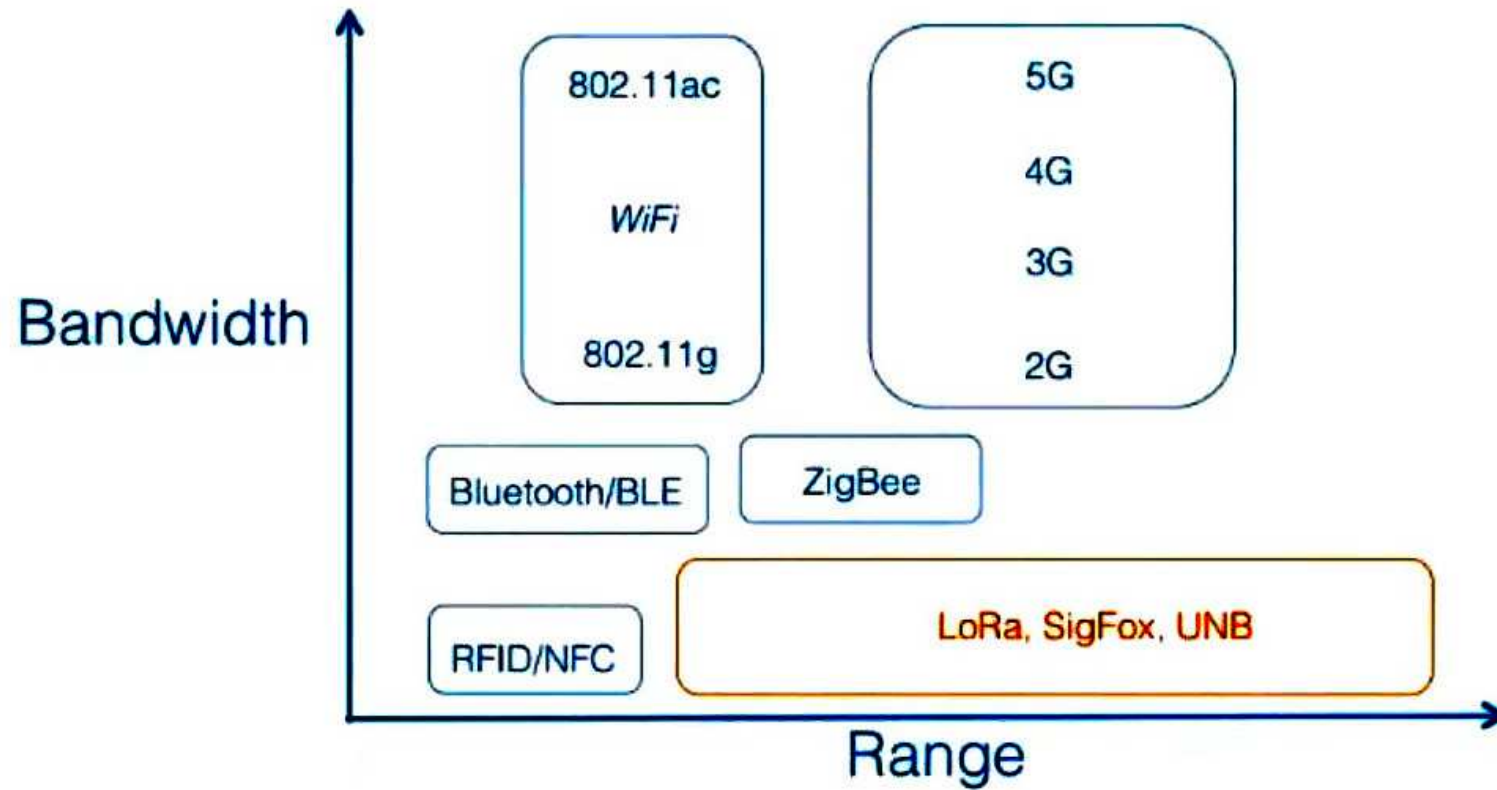


PARTIE 4 : LORA ET LORAWAN

LORA

- LoRa (*Long Range*) est une technique de modulation numérique inventée par Semtech utilisée dans le réseau LPWAN (*Low Power Wide Area Network*) LoRaWAN.
- LoRa correspond à la couche physique du modèle OSI (*Open System Interconnexion*).
- LoRa utilise la bande de fréquences à usage libre ISM partagées avec d'autres technologies sans fil : 868 MHz en Europe, 915 MHz aux USA.

LORA



thethingsnetwork.org

LORA

- LoRa utilise une modulation à étalement de spectre pour une portée importante (plus de 10 km en moyenne si l'antenne est correcte) avec une sensibilité très importante côté récepteur.
- Le débit binaire est faible de 250 b/s à 11 kb/s selon le facteur d'étalement du spectre.

LORA

- La portée d'une communication LoRa dépend ainsi de sa bande passante, de sa puissance d'émission mais aussi du facteur d'étalement SF (*Spreading Factor*).
- L'étalement du signal augmente la portée mais réduit le débit binaire car il est transmis sur une plus longue période. Cela augmente aussi la consommation électrique.

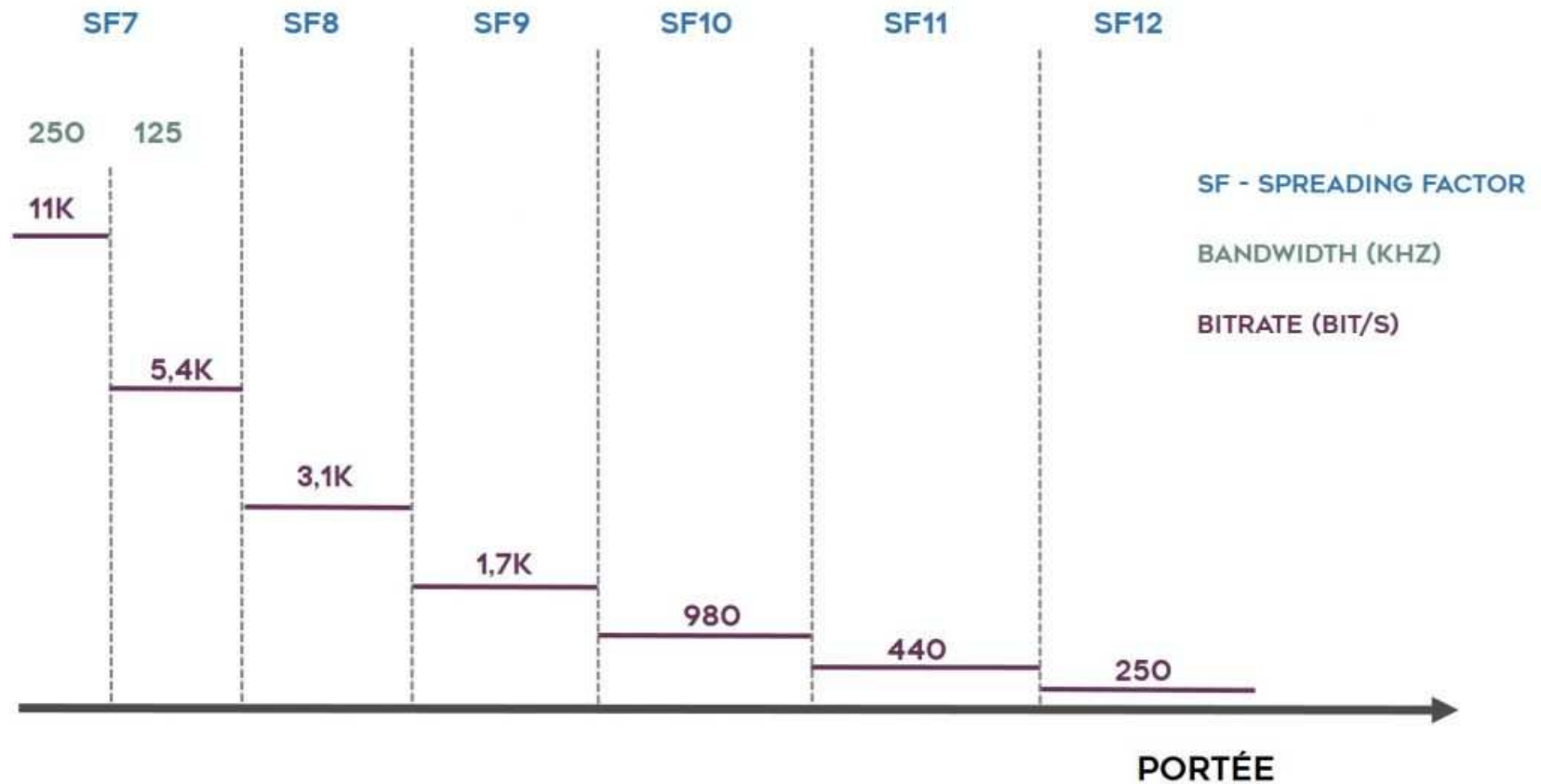
LORA

- LoRa supporte 6 facteurs d'étalements (de SF7 à SF12) dans la bande de fréquences de 868 MHz.
- L'algorithme ADR (*Adaptive Data Rate*) de gestion du débit adaptatif permet de changer au fil du temps la valeur SF d'un équipement terminal. Il s'agit d'avoir le débit le plus grand pour réduire le temps d'émission et donc la consommation d'énergie.

LORA

- Une passerelle LoRaWAN doit supporter au minimum les 3 canaux suivants : 868,10 MHz, 868,30 MHz et 868.50 MHz avec une bande passante de 125 kHz.
- L'infrastructure LoRaWAN pour la fréquence 868MHz doit respecter :
 - Puissance d'émission d'au plus +14 dBm.
 - Débit compris entre 250 b/s et 11kb/s.

LORA



LORA ET ANTENNE

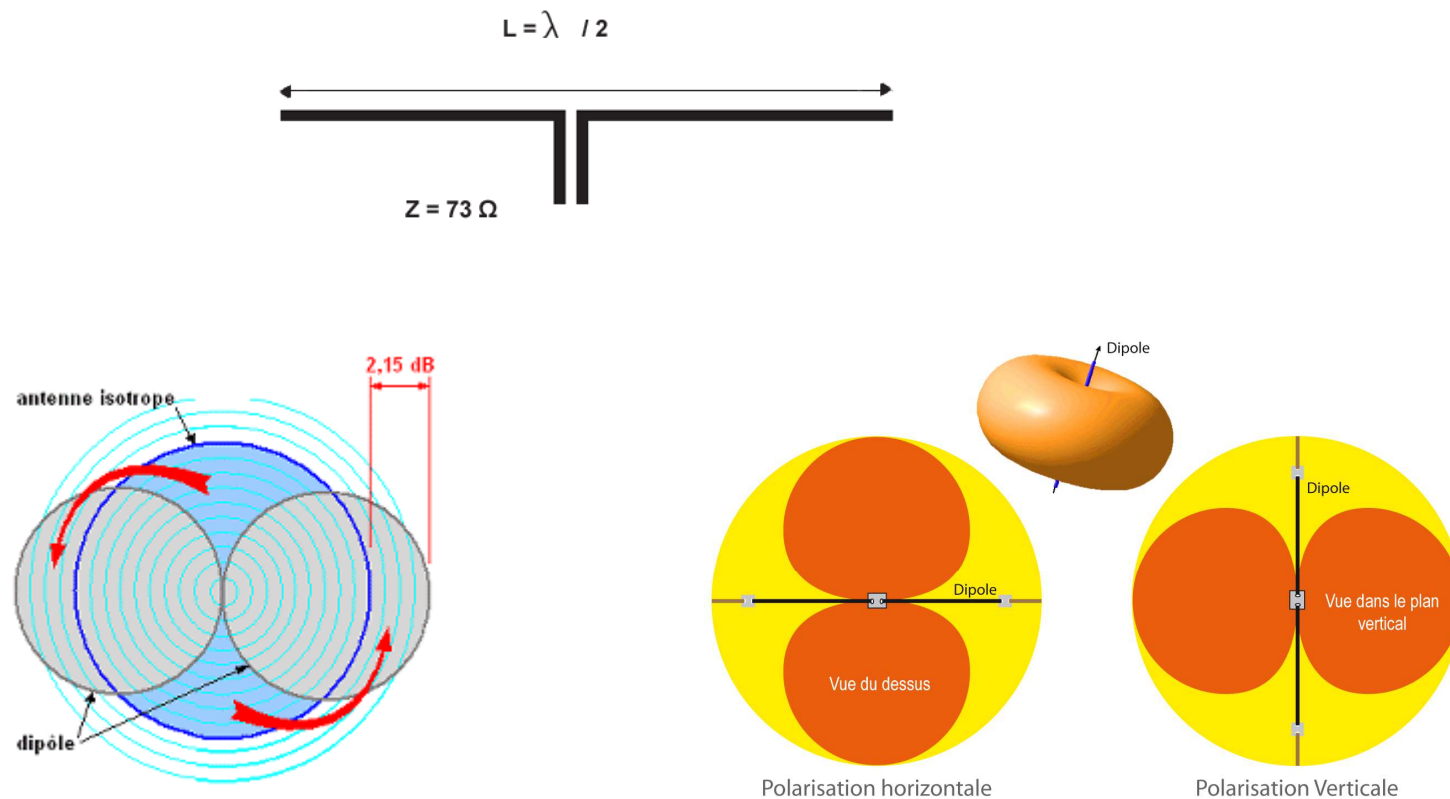
- Il faut noter l'importance est dans le choix de l'antenne. Tout est dans l'antenne car les communications numériques restent de la radioélectricité.
- Une antenne sous forme d'un point est théorique et n'existe pas. Elle est isotrope : son diagramme de rayonnement est une sphère.
- Son gain vaut 1 soit 0 dB_i si elle sert comme référence.
- Plus le gain d'une antenne est élevé, plus elle devient directive dans certaines directions. Elle a un diagramme d'antenne.

LORA ET ANTENNE

- Une antenne réaliste est le dipôle. Elle est directive et possède un gain de $2,15 \text{ dB}_i$.
- On rapporte généralement le gain des autres antennes au gain du dipôle : c'est le dB_d .
- Attention à l'arnaque commerciale d'utiliser les dB_i au lieu des dB_d :
 - gain en $\text{dB}_d = \text{gain en dB}_i - 2,15 \text{ dB}$
gain en $\text{dB}_i = \text{gain en dB}_d + 2,15 \text{ dB}$

LORA ET ANTENNE

- Antenne dipôle :



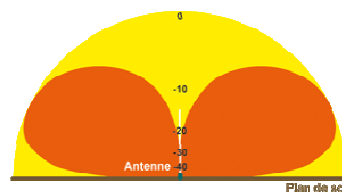
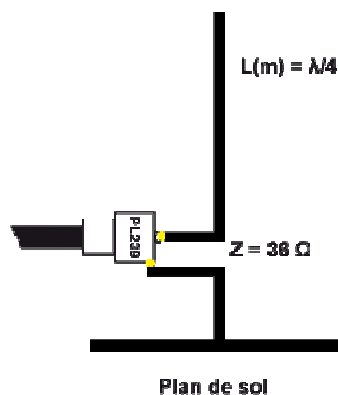
Source : F5ZV, Radioscope.fr F4HTZ

LORA ET ANTENNE

- Une antenne communément utilisée est l'antenne quart d'onde ($\lambda/4$) ou *ground plane* qui est verticale. L'autre partie du $\lambda/4$ est remplacée par un plan de sol conducteur naturel (terre, mer...) ou artificiel (toit de voiture, toiture...).
- Son gain est équivalent à celui du dipôle soit 2,15 dB_i.

LORA ET ANTENNE

- Antenne quart d'onde ou *ground plane* :



Vue dans le plan vertical



Vue du dessus

Source : Radioscope.fr F4HTZ

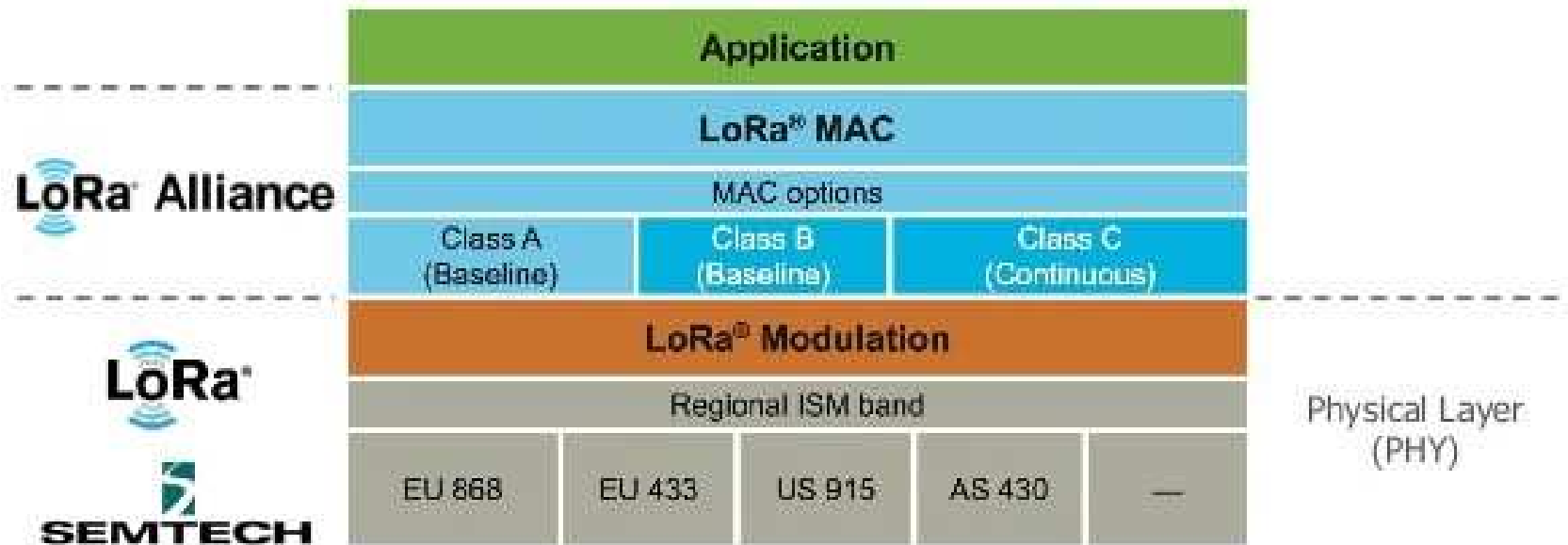
LORA ET ANTENNE

- On rappelle :
 - $\lambda = c/f$ où f est la fréquence de la porteuse.
 - Gain dB en puissance = $10 \times \text{Log} (P1 / P2)$.
 - Gain en dBm = $10 \times \text{Log} P$ avec P en mW.
 - 1 mW correspond à 0 dBm sur 50 Ohms soit 223,6 mV.

LORAWAN

- Créé par le consortium « LoRa Alliance », LoRaWAN (*Long Range Radio Wide Area Network*) est un réseau dédié à l'Internet des objets (IoT).
- LoRaWAN est un réseau de type LPWAN (*Low Power Wide Area Network*) basé sur LoRa.

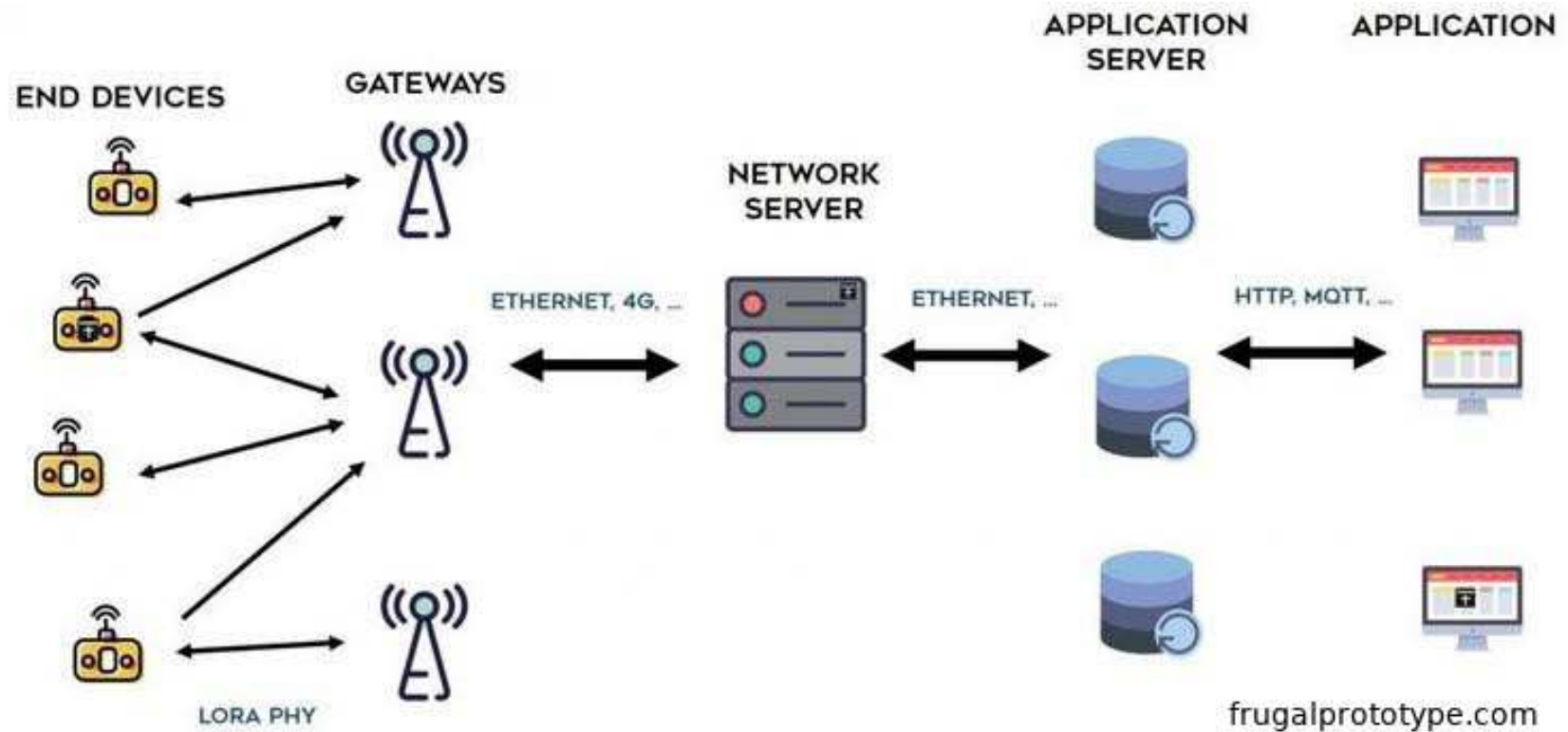
LORAWAN



LORAWAN

- La topologie est en étoile d'étoiles.
- Les équipements terminaux généralement des objets connectés (*end device*) communiquent avec des passerelles (*gateway*).
- Les passerelles centralisent les données reçues avant de les retransmettre sur Internet vers un serveur réseau (*network server*) et qui seront exploitées par des applications.

LORAWAN



LORAWAN

- LoRaWAN a une méthode de contrôle d'accès de type Aloha pour l'envoi des messages.
- LoRaWAN définit 3 classes d'équipements terminaux :
 - Classe A (*All*).
 - Classe B (*Beacon*).
 - Classe C (*Continuous*).

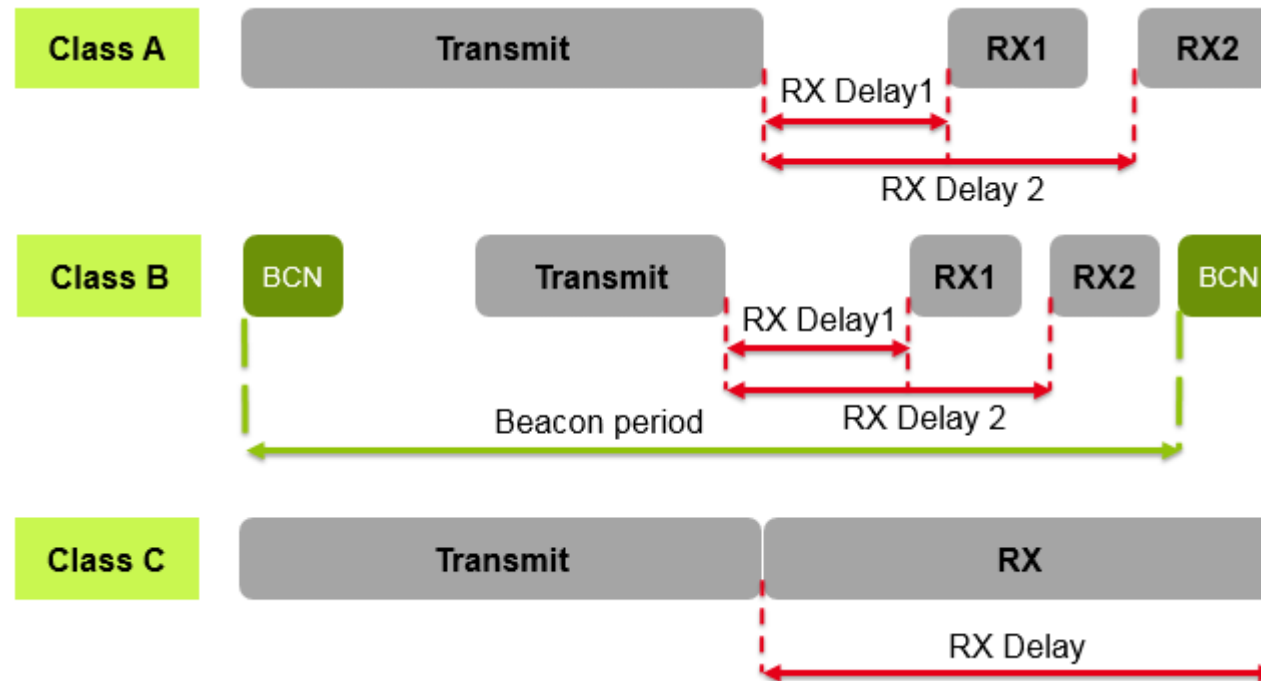
LORAWAN

- Classe A :
 - Lorsque l'équipement terminal a des données à envoyer, il le fait puis il ouvre 2 fenêtres d'écoute successives pour des éventuels messages provenant de la passerelle. Ces 2 fenêtres sont les seules durant lesquelles la passerelle peut envoyer des données à l'équipement terminal.
 - Cette classe a la consommation énergétique la plus faible.

LORAWAN

- Classe B :
 - L'équipement terminal ouvre en plus une fenêtre de réception à des intervalles réguliers pour des messages envoyés par la passerelle (*beacon*).
- Classe C :
 - L'équipement terminal a une fenêtre d'écoute permanente.
 - Cette classe a la consommation énergétique la plus forte mais permet des communications bidirectionnelles en continu.

LORAWAN



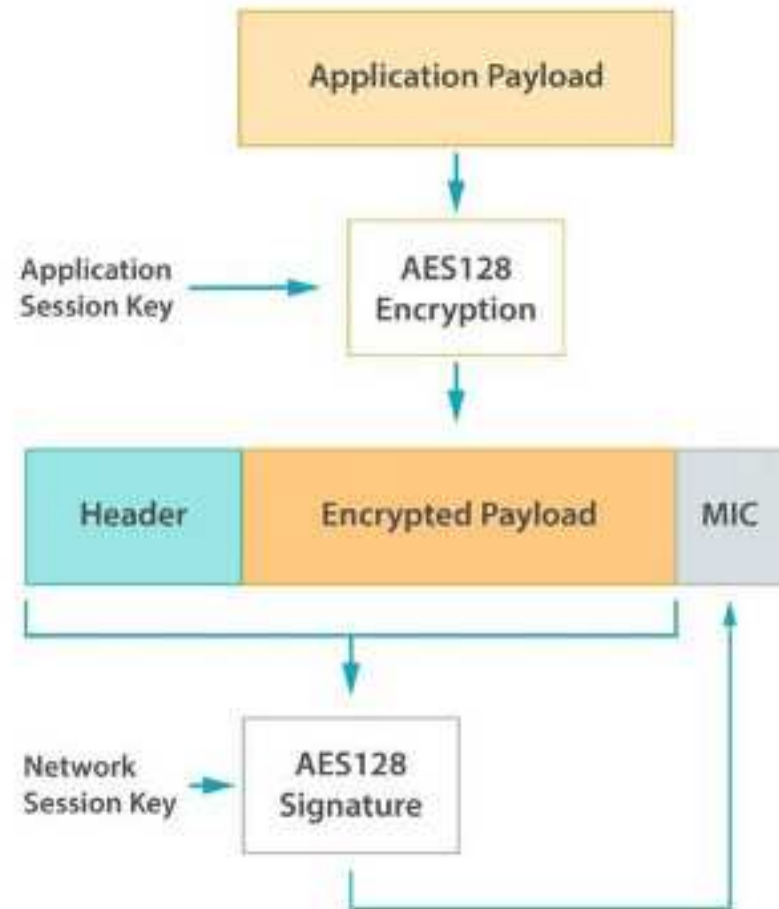
LORAWAN

- Le protocole LoRaWAN utilise plusieurs identificateurs pour les équipements du réseau :
 - DevEUI : identificateur unique de l'équipement terminal (*end device*). Format EUI-64.
 - AppEUI : identificateur unique de l'application. Format EUI-64.
 - GatewayEUI : identificateur unique de la passerelle. Format EUI-64.
 - DevAddr : adresse de l'équipement terminal. 32 bits et pas forcément unique.

LORAWAN

- Concernant la confidentialité des communications, LoRaWAN définit 3 clefs de chiffrement AES-128 (128 bits) :
 - NwkSKey : clef de session réseau qui est utilisée lors des échanges entre l'équipement terminal et le réseau. Elle assure l'authenticité des équipements terminaux en calculant et en vérifiant un MIC (*Message Integrity Code*) calculé à partir de l'entête et du *payload* chiffré du message.
 - AppSKey : clef de session applicative propre à un équipement terminal qui est utilisée pour chiffrer et déchiffrer le *payload*.
 - AppKey : clef applicative connue seulement par l'application et par l'équipement terminal et qui permet de déduire les deux clefs précédentes.

LORAWAN



source: Libellum waspmote LoRaWAN networking guide

LORAWAN

- Pour faire partie d'un réseau LoRaWAN, chaque équipement terminal doit avoir ses deux clefs de session NwkSKey et AppSKey. C'est l'étape d'activation.
- Il existe 2 types d'activation :
 - Activation dynamique OTAA (*Over-The-Air Activation*).
 - Activation statique ABP (*Activation By Personalization*).

LORAWAN

Méthode OTAA :

- L'équipement terminal transmet au réseau une demande d'accès (*Join Request*).
- Il envoie la requête qui contient les valeurs de DevEUI, AppEUI ainsi qu'un MIC calculé avec la clé de chiffrement AppKey.
- Cette requête est transmise au serveur d'enregistrement qui vérifie le MIC via la clé AppKey qu'il connaît aussi.

LORAWAN

Méthode OTAA :

- Si tout est conforme alors la requête d'acceptation (*Join Accept*) est envoyée à l'équipement terminal.
- A partir de la réponse, l'équipement terminal va calculer les clés de session NwkSKey et AppSKey mais aussi connaître son adresse DevAddr.

LORAWAN

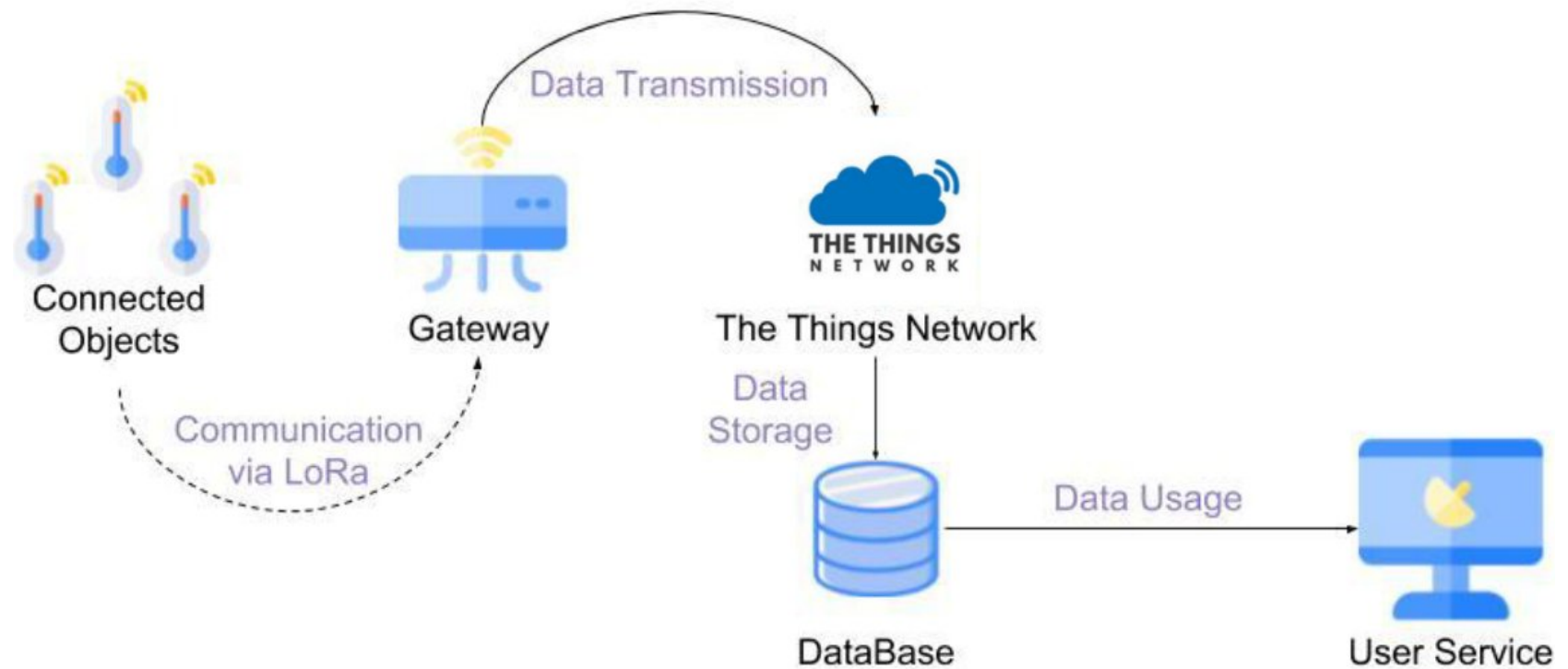
Méthode ABP :

- Les clés de session NwkSKey et AppSKey ainsi que l'adresse DevAddr sont enregistrés au préalable de façon statique dans l'équipement terminal qui peut alors directement communiquer et n'a plus besoin d'une demande d'accès préalable.
- C'est plus simple à mettre en œuvre mais cela reste moins solide pour la sécurité globale du réseau LoRaWAN.

TTN

- TTN (*The Things Network*) est « un réseau LoRaWAN communautaire et open source pour l'Internet des Objets. Actuellement TTN se compose de plus de 40000 contributeurs regroupés en plus de 400 communautés dans 90 pays ayant déployé plus de 4000 passerelles. Il est possible pour les particuliers, universités, entreprises, ou encore les communes de contribuer au déploiement ou d'utiliser gratuitement *The Things Network* ».
- Le réseau communautaire TTN est donc une infrastructure LoRaWAN pour la partie serveur réseau et serveur d'applications.
- www.thethingsnetwork.org

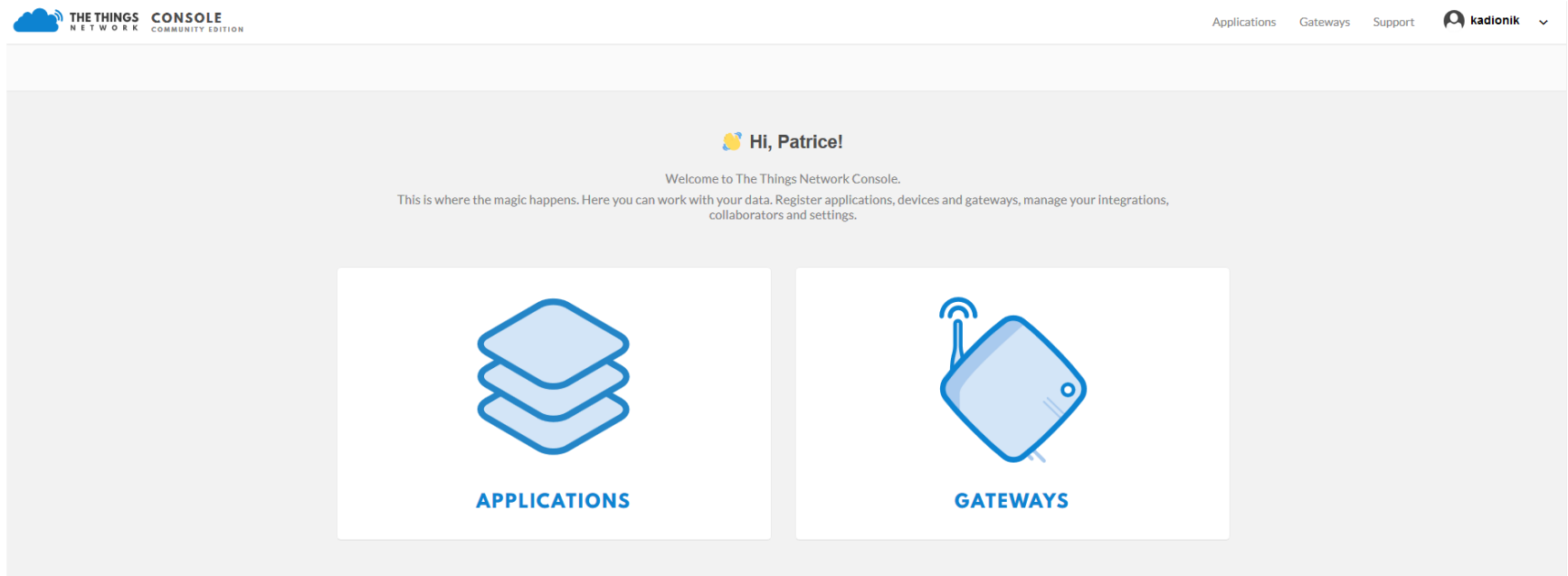
TTN



TTN

- La console de gestion d'un compte TTN (console.thethingsnetwork.org) permet de déclarer :
 - Des équipements terminaux LoRaWAN.
 - Des passerelles LoRaWAN.
 - Des applications LoRaWAN.

TTN



Systèmes embarqués. Conception d'objets connectés



TTN

The screenshot shows the TTN Applications page for application 'rpi001'. The page is divided into several sections: APPLICATION OVERVIEW, APPLICATION EUIs, DEVICES, COLLABORATORS, and ACCESS KEYS. Arrows point from labels to specific elements: 'AppID - Username MQTT' points to the application ID 'rpi001' in the overview section; 'AppEUI' points to the EUI '70 B3 D5 7E D0 01 CD DE' in the EUIs section; and 'Mot de passe MQTT' points to the MQTT password field in the ACCESS KEYS section.

Applications > rpi001

APPLICATION OVERVIEW

Application ID **rpi001**

Description ENSEIRB practical exercises. Telecom Department

Created 29 days ago

Handler ttn-handler-eu (current handler)

APPLICATION EUIs

70 B3 D5 7E D0 01 CD DE

DEVICES

1 registered device

COLLABORATORS

kadionik

ACCESS KEYS

default key

base64

AppID – Username MQTT

AppEUI

Mot de passe MQTT

Systèmes embarqués. Conception d'objets connectés

TTN

The screenshot displays the TTN web interface. At the top, the 'DEVICES' section shows '1 registered device' with a '+ register device' and 'manage devices' link. Below this, the 'COLLABORATORS' section lists the user 'kadionik' with 'collaborators', 'delete', 'devices', and 'settings' buttons. The 'ACCESS KEYS' section shows a 'default key' with 'devices' and 'messages' buttons, and a key 'ttn-account-v2.yee' with a 'base64' button. An arrow points from the text 'Mot de passe MQTT' to the key 'ttn-account-v2.yee'.

Mot de passe MQTT

TTN

DevEUI

AppEUI

Applications > rpi001 > Devices > rpi001

Overview Data Settings

DEVICE OVERVIEW

Application ID rpi001

Device ID rpi001

Activation Method ABP

Device EUI <> 00 C6 AB 2F 9A 42 2E 2B

Application EUI <> 70 B3 D5 7E D0 01 CD DE

Device Address <> 26 01 1A 11

Network Session Key <> 00 00 00 00 00 00 00 00

App Session Key <> 00 00 00 00 00 00 00 00

Status ● 27 days ago

Frames up 1 [reset frame counters](#)

Frames down 0

DevID

Méthode ABP

DevAddr

NwkSKey

AppSKey

Systèmes embarqués. Conception d'objets connectés

TTN

Gateways

GATEWAYS

[+ register gateway](#)

eui-b827ebffff098aa

ENSEIRB LoRaWAN Gateway

not connected

EU_863_870

eui-b827ebffff8121

ENSEIRB LoRaWAN Gateway

connected

EU_863_870

TTN

GATEWAY OVERVIEW

settings


Gateway ID

eui-b827ebffffff8121

Description

ENSEIRB LoRaWAN Gateway

Owner

 kadionik [Transfer ownership](#)

Status

connected


Frequency Plan

Europe 868MHz


Router

ttn-router-eu

Gateway Key



base64



Last Seen

now

Received Messages

28795

Transmitted Messages

0

INFORMATION

edit info

Brand

Model

RPI 3B with ChisteraPi

Antenna

Standard lambda/4


LOCATION

edit location

Antenna Placement

indoor

Altitude



lat.

44.80674455

lng

-0.60582378

Systèmes embarqués. Conception d'objets connectés