

## Projet de création d'une valise de diagnostic énergétique



*Le but de ce projet est d'élaborer une valise de diagnostic énergétique. Celle-ci regroupe plusieurs capteurs nécessaires pour étudier la performance énergétique d'un logement. Dans le cadre de notre projet, nous allons créer une valise de diagnostic énergétique avec des capteurs fixes, utilisables de manière autonome. Nous intégrons des capteurs de température, de luminosité, de mouvement, d'ouverture de porte et fenêtre, de qualité d'air et des ampoules connectées. Cette valise est principalement à destination des ménages. Elle peut éventuellement être utilisée dans le secteur tertiaire. En revanche, elle ne sera pas du tout adaptée au secteur industriel.*

*L'objectif principal étant d'obtenir le profil de consommation de l'utilisateur ainsi qu'une idée de la performance énergétique du logement afin de pointer de potentielles réductions de consommation par des gestes simples. Elle devra donc être accessible et facile à mettre en place chez un client.*

# I. Fonctions des différents composants d'une valise énergétique

Avant de choisir les différents composants de notre valise énergétique, nous avons pris le temps de nous demander ce que doit faire celle-ci. Nous avons alors identifié plusieurs fonctions qui nous semblent importantes pour atteindre notre objectif.

Voici les principales fonctions retenues :

## 1. Déterminer la consommation énergétique des appareils

Observer la puissance des appareils est important pour les individus qui veulent connaître les appareils énergivores de leur logement. Cette mesure peut s'effectuer avec des prises connectées.

## 2. Déterminer un excès de température dans une pièce

La température de confort dans les pièces de vie est de 19°C, et elle est de 17°C dans les chambres. La présence de capteurs de température dans ces pièces permet de savoir si ces températures de confort sont dépassées. Si c'est le cas, cela signifie que le chauffage est trop élevé.

## 3. Déterminer si l'éclairage est utilisé abusivement

Une pièce peut être éclairée de façon excessive à cause d'une surintensité des lampes. Un contrôle par des capteurs de luminosité permet d'ajuster l'intensité des lampes. Les pièces doivent avoir un éclairement lumineux moyen de 300 lux.

## 4. Déterminer l'énergie dépensée par les lampes durant une absence

Nous oublions parfois d'éteindre la lumière en sortant d'une pièce. Les capteurs de mouvement détectent les moments où il n'y a personne dans la pièce. Les lampes connectées, quant à elles, détectent les moments où elles sont allumées et l'énergie qu'elles consomment. Il est ainsi possible de connaître l'énergie que nous aurions économisée si nous avions éteint les lampes durant notre absence.

## 5. Déterminer si les fenêtres/portes sont ouvertes avec l'utilisation du chauffage

Lorsque l'on ouvre les portes et les fenêtres, il est important de ne pas laisser le chauffage en fonctionnement. Cela peut être détecté par les capteurs d'ouverture porte et fenêtre couplés à la mesure de température intérieure et extérieure par exemple.

## 6. Déterminer une mauvaise optimisation de la VMC

Les capteurs de qualité de l'air permettent de savoir si l'air est correctement renouvelé et donc si la ventilation est correctement programmée.

## II. Avec quel matériel ?

### 1. Capteurs disponibles en salle de TP

**Trois types de technologie existent pour la connexion de capteurs : ZigBee, Z-wave et EnOcean.** Nous avons eu l'opportunité de nous familiariser avec ces technologies au cours des TP précédents.

Pour ce projet, il est possible pour nous d'en utiliser une des trois, deux, ou bien les trois à la fois. Cela est permis par Raspberry qui permet de collecter les données des différents capteurs, et de les visualiser sur l'interface Jeedom.

#### a. Technologie Z-wave

Les capteurs disponibles en technologie Z-wave sont :

- Prise connectée : Wall Plug Fibaro
- Multi-sensor Aeotec (mesure de la température, luminosité, humidité et présence)
- Ampoule LED Aeotec 6 Multi-Blanc - Z-Wave Plus

#### b. Technologie Zigbee

Les capteurs disponibles en technologie Zigbee sont :

- Capteur d'ouverture de porte et de fenêtre Aqara
- Capteur de température et d'humidité Aqara
- Capteur de luminosité et présence Aqara

#### c. Technologie EnOcean

Les capteurs disponibles en technologie EnOcean sont :

- Capteur de qualité d'air

### 2. Choix des capteurs

Au sein d'une maison, il est important de réfléchir à l'alimentation de ces différents capteurs. Certains marchent à piles, mais d'autres marchent sur secteur. Cela peut être problématique pour un capteur de présence par exemple où le capteur doit être placé dans le coin d'une pièce pour marcher efficacement. C'est ce raisonnement qui a principalement guidé nos choix pour les différents capteurs.

Le capteur "multisensor" (Z-wave) mesure difficilement la présence, après test, et a une faible autonomie en fonctionnement sur pile. Ce capteur peut également être branché sur secteur mais cela le rend plus contraignant à l'utilisation puisqu'on ne pourra alors pas choisir l'emplacement et qu'il va monopoliser une prise. On a donc décidé d'utiliser les capteurs Aqara, de technologie ZigBee, pour la détection d'ouverture de portes et de fenêtres, de température, d'humidité et de luminosité et présence. En effet, tous fonctionnent sur batterie et ont une bien meilleure autonomie, ce qui est plus adapté pour une valise de diagnostic énergétique à installer chez un particulier. Cependant, nous utilisons la technologie Z-wave pour les prises connectées et les ampoules connectées car nous ne disposons pas de la technologie Zigbee pour ces capteurs.

Enfin, les ampoules connectées que nous avons utilisées ne permettent pas de mesurer la consommation électrique. Ce sont des ampoules contrôlables. Dans le tableau ci-dessus et au sein de la valise de diagnostic énergétique, il sera préférable de choisir des ampoules qui permettent une mesure ou au moins une indication sur l'état de l'ampoule (allumée ou éteinte).

Le capteur de qualité de l'air était hors d'usage car la capsule chimique était épuisée. Nous ne l'avons donc pas connecté sur Jeedom. Il est donc inutile, pour ce projet, d'utiliser la technologie Enocean.

Dans notre salle de travail, nous disposons aussi d'un capteur de CO<sub>2</sub> netatmo. Contrairement à ce que nous souhaitions initialement, nous ne pourrions pas l'utiliser car il est connecté sur un réseau sécurisé dont nous n'avons pas l'accès.

Pour résumer, voici la liste des capteurs que nous avons utilisé :

Déterminer la puissance des appareils	Prise connectée Wall Plug Fibaro
Déterminer un excès de température dans une pièce en hiver	Capteur de température Aqara
Déterminer une utilisation abusive de l'éclairage	Capteur de luminosité Aqara + Ampoule connectée Aeotec
Déterminer l'énergie dépensée par les lampes durant une absence	Capteur de mouvement Aqara + Ampoule connectée Aeotec
Déterminer si les fenêtres/portes sont ouvertes avec l'utilisation du chauffage	Capteur d'ouverture de porte et de fenêtre Aqara

***Voir en annexe les fiches caractéristiques des différents capteurs utilisés***

Le dernier point important, maintenant que nous avons choisi les deux technologies dont nous avons besoin, Zigbee et Z-Wave, sont les gateways. Il est donc nécessaire de s'équiper des clés pour ces deux technologies.

### 3. Le choix d'un Raspberry Pi

Pour ce projet, l'ordinateur que nous utilisons pour la gestion des capteurs, l'acquisition et le stockage des données se fait à l'aide d'un microprocesseur Raspberry. Pour simplifier, le Raspberry est un petit ordinateur portable. C'est justement l'avantage principal de celui-ci et la raison pour laquelle nous l'utilisons ici. Nous pouvons l'installer n'importe où à partir du moment où une prise est disponible et il reste discret. Idéal donc pour une valise de diagnostic énergétique à installer chez un particulier sans le gêner dans son quotidien. Malgré son petit gabarit, il est largement suffisant pour le traitement des données dont nous ferons l'acquisition.

Pour ce projet, nous avons pris le modèle qui était à notre disposition : Raspberry Pi 3.

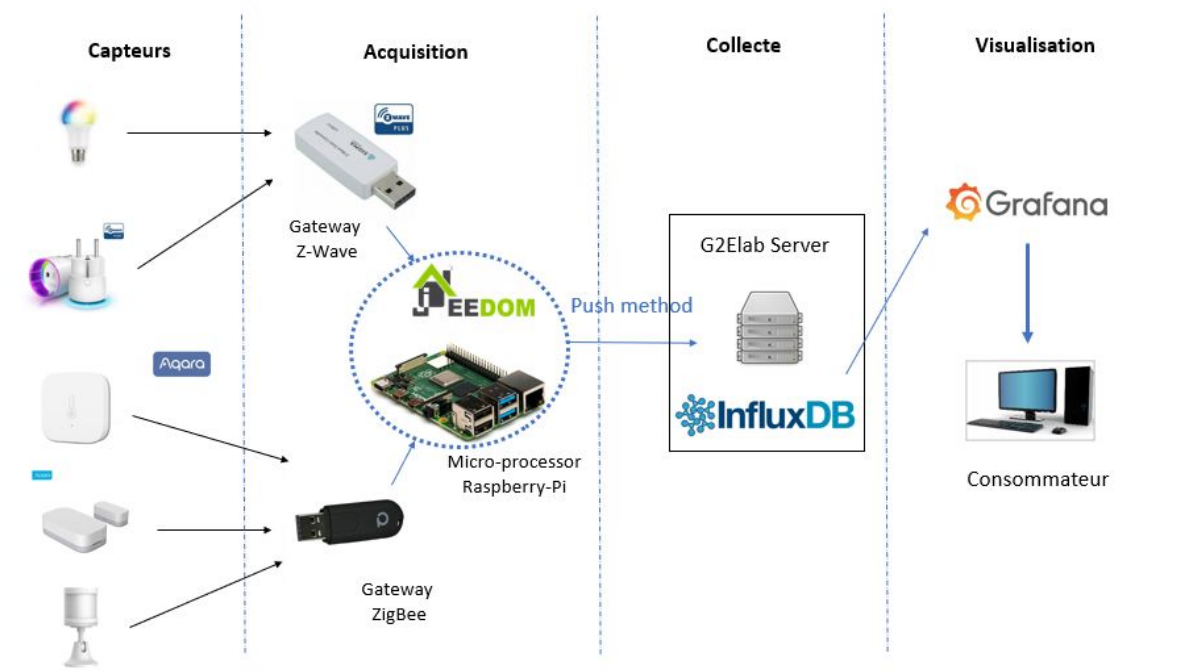
### 4. Analyse de coût d'une valise énergétique

Après avoir énuméré tous les capteurs et outils nécessaires pour une valise de diagnostic énergétique, nous pouvons en tirer le prix d'un tel appareillage. Ce coût rentrera dans le prix total que devra payer le consommateur pour faire évaluer ses données de consommation et le diagnostic énergétique de son logement.

Capteur	Coût
Prise connectée Wall Plug (Fibaro)	environ 60€
Ampoule LED connectée Z-Wave	environ 90€
Capteur de température et d'humidité (Aqara)	environ 12€
Détecteur d'ouverture de portes et de fenêtres (Aqara)	environ 10€
Détecteur de mouvement (Aqara)	environ 12€
Microprocesseur Raspberry Pi 3	environ 35€
Dongle Zigbee Phoscon	environ 50€
Dongle Z-Wave Phoscon	environ 60€
Plug-in Deconz	6€
<b>Total</b>	<b>environ 150€ + 185€ / kit de capteur</b>

### III. Configuration de la valise énergétique

Les différents composants présentés ci-dessous sont nécessaires pour contrôler et suivre les capteurs par les utilisateurs.

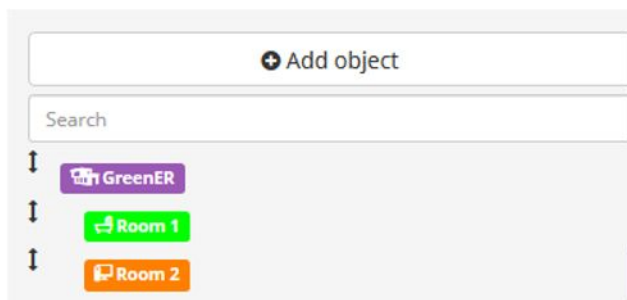


#### 1. Installation du Raspberry Pi

Le logiciel Jeedom est un logiciel agrégateur de données. Il permet de recevoir les données des capteurs, de les visualiser et de les stocker sur une base de données. Nous installons donc Jeedom sur le Raspberry Pi.

Nous pouvons ensuite nous connecter sur le Jeedom du Raspberry Pi depuis ce dernier, en tapant *localhost* sur un navigateur web. Nous pouvons aussi y accéder à distance depuis un autre ordinateur, si le réseau sur lequel est connecté le Raspberry Pi l'autorise.

Jeedom permet de créer les différentes pièces où nous voulons mettre nos capteurs. Voici la visualisation d'une architecture possible :



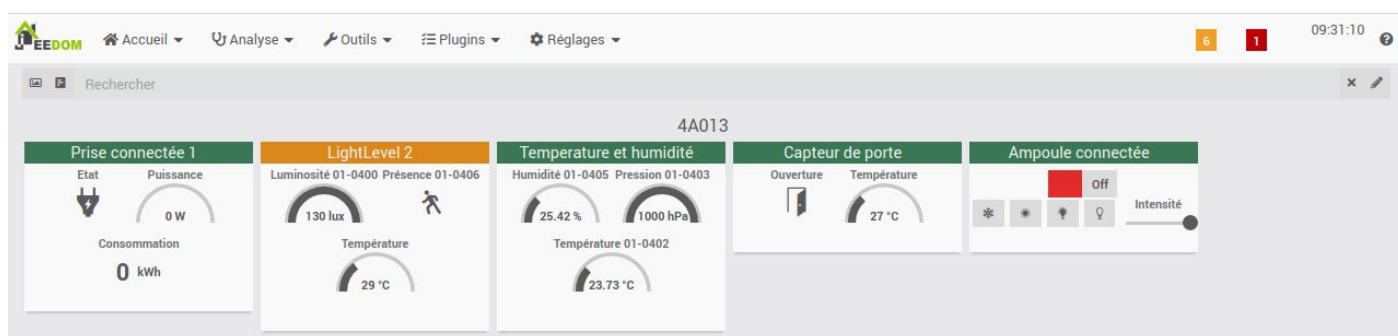
## 2. Connexion des différents capteurs

Il est nécessaire d'installer les technologies Z-wave et Zigbee sur Jeedom. Ensuite, nous connectons les dongles des 2 technologies dans le Raspberry Pi.

Concernant la technologie Z-Wave le plugin était déjà installé mais celui pour la technologie Zigbee ne l'était pas. Nous avons alors choisi d'utiliser le plugin "Deconz" qui fonctionne avec les gateways Conbee II Zigbee. Pour la technologie Zigbee il est conseillé de bien suivre l'onglet "documentation" du plugin pour bien le configurer. Le recours à un tutoriel indépendant pourra s'avérer nécessaire.

Les capteurs peuvent ensuite être connectés un à un. Ceux de la technologie Z-wave peuvent directement être connectés depuis Jeedom. Ceux de la technologie Zigbee devront être associés à l'aide d'une autre page : Phoscon App.

Voici la visualisation des différents capteurs nécessaires pour la valise énergétique :



Les capteurs sont maintenant installés et reliés au Raspberry à travers l'interface Jeedom, il est temps de procéder à la gestion des données.

*Note : Le temps imparti pour le projet ne nous a pas permis d'aller jusqu'au bout de celui-ci. Ainsi, bien que nous ayons procédé à l'installation des programmes suivants, des complications ne nous ont pas permis d'avoir le temps de les configurer pour le projet et nous n'avons donc pas pu mettre en place le stockage des données. Par conséquent, nous n'avons pas pu procéder à l'exploitation des données non plus. Ainsi, à partir de ce point, le contenu de ce rapport sera une explication des étapes que nous devons réaliser.*

## IV. Collecte de la donnée



Le but de la valise de diagnostic énergétique est d'analyser les données de consommations d'une habitation. Après avoir installé les capteurs il faut maintenant collecter ces données et surtout les stocker pour pouvoir analyser celles-ci dans le temps. Les gateway de chaque technologie (Z-Wave & Zigbee) permettent au Raspberry de recevoir les données des capteurs mais nous devons maintenant mettre en place une base de données pour stocker celles-ci à la réception afin de pouvoir les utiliser plus tard. Pour cela, nous utilisons la structure InfluxDB qui nous permet de créer la base de données dont nous avons besoin.

Dans un premier temps il faut installer InfluxDB sur le Raspberry. La seconde étape indispensable est l'installation du plugin *InfluxDB Connector* sur Jeedom pour permettre le passage des données entre l'interface et la base de données que nous allons créer. Ensuite, il faut créer la base de données InfluxDB et il faut l'ajouter sur Jeedom en utilisant l'adresse IP du serveur InfluxDB sur lequel se trouve la base de données et le nom de la base de données.

Concernant les difficultés que nous avons rencontré, et que vous pouvez donc rencontrer aussi, la configuration du programme dépend de sa version. Il semblerait que les commandes puissent changer avec les versions ce qui peut rendre un tutoriel obsolète. Il faut donc bien veiller à connaître la version sur laquelle vous travaillez. Ensuite, InfluxDB n'a pas d'interface propre, il s'utilise sur le terminal du Raspberry et c'est ici que vous trouverez donc toutes les informations nécessaires à la configuration sur Jeedom.

Chacun des capteurs apportent une mesure unique que nous stockerons, à l'exception de la température. En effet, tous les capteurs Aqara permettent une mesure de température, mais seul le capteur dédié à la température et humidité semble fournir une valeur correcte. Nous écartons donc volontairement la mesure de température des autres capteurs pour ne stocker que celle venant du capteur adéquat.

## V. Visualisation de la donnée



La dernière étape consiste à l'analyse des données et à leur manipulation. Pour démarrer, il sera intéressant de visualiser la base de données. Pour cela, nous utilisons Grafana qui fonctionne avec InfluxDB et qui nous permet de créer des graphiques à partir des données stockées.

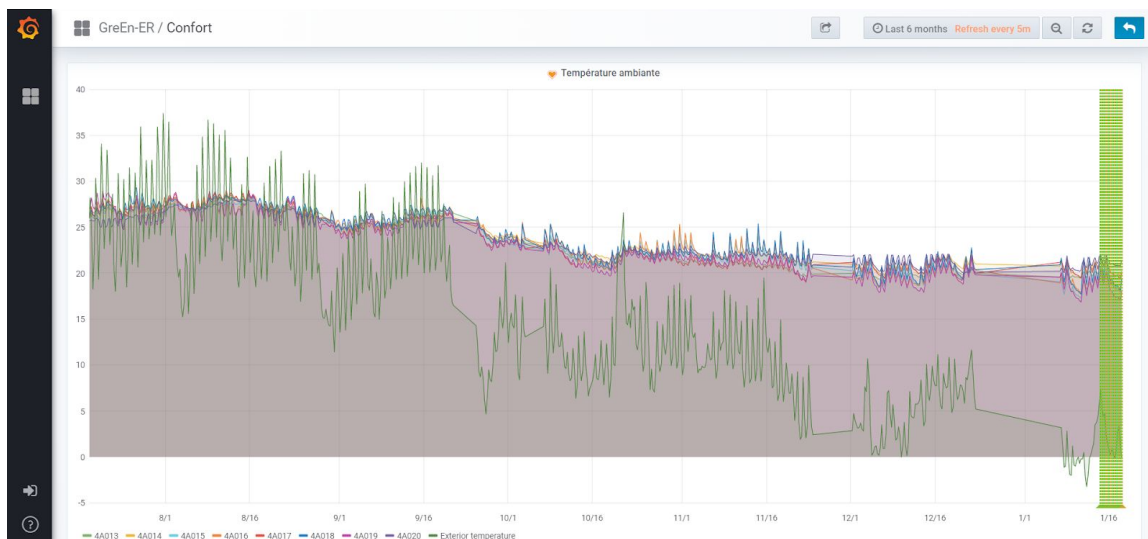


Après la première visualisation, il faut procéder au traitement des données afin d'exclure les problèmes de mesure et de ne récupérer que les données exploitables. Il pourra également se révéler nécessaire de les manipuler pour créer des indicateurs par exemple.

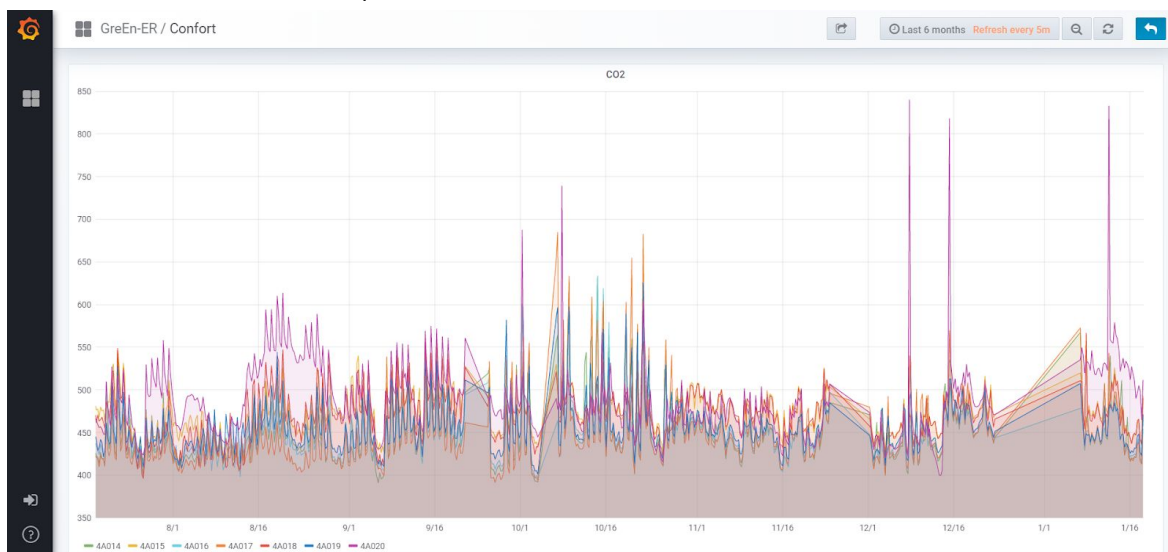
L'avantage de Grafana est qu'il permet plusieurs mises en forme des données ce qui pourra s'avérer nécessaire pour visualiser plusieurs mesures en même temps et ainsi mettre en évidence un manque de performance énergétique ou un profil de consommation non adapté comme nous l'avons précisé dans la première partie de ce rapport.

Comme nous l'avons dit, ce programme fonctionne très bien avec InfluxDB. Pour insérer les données stockées afin de les obtenir dans l'interface Grafana il suffira de cliquer en haut à gauche sur "Dashboard" puis "Add data source". A ce moment vous aurez la possibilité d'importer votre base de données grâce à son URL.

Nous n'avons pas eu le temps d'effectuer cette étape mais voici un exemple de ce que Grafana peut afficher.



*températures dans différentes salles de GreEn-ER*



*concentration en CO<sub>2</sub> dans différentes salles de GreEn-ER*

Il s'agit des données de température et CO<sub>2</sub> de différentes salles de GreEn-ER, durant les 6 derniers mois.

L'étape de visualisation sur Grafana sera très importante car l'analyse visuelle permettra de cibler plusieurs défauts du logement (s'il y en a) que l'on cherchera à déterminer particulièrement avec une analyse sur les bases de données ensuite.

A titre d'exemple, pour illustrer nos propos, nous aurions pu afficher sur un même graphe les températures intérieures, extérieures. Si nous avons constaté une température particulièrement élevée en intérieur, par exemple 23°C dans une chambre, avec une température basse à l'extérieur, 5°C en hiver par exemple, nous aurions pu pointer ce défaut. Cela aurait alors conduit à des recommandations sur le profil de consommation qui conduit à des gestes simples sans grande perte de confort. De la même manière, les mesures de consommation pourraient illustrer un manque de performance énergétique, par exemple un frigo dont les cycles de refroidissement seraient trop fréquents et qui montreraient un problème d'herméticité.

Le but final étant évidemment de le faire remarquer à l'utilisateur et de lui présenter des alternatives.

## VI. Conclusion

Ce projet nous a permis de comprendre plusieurs éléments au sujet de la mesure, de l'évaluation et de l'optimisation de données de consommation énergétique au sein d'un logement. Nous nous sommes familiarisés, dans un premier temps, avec différentes technologies de capteurs, mais aussi avec un moyen simple de récupérer de la donnée : le processeur Raspberry.

Nous aurions pu aller plus loin dans ce projet si nous avions eu plus de temps. En effet, après avoir réussi à collecter la donnée, il suffisait de pouvoir la visualiser avec Grafana. Cependant, nous avons tout de même bien défini l'ensemble du projet et ses étapes, la suite n'est donc que la mise en œuvre.

Ce projet nous a également permis de manipuler des objets connectés et de voir quelles difficultés nous pouvons rencontrer. Des capteurs récalcitrants, l'installation des plugins qui demande un suivi des étapes précis, le système d'exploitation Raspbian et les changements de commande entre les versions d'un programme. Cette expérience nous initie à la mise en œuvre de mesures autonomes pour lesquelles nous serons forcément mieux préparés pour la prochaine fois.

# Annexe

## **Fiche technique de l'ampoule LED Aeotec 6 Multi-Blanc - Z-Wave Plus :**

<https://shop.smarthome-europe.com/fr/peripheriques/4127-aeotec-ampoule-led-rgb-z-wave-led-bulb-6-multi-colour-1220000016095.html>

L'ampoule Aeotec permet d'avoir un éclairage connecté et intelligent.

### **FONCTIONS :**

- Ampoule LED RGB commandable à distance
- 16 millions de couleurs
- Luminosité réglable
- Remplace une ampoule à incandescence de 60W
- S'adapte sur un connecteur standard E27
- Faible consommation d'énergie
- Intègre la puce Z-Wave série 500
- Répéteur de messages Z-Wave
- Facilité d'utilisation et d'installation

### **CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES :**

- Type de module : Récepteur Z-Wave
- Alimentation : 230VAC, 50/60Hz
- Consommation : 9W (équivalent à une ampoule incandescence de 60W)
- Flux initial de la LED : 800 Lumen
- Angle d'éclairage : 240°
- Température de couleur : 2700K à 6500K
- Durée de vie : 25.000 heures
- Fréquence : 868,42 Mhz
- Distance de transmission : 40m en champ libre
- Température de fonctionnement : 0°C à 40°C
- Humidité de fonctionnement : 80%
- Dimensions : 60 x 120 mm
- Certifications: FCC, UL, CE, ROHS

## Fiche technique de la prise connectée Fibaro Wallplug :

Alimentation :	230V AC, 50/60 Hz
Courant nominal (pour les charges résistives) :	11A pour une charge continue
Consommation électrique :	jusqu'à 1.6W
Puissance de sortie (pour les charges résistives) :	2.5kW
Conformité aux directives de l'UE :	RED 2014/53/EU RoHS 2011/65/EU
Température de travail :	0 – 40°C
Pour l'installation dans les prises type E ou F (Schuko) :	<ul style="list-style-type: none"><li>• CEE 7/16 – maxi 2.5 A</li><li>• CEE 7/17 – maxi 11A</li><li>• Double type E/F</li></ul>
Protocole radio :	Z-Wave Z-Wave+ (logiciel en version 3.2 ou ultérieure)
Fréquence radio :	868.4 ou 869.8 MHz EU; 869.0 MHz RU;
Puissance d'émission :	jusqu'à -10 dBm (PIRE)
Portée :	jusqu'à 50 m en zone ouverte jusqu'à 30 m dans les bâtiments jusqu'à 40 m dans les bâtiments (logiciel version 3.2 ou plus récente) (selon les matériaux de construction)
Dimensions : (Diamètre x Hauteur)	43 x 65mm

### **Fiche technique du capteur de température et d'humidité Aqara :**

[https://www.aqara.com/en/temperature\\_humidity\\_sensor.html](https://www.aqara.com/en/temperature_humidity_sensor.html)

- Wireless Protocol: Zigbee
- Bonne autonomie de batterie
- Dimensions: 36 × 36 × 9 mm
- Temperature range et Précision: -20°C~+50°C, ±0.3°C
- Humidity Range and Precision: 0 – 100% RH (non-condensing), ±3%
- Atmospheric Pressure Range and Precision: 30 kPa – 110 kPa, ±0.12 kPa
- Composition de la boîte : Temperature and Humidity Sensor x 1, Sticker x 1, Quick Start Guide x 1
- Connexion à une application mobile : Apple Home app (iOS 10.3 or later), Aqara Home app (Android 5.0 or later, iOS 10.3 or later)

### **Fiche technique du détecteur d'ouverture de portes et de fenêtres Aqara :**

- Wireless Protocol: Zigbee
- Bonne autonomie de batterie
- Dimensions: 41 × 22× 11mm
- Distance maximale de détection : 22mm
- Températures de fonctionnement : -10°C - +50°C
- Condition d'humidité: 0 – 95% RH (pas de condensation)
- Composition de la boîte : Sensor Unit x 1, Sticker x 2, Quick Start Guide
- Connexion à une application mobile : Apple Home app (iOS 10.3 or later), Aqara Home app (Android 5.0 or later, iOS 10.3 or later)

### **Fiche technique du détecteur d'ouverture de portes et de fenêtres Aqara :**

- Wireless Protocol: Zigbee
- Bonne autonomie de batterie
- Dimensions: 30 × 30 × 33 mm
- Distance maximale de détection : 7 m
- Angle maximal de détection: 170°
- Températures de fonctionnement : -10°C - +45°C
- Condition d'humidité: 0 – 95% RH (pas de condensation)
- Composition de la boîte : Motion Sensor x 1, Stand x1, Sticker x 2, Quick Start Guide
- Connexion à une application mobile : Apple Home app (iOS 10.3 or later), Aqara Home app (Android 5.0 or later, iOS 10.3 or later)

Configuration Zigbee : la documentation du plugin Deconz n'est pas très claire, nous avons suivi le tutoriel suivant :

<https://blog.domadoo.fr/guides/controlez-vos-dispositifs-zigbee-sans-cloud-avec-jeedom-et-conbee-ii/>

Installation InfluxDB et Grafana :

<http://miniprojets.net/index.php/2019/07/23/monitoring-dune-serre-du-capteur-jusquau-serveur/>