

LoRa et LoRaWAN – Internet des Objets (IoT)

Pour répondre aux questions, on s'aidera de Wikipédia et du cours de Sylvain MONTAGNY joint à ce TD.

1 – Généralités

LORAWAN fait partie des LPWAN.

⇒ Donner la signification (en français) de LPWAN (Wikipédia LPWAN)

⇒ Donner d'autres exemples de norme LPWAN (Wikipédia LPWAN)

⇒ Donner un exemple d'application pour les différentes technologies suivantes et préciser celles qui font partie des LPWAN.

NFC

Bluetooth

WiFi

Zigbee

4G/5G

Lora / SIGFOX

⇒ Indiquer les fréquences utilisées pour Lora et pour le WiFi (cf .1.1.3).

Lora utilise plusieurs canaux fréquentiels (FDM) (cf.1.2)

⇒ Donner quelques fréquences de transmission utilisées par LORA et indiquer l'écart de fréquence entre 2 canaux.

On relève les transmissions suivantes : BW125 correspond à une bande passante de 125kHz.

Packet Type	Direction	Time	Ticks	Frequency	Datarate	RSSI	SNR	Dev Addr	Frame Counter	Payload S
Join Request	up	10:59:44	2610135164	868.3	SF11BW125	-3	10.75	DevEui: C0EE		
Join Accept	down	10:59:44	2124409932	868.1	SF10BW125			F1E85448		
Join Request	up	10:59:44	2119409932	868.1	SF10BW125	-9	13	DevEui: C0EE		
Unconfirmed Data Up	up	10:59:44	2091062436	867.9	SF8BW125	-103	10	1F4CE753	245	51
Unconfirmed Data Up	up	10:59:44	2084060100	867.7	SF8BW125	-101	9.75	1F4CE753	245	51

⇒ Indiquer les fréquences utilisées dans ce cas. Indiquer si une bande passante de 125kHz est conforme avec la séparation entre 2 canaux.

LORA utilise la méthode TDM. Les devices transmettent à tour de rôle, sans synchronisation entre eux (collisions possibles). La norme impose qu'un device ne transmette pas plus que 1% du temps.

⇒ Pour une durée de transmission (airtime) de 100ms, déterminer le temps entre 2 transmissions pour respecter la norme.

2 – Puissance et sensibilité

Le module électronique RFM95 en mode LORA a les caractéristiques ci-contre.

La puissance en dBm est fournie par la formule :

$$P_{(dBm)} = 10 * \log (P_{(mW)})$$

Par exemple 5mW donne 7 dBm.

⇒ Calculer la puissance en mW délivré en sortie du module (en transmission).

- ◆ Supply voltage = 3.3 V.
- ◆ Temperature = 25° C.
- ◆ f_{XOSC} = 32 MHz.
- ◆ Lower bands: 169 MHz and 433 MHz, higher bands: 868 and 915 MHz
- ◆ bandwidth (BW) = 125 kHz.
- ◆ Spreading Factor (SF) = 12.
- ◆ Error Correction Code (EC) = 4/6.
- ◆ Packet Error Rate (PER)= 1%
- ◆ CRC on payload enabled.
- ◆ Output power = 13 dBm in transmission.
- ◆ Payload length = 64 bytes.
- ◆ Preamble Length = 12 symbols (programmed register *PreambleLength*=8)
- ◆ With matched impedances

L'antenne utilisée sur le module RFM95 est illustrée ci-contre.

Son gain est de 2,1 dBi. Les puissances exprimées en dBm ou dBi s'ajoutent (c'est également vrai avec les gains exprimés en dB).

⇒ Calculer la puissance totale d'émission en dBm.



- Diamètre: 10 mm
- Longueur antenne seule: 100 mm
- Gain: 2,1 dBi
- VSWR < 1,5:1

Une atténuation de puissance de -10dB correspond à une division de puissance par 10. Une atténuation de -20dB correspond à une division par 100.

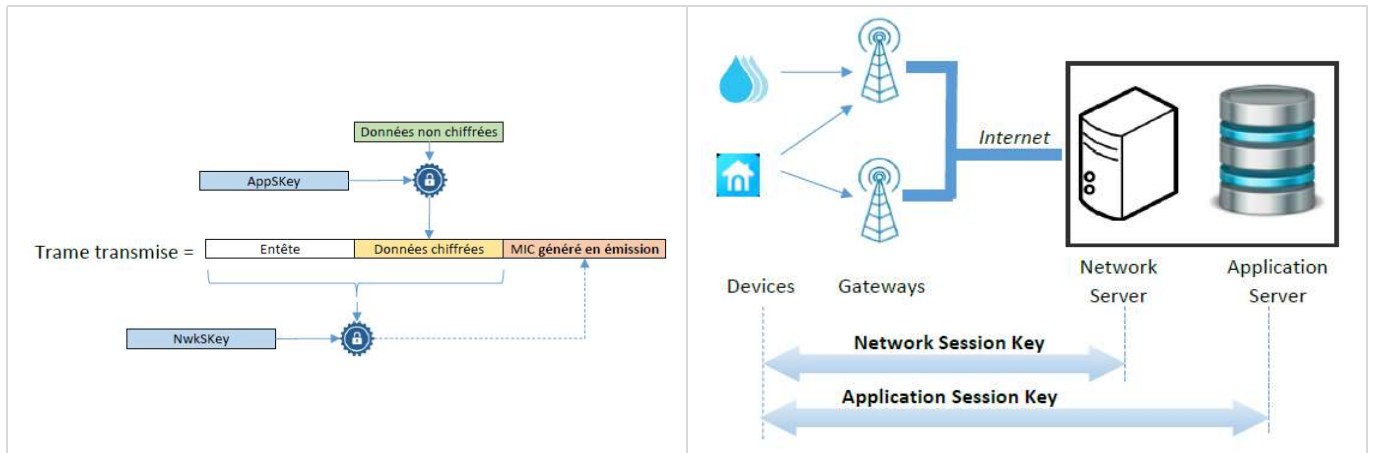
⇒ Calculer la division de puissance pour une atténuation de -60dB.

La passerelle utilisée dans nos projets est une RG186, dont les caractéristiques sont données ci-dessous. On se place pour la suite dans le cas d'une BW de 125kHz et SF de 7.

LoRa Radio Conducted TX Power (at -40°C) (RG186)	Supports TX power as per ETSI Frequency bands 25 dBm (max entry in Radio TX Power Table) -3 dBm (min entry in Radio TX Power Table)
LoRa Radio Conducted RX Sensitivity (RG186)	-125 dBm (Bandwidth = 125 kHz, Spreading Factor = 7, DR0) -123 dBm (Bandwidth = 250 kHz, Spreading Factor = 7, DR6)
Antenna Gain	2.0 dBi (863-870 MHz) used with RG186 2.0 dBi (902-928 MHz) used with RG191 plus AS915 and AU923 variants

⇒ Le module RFM95, avec son antenne, émet un signal de puissance de 15dBm. Calculer la valeur RSSI (RSSI=puissance reçue par le récepteur) reçue par la passerelle si l'atténuation dans l'air est de -70dB. Préciser si la passerelle peut recevoir correctement le signal.

3 – Authentification et chiffrement



NB: Le serveur Network et le serveur Application sont généralement gérés par le même logiciel.

Les données transmises au serveur par le Device sont chiffrées. Le device et le serveur doivent donc avoir la clé AppSKey pour coder et décoder les données.

Pour l'authentification entre le Device Lora et le Network Server, un champ MIC (Message Integrity Control) est ajouté à la transmission. Ce champ MIC est généré par grâce à une clé NwkSKey.

De plus le Device a une adresse DevAddr qui est fournie par le Network Server. Cette adresse n'est pas unique et c'est l'association DevAddr / NwkSKey qui permet d'identifier le Device.

2 méthodes sont possibles pour associer un Device avec le Network Server:

- **ABP** : le Device et le Network Server disposent des éléments : DevAddr – NwkSKey – AppSKey
- **OTAA** : DevAddr – NwkSKey et AppSKey seront générés lors d'une procédure de négociation lorsque que le Device se connectera la première fois.

⇒ Dans le cas OTAA, indiquer les codes que doivent alors connaître le Device et le Network Server pour générer : DevAddr, NwkSkey et AppSkey. (cf.4.4.2).

Un des avantages de la méthode OTAA est lors de l'attribution du devAddr, expliqué au paragraphe 4.5.3.

⇒ Indiquer pourquoi ça présente un avantage lorsqu'on décide de changer de Network Server.

4 – Classes des Devices

Les devices LoRa sont classés en 3 catégories (A, B et C) en fonction de leur consommation et de leur accessibilité en Downlink (cf. 4.3)

⇒ Indiquer la classe qui permet au Device de consommer le moins.

⇒ Indiquer la classe qui permet au Device de recevoir des données à tout instant

⇒ Quel est la condition préalable pour qu'un Device de classe A puisse recevoir des données ?

5 – Réseaux et serveurs LoRaWAN

Il existe trois configurations possibles (cf. 5.1)

Pour chaque configuration, donner les avantages et inconvénients (coût – couverture – compétence).

- Réseaux opérés :

- Réseaux privés :

- Réseaux dédiés :

Dans le cadre de nos projets, on utilisera TTN, ChirpStack ou THE THINGS STACK.

⇒ Préciser à quelle configuration cela correspond.

6 – Récupération des données sur le Serveur Application

Pour récupérer les données sur le serveur, on utilise généralement le protocole http ou le protocole MQTT.

Le protocole http utilise l'architecture client/serveur, et le client doit faire des requêtes http pour récupérer les données.

Une brève description du protocole MQTT est donnée en début du paragraphe 7.4.1.

⇒ Quel est le gros avantage du protocole MQTT dans le cadre des IoT. ... à suivre.

7 – Serveur TTN


Pour transmettre des données sur le serveur TTN, il faut créer un compte.
Sur ce compte on déclare ses passerelles LORAWAN et ses End Devices

Exemple de paramétrage d'une passerelle :

The screenshot shows the TTN Gateway configuration interface. At the top, there are navigation tabs for 'Applications', 'Gateways', and 'Organizations'. Below this, the breadcrumb 'Gateways > Carnot_Projet' is visible. The main header for the gateway 'Carnot_Projet' includes a blue square icon with a white antenna symbol, the name 'Carnot_Projet', and the ID 'ID: carnot'. Below the header, there are statistics: '563' up arrows, '0' down arrows, and 'Last activity 16 seconds ago'. The configuration is divided into three sections: 'General information', 'LoRaWAN information', and 'Live data'. The 'General information' section contains fields for Gateway ID (carnot), Gateway EUI (C0 EE 40 FF FF 29 69 20), Gateway description (None), Created at (Feb 22, 2022 13:40:59), Last updated at (Feb 22, 2022 13:42:45), and Gateway Server address (eu1.cloud.thethings.network). The 'LoRaWAN information' section includes Frequency plan (EU_863_870_TTN) and a 'Download global_conf.json' button. The 'Live data' section shows a list of recent events, including 'Receive gateway status' and 'Receive uplink message'. A 'Location' map is also present, showing the gateway's location near Bruay-la-Buissière.

Applications Gateways Organizations

Gateways > Carnot_Projet

 **Carnot_Projet**
ID: carnot

↑ 563 ↓ 0 • Last activity 16 seconds ago

General information

Gateway ID: carnot

Gateway EUI: C0 EE 40 FF FF 29 69 20

Gateway description: None

Created at: Feb 22, 2022 13:40:59

Last updated at: Feb 22, 2022 13:42:45

Gateway Server address: eu1.cloud.thethings.network

LoRaWAN information


Frequency plan: EU_863_870_TTN

Global configuration: [Download global_conf.json](#)

Live data

- 18:32:40 Receive gateway status Metrics: { txo
- 18:32:10 Receive gateway status Metrics: { rxi
- 18:31:40 Receive gateway status Metrics: { txo
- 18:31:10 Receive gateway status Metrics: { rxi
- 18:30:40 Receive gateway status Metrics: { rxi
- 18:30:39 Receive uplink message DevAddr: 0E F

Location



⇒ Sur cet exemple, entourer l'identifiant unique de la passerelle et l'adresse du serveur.

Exemple de déclaration d'un End Device

Applications > ttn-otaa-test > End devices > eui-c0ee40ffff296920

eui-c0ee40ffff296920
ID: eui-c0ee40ffff296920

↑ 14 ↓ n/a • No activity yet ⓘ

Overview | Live data | Messaging | Location | Payload formatters | Claiming | General settings

General information

End device ID	eui-c0ee40ffff296920
Frequency plan	Europe 863-870 MHz (SF9 for RX2 - recommen...
LoRaWAN version	LoRaWAN Specification 1.0.3
Regional Parameters version	RP001 Regional Parameters 1.0.3 revision A
Created at	Feb 21, 2022 21:26:46

Activation information

AppEUI	70 B3 D5 7E D0 02 A0 5F
DevEUI	C0 EE 40 FF FF 29 69 21
AppKey

Session information

Session start	Feb 21, 2022 21:29:44
Device address	26 0B 3F D2

Live data

Placeholder for live data visualization.

Location

Placeholder for location visualization.

⇒ Entourer sur cet exemple les identifiants uniques (EUI), la clé AppKey et l'adresse du device.

Le serveur TTN intègre un serveur MQTT (BROKER)

⇒ Retrouver ci-dessous l'adresse du serveur MQTT.

THE THINGS NETWORK | THE THINGS STACK Community Edition | Overview | Applications | Gateways | Organizations

Applications > ttn-otaa-test > MQTT

MQTT

MQTT is a publish/subscribe messaging protocol designed for IoT. Every application on TTS automatically exposes an MQTT endpoint. In order to connect to the MQTT server you need to create a new API key, which will function as connection password. You can also use an existing API key, as long as it has the necessary rights granted.

Further resources

[MQTT server](#) | [Official MQTT website](#)

Connection information

MQTT server host	
Public address	eu1.cloud.thethings.network:1883
Public TLS address	eu1.cloud.thethings.network:1883

Connection credentials

Username	ttn-otaa-test-carnot@ttn
Password	Generate new API key Go to API keys

8 – Paramétrage de la passerelle

The screenshot shows the Laird dashboard with the following sections:

- System:**
 - Model Number: RG1xx
 - Firmware Version: Laird Linux gatwick-laird-93.7.2.10
- LoRa:**
 - Connected: ●
 - Region Code: EU
 - Gateway Mode: semtech
 - Gateway EUI: C0EE40FFFF296920
 - LoRa Server: eu1.cloud.thethings.network: 1700
- Wi-Fi:**
 - Connected: ●
 - IP Address: 192.168.1.94
 - MAC Address: C0:EE:40:0D:A0:11
 - SSID: BTSSN-Carnot
 - Signal Strength: -39
- LAN:**
 - Disconnected: ●
 - IP Address: [empty]
 - IPv4 Enabled: true
 - MAC Address: C0:EE:40:29:69:20

The screenshot shows the Laird dashboard with the LoRa settings page. The left sidebar has a menu with the following items: Presets, Forwarder (highlighted), Radios, Advanced, and Traffic. The main content area shows:

- Mode:** Semtech Forwarder (dropdown menu)
- Network Server Address:** eu1.cloud.thethings.network (input field)
- Port Up:** 1700 (dropdown menu)
- Port Down:** 1700 (dropdown menu)
- Update:** (blue button)

Below the main content area, there is a summary of settings:

- Gateway Connected: true
- Gateway EUI: C0EE40FFFF296920
- Region Code: EU
- Mode: semtech

⇒ Retrouver sur ces 2 écrans capturés, l'identifiant lorawan de la passerelle et l'adresse du serveur TTN

⇒ Préciser le numéro du port utilisé.