

# REX in-vivo LoRa 2.4GHz

GDR RSD, 26-27 Janvier 2022, Lyon

N. Albarel, O. Alphand, D. Donsez

ANS Innovation  
LIG / ERODS + DRAKKAR, UGA/GINP

# Résumé

La modulation LoRa sur la bande radio ISM 2.4 GHz ouvre de nouveaux champs d'application de l'Internet des Objets. Elle offre des débits de données plus importants (versus LoRa SubGHz) sur de longues distances.

Nous présenterons notre retour d'expérience sur une année de communication avec la modulation LoRa sur la bande 2.4 GHz dans différentes configurations sur la métropole grenobloise (line-of-sight, proximité de réseaux Wifi ...).

Les expériences in-situ ont généré près d'un million de messages utilisés pour nos analyses.

# Sommaire

Internet des Objets et Low Power WAN

LoRa SubGHz versus LoRa 2.4GHz

Dispositifs expérimentaux

Site de la Tour Perret au centre de la métropole de Grenoble

Expériences "line of sight"

Expériences "indoor"

Jeux de données (600K messages pendant mois)

Résultats

Conclusion

# Internet des Objets

## Libelium Smart World

### Air Pollution

Control of CO<sub>2</sub> emissions of factories, pollution emitted by cars and toxic gases generated in farms.

### Forest Fire Detection

Monitoring of combustion gases and preemptive fire conditions to define alert zones.

### Wine Quality Enhancing

Monitoring soil moisture and trunk diameter in vineyards to control the amount of sugar in grapes and grapevine health.

### Offspring Care

Control of growing conditions of the offspring in animal farms to ensure its survival and health.

### Sportsmen Care

Vital signs monitoring in high performance centers and fields.

### Structural Health

Monitoring of vibrations and material conditions in buildings, bridges and historical monuments.

### Quality of Shipment Conditions

Monitoring of vibrations, strokes, container openings or cold chain maintenance for insurance purposes.

### Smartphones Detection

Detect iPhone and Android devices and in general any device which works with WiFi or Bluetooth interfaces.

### Perimeter Access Control

Access control to restricted areas and detection of people in non-authorized areas.

### Radiation Levels

Distributed measurement of radiation levels in nuclear power stations surroundings to generate leakage alerts.

### Electromagnetic Levels

Measurement of the energy radiated by cell stations and WiFi routers.

### Traffic Congestion

Monitoring of vehicles and pedestrian affluence to optimize driving and walking routes.

### Smart Roads

Warning messages and diversions according to climate conditions and unexpected events like accidents or traffic jams.

### Smart Lighting

Intelligent and weather adaptive lighting in street lights.

### Intelligent Shopping

Getting advices in the point of sale according to customer habits, preferences, presence of allergic components for them or expiring dates.

### Noise Urban Maps

Sound monitoring in bar areas and centric zones in real time.

### Water Leakages

Detection of liquid presence outside tanks and pressure variations along pipes.

### Vehicle Auto-diagnosis

Information collection from CanBus to send real time alarms to emergencies or provide advice to drivers.

### Item Location

Search of individual items in big surfaces like warehouses or harbours.

### Waste Management

Detection of rubbish levels in containers to optimize the trash collection routes.

### Smart Parking

Monitoring of parking spaces availability in the city.

### Golf Courses

Selective irrigation in dry zones to reduce the water resources required in the green.

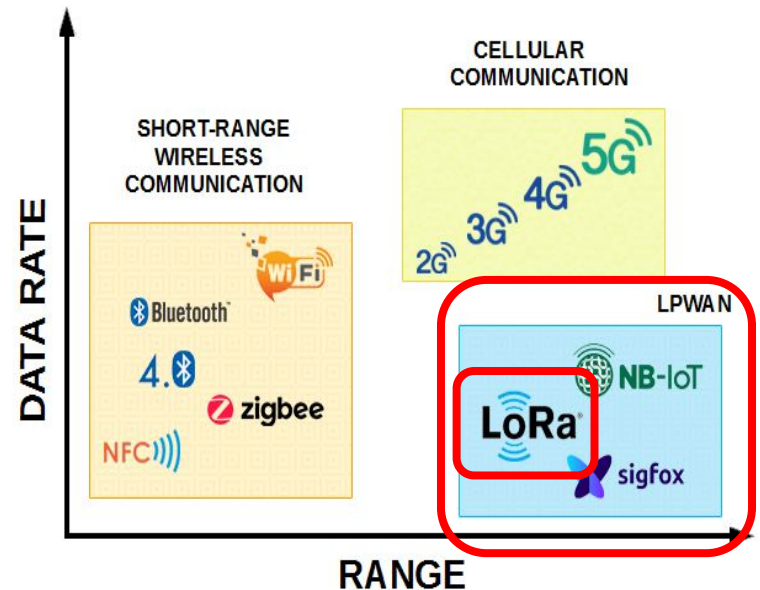
### Water Quality

Study of water suitability in rivers and the sea for fauna and eligibility for drinkable use.


# LPWAN and LoRa/LoRaWAN

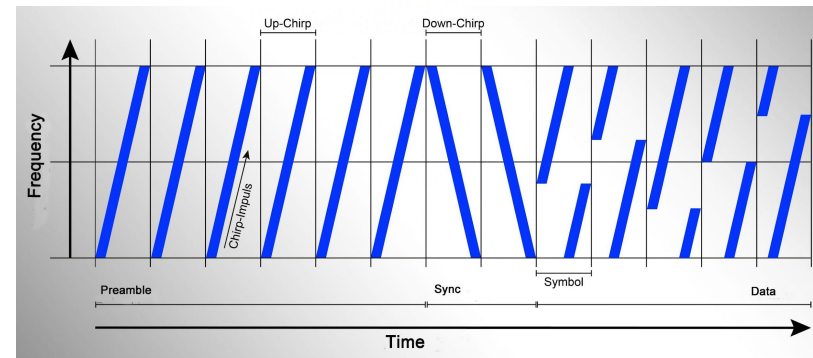
## Low Power and Long Range

- LoRa/LoRaWAN
- Sigfox
- 3GPP : NB-IoT and LTE-M



## LoRa™

- Patented Radio Modulation 
- Chirp
- Spreading Factor, Bandwidth, Coding Rate, Preamble ...



## LoRaWAN

- Open specification 
- Secure networking over FSK/LoRa/LR-FHSS : OTAA, DevAddr, NetId (roaming), ADR ...
- Regional parameters on ISM bands : eu433, eu868, us915, ... **ism2400**

# LoRa SubGHz versus LoRa 2.4GHz

Endpoints	SX126/7x LLCC68 LR11x0	SX128x LR1120
Gateways	SX130x (64rx + 1tx)	2G4 RI ( <b>3rx</b> + 1tx)
SF	5 to 12	5 to 12
BW	62, <u>125</u> , 250, 500	203, 406, <u>812</u> , 1625
DutyCycle	2% + 10% downlink (eu868)	<b>100% (world)</b>
Throughput	0.14 to 40 Kb/s (SF12 to 5 / BW125)	1.9 to 101.1 Kb/s (SF12 to 5 / BW 812)
Sensitivity	-148dBm	-132 dBm

# LoRa 2.4 GHz

SX1280 Calculator V1.2.2.0

Calculator Inputs

LoRa  FLRC  GFSK  Ranging

**LoRa Modem Settings**

Spreading Factor: 12

Bandwidth: 812 kHz

Code Rate: LI 4/5

**Packet Configuration**

Preamble Length: 8 Symbols

Payload Length: 29 Bytes

Header Mode: Enabled

CRC: Enabled

**RF Settings**

Transmit Power: 1.0 dBm

**Selected Configuration**

Preamble	Header	Payload	CRC
12,25 Symbols	8 Symbols	29 Bytes	16 Bits

**Calculator Outputs**

**Timing Performance**

Raw Data Rate: 2,38 Kb/s      Total length: 37,00 Symbols

Effective Data Rate: 1,06 Kb/s


Symbol time: 5,0443 ms

Time on Air: 248,4335 ms

**RF Performance**

Receiver Sensitivity: -126 dBm      Link Budget: 127 dB

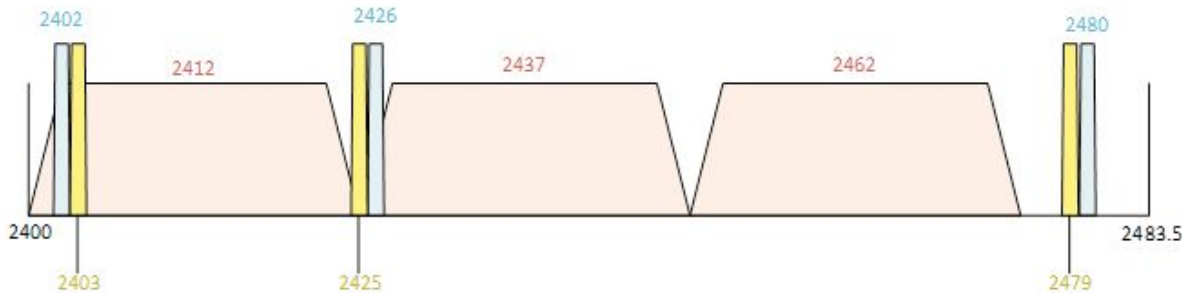
Tolerated Frequency Offset: ± 203,00 kHz      Ppm equivalent: ± 20,30 ppm

 [SX1280/SX1281 Datasheet](#)

# LoRa/LoRaWAN sur la bande ISM2400 (2400-2500 MHz)

- Co-existence/immunité avec Wifi (rose) et BLE (bleu pour les beacons)

Occupation de la bande 2.4GHz



Canaux obligatoires pour l'OTAA  
(l'opérateur complète la liste)

Modulation	Bandwidth [kHz]	Channel Frequency [MHz]	LoRa DR	Nb Channels
LoRa	812	2403 2425 2479	DR0 – DR7	3

Datarate LoRaWAN ISM2400

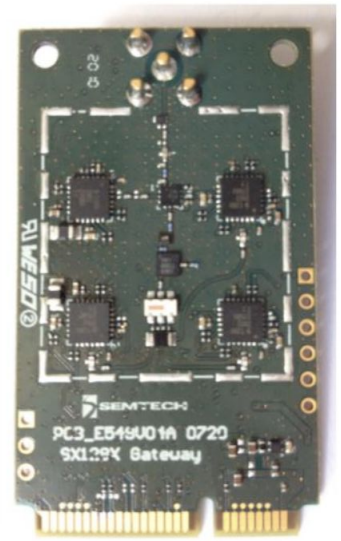
Data Rate	Configuration	Indicative physical bit rate [bit/s]
0	LoRa: SF12 / 812kHz	1.2k
1	LoRa: SF11 / 812kHz	2.1k
2	LoRa: SF10 / 812kHz	3.9k
3	LoRa: SF9 / 812kHz	7.1k
4	LoRa: SF8 / 812kHz	12.7k
5	LoRa: SF7 / 812kHz	22.2k
6	LoRa: SF6 / 812kHz	38k
7	LoRa: SF5 / 812kHz	63k
8..15	RFU	



# Dispositifs expérimentaux P2P

Endpoint: Olimexino + Modules Lambda 80, EByte E24 ... sur Mikrobus (C bare metal)

Base : Semtech Ref Design 2.4 GHz, Multitech MTCDT + MCard 2G4, ...



[SX1280Z3DSFGW1](#)

# Site de la Tour Perret au centre de la métropole de Grenoble

Premier ouvrage (au monde) en béton armé (94m)

LA TOUR PERRET

**Un chantier « TEST »  
pour le choix des techniques**

**► L'occultation des claustras**

Auguste Perret a dessiné les claustras en escalier qui haubillent la tour de façon à laisser entrer la lumière, sans la pluie, à l'intérieur. Mais pour traiter les infiltrations qui s'y produisent néanmoins, la pose de petits vitrages sera testée sur certaines ouvertures.



**► Une tour sous contrôle**

La corrosion des armatures est le facteur principal de dégradation des bétons. Pour en surveiller l'évolution, la tour a été équipée de quatre capteurs électroniques en novembre 2019. L'analyse de leurs données apportera des connaissances nouvelles aux scientifiques et aux entreprises intéressées, partout dans le monde.



**► Un chantier suivi par un comité d'experts**

La restauration du béton armé ancien est une discipline jeune et complexe. Le chantier de la tour approfondira les connaissances scientifiques et les savoir-faire, et permettra de les partager. C'est un objet de recherches international, soutenu par un Comité scientifique formé autour du projet. Il est notamment constitué de membres du laboratoire de recherche ALE&C de l'École nationale supérieure d'architecture de Grenoble (ENSAG), du laboratoire de recherche des Monuments historiques, de spécialistes de l'architecture d'Auguste Perret ou de chantiers patrimoniaux hors normes en béton.

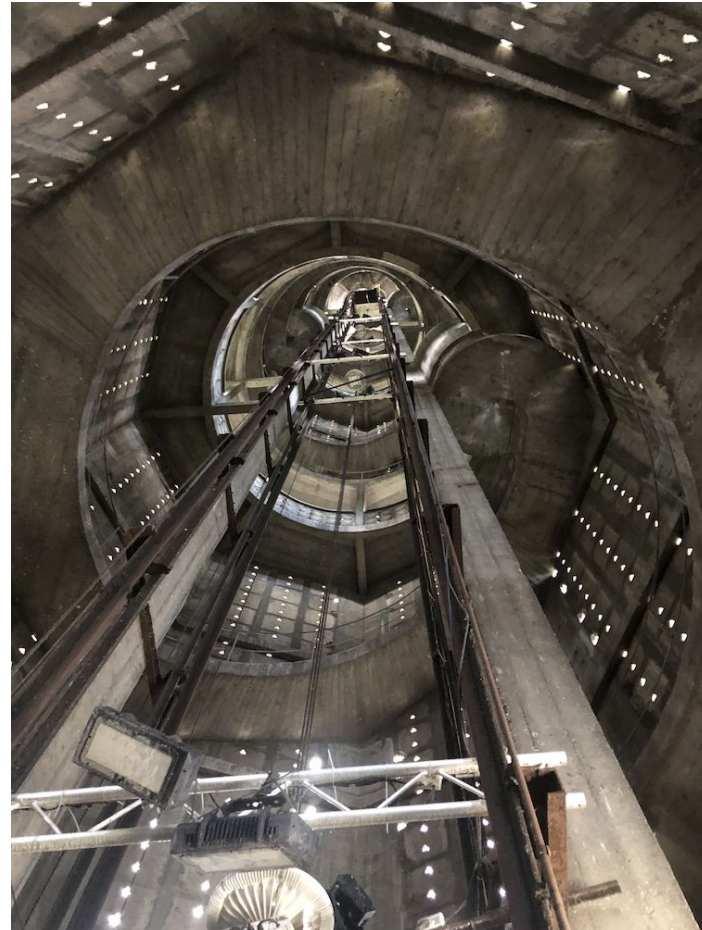


**► L'étude des fondations**

Restaurer la tour implique de connaître l'état de ses fondations. De plus, les études de 2019 ont révélé un léger faux aplomb dont il faut suivre l'évolution. En 2020 une étude géotechnique et une instrumentation de la structure sont prévues pour caractériser et mesurer ses mouvements éventuels. Les résultats pourront influencer sur le choix de la technique de restauration retenue.



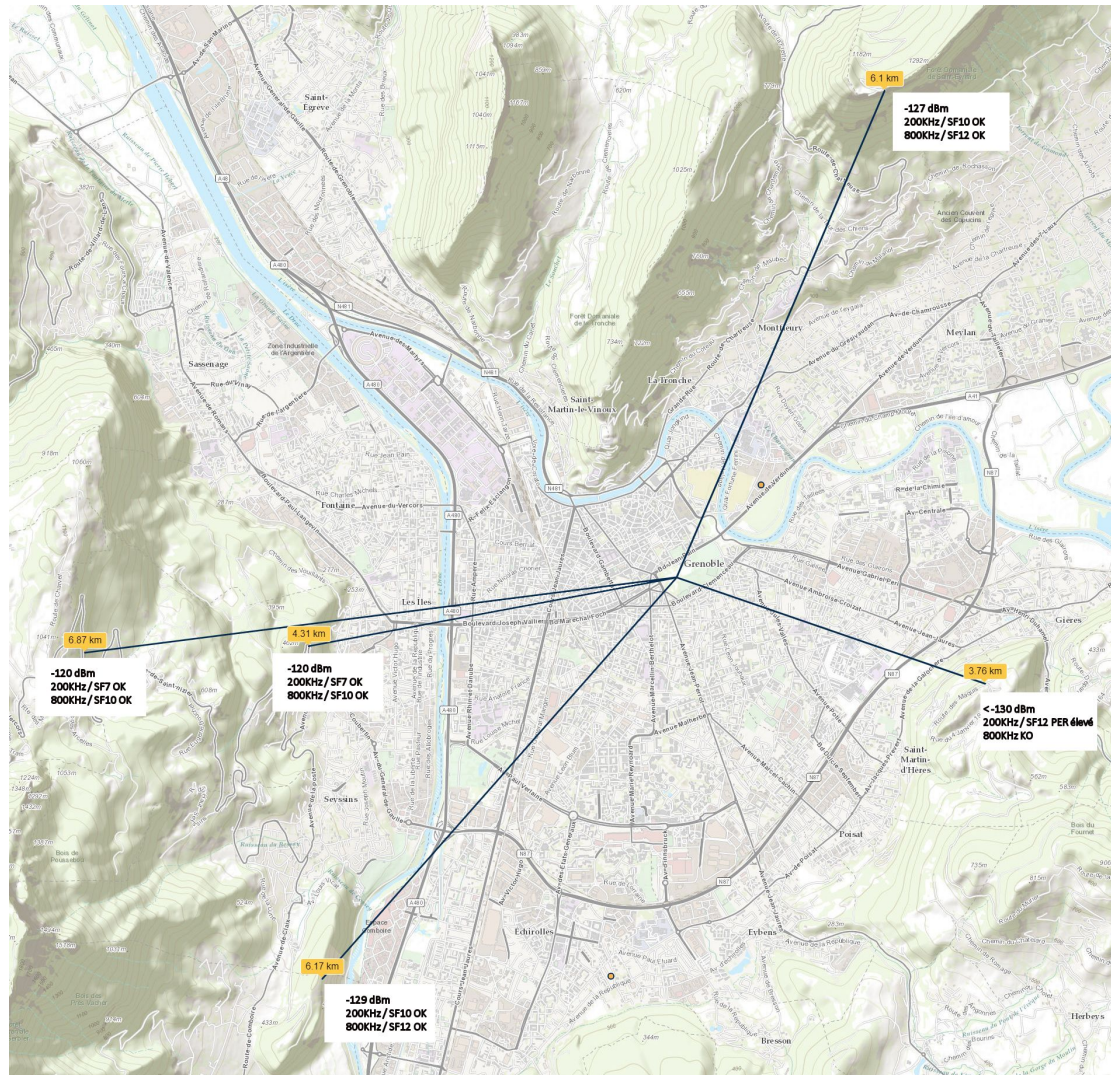
VILLE DE GRENOBLE



# Site de la Tour Perret au centre de la métropole de Grenoble

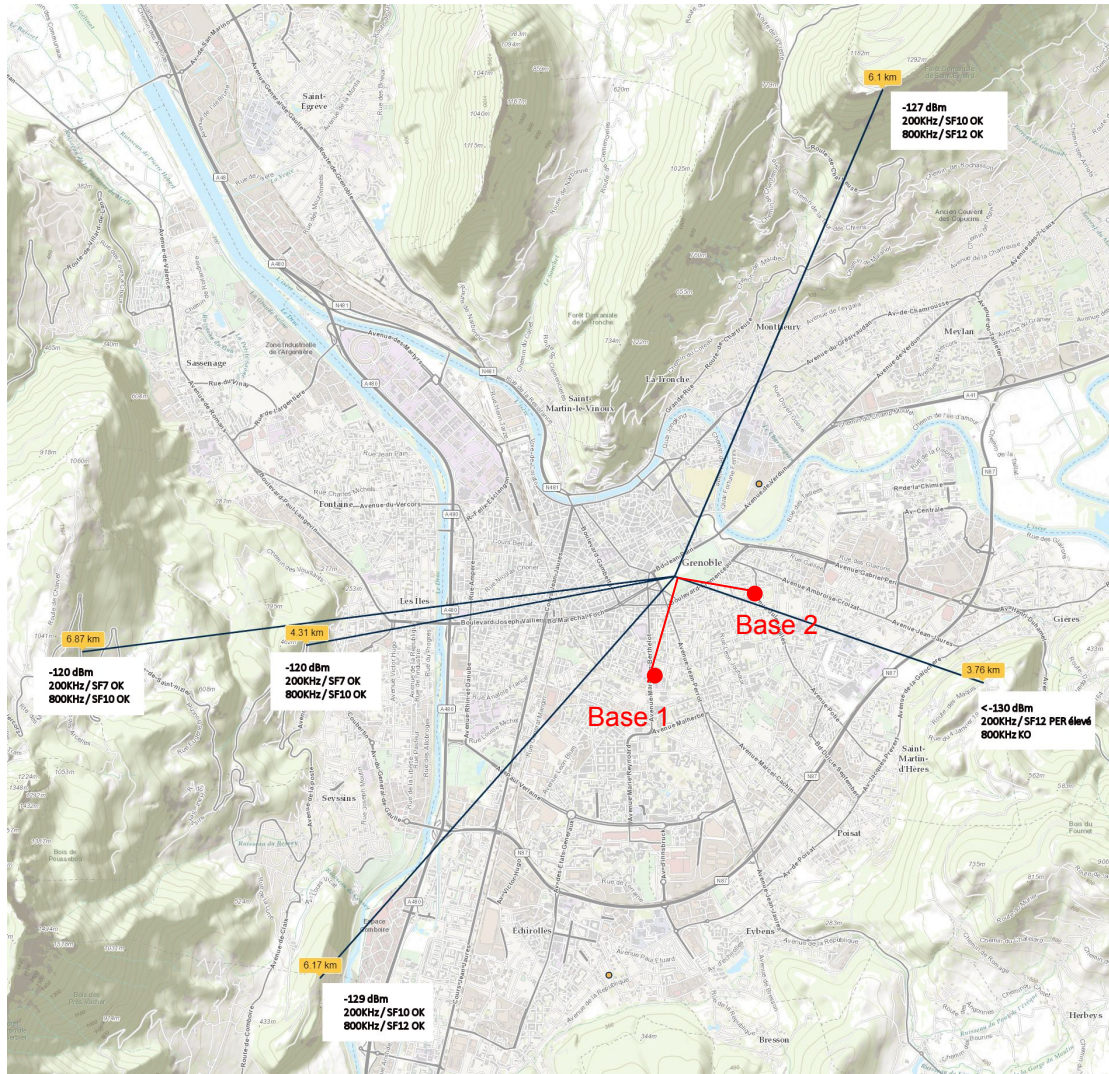


# Expériences "line of sight" pour valider l'installation sur la tour



# Expériences indoor

## Proximité de réseaux Wifi personnels



# Constitution du Jeu de données (Dataset)

Vols ballons Septembre 2020 et Avril 2021

Messages reçus jusqu'à 50 kms mais trop peu de données



Stuart Robinston (GW7HPW), 2019

Première installation Juin 2021

Tests LoRa, Multi SF, multi BW, pas de gateway pas de tests longue durée

Utile pour les tests LoS

Petit bémol à préciser : quartz 10ppm donc en théorie pas de BW 200KHz

MAJ antenne en Août 2021

Performances trop mauvaise avec petite antenne proche du béton

MAJ batterie (noyée) en Décembre 2021

MAJ antenne en Janvier 2022

Tests LoRaWAN avec Gateway Semtech : ~600K Tx and ~480K Rx

Base 1: Tx 174 771, Rx: 171 694 (fin janvier -> début mars)

Base 2: Tx 425 682, Rx: 310 652 (fin mars -> fin mai)

# Résultats (Base 1)

Analyse des communications basées sur 600K messages

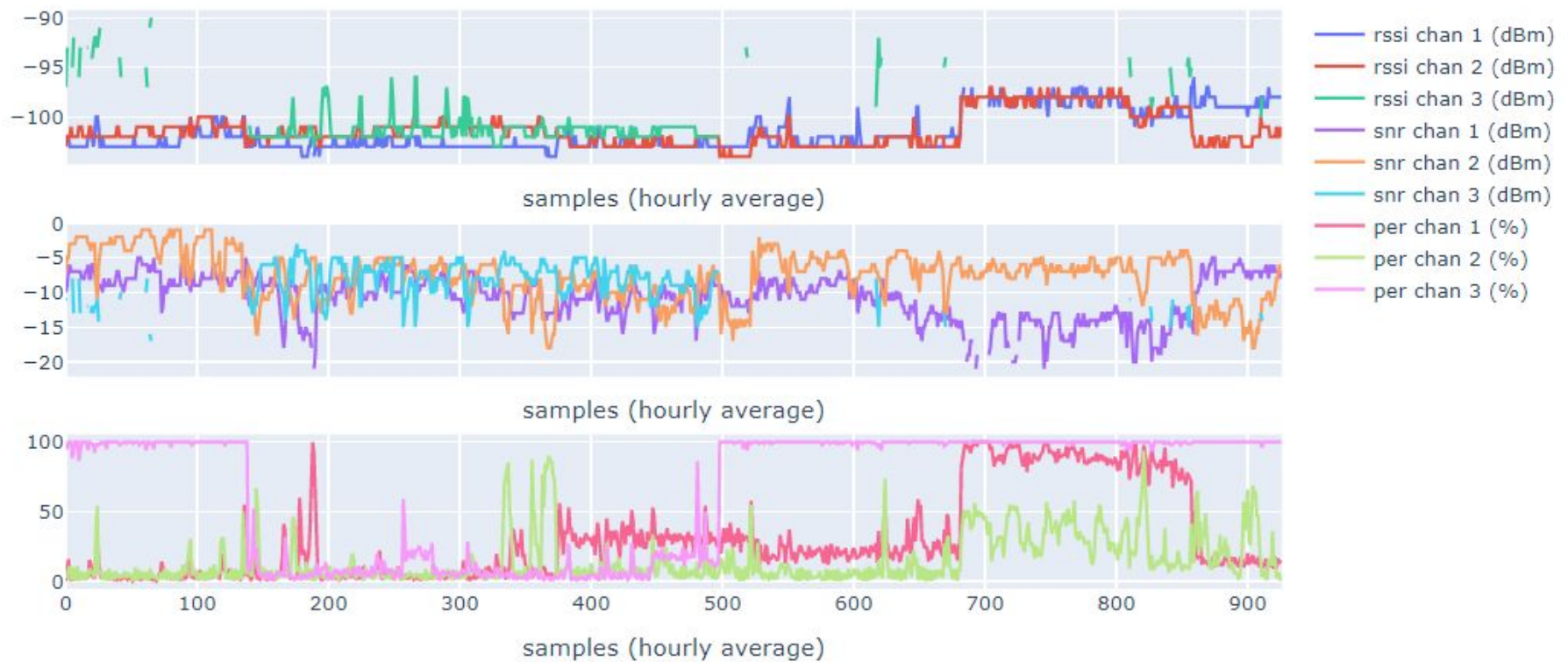
Radio performances over time - per channel - Base 1



# Résultats (Base 2)

Analyse des communications basées sur 600K messages

Radio performances over time - per channel - Base 2

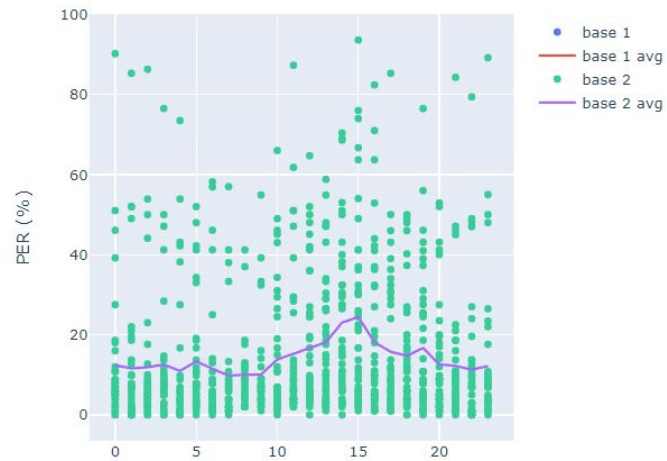
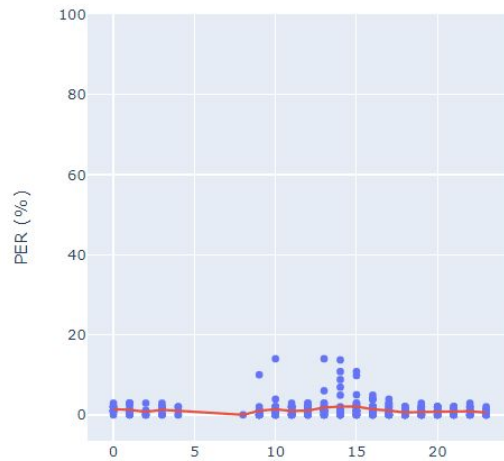




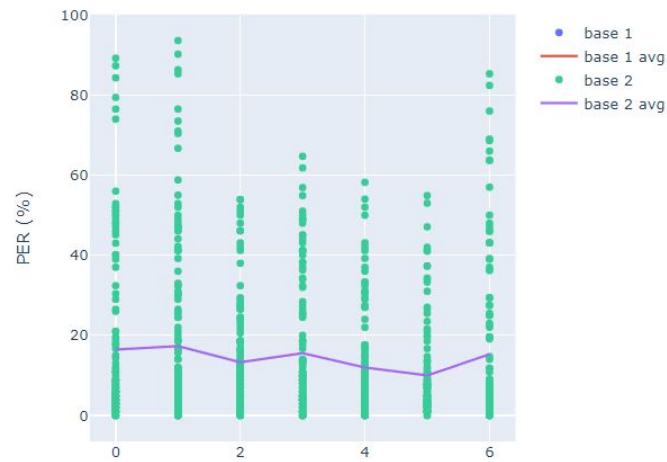
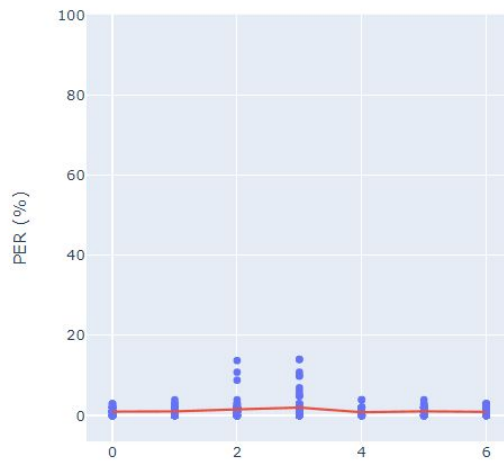
# Résultats (suite)

Corrélation avec les activités humaines (heures du jour et jours de la semaine).

PER vs Hour (hourly averages)



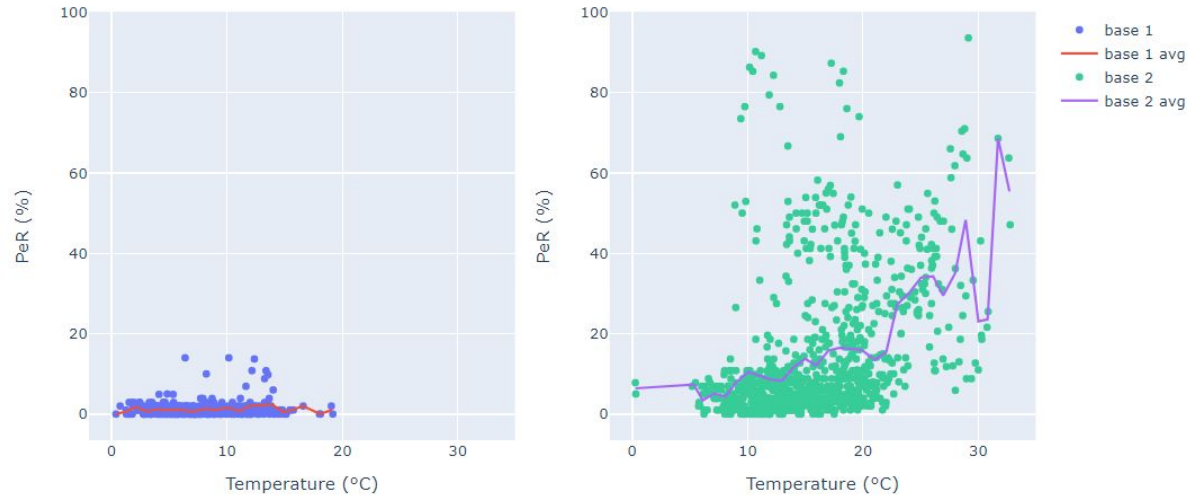
PER vs Weekday (hourly averages)



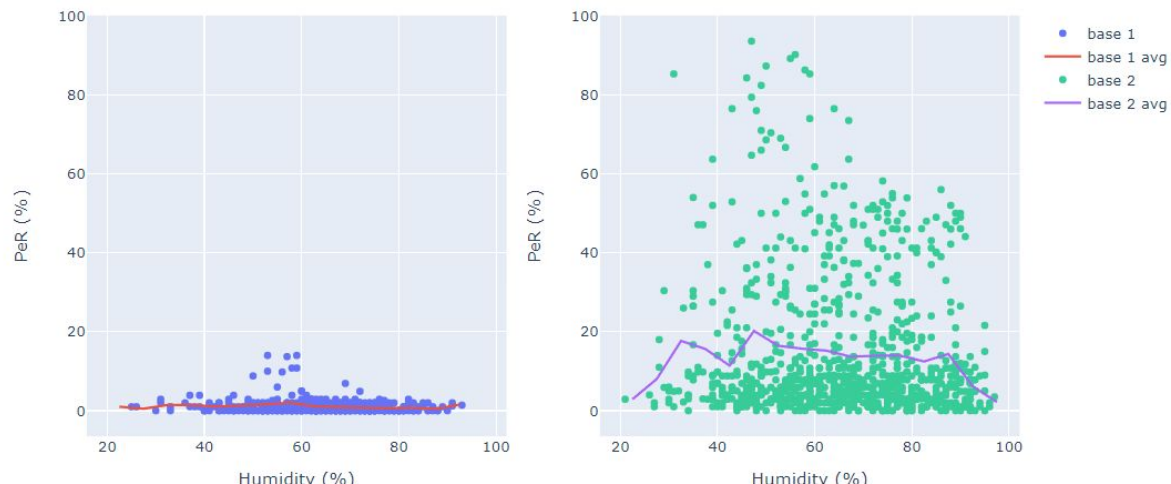
# Résultats (suite)

## Corrélation avec les données météo (température et humidité)

Temperature vs PER (hourly averages)



Humidity vs PER (hourly averages)



# Conclusion et Perspectives

Nouveau test en cours

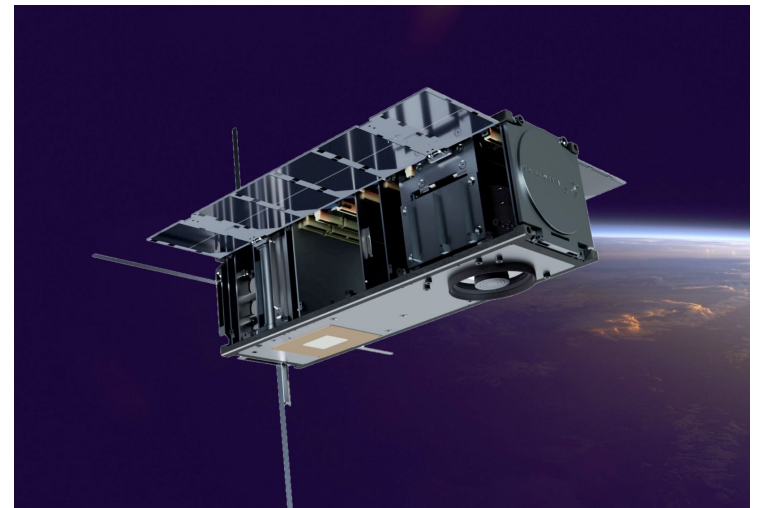
Gateway configurée en Mono-Canal et Multi SF



Tests sur [LR1120](#) (DevKit, Mikrobus) et autres modules SX128x

Libération du dataset (ASAP)

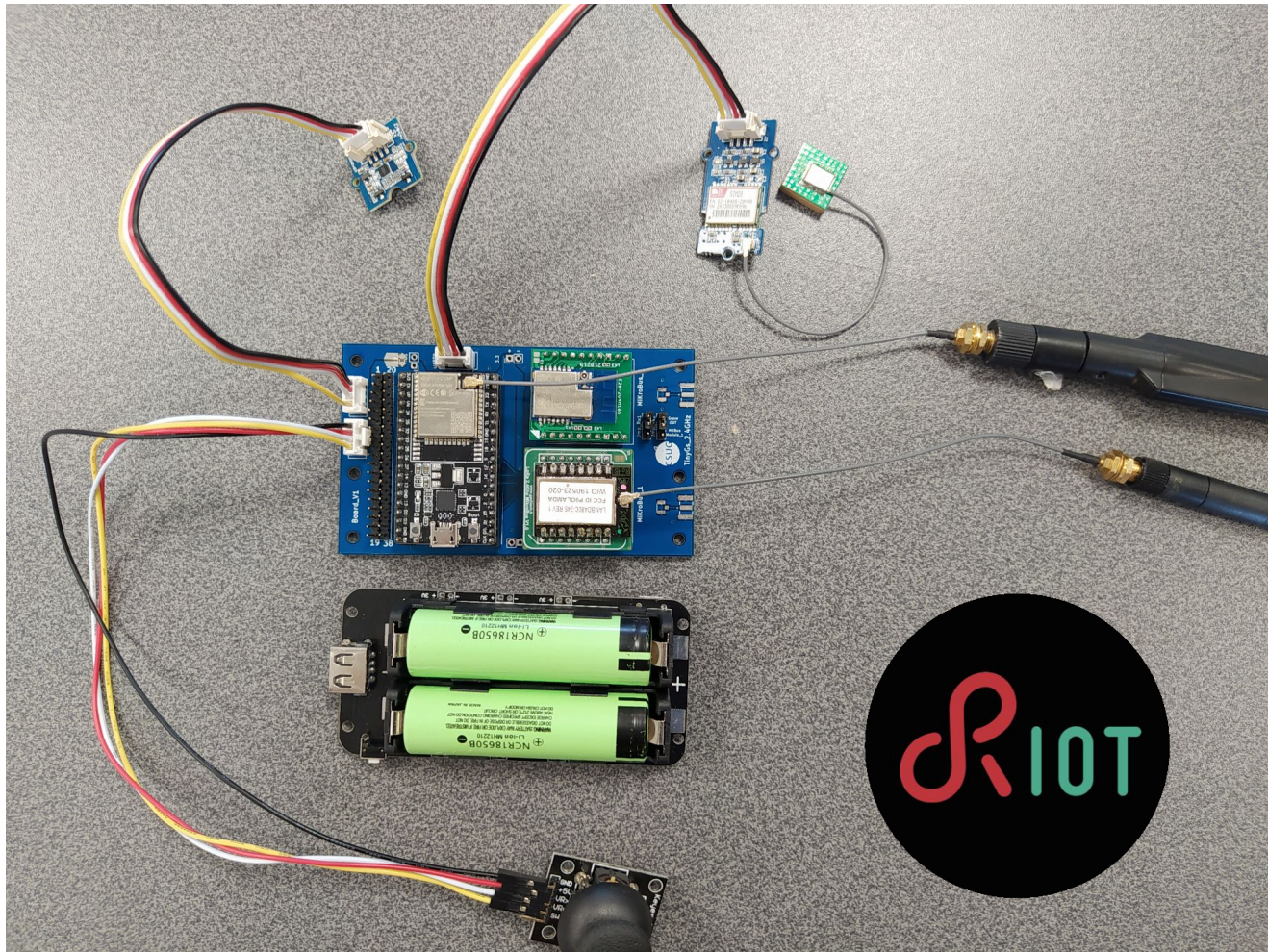
[Thingsat : LoRa 2.4 GHz from space](#)



# Cadeau Bonux

[https://github.com/thingsat/tinygs\\_2g4station](https://github.com/thingsat/tinygs_2g4station)

TinyGS 2G4 pour ceux qui veulent tester LoRa 2G4 : sol - sol, sol - espace

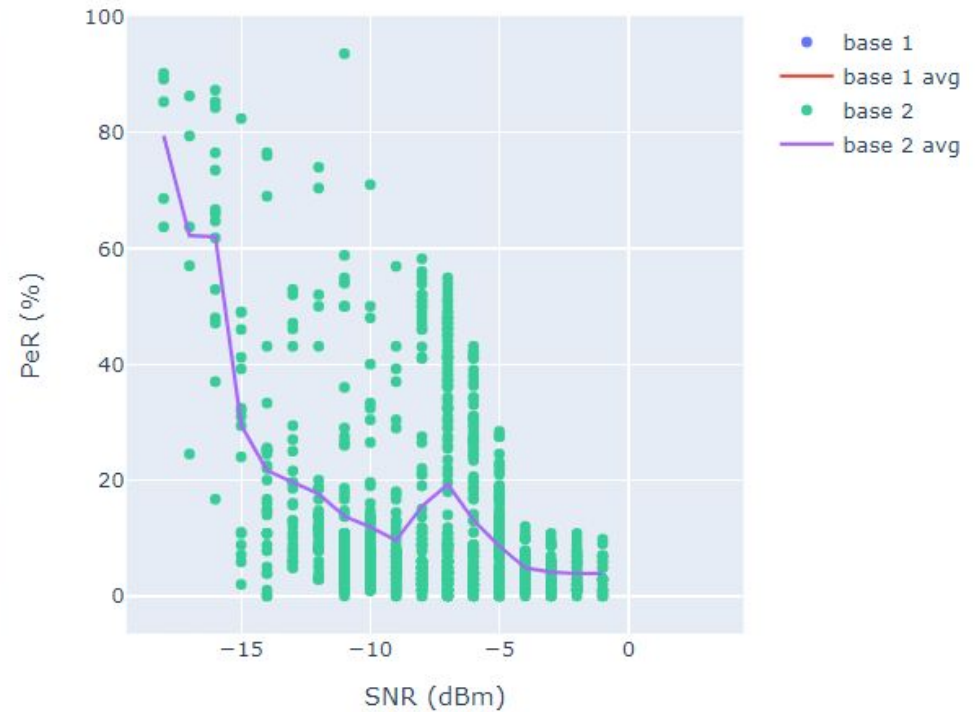
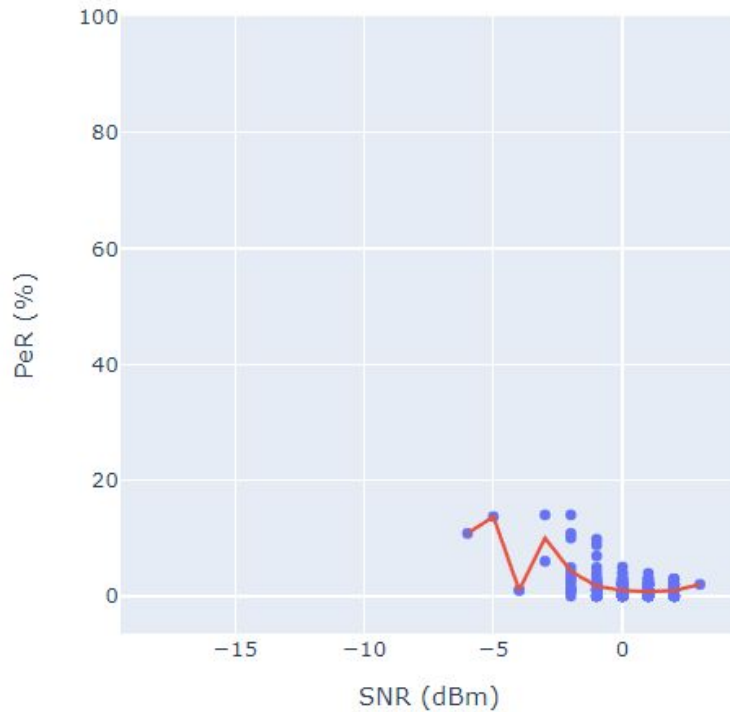


**Bonus track**

# Résultats (suite)

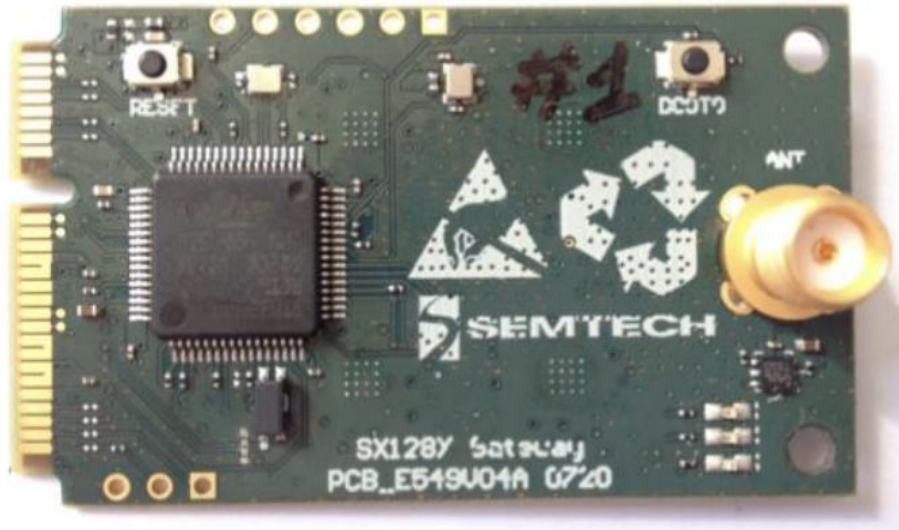
Analyse des communications basées sur 600K messages

SNR vs PER (hourly averages)

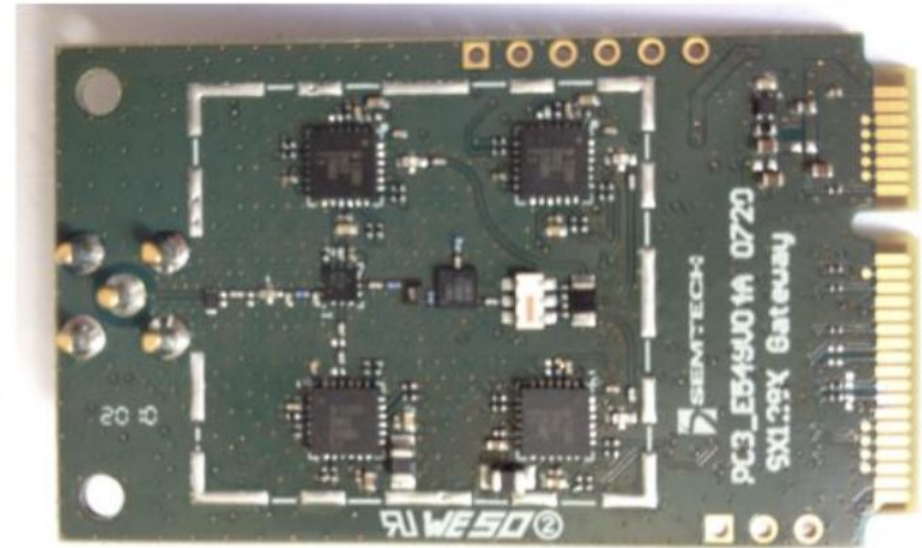


# Semtech Ref Design 2.4 GHz ([SX1280Z3DSFGW1](#))

3 rx + 1 tx channels Single SF



(a) Top view



(b) Bottom view

Figure 3.1: 2.4 GHz 3 Channels Single SF Gateway Reference Design (PCB e549v04a) used in this report - Board D001

# LoRa/LoRaWAN sur la bande mondiale ISM2400 (2400-2500 MHz)

## Motivations

- Bande ISM2400 (2400-2500 MHz)
- Duty Cycle : 100%
- Disponibilité mondiale
- Localisation (*ranging*) plus précise
- Co-existence avec Wifi et BLE

## Modulation LoRa sur 2.4 GHz

- Transceiver SX128x : sensibilité -132 dBm
  - BW: 203, 406, 812, 1625 KHz
  - SF: 5 to 12
  - CR: 4/5, 4/6, 4/7, 4/8, LI 4/5, 4/6, 4/7
  - Support pour LoRa, FLRC (*Fast Long Range Communication*) et (G)FSK
- Pas de concentrateur station (multi-canaux, multi-SF) pour le moment

## Spécification LoRaWAN pour les paramètres régionaux ISM2400

- En cours de définition
- Support serveur réseau : TheThingsStack, Chirpstack (v3.13+)
- Aperçu <https://lora-developers.semtech.com/library/tech-papers-and-guides/physical-layer-proposal-2.4ghz>