



Introduction aux réseaux LPWA

Connecter des objets

Le M2M est connu depuis bientôt 20 ans pour des communications Machine à Machine, entre autre dans l'industrie. L'Internet des objets ne semble pas une nouveauté et pourtant, si une machine est un objet, un objet n'est pas forcément une machine :



Nécessaire connectivité sans fil

Le plus indépendant possible de l'infrastructure domestique ou industrielle,



Autonomie d'alimentation

Sur la durée de vie du produit autant que possible



Pérennité des solutions

La encore sur la durée de vie du produit



Indépendance géographique

Se doit de fonctionner n'importe où sans impacter la fabrication ou la supply.





Deux enjeux majeurs



Une communication très longue portée

Couvre 15 à 60 KM quand un réseau GSM est de l'ordre de 1 à 20 km selon densité d'utilisation. Offre une couverture large pour un faible coût de réseau.



Une consommation d'énergie très faible

Des solutions permettant un coût de communication moyen bien inférieur à 1mAh avec des pics de consommation de 40mA. Facteur 4 à 80 vs du wifi (100mW) ou 3G (2W)

Ces réseaux répondent ainsi aux besoins d'autonomie des objets mais impliquent des conditions d'usage spécifiques :

- Une communication bas débit (pas d'image/son)
- Des limitations dans la fréquence d'émission
- Accepter/manager la perte de messages

Deux grandes technologies

S'affrontent sur ce marché, toutes les deux d'origine Française mais développée avec des fonds étrangers.



SigFox

Technologie et opérateur télécom mondial. Opérationnel depuis 3 ans.



LoRaWan

Technologie de Semtech, sur laquelle est bâti par un consortium une norme de communication réseau. Opérée par des Orange, Bouygues... ou privés.

2 technologies Françaises



- 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)



Un mode non connecté (ou presque)

Contrairement aux réseaux classiques les LPWAN utilisent des mode non-connectés qui permettent d'économiser beaucoup d'énergie et résistent au parasitages.

Il n'y a pas de contrôle d'accès au réseau, mais celui-ci étant centralisé, il y a un tri à l'entrée selon les autorisations.



Un espace radio partagé

Les fréquences de communication sont publique, libre d'usage mais toutefois réglementées pour permettre à chacun de pouvoir les utiliser. La notion de coefficient d'utilisation limite horaire (aussi appelé duty cycle) vient restreindre le temps de parole de chaque objet, dans la majeure partie des cas à 1%.

LoRa

Low Power Wide Area Network

The LoRa logo is located in the bottom-left corner of the image. It consists of a solid orange rectangular background. On the left side of this background, there are three horizontal white lines stacked vertically, resembling a hamburger menu icon. To the right of these lines, the word "LoRa" is written in a bold, white, sans-serif font.

LoRa

LoRa – Une communication point à point

Inventée en France mais rachetée par SemTech / solution de communication propriétaire.



Communication sur bandes libres

Utilise 868MHz en Europe / 902 aux USA / 433 en Asie



Taille des paquets variable

Entre 51 et 222 octets selon les débits choisis.



Basse consommation / Longue distance

Emission normalisée à +14dB pour une couverture de 10 à 15 km



Application du duty cycle

Le partage de la bande de fréquence libre limite l'émission à 1% du temps maximum pour tous.



Bas débit bi-directionnel

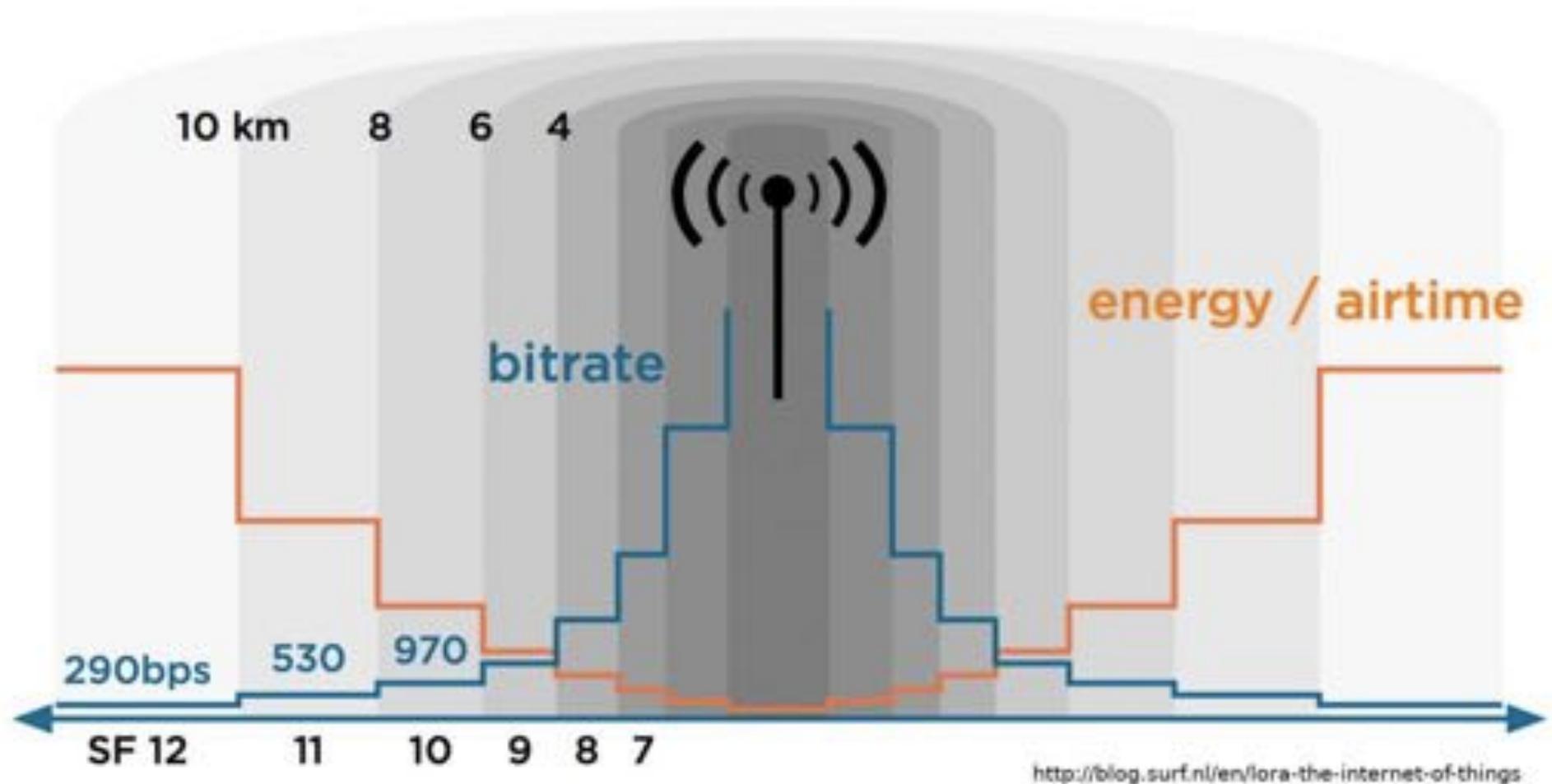
Transmission entre 250 et 5,4KBps sur une bande passante de 125KHz selon le facteur d'étalement de spectre (selon la redondance d'information). 11Kbps pour 250KHz.



Duty cycle appliqué entre chaque émission

Chaque émission conduit à un blocage de l'émetteur les 99% de temps restant.

LoRa – vitesse & énergie vs portée



Temps et fréquence de communication



Temps d'émission d'un message de 10 Octets



250bps
1,4s



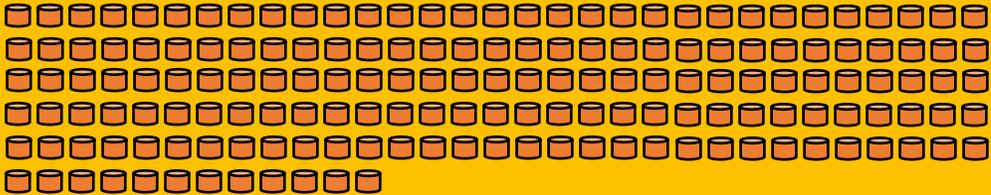
5,4Kbps
56ms



Fréquence d'émission d'un message de 10 octets



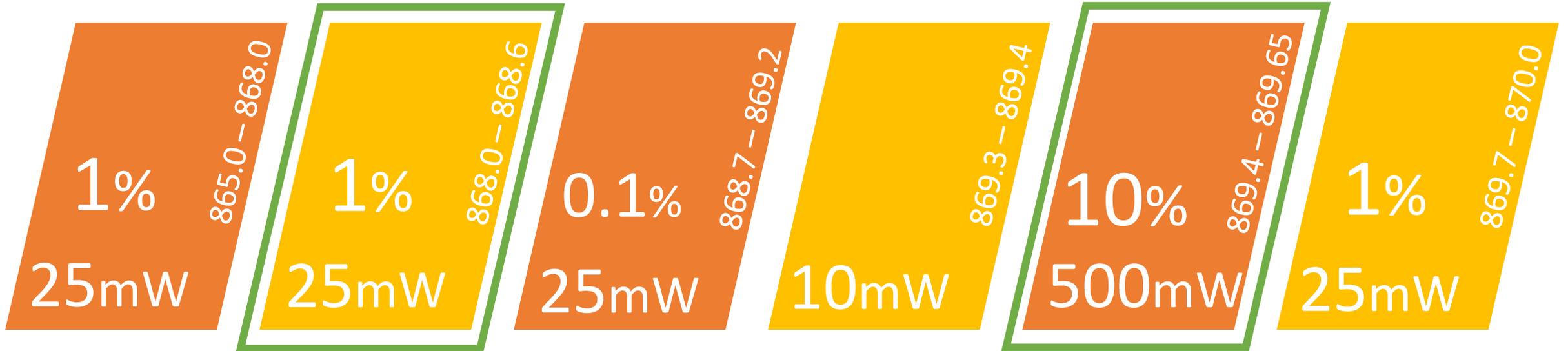
6 messages émis à 250bps en 15 minutes toutes les 2'18''



162 messages émis à 5,4Kbps bps en 15 minutes toutes les 5''54

865Mhz-870 Hz

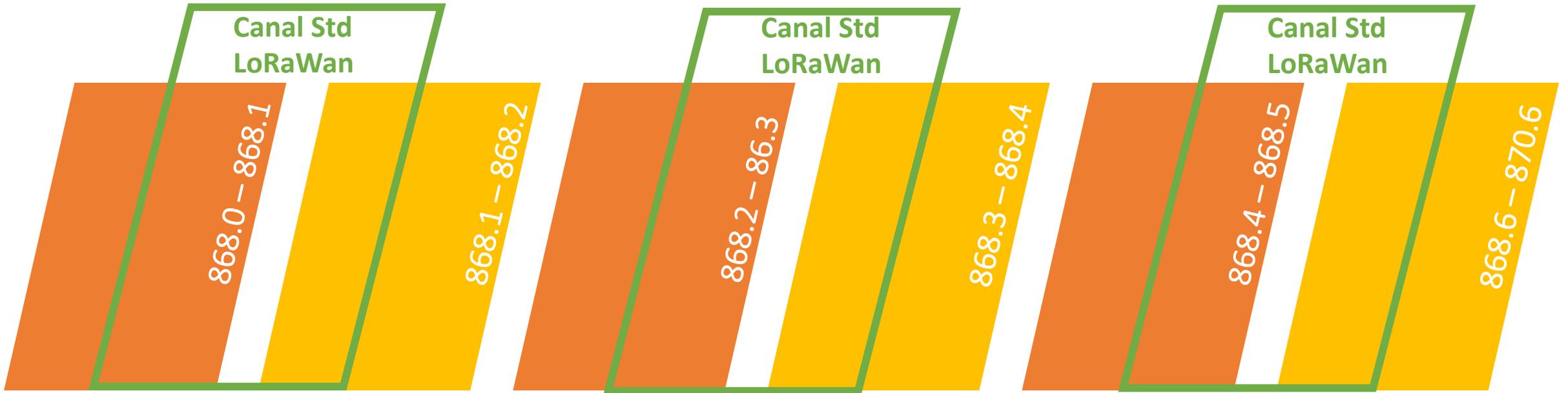
Canaux uplink



La réglementation est régie par différents textes, au niveau Européen l'ERC-REC-70-03E et en France par la décision de l'ARCEP 2012-0612 et 2014-1263 publiée au JORF le 30/01/2015.

Le coefficient d'utilisation limite est défini comme étant le rapport de temps, sur 1 heure, durant lequel un dispositif émet effectivement dans la bande de fréquence concernée.

868.0Mhz-868.6 Hz

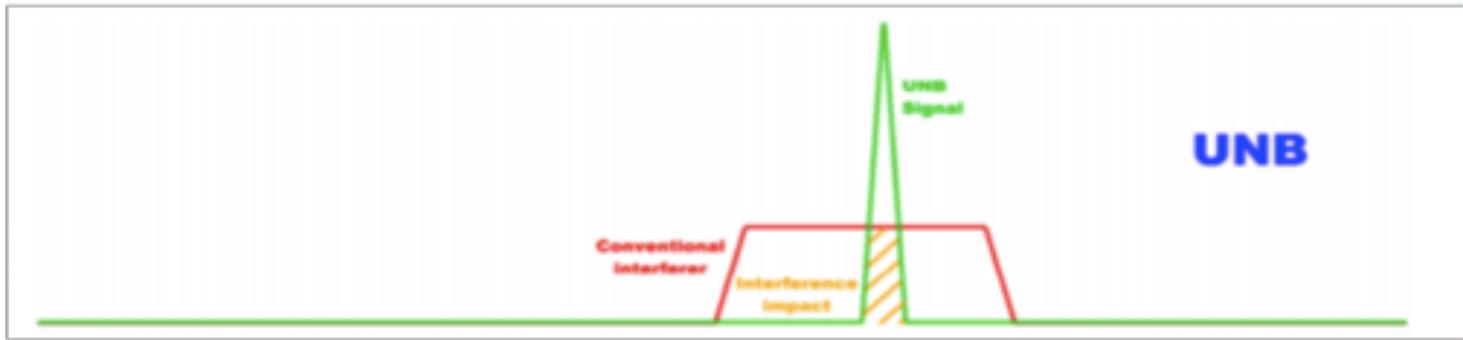


LoRaWan utilise dans cette bande de fréquence 3 canaux de 125KHz chacun

En plus de ces 3 canaux standard, il peut y avoir 5 autres canaux déterminé à la connexion.

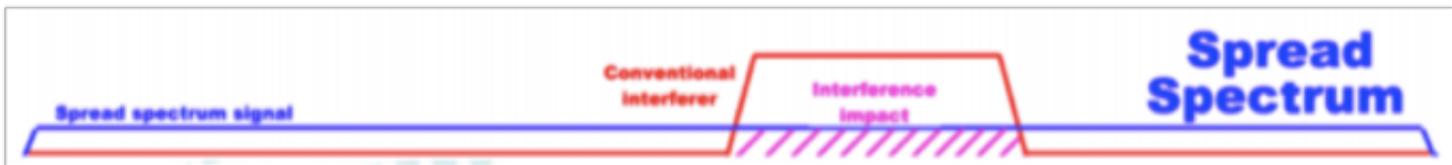
Etre entendu sur de très longues distances malgré le bruit ambiant

2 approches différentes pour 1 même objectif



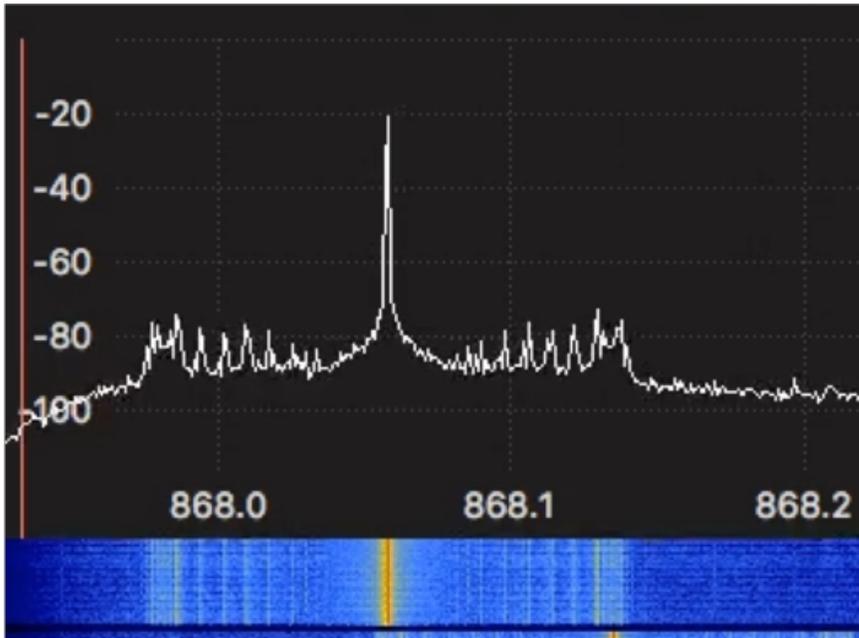
SigFox – Ultra Narrow Band

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.

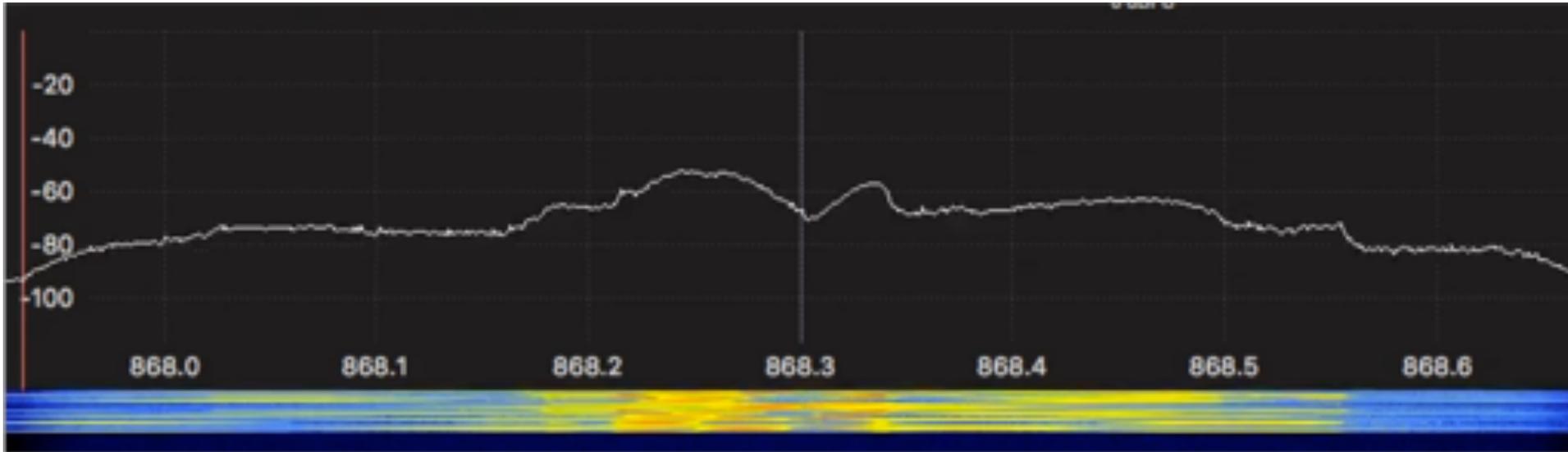


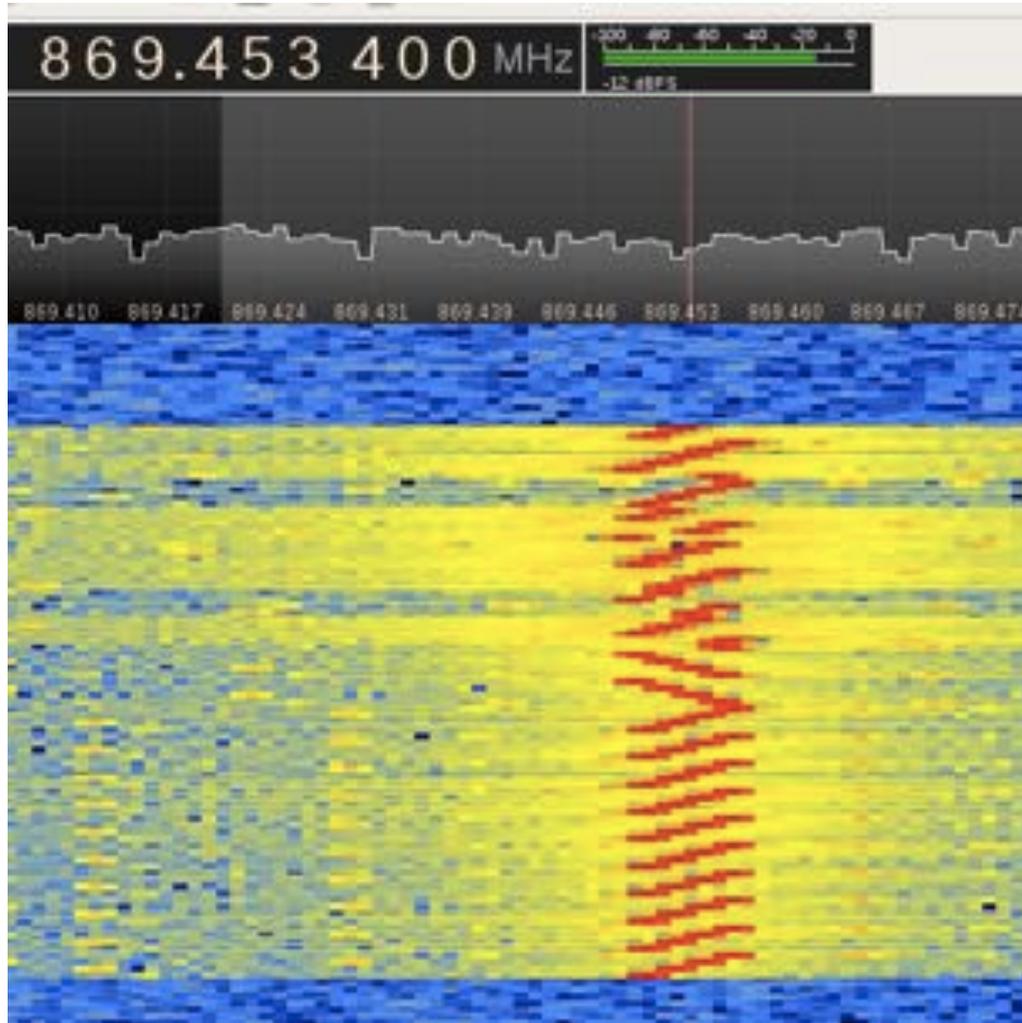
LoRa – Etalement de spectre

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

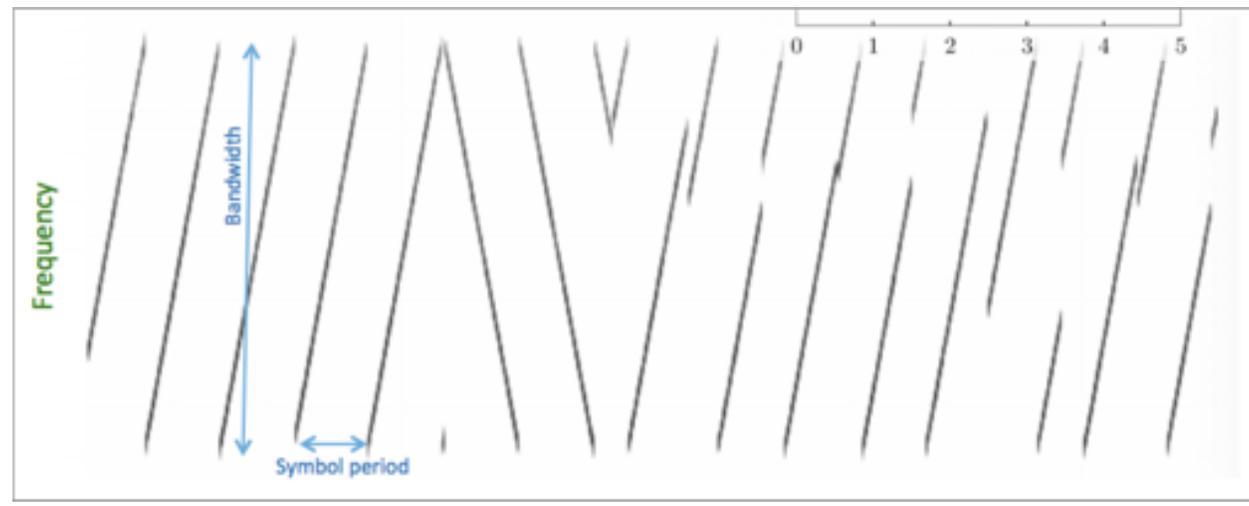
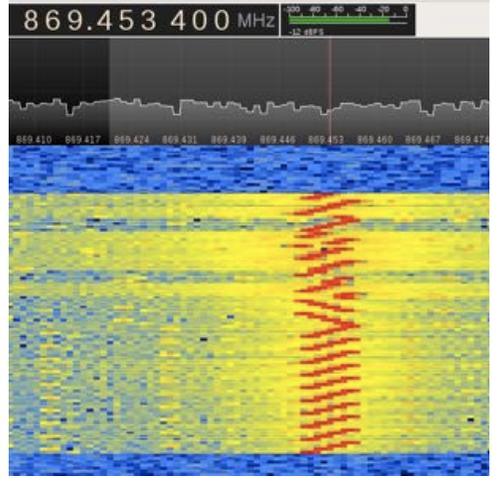


Un usage très différent du spectre radio

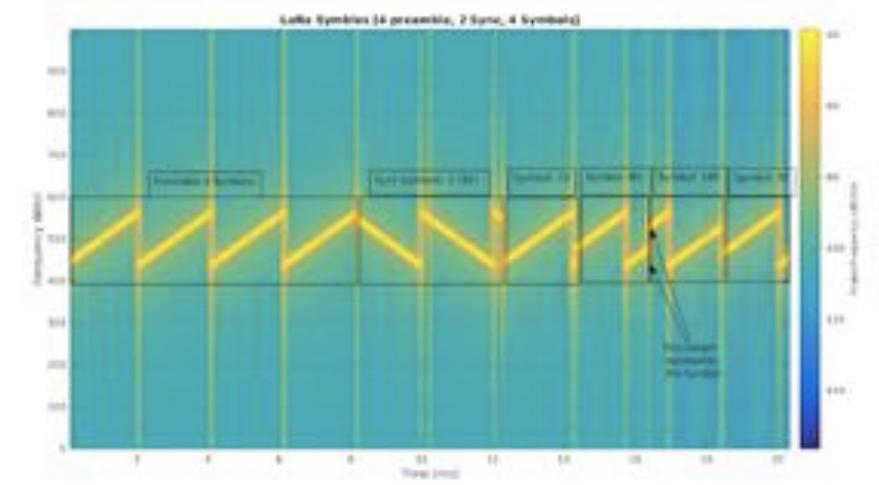
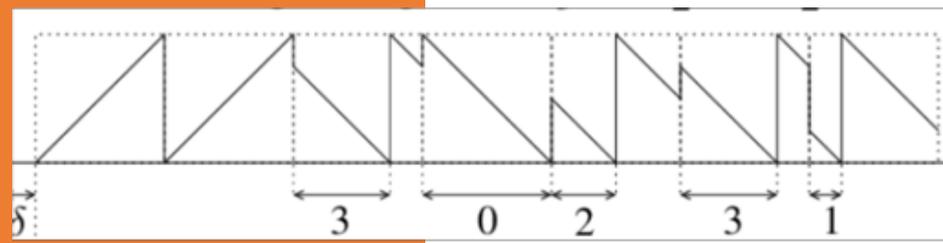
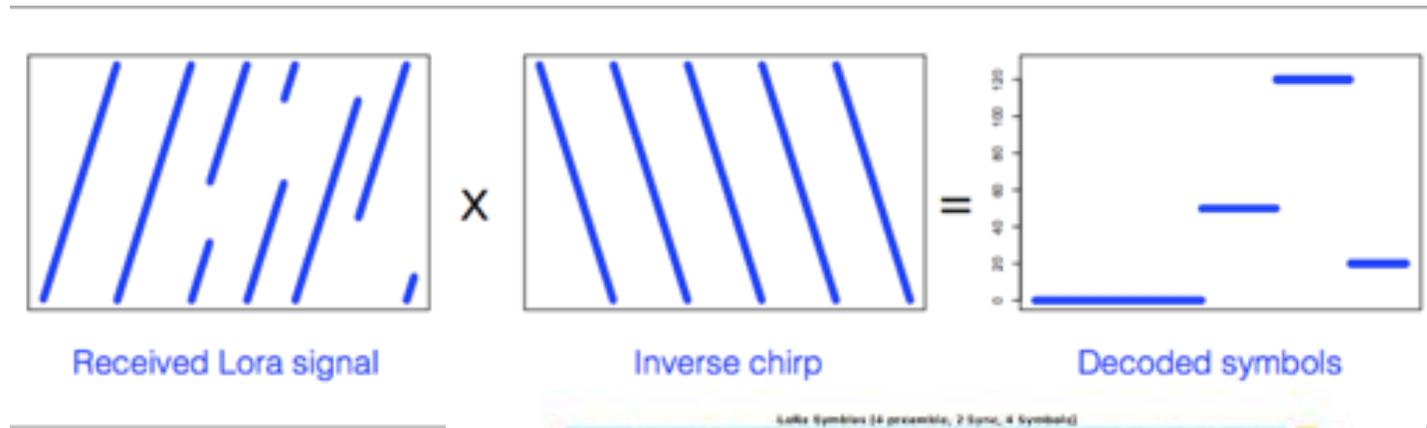




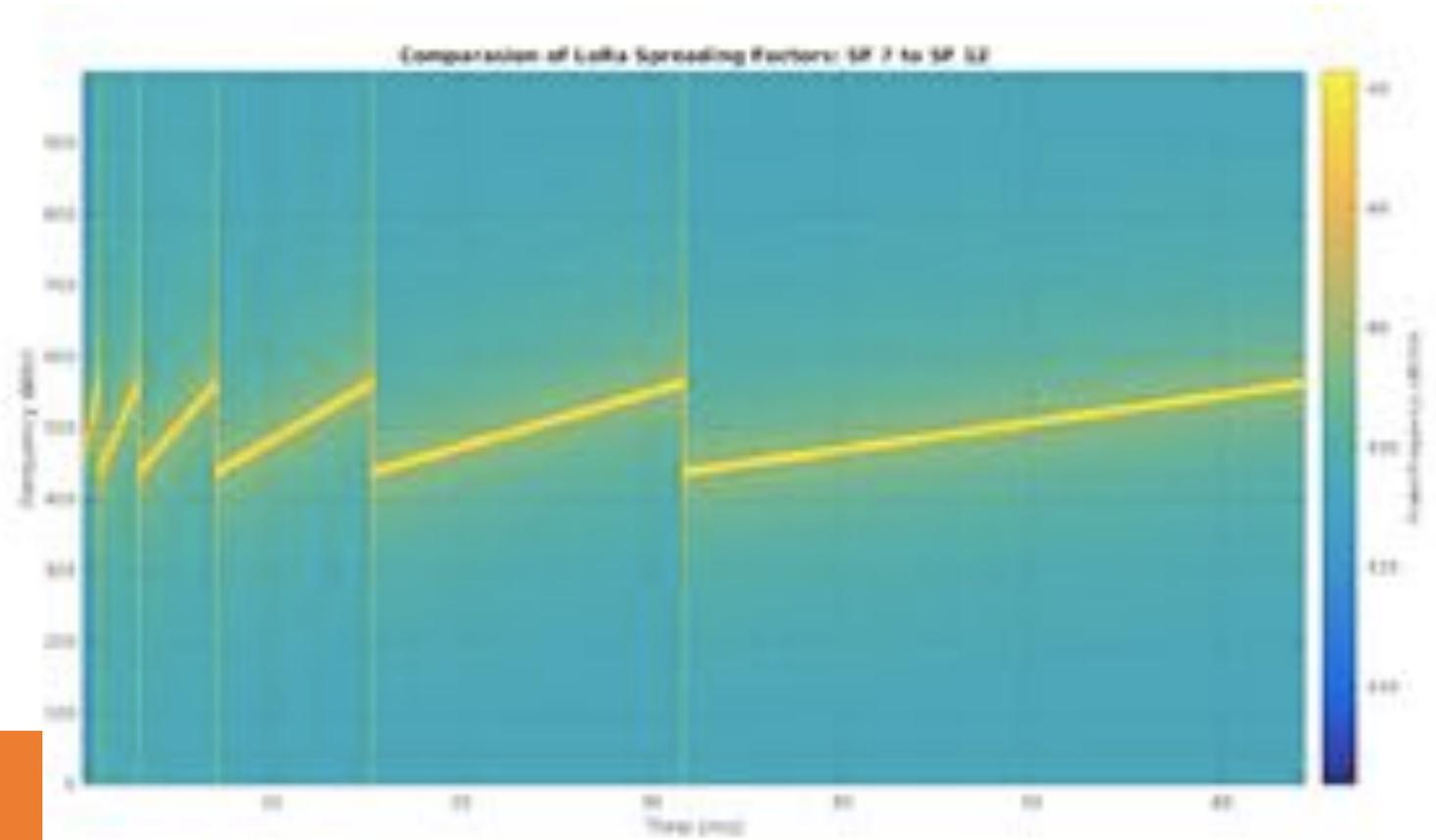
Les données sont transmises en changeant de fréquence, pour réduire les risques de parasitage et porter loin avec peu d'énergie



LoRa Symbol decoding



LoRa Spread Factor



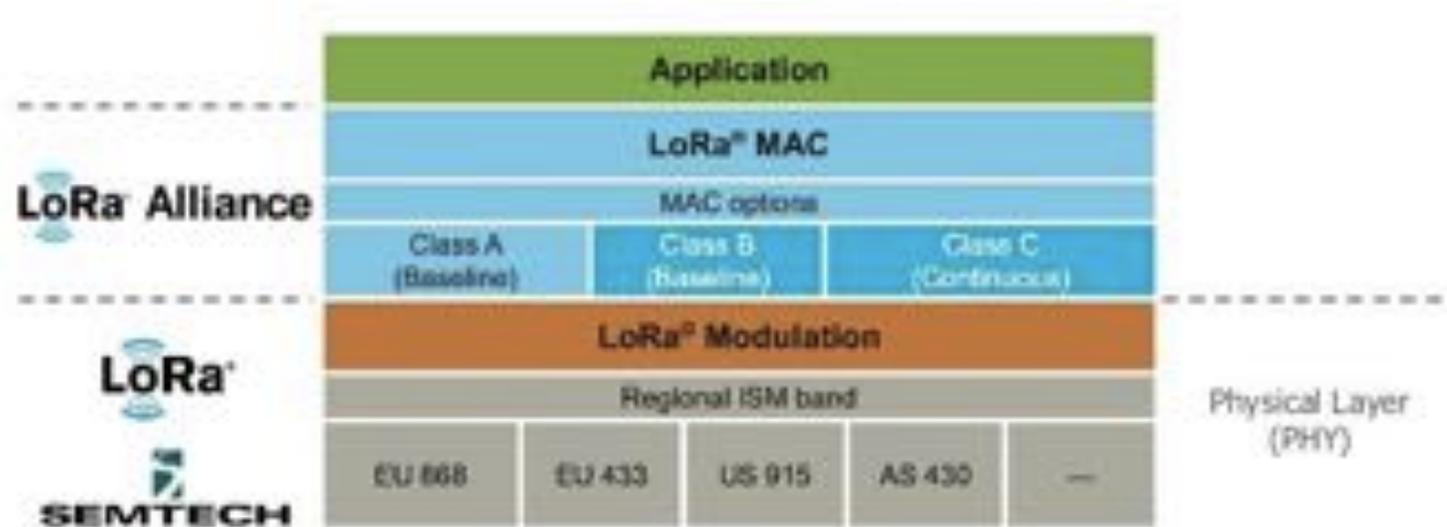
LoRa

Low Power Wide Area Network



LoRaWan

2 niveaux => Point à Point (LoRa) et réseau (LoRaWan)



LoRa Wan

Utilisation de la couche LoRa, en ajoutant une couche réseau simpliste, pour permettre la création d'un réseau d'objet qui supporte de nombreux opérateurs.

LoRa

Une solution de communication radio Point à Point utilisant l'étalement de spectre comme moyen de communiquer loin et à faible énergie.

LoRaWan – 3 classes de communication



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

L'objet émet son message 1 fois sur 1 de ses canaux libres (non busy) avec ou sans ACK.

Si le message doit être acquitté alors un downlink est possible.

Le canal est ensuite BUSY les 99% de temps restant, l'émission reste possible sur les canaux non BUSY.



Classe B : réception planifiée

Permet de mettre à jour un objet à une fréquence déterminée – rarement employée
D'économiser de l'énergie tout en maximisant la réactivité d'un objet



Classe C : réception continue

Pour les objets connectés à une source d'énergie



Architecture 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 communication avec les application métiers.

Le Cloud opérateur pousse ensuite les messages bruts vers l'application métier : callback HTTP/S sous la forme d'une requête de type PUSH ou GET.

Cette interface Cloud <> Application métier est spécifique à chaque opérateur, chaque technologie.

LoRaWan - une surcouche réseau



Surcouche logicielle, normalisée par la LoRa-Alliance permettant de faire cohabiter des réseaux d'objets publics et privés multiples.

La norme est implémentée dans les modules, ou à implémenter soi-même dans des chips semtech



Normalise des fréquences d'utilisation et méthodes d'attachement

3 canaux communs : 868.1 / 868.3 / 868.5 largeur 125KHz

Commande JOIN pour enregistrer un device sur le réseau

Deux modes d'identifications :

- OTAA (Over The Air Activation)
- ABP (Activation By Personalization)



Gère la confidentialité des échanges

Rendue nécessaire par le mix de réseaux publics et privé utilisant les mêmes fréquences.

Utilise 2 niveaux de clés de session : Network et Application key dérivées d'une unique clé statique.

Une protection somme toute faible contre l'usurpation d'identité

Plusieurs type d'adresses et de clés (OTAA)

DevEUI

Device Uniq ID – IEEE unique (64b)

AppEUI

Application Uniq ID – IEEE unique (64b)

AppKey

Clé applicative connue uniquement du device et de l'application (128b)



AppSKey

Clé valide durant une session et permettant de chiffrer et déchiffrer la payload

NwkSKey

Clé valide durant une session et permettant de signer le message

DevAddr

Adresse du device sur le réseau donné par le réseau, donc non unique (32b) dont 7 identifiant le réseau

Format de la trame LoRaWan

DevEUI

Device Uniq ID – IEEE unique (64b)

AppEUI

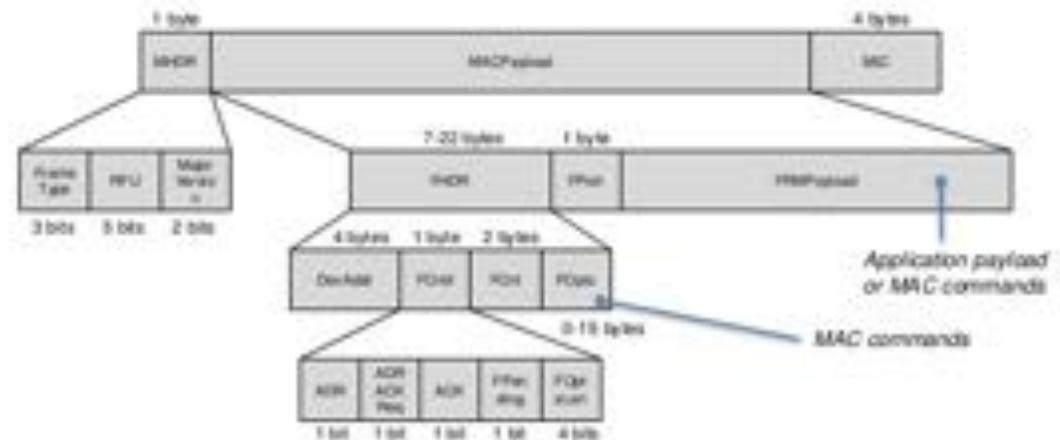
Application Uniq ID – IEEE unique (64b)

AppKey

Clé applicative connue uniquement du device et de l'application (128b)

Frame Format

((LPWAN))



LPWAN@IETF08

7

MAC Command

Demande d'action à distance : changer la vitesse, la puissance, les canaux...

MIC

Authentification de la trame

Communication bidirectionnelle



Après une émission suivent deux slot de réceptions possibles

Le premier sur la même fréquence mais son débit peut être différent.

Il se fait immédiatement après l'émission et dure 1 seconde par défaut
il ne peut être immédiatement réactif à l'émission sauf pour un simple ACK

Le second sur une fréquence différente 869.525Mhz permettant une
émission à 27dB

Il immédiat après l'émission et dure 2 secondes par défaut.



Un downlink doit être acquitté par le device et plusieurs downlink peuvent
ainsi s'enchaîner.



Scallabilité LoRaWAN

Plusieurs facteurs limitants:

- Pas de gestion de collision
- Partage de 3 canaux par tous les objets et tous les réseaux public ou privés
- Scallabilité limité au-delà de 1000 objets dans une même zone.

Forces et faiblesse de LoRaWAN



Forces

- La promesse d'une solution de géolocalisation précise à quelques mètres sans GPS.
- Possibilité de créer un réseau privé à très faible coût pour un usage localisé.
- Supporte très bien l'usage en mouvement y compris à haute vitesse
- Une fréquence de communication élevée pour du bas débit / une fréquence de communication forte.



Faiblesses

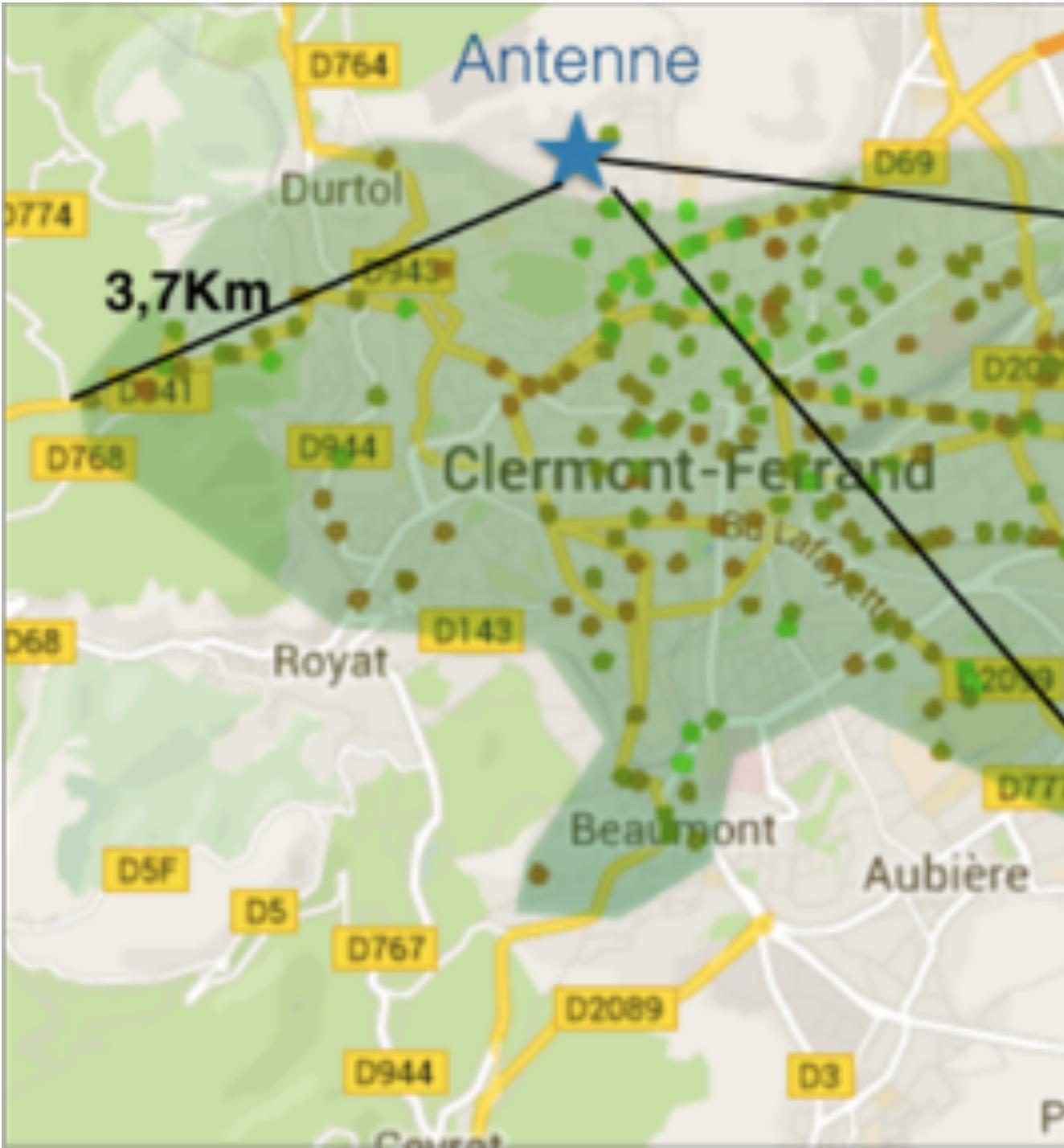
- Gestion de canaux de communication non commun complexe en mobilité.
- Roaming ou multi-opérateurs à l'international non normalisés et potentiellement complexe à gérer du fait d'une intégration différente avec chaque opérateur.
- Maturité des réseaux public très faible au niveau mondial à ce jour. Peu d'offres.
- Complexité de développement d'un firmware robuste assez importante.

LoRa

Low Power Wide Area Network



Cas d'usage



Usages privés

LoRaWan offre la possibilité de couvrir de grandes surfaces à moindre coût au sein d'un réseau privé. En fond la couverture de Clermont avec une seule antenne positionnée en hauteur – émission à 5,4Kbps.

Investissement matériel : 1400€



Application « flottes urbaines »

Offrir un service connecté à une flotte de bus en temps réel



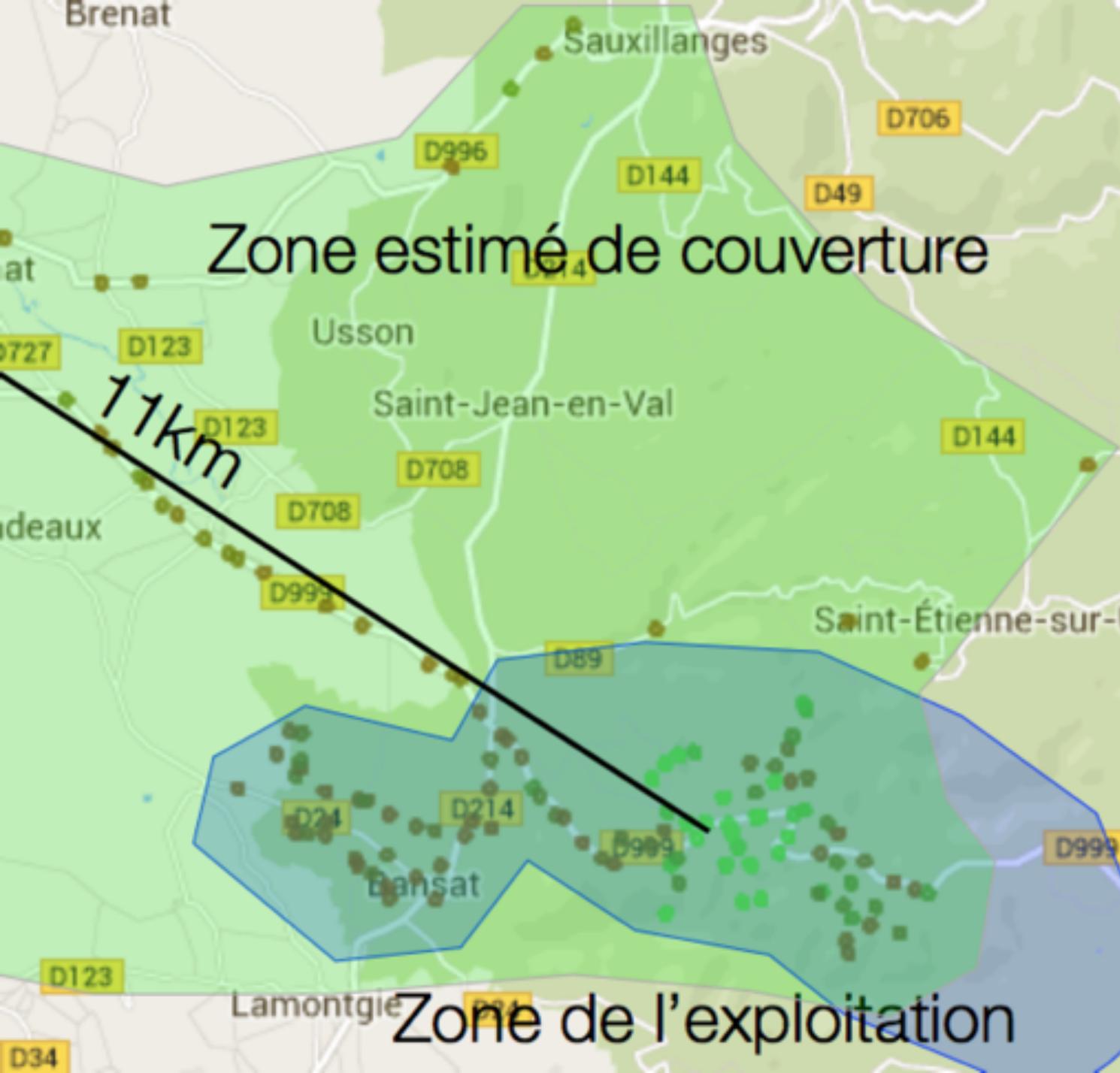
Application « parking »

Collecter des données lors de l'arrivée ou l'approche d'un parking dont la taille peut être large.



Applications industrielles et tertiaires

Couvrir avec une infrastructure très faible la totalité d'un site industriel à équiper de capteurs mobiles ou fixes



Usages privés

Des usages particulièrement intéressants pour des secteurs d'activité mal couverts en terme de réseaux où les capteurs utiles doivent être loin de tout.

Milieus agricoles et miniers sont deux environnements propices à l'innovation grâce à ces technologies.

Ici en fond une carte de couverture sur une exploitation agricole couverte par 1 antenne sur un bâtiment.



Agriculture

Relèves d'information en plein champs, sur un cheptel, suivi et usage de véhicules...



Mines

Capture d'usages, suivi de véhicules, contrôle des conditions de roulage ...

Usages public

LoRaWan est accessible via des opérateurs public (Orange et Bouygues). Seul le second prétend à une couverture digne à ce jour.

Objenious propose :



Couverture de 32 villes à ce jour

Paris, Lyon..... Clermont-Ferrand



Cible France à fin d'année



Abonnement à l'objet

Calqué sur le modèle de Sigfox avec des tarifs de 1 à 12€ / device / an selon quantité et usage.

Applications



Service aux flottes nationales

Tracking, assistance, optimisation de fret ou conso...



Service aux distributeurs

Outils marketing déployés chez les distributeurs, sans coût d'installation ni maintenance

/!\ Dans ces use-case toujours évaluer Sigfox vs LoRa

Couverture et déploiement du réseau LoRa d'Objenious

T1 2016



T3 2016



Fin 2016





Usages internationaux

Actuellement aucun opérateur télécom de niveau mondial ne s'est déclaré et le marché des opérateurs telecom va rendre ceci compliqué. La norme de Roaming n'est pas claire

Toutefois, une initiative OpenSource est en train de naître au travers de **TheThingNetwork**



Réseau public étendu par ses utilisateurs

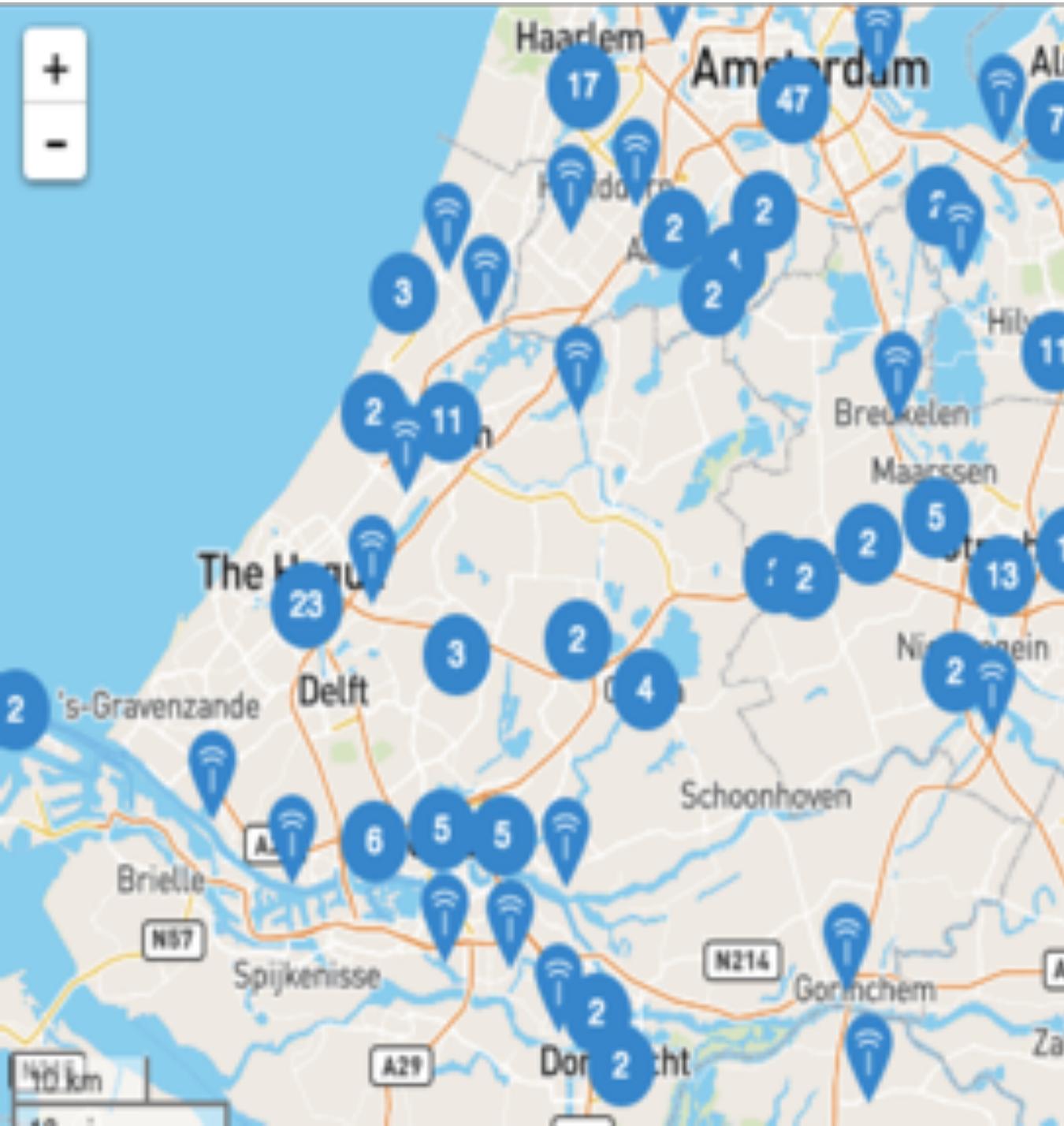


Extensible là où on en a besoin sans avoir à gérer le backend opérateur



Vends ses propres gateway low-cost

Propose une Gateway à 300€ pour le contributeur individuels mais fonctionne avec le GW pro dont Kerlink avec un packet forwarder spécifique.



Usages internationaux

Aujourd'hui un réseau massivement urbain, composé d'antenne mal positionnées offrant une couverture faible.

Un réseau qui ne demande qu'à être étendu grâce aux gateway low cost financées au travers de projets Kickstarter.

Ce qui peut conduire à des densités de gateway importantes permettant une couverture générale suffisante.



THE THINGS
N E T W O R K



Coeur de réseau

APPLICATIONS

 add application

disk91test test

ttn-handler-eu 70 83 D5 7E F0 00 38 19

trackergps trackergps

ttn-handler-eu 70 83 D5 7E F0 00 3C A2

Un cœur de réseau gratuit

Offre à chacun la possibilité d'ajouter ses propres périphériques et leur permet de communiquer partout dans le monde là où le réseau est disponible.

Il simplifie la gestion des objets et le traitement /stockage de leur données



Un device basé sur Arduino

The Thing Uno est une solution pour prototyper rapidement sur LoRaWan avec une board Arduino et un composant LoRaWan Microchip RN2483 (50€)

The Things UNO code exemple

```
#include <TheThingsNetwork.h>
#include <Wire.h>
#define loraSerial Serial1
const char *appEui = "70B3D57EFXXXXXX";
const char *appKey = "6484D4207099A8FB2XXXXXXXXXXXX";

#define freqPlan TTN_FP_EU868
TheThingsNetwork ttn(loraSerial, debugSerial, freqPlan);

void setup() {
  loraSerial.begin(57600);
  ttn.join(appEui, appKey, 2, 1000);
}

void loop() {
  static byte data[10] = { 0x01, 0x02, 0x03, 0x04, 0x05,
                          0x06, 0x07, 0x08, 0x09, 0x0A };
  ttn.sendBytes(data, sizeof(data));
  delay(30000);
}
```

```
{ "app_id": "disk91test",           // given app name
  "dev_id": "disk91-ttn-uno",       // given device name
  "hardware_serial": "0004A30B001BXXXX", // device EUI

  "port": 1,                        // comm port
  "counter": 55,                     // frame sequence number
  "payload_raw": "AQIDBAUGBwgJCg==", // base64 payload

  "payload_fields":                 // remember this is the decoder result
  { "bit": [0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0],
    "value1": 1,
    "value2": 3
  },
  "metadata":                       // MetaData as seen previously
  {
    "time": "2017-02-22T20:02:12.416080072Z",
    "frequency": 868.5,
    "modulation": "LORA",
    "data_rate": "SF7BW125",
    "coding_rate": "4/5",
    "gateways": [
      { "gtw_id": "eui-0000024b0805029f",
        "timestamp": 4049075219,
        "time": "2017-02-22T20:02:12.383737Z",
        "channel": 2,
        "rssi": -59,
        "snr": 7.8,
        "rf_chain": 1,
        "latitude": 45.XXXX,
        "longitude": 3.XXXX,
        "altitude": 365
      }
    ]
  },
  "downlink_url": "https://....."}
}
```

Décodage des données dans le cœur de réseau

```
5
6 if (port === 1) {
7   decoded.value1 = bytes[0];
8   decoded.bit = [];
9   for ( var i = 0 ; i < 8 ; i++ ) {
10    decoded.bit[i] = (bytes[1] & (1<<i)) >>i;
11  }
12  decoded.value2 = bytes[2];
13 } else {
14   decoded.port = port;
15 }
```

decoder has unsaved changes — [undo changes](#)

Payload

01 02 03 04 05 06 07 08 09 0A 10 bytes 1

```
"bit": [
  0,
  1,
  0,
  0,
  0,
  0,
  0,
  0,
  0
],
```

payload was valid

Transfert de la donnée vers le backend applicatif

ADD INTEGRATION



The image shows three integration options in a grid. Each option has a blue icon and a light blue text box at the bottom. The first icon shows a database cylinder and a cloud with a signal. The second icon shows a code symbol and a cloud with a signal. The third icon shows the IFTTT logo and a cloud with a signal.

Integration Name	Version	Provider
Data Storage	v2.0.1	The Things Industries B.V.
HTTP Integration	v2.0.5	The Things Industries B.V.
IFTTT Maker	v2.1.0-rc3	The Things Industries B.V.

NB-IoT



Autres technos

3GPP Protocols

LTE-Cat X / LTE-M sont des solutions reposant sur la 4G

	LTE Cat 1	LTE Cat 0	LTE Cat M1 (eMTC)	LTE Cat NB1 (NB-IoT)	EC-GSM-IoT
3GPP Release	Release 8	Release 12	Release 13	Release 13	Release 13
Downlink Peak Rate	10 Mbit/s	1 Mbit/s	1 Mbit/s	250 kbit/s	474 kbit/s (EDGE) 2 Mbit/s (EGPRS2B)
Uplink Peak Rate	5 Mbit/s	1 Mbit/s	1 Mbit/s	250 kbit/s (multi-tone) 20 kbit/s (single-tone)	474 kbit/s (EDGE) 2 Mbit/s (EGPRS2B)
Latency	50-100ms	not deployed	10ms-15ms	1.6s-10s	700ms-2s
Number of Antennas	2	1	1	1	1-2
Duplex Mode	Full Duplex	Full or Half Duplex	Full or Half Duplex	Half Duplex	Half Duplex
Device Receive Bandwidth	1.08 - 18 MHz	1.08 - 18 MHz	1.08 MHz	180 kHz	200 kHz
Receiver Chains	2 (MIMO)	1 (SISO)	1 (SISO)	1 (SISO)	1-2
Device Transmit Power	23 dBm	23 dBm	20 / 23 dBm	20 / 23 dBm	23 / 33 dBm

	Next Generation
	5G
Range (Outdoor)	< 15 km
MCL	164 dB
Spectrum	Licensed (7-900 MHz)
Bandwidth	shared
Data Rate	<1 Mbps
Battery Life	>10 years
Availability	2025

Nécessite une mise à jour de tous les équipements et un déploiement 4G puis 5G



Merci de votre attention
Questions ?