sur le développement d'un réseau d'objets connectés en LoRaWan à l'Hermitage. L'objectif était de trouver une manière de généraliser l'implantation de capteurs et d'actionneurs sur le site de l'Hermitage, de manière peu coûteuse, et que ceux-ci puissent être analysés/commandés depuis des interfaces de contrôle (sur un ordinateur ou un smartphone, voir Figures 3 et 4). L'objectif n'était donc pas centré sur un besoin de relevé bien précis, mais sur le développement de la méthode générale. (l'objectif étant qu'à l'avenir, il soit plus aisé de se concentrer sur les usages). L'exemple d'application qui a été choisi comme support de développement ici est le relevé de la température et de l'humidité, à l'aide d'un capteur DHT11.

Ce qui a été développé n'est donc pas uniquement l'installation d'un réseau LoRaWan à l'Hermitage, mais également des designs de cartes électroniques d'objets connectés « lowcost », les programmes informatiques de ces cartes électroniques, ainsi que le moyen de visualiser les relevés

des capteurs sur une interface de contrôle (donc sur une page web, sur un ordinateur ou un smartphone).

Le but était de rendre plus accessible l'ensemble des éléments qui compose un réseau d'objets connectés, qu'il soit plus aisé pour quelqu'un souhaitant faire de simples relevés de données de comprendre quels outils sont nécessaires et doivent être combiné pour cela.

Des contraintes dans le développement se sont également imposées de manière plus ou moins explicite, en lien avec les questions soulevées dans les parties précédentes : (i) le prix des matières premières et des outils devait rester « abordable », (ii) tous les éléments développés devaient être open source, pour permettre à ce projet d'être reproduit et amélioré, (iii) il fallait tenter d'avoir des matières premières « simple », et des éléments à fabriquer également « simples » à refaire (concerne surtout la création d'une carte électronique, soit les éléments « physiques ». On peut rapprocher cela de la lowtech).

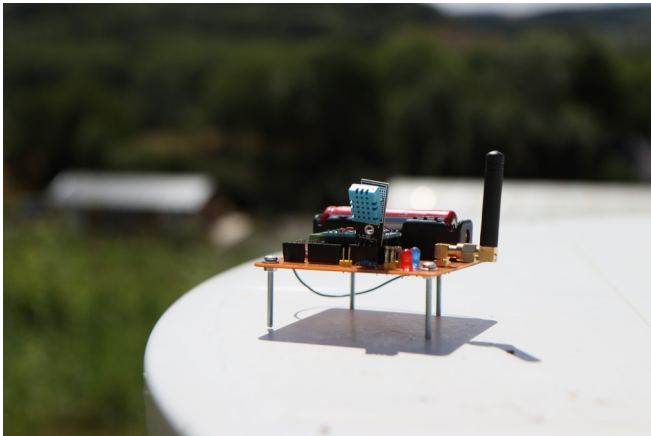


Figure 4: "Nœud" LoRaWAN réalisé au fablab de l'Hermitage

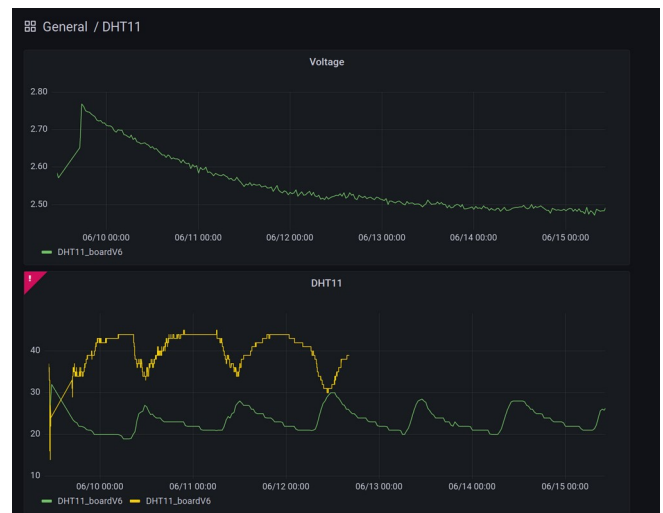


Figure 3: Relevés issu du nœud LoRaWAN, sur Grafana

Concernant les actionneurs (les objets connectés pouvant activer des actions), il a été décidé, à un certain stade du développement, de ne pas se concentrer dessus. Premièrement, la question de l'activation automatique de commandes est sensible en termes de sécurité. Il faut avoir un système suffisamment fiable et performant, ne risquant pas d'interférer ou de poser problème à son environnement. Chaque installation d'actionneur doit bien être discutée, pour s'assurer de la compatibilité avec toutes les activités susceptibles d'être impactées. Deuxièmement, le développement d'actionneur à travers une architecture du réseau est plus complexe que la simple captation d'informations. Il a donc été décidé de se concentrer sur les capteurs, car les questions de sécurité, ainsi que le développement des outils sont plus complexes et cela nécessiterait plus de travail.

Le résultat de ce travail est rendu librement accessible sur le [GitHub de l'Hermitage](#). Ce dossier est constitué des programmes informatiques développés, des modèles des carte électroniques développées, de documentations et conseils pour faciliter la prise en main, ainsi que de cette introduction. Nous espérons que ce travail sera apprécié, débattu, critiqué, amélioré par d'autres, que ce soit au sein du fablab de l'Hermitage ou ailleurs.

Merci à l'équipe de l'Hermitage et à l'association L'Hermitage Expérimentation pour l'opportunité de travailler sur ce projet au sein du pôle numérique et de son fablab.