

CERI

Centre d'Enseignement et de
Recherche en Informatique

Application IOT - M2

Introduction aux réseaux LPWAN

Utilisation du réseau LoRa-LoRaWAN

Marc Silanus¹ Philippe Gozlan²

¹CERI Avignon Université – LPO A. Benoit L'Isle/Sorgue
marc.silanus@univ-avignon.fr

²CERI Avignon Université
philippe.gozlan@univ-excell.fr

20 janvier 2020



**AVIGNON
UNIVERSITÉ**

Internet des Objets (IOT)

- Au sens large, un objet connecté est un objet communicant.
- Capteurs ou actionneurs
- Interagissent avec d'autres machines (M2M)
- Données capitalisées (Data centers)
- Nouveaux usages nés du traitements des données
- santé, sport, finance, industrie, agriculture, smart cities, ...
- 2018 : 15 milliards
- 2020 : prévision entre 50 et 80 milliards
- Connectivité classique : (RFID, Wi-Fi, GSM, Bluetooth, Z-Wave, ZigBee, ...)
- Nouveaux réseaux :
 - Envoyer/recevoir de très petit messages
 - Longue portée
 - Economique (pas d'utilisation de réseaux mobiles coûteux)
 - Faible consommation d'énergie

Plan de la présentation

- 1 Low Power Wide Area Network
 - Architecture réseau LPWAN
 - Des réseaux concurrents
 - Sigfox vs LoRaWAN
 - Spécificités
 - Technologie radio Sigfox et LoRa
 - Technologie radio Sigfox et LoRa
- 2 Réseau LoRaWAN
 - Cas d'usages
 - Architecture réseau LoRaWAN
 - Classes de communication
 - Communication sécurisée
 - Coeur de réseau
 - Exemples de projets
- 3 Les activités
- 4 Références bibliographiques

Section 1

Low Power Wide Area Network

Architecture réseau LPWAN

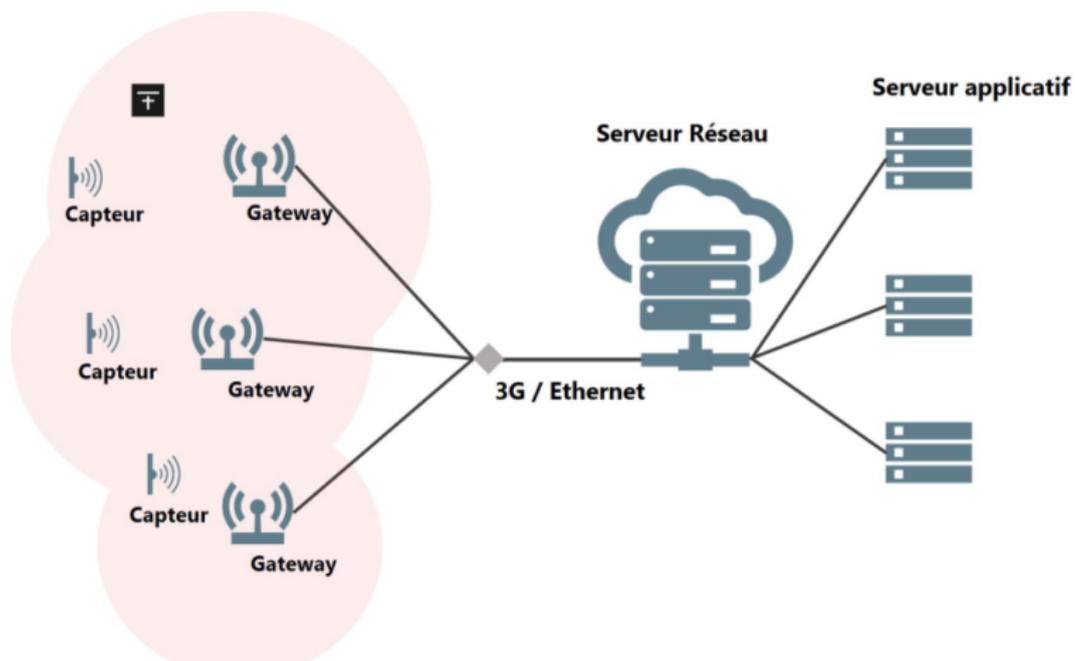


Figure 1 – Structure d'un réseau LPWAN

Plusieurs réseaux concurrents

- **Sigfox** : Toulouse 2009, France couverte en 2013
- **Telensa** : Spécialisé dans la **Smart City**
- **Weightless-N** : spécialisé en M2M. Utilise 6LowPAN (IPV6)
- **LoRa** : Cie Cycleo à Grenoble en 2009 racheté par Semtech USA en 2012

Sigfox vs LoRaWAN



- Née a TOULOUSE en 2009
- Réseaux FR déployé fin 2013
- Levées de fond
 - 15M en 2014
 - 100M en 2015
 - 150M en 2016
- Solution Hw de la part de tous les grands fondateurs
- 32 Pays déployés et vus comme un seul réseau



- Née à GRENOBLE en 2009
- Acheté 5M\$ par Semtech en 2012
 - 1 fondateur de chip + 1 sous licence
- LoRaWAN 1.0 released en 2015
- Déployé par les opérateurs télécoms locaux
 - 5 pays déployés connus
- Déployable a titre privé
 - 1 réseau mondial ouvert (TTN)

Figure 2 – Sigfox et LoRa, deux technologies françaises

Sigfox vs LoRaWAN

Criteria	Sigfox	LoRa/LoRaWAN
Freq band	868/902 MHz	433/868/780/915 MHz
Urban range	3-10km	2-5km
Rural range	30-50km	15-20km
Uplink	140 msg 12 bytes/day	5 kbytes Duty cycle limit
Downlink	4 messages/day	Duty cycle limit
Devices/gtw	1M	100k
Network	public on telecom networks	public/private

Table 1 – Comparatif Sigfox LoRa/LoRaWAN

- **LoRa** est un protocole radio (niveau physique) conçu par Semtech (Cycleo).
- **LoRaWAN** est la gestion de la couche MAC, et permet de façon dynamique d'optimiser le lien entre l'objet LoRa et la station de base : canal de fréquence, puissance d'émission, débit, ...

Spécificités

Mode non-connecté

- **Robustesse et énergie** : les modes non-connectés permettent économies d'énergie et résistance aux parasites.
- **Accès au réseau** : pas de contrôle d'accès au réseau, mais celui-ci étant centralisé, **tri à l'entrée selon les autorisations**.

Espace radio partagé

- **Fréquences ISM** : fréquences publiques, libres d'usage mais réglementées pour permettre à chacun de pouvoir les utiliser (Industrielle Scientifique Médicale).
- **Temps d'accès limité** : coefficient d'utilisation limite horaire (aussi appelé **duty cycle**) restreint le temps de parole de chaque objet, généralement à 1%.

Duty cycle

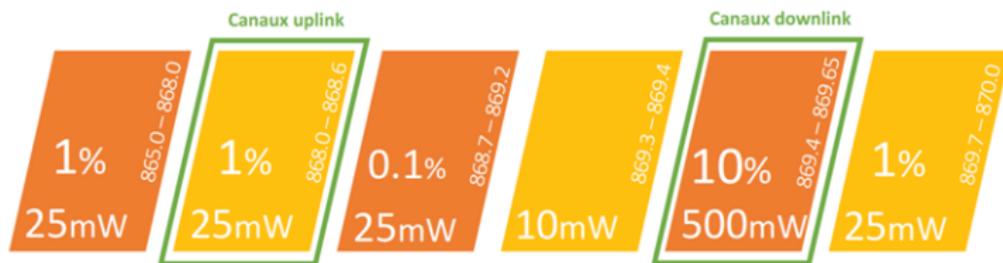


Figure 3 – Législation Européenne sur la bande des 868 MHz

Législations

- Europe : ERC-REC-70-03E
- France : ARCEP 2012-0612

Duty cycle

- **Limite temporelle** : rapport de temps sur 1 heure
- **Concrètement** : durée pendant laquelle un dispositif peut émettre

Canaux Sigfox et LoRaWAN

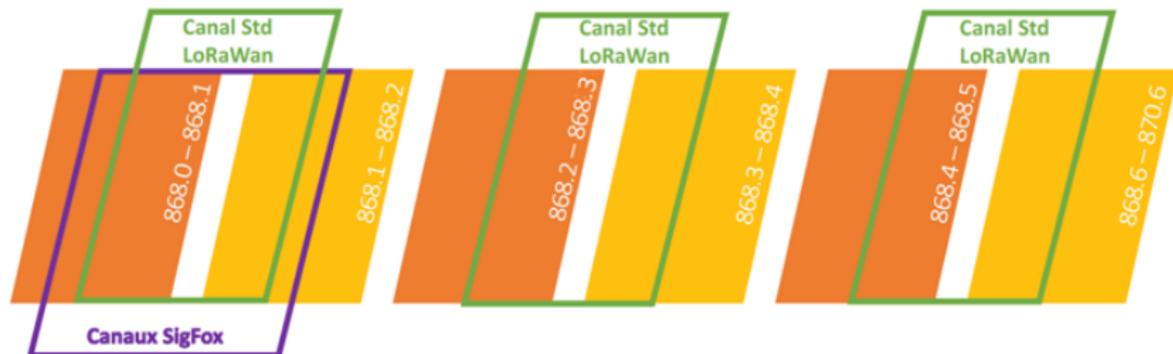


Figure 4 – Occupation de la bande des 868.0 MHz - 868.6 MHz

Sigfox

- Canaux : 200
- Largeur : 100 Hz

LoRaWAN

- Canaux : 3
- Largeur : 125 kHz

Technologie radio Sigfox et LoRa

Objectif : Etre entendu sur de très longues distances malgré le bruit ambiant (>10 km).

2 approches (technologies) différentes pour 1 même objectif :

- **UNB** : Ultra Narrow Band (Bande Ultra Etroite)
- **CSS** : Chirp Spread Spectrum (Etalement de spectre)

Sigfox

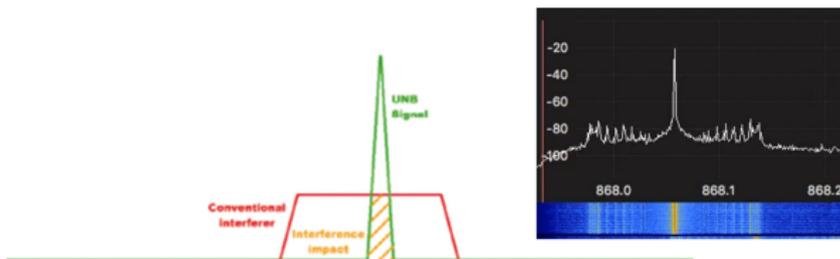
Emettre un signal sur une bande de fréquence la plus fine possible pour ainsi maximiser la puissance en un point et passer au dessus du bruit.

LoRa – CSS

Emettre un même signal sur plusieurs fréquences pour «contourner» les bruits.

Technologie radio Sigfox et LoRa

SigFox – Ultra Narrow Band



LoRa – Etallement de spectre (Chirp Spread Spectrum)

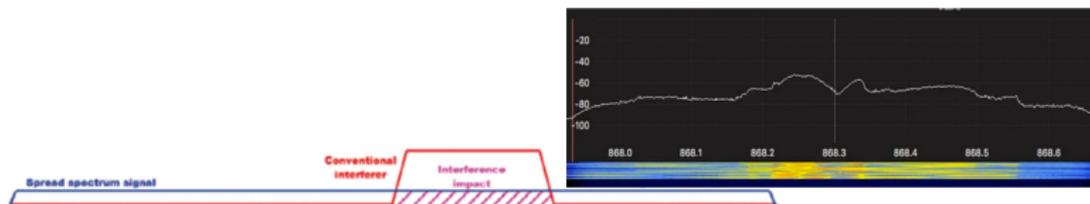


Figure 5 – Spectres UNB et CSS

Section 2

Réseau LoRaWAN

Cas d'usages



Figure 6 – De nombreux cas d'usages

Architecture réseau LoRaWAN



Figure 7 – Structure d'un réseau LoRaWAN

Architecture réseau LoRaWAN

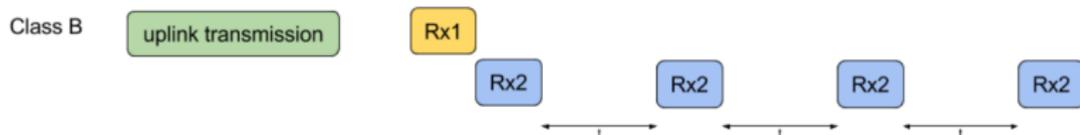
- Les objets communiquent vers des Gateway LoRaWAN, plusieurs gateway peuvent capter les messages émis par les objets.
- Chaque Gateway remontent un message enrichi vers un Cloud opérateur qui gèrent les objets, le stockage des messages et la communication avec les application métiers.
- Le Cloud opérateur pousse ensuite les messages bruts vers l'application métier.
- Cette interface Cloud <--> Application métier est spécifique à chaque opérateur, chaque technologie.

Classes de communication

Classe A : émission et réception de données à la suite d'une émission



Classe B : réception planifiée



Classe C : réception continue



Figure 8 – 3 classes de communication

Communication sécurisée

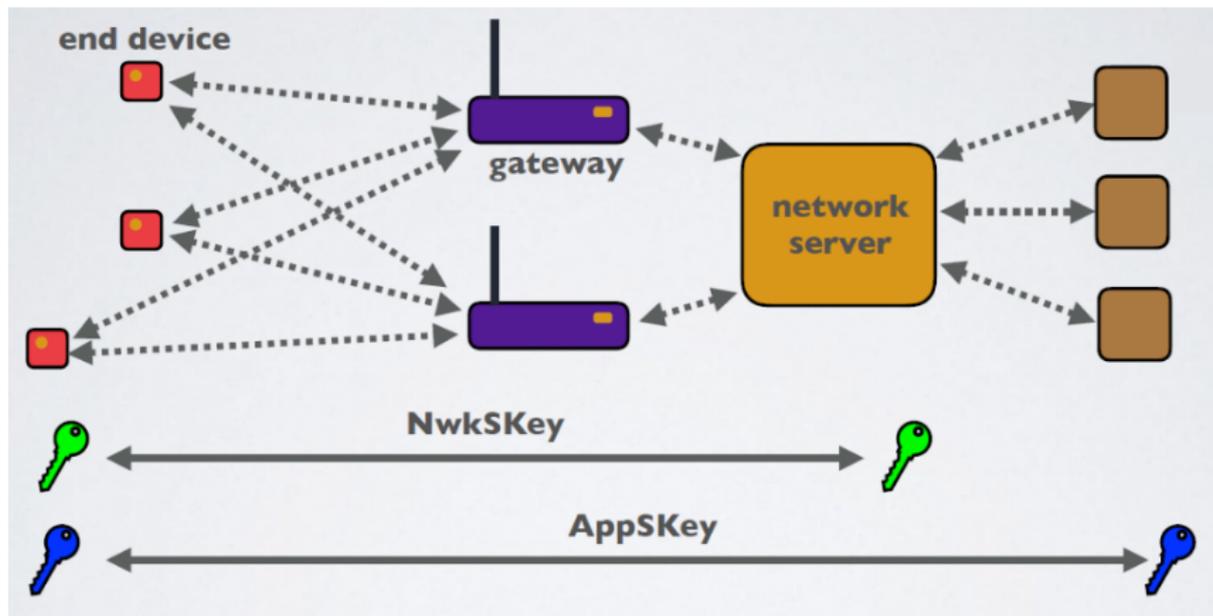


Figure 9 – Clés de session réseau et application

Communication sécurisée

- Pas de contrôle d'accès au réseau
- Chiffrement des échanges à deux niveaux par clés AES-128
 - **NwkSKey** : assure l'authenticité des équipements
 - **AppSKey** : assure la sécurité et la confidentialité des données transmises à travers le réseau

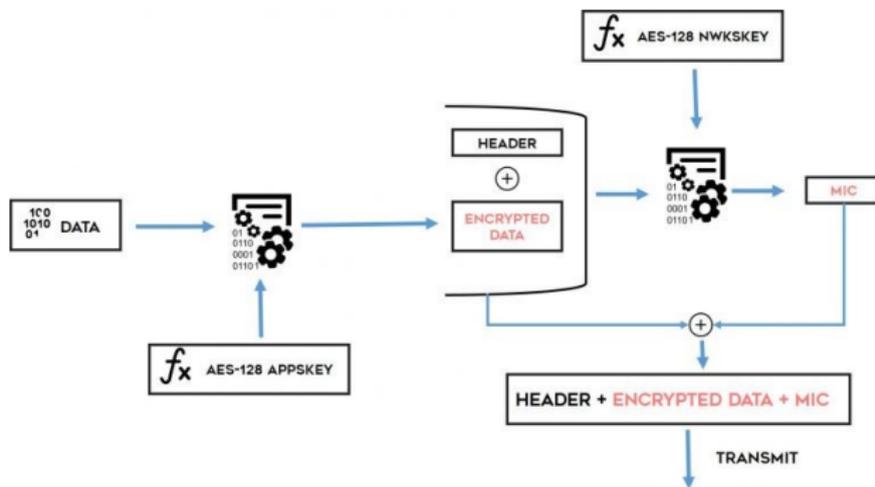


Figure 10 – Chiffrement des données à transmettre

Coeur de réseau - Privé

Privé : couverture de grandes surfaces à moindre coût

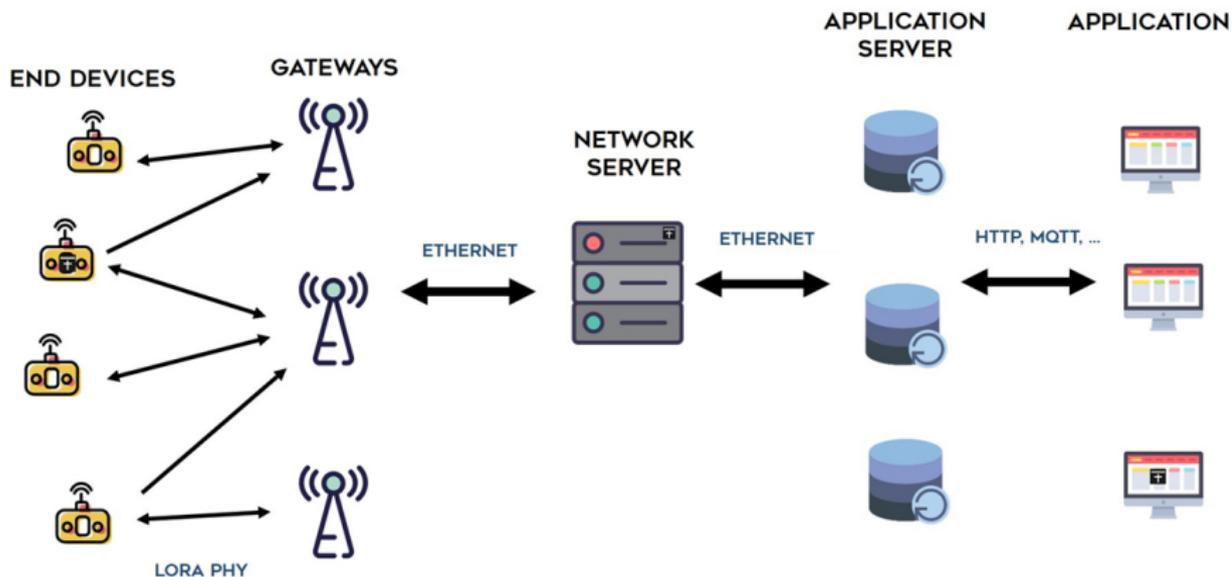


Figure 11 – Architecture réseau privé LoRaWAN

Coeur de réseau - Privé

Privé : exemple passerelle Multitech

LoRaWAN architecture overview



Figure 12 – Passerelle Multitech au coeur du réseau

Coeur de réseau - Public

Public : accessible via un fournisseur de service



Figure 13 – Quelques opérateurs publics

Coeur de réseau - Public

The Things Network : une initiative open source



Figure 14 – Quelques opérateurs publics

Coeur de réseau - Public

The Things Network : Une chaîne complète pour la mise en œuvre

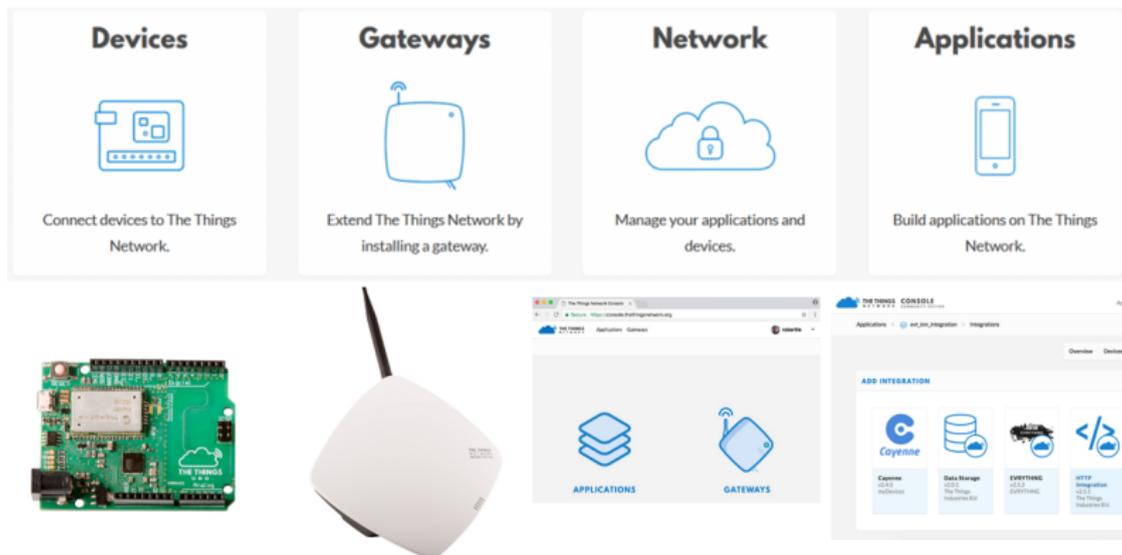


Figure 15 – nodes+gateway+cloud+integration

Mesure de la qualité de l'air

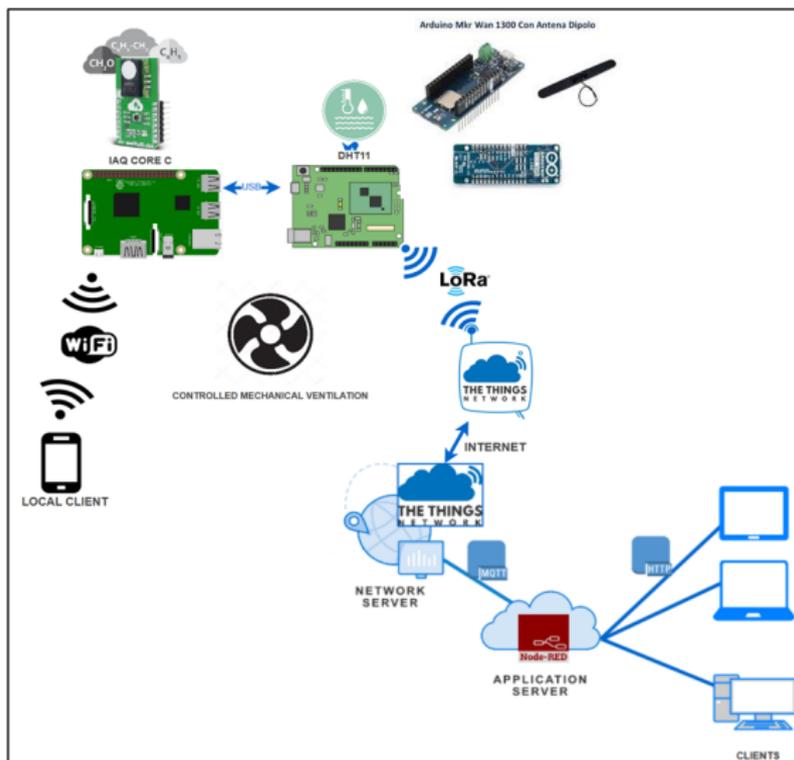


Figure 16 – Qualité de l'air au CERI

Projet Crossdock

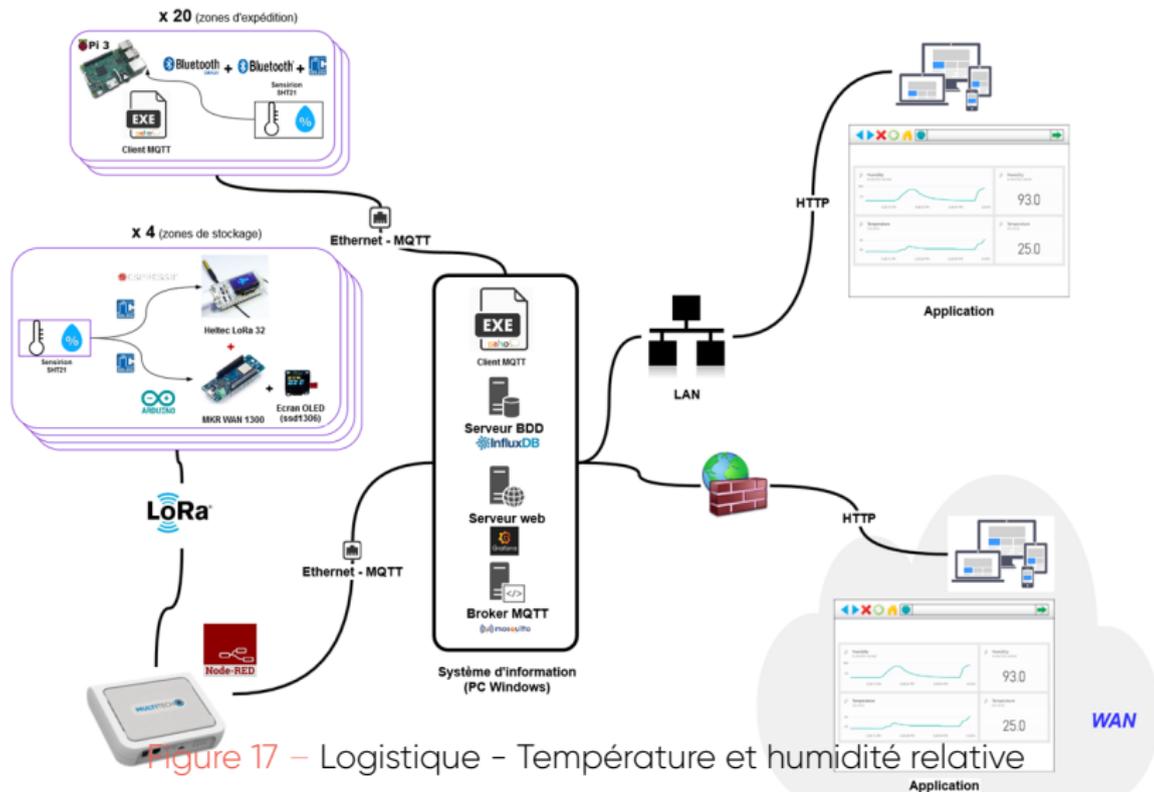


Figure 17 – Logistique – Température et humidité relative

Section 3

Les activités



AVIGNON
UNIVERSITÉ

The Things Network - Cayenne myDevices

Objectif : Mettre en œuvre un objet connecté à l'internet des objets par le réseau LoRaWAN de The Things Network et intégration Cayenne my Devices.

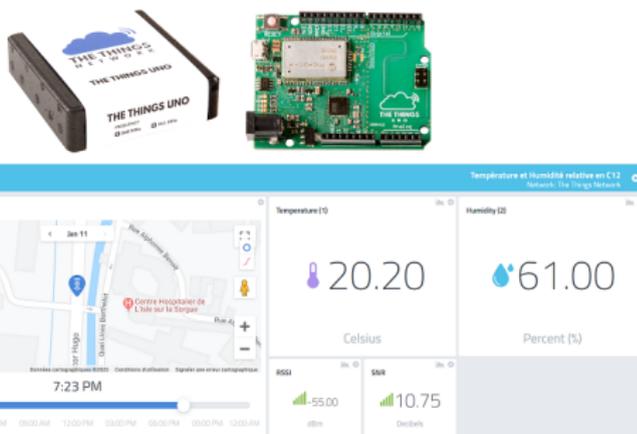


Figure 18 – Capteur DHT11 sur TTN Uno

MQTT - node-red

Objectif : Mettre en oeuvre **node-red**, pour acquérir les données d'un objet connecté au travers du réseau **The Things Network**, via le protocole **MQTT**.

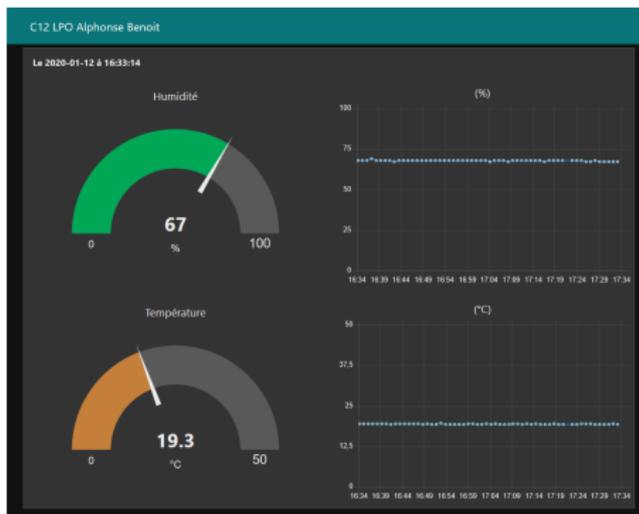


Figure 19 – Dashboard capteur DHT11

Objectif : Mettre en oeuvre un objet connecté à l'internet des objets par le réseau LoRa de **The Things Network** et réaliser une application **Qt** pour interagir avec lui.

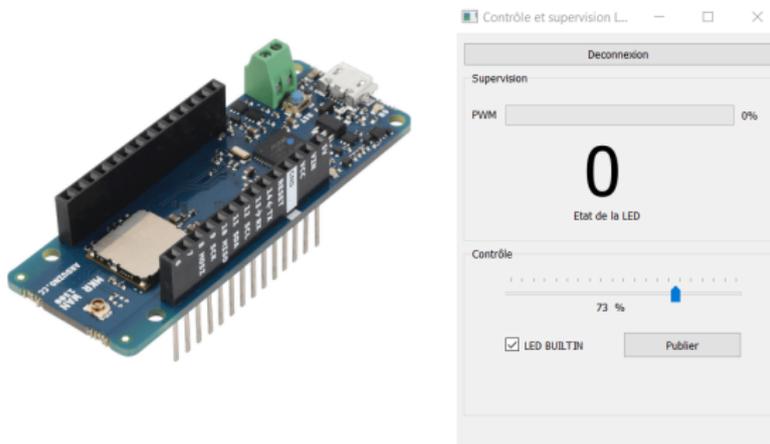


Figure 20 – Application Qt pilotage de LEDs via MQTT

Section 4

Références bibliographiques



AVIGNON
UNIVERSITÉ

Références bibliographiques

- <https://lora-alliance.org/>
- <https://fr.wikipedia.org/wiki/LoRaWAN>
- <https://fr.wikipedia.org/wiki/Sigfox>
- <https://www.semtech.com/>
- <https://www.thethingsnetwork.org/>
- <https://www.multitech.com/>
- <https://raed.it/blog/iot-network-sigfox-vs-lora/>
- <http://genelaix.free.fr/spip.php?article71>
- <https://www.arduino.cc/en/Guide/MKRWAN1300>
- <https://nodered.org/>
- <https://mydevices.com/>