



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

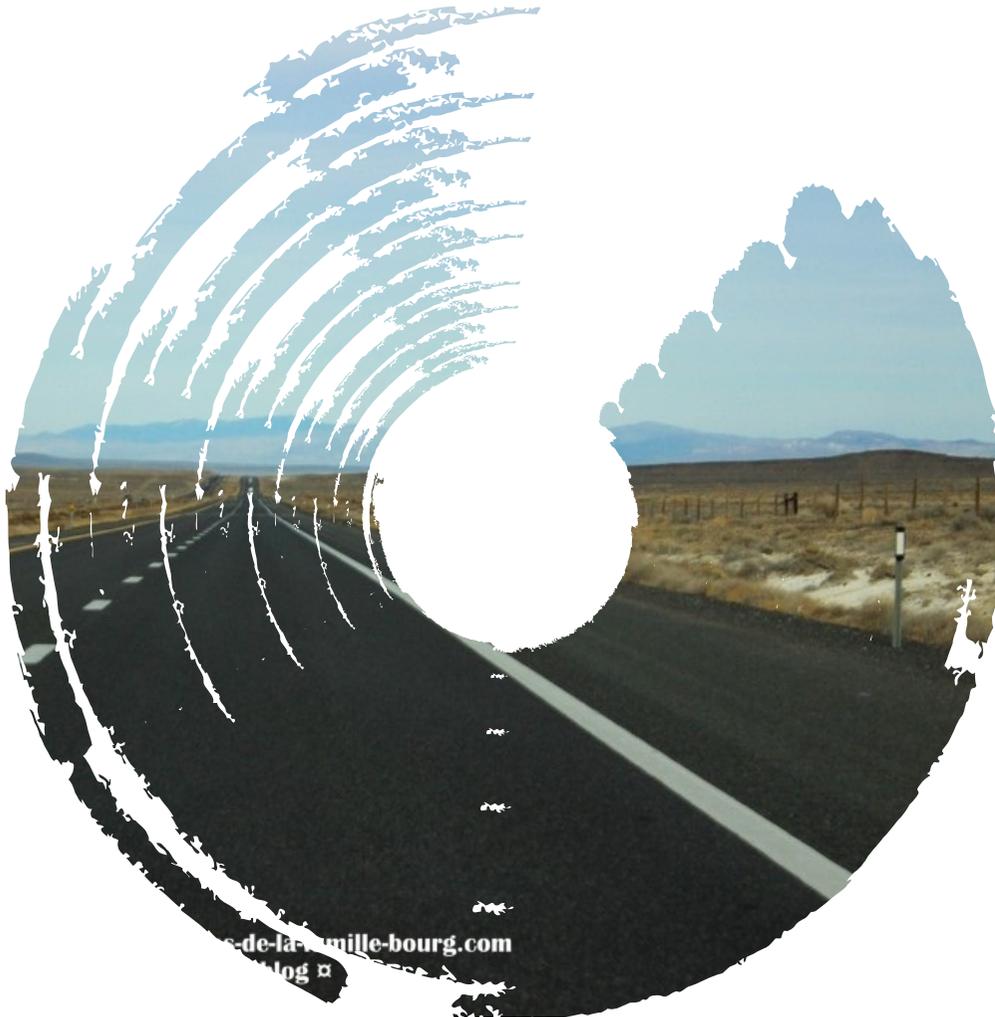
La encore sur la durée de vie du produit



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 plusieurs dizaines de KM quand un réseau GSM est de l'ordre de 1 à 2 km. Offre une couverture large pour un faible coût de réseau.

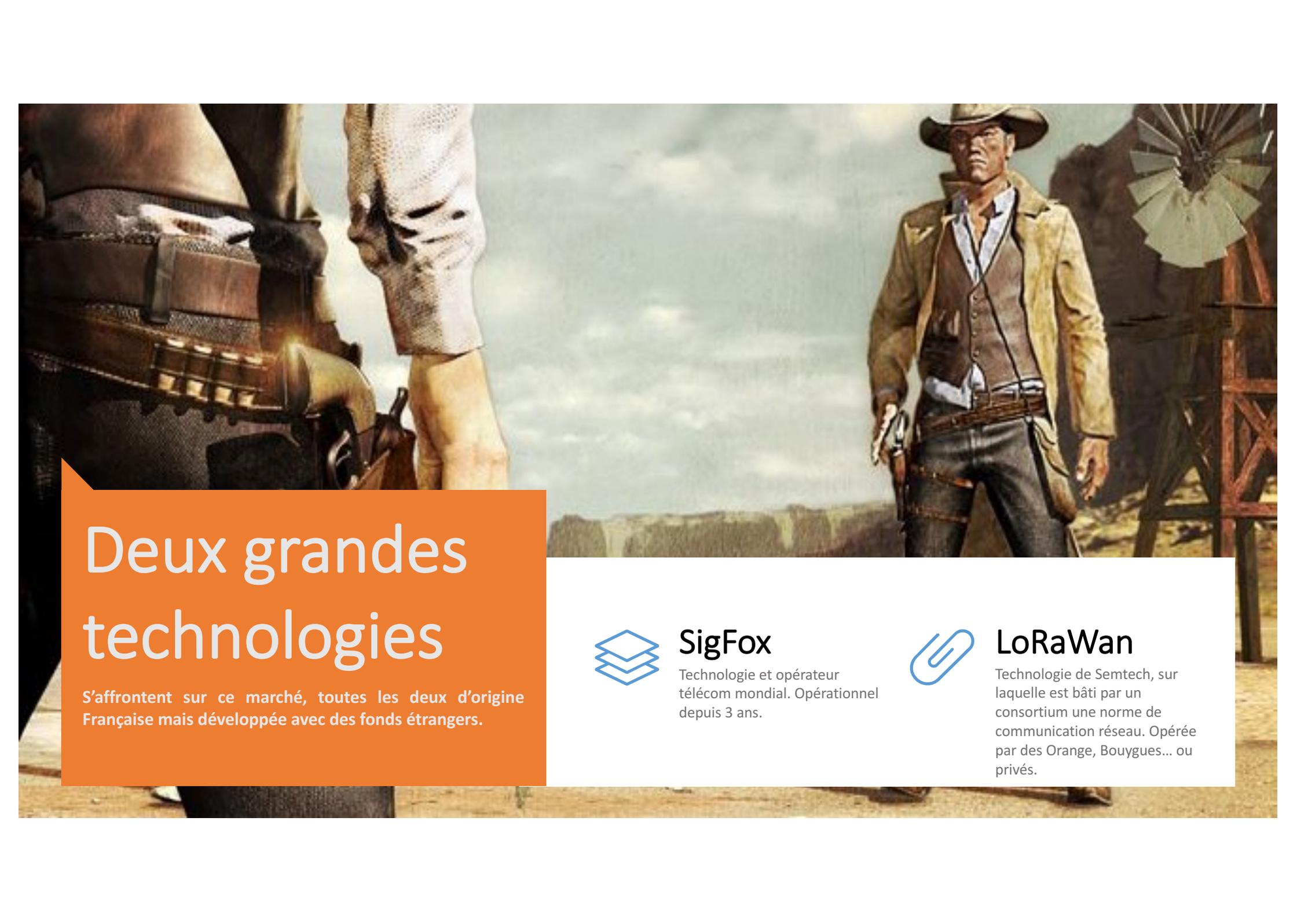


Une consommation d'énergie très faible

Des solutions permettant un coût de communication moyen bien inférieur à 1mAh avec des pics de consommation de 40mA. Facteur 10 vs du wifi ou 3G

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

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.

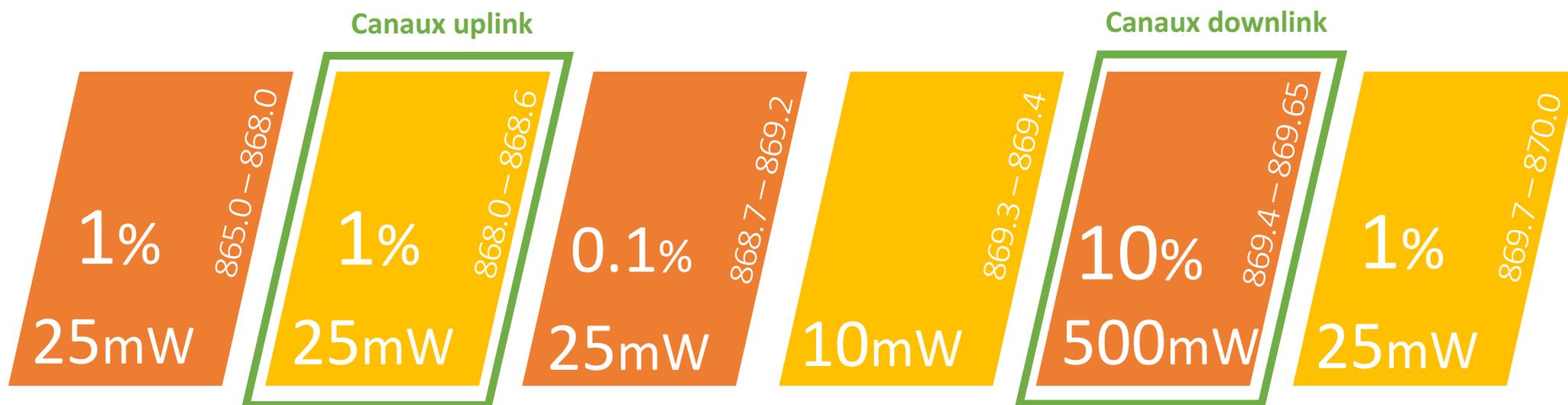


Un espace radio partagé

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%.

Législation Française (et Européenne) sur la bande dite des 868MHz

865Mhz-870 Hz

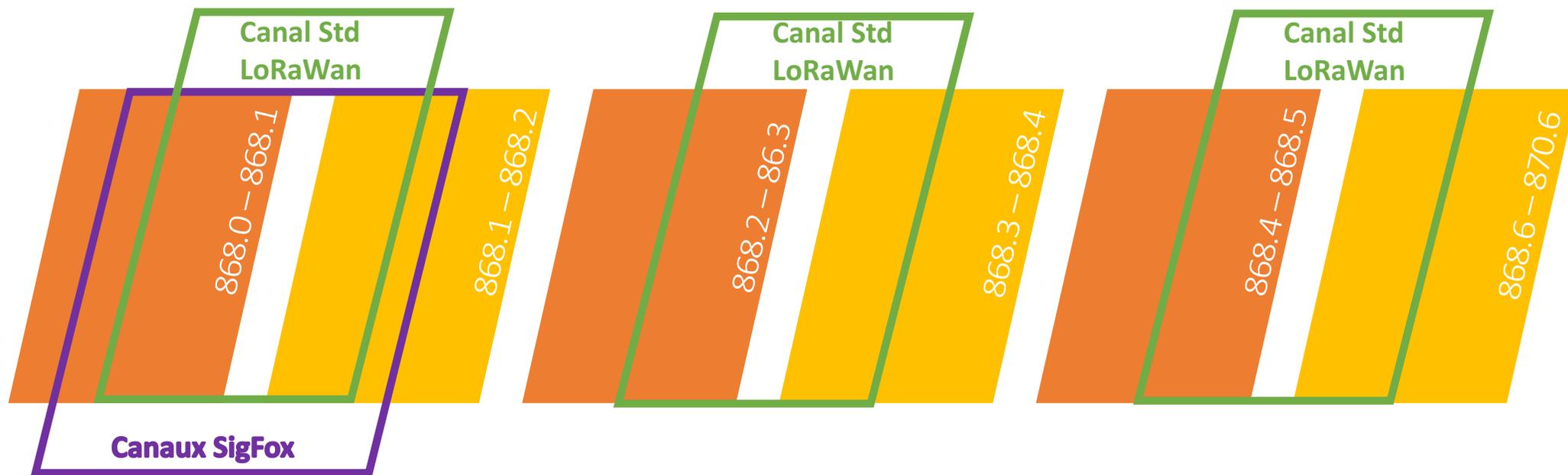


La réglementation est régie par différents textes, au niveau Européen l'ERC-REC-70-03E et en France par la décision de l'ARCEP 2012-0612 et 2014-1263 publiée au JORF le 30/01/2015.

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.

Les canaux Sigfox et LoRaWan

868.0Mhz-868.6 Hz

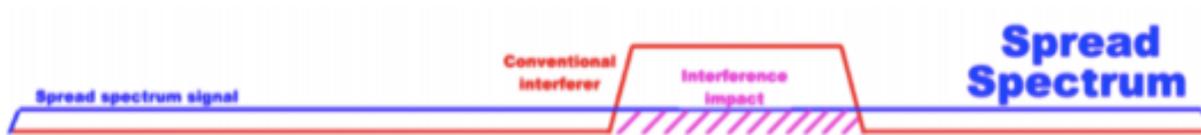
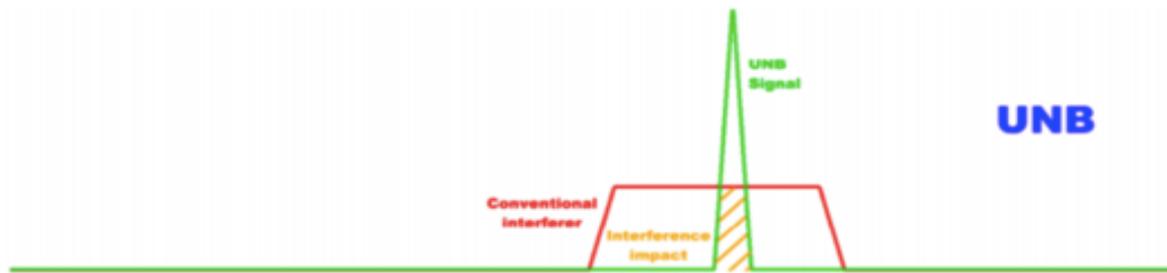


Sigfox utilise 200KHz de bande passante dans laquelle il utilise 200 canaux de 100Hz chacun.

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

Etre entendu sur de très longues distances malgré le bruit ambiant

2 approches différentes pour 1 même objectif

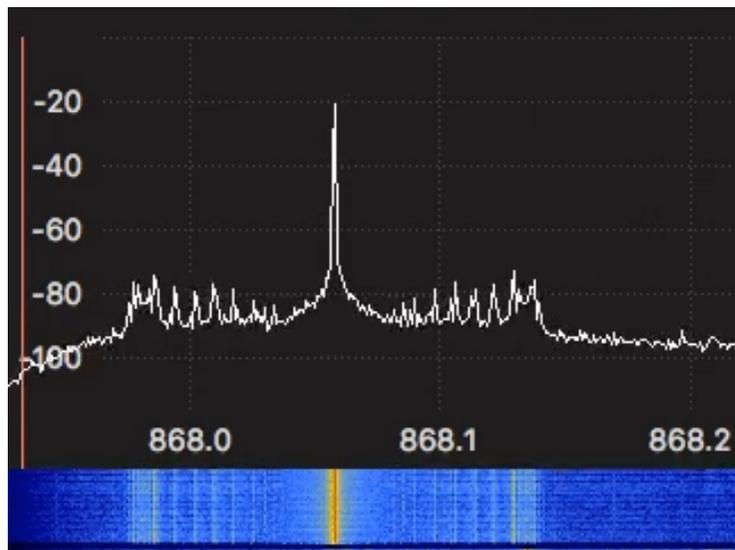


SigFox – Ultra Narrow Band

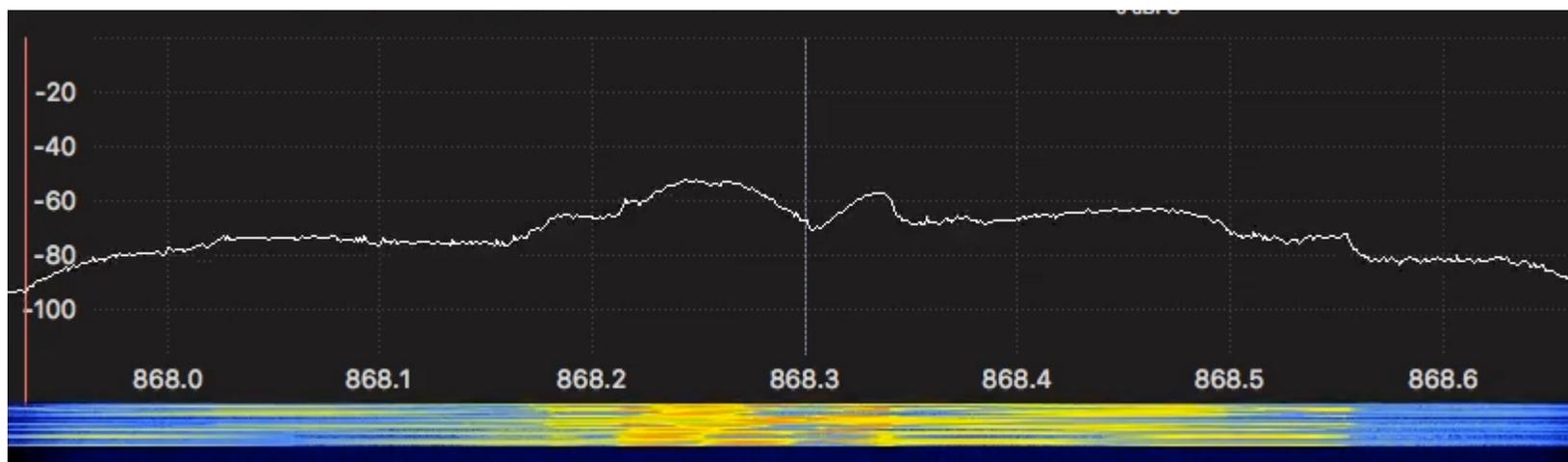
Emettre un signal sur une bande de fréquence la plus fine possible pour ainsi maximiser la puissance en un point et passer au dessus du bruit.

LoRa – Etalement de spectre

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



Un usage très différent du spectre radio



LoRa

Low Power Wide Area Network



LoRa



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.

LoRa – Une communication point à point

Inventée en France mais racheté 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.

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

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.

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

Temps et fréquence de communication



Temps d'émission d'un message de 10 Octets



250bps
1,4s



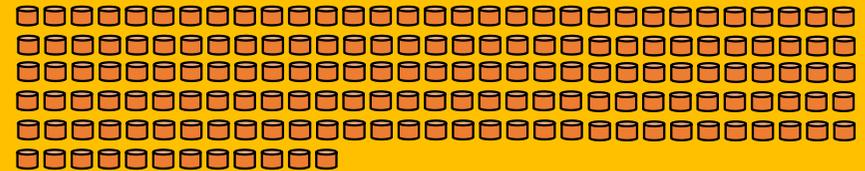
5,4Kbps
56ms



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



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.

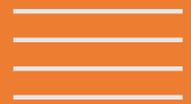


Faiblesses

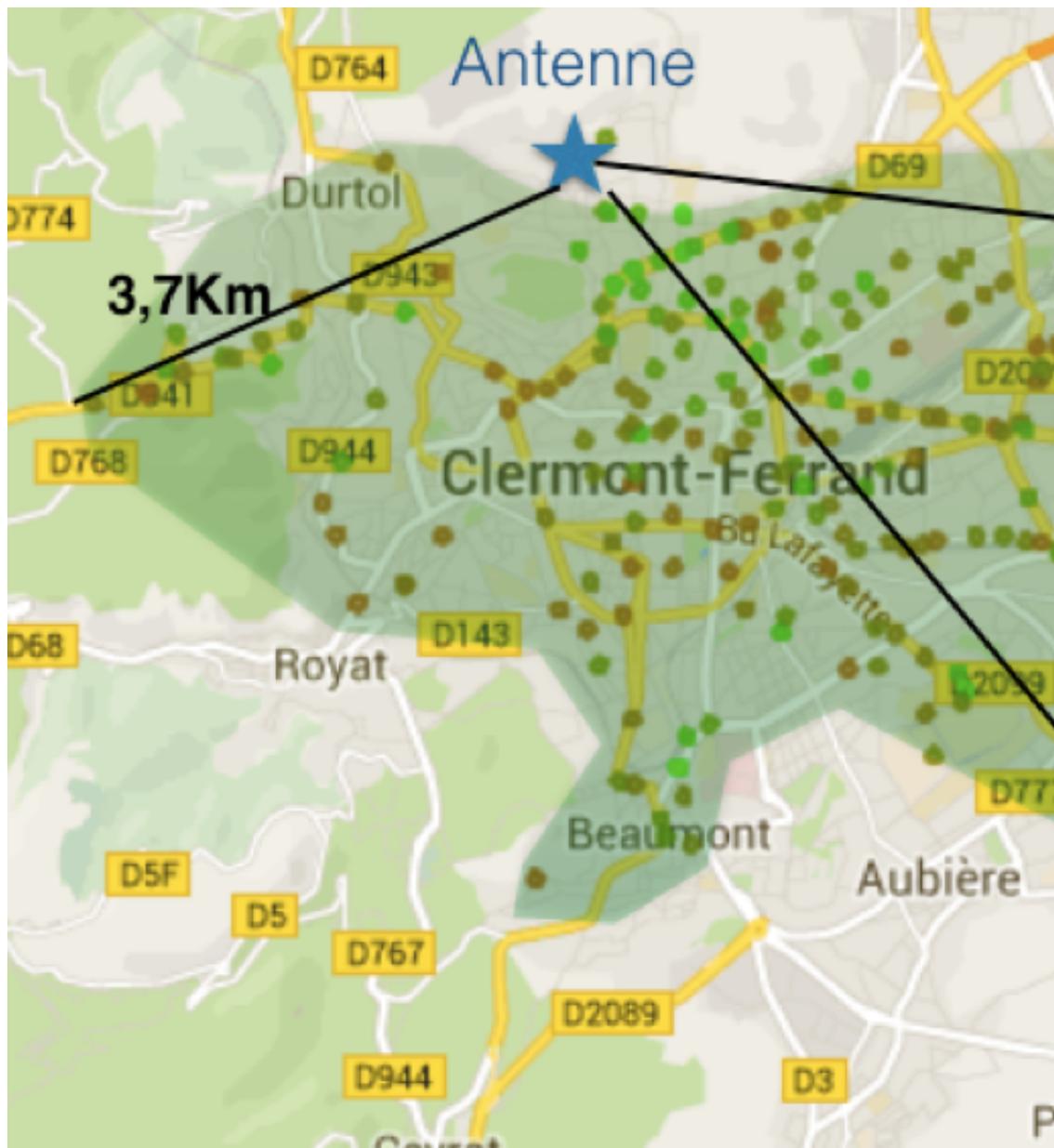
- Gestion de canaux de communication non commun complexe en mobilité.
- Roaming ou multi-opérateurs à l'international non normalisés et potentiellement complexe à gérer du fait d'une intégration différente avec chaque opérateur.
- Maturité des réseaux public très faible au niveau mondial à ce jour. Peu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



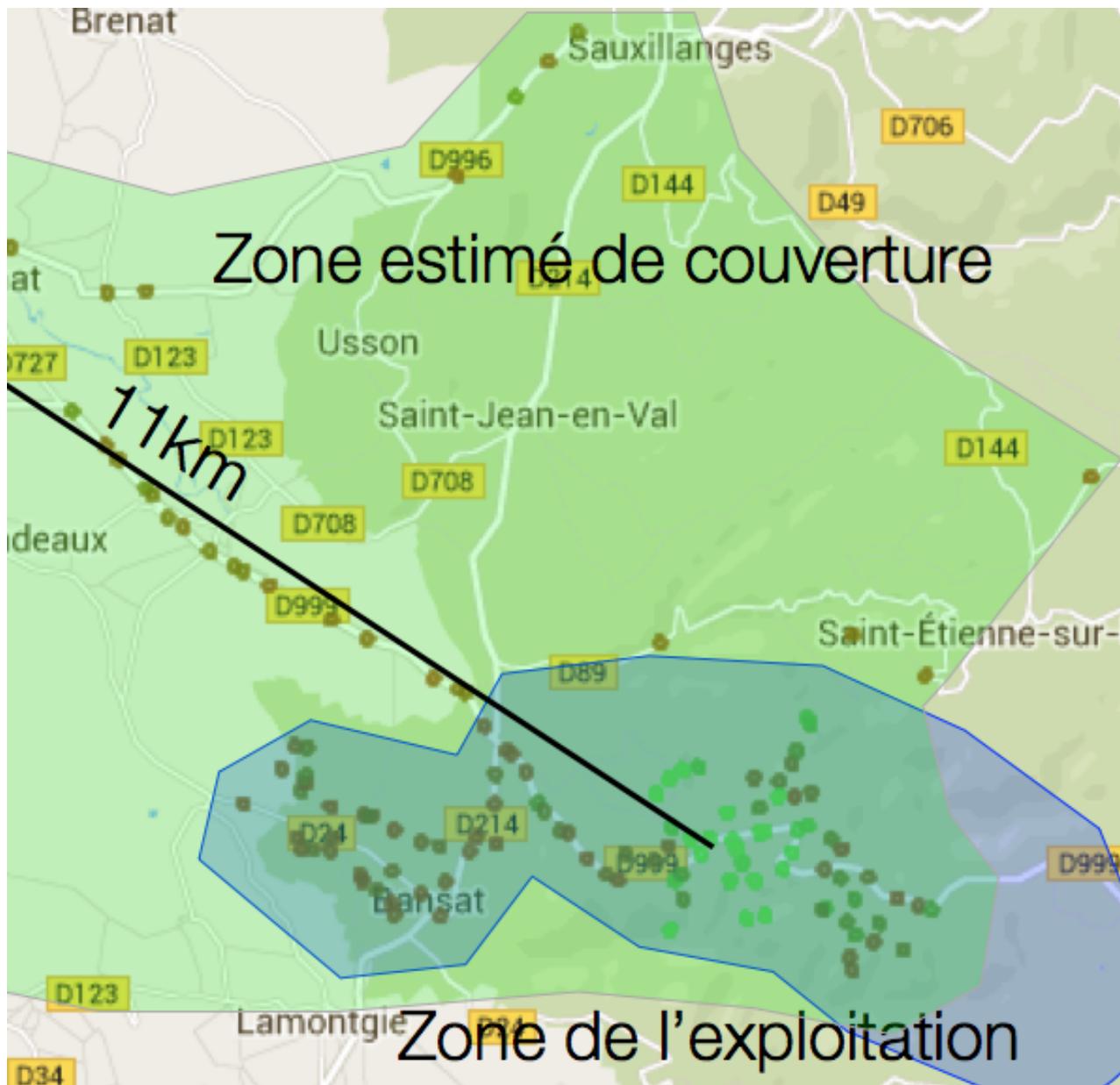
Application « parking »

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.

Objenius 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...



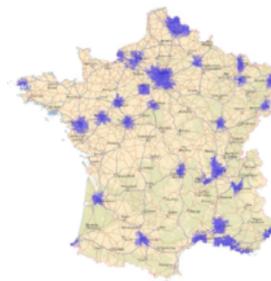
Service aux distributeurs

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

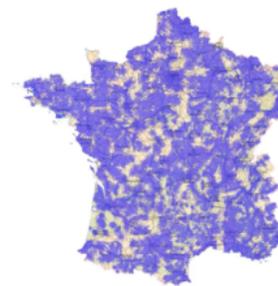
/!\ Dans ces use-case toujours évaluer Sigfox vs LoRa

Couverture et déploiement du réseau LoRa d'Objenius

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**

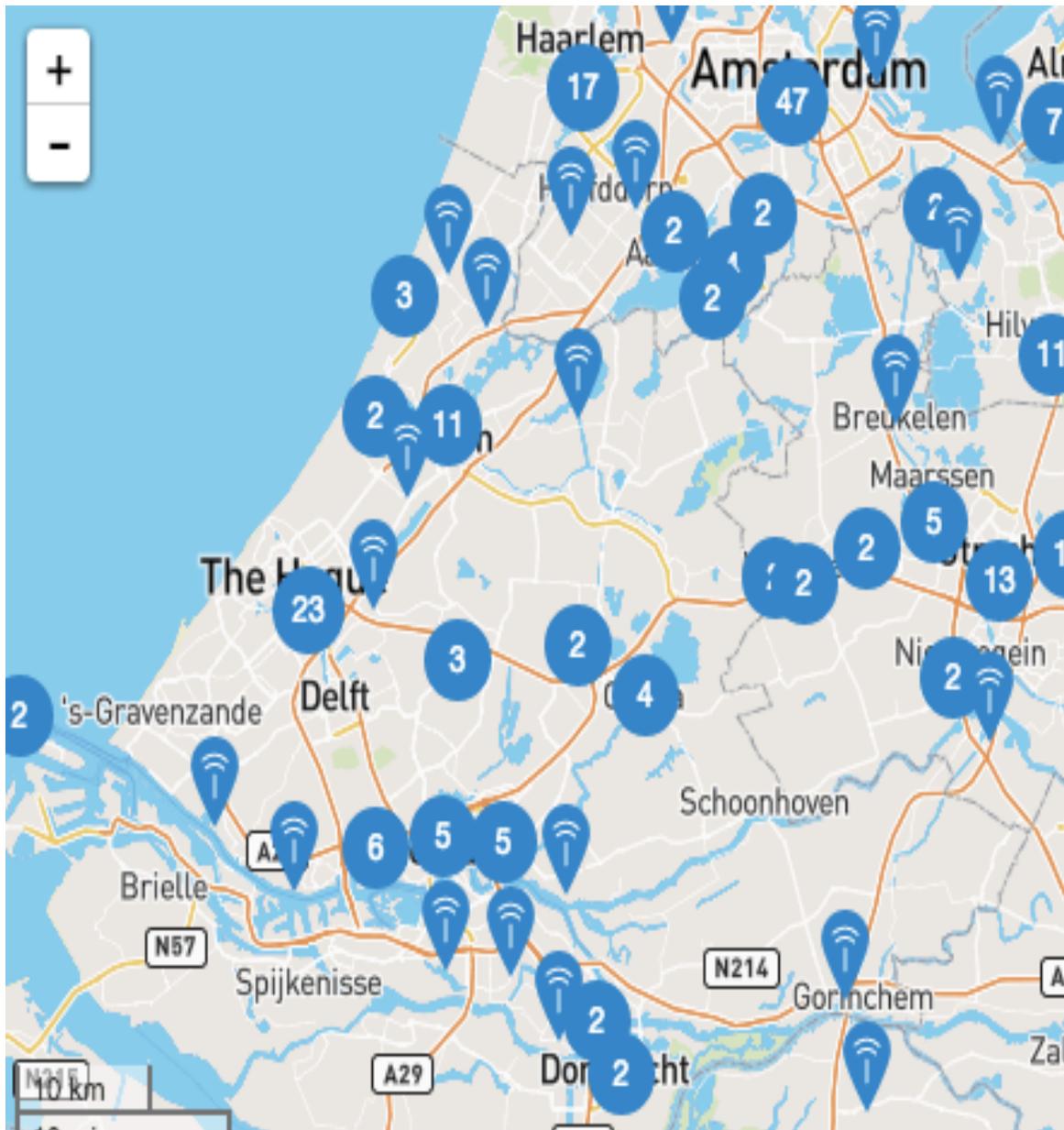
Réseau public étendu par ses utilisateurs

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.



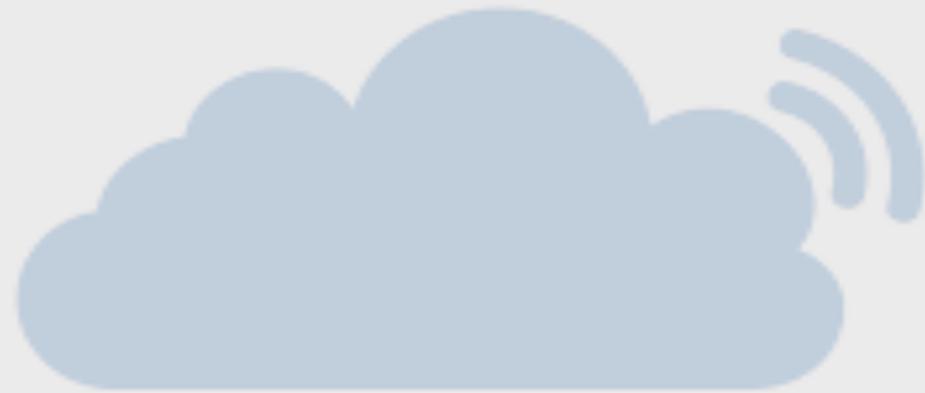


Usages internationaux

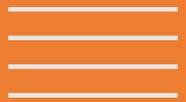
Aujourd'hui un réseau massivement urbain, composé d'antenne mal positionnées offrant une couverture faible.

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
NETWORK



Coeur de réseau

APPLICATIONS

+ [add application](#)

disk91test test

ttn-handler-eu 70 B3 D5 7E F0 00 3B 19

trackergps trackergps

ttn-handler-eu 70 B3 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 = "6484D4207099A8FB2XXXXXXXXXX";

#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

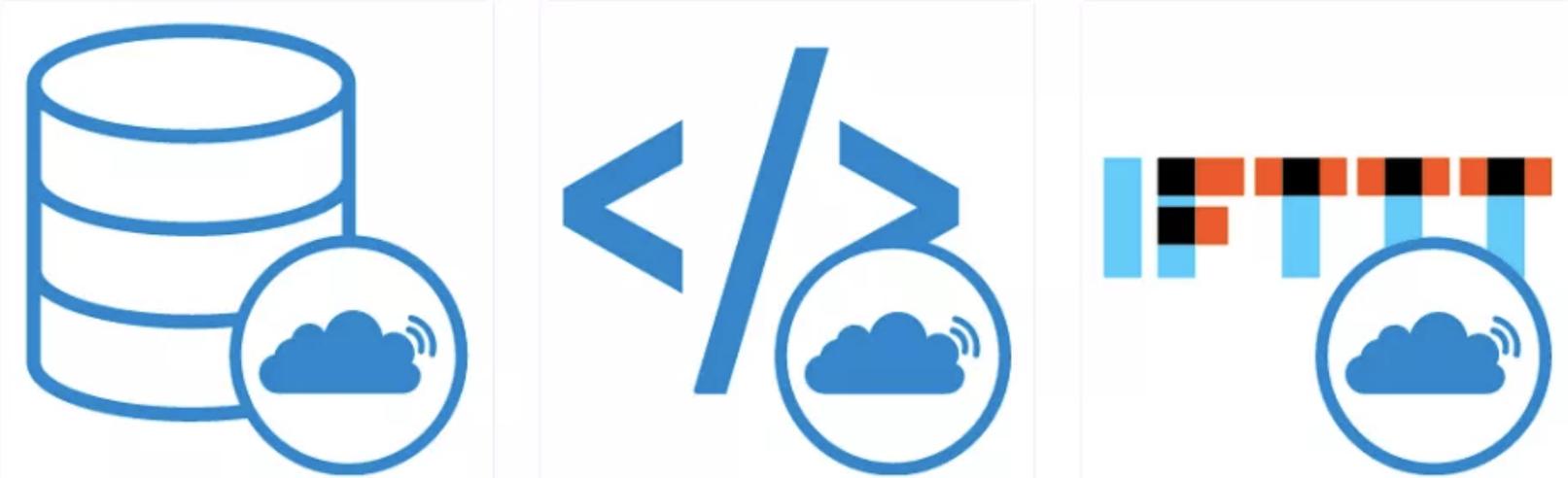
Test

```
"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 representing the integration type and a circular icon with a cloud and signal waves. The first option is 'Data Storage' with a database cylinder icon. The second is 'HTTP Integration' with a code symbol icon. The third is 'IFTTT Maker' with a bar chart icon.

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.



[Coverage](#) [Partners](#) [Developers](#) [Press](#)

We power the IoT with the simplest communication solutions.



SigFox – Simple et efficace

Inventée en France financé par Intel / Samsung ...



Communication sur bandes libres

Utilise 868MHz en Europe / 902 aux USA / 920 pour AdS / 433 en Asie



Taille des paquets fixe

Maximum de 12 octets par messages.
Autres tailles possibles : 4 ou 8 octets



Basse consommation / Longue distance

Emission normalisée à +14dB pour une couverture de 40-60 km – record à 981km
Couverture de la France avec 1000 antennes vs 4000 LoRaWan vs 15000 GSM



Application du duty cycle

Le partage de la bande de fréquence libre limite l'émission à 1% du temps maximum pour tous. Soit 140 messages par jour.



Bas débit bi-directionnel

Transmission fixe à 100b/s
Transmission descendante en réponse à une émission. Limité à 4x jours garantis et 8 octets.



Application du Duty-Cycle sous la responsabilité du développeur.

Possibilité d'émettre 2 messages immédiatement l'un derrière l'autre.

Sigfox – Bien plus qu'une technologie



Sigfox est opérateur de télécommunication avec un positionnement monde.

Un objet sigfox peut émettre de n'importe où dans le monde sans conditions de Roaming



Sigfox est déployé déjà largement dans le monde

- Présence dans 32 pays
- 2,3M KM2 couverts
- 589M de personnes couvertes

X2 en 18 mois



Un accent mis sur la simplicité d'usage

Tous les paramètres réseaux sont figés, pas de procédure de join.... Le développement est simplifié et le temps de prise en main de la technologie se fait en quelques heures.

Sigfox – Sécurité - fiabilité



Protection contre l'usurpation

Les messages sont signés, indexés et attendus sur des fréquences changeantes selon un algorithme protégé pour s'assurer que l'identité d'un objet ne puisse être usurpée



Protection des données transmises

Les données Sigfox sont transmises telles-qu'elles.
Il reste possible de développer une couche de sécurité au niveau de l'application équivalente à ce que nous avons vu sur LoRaWan



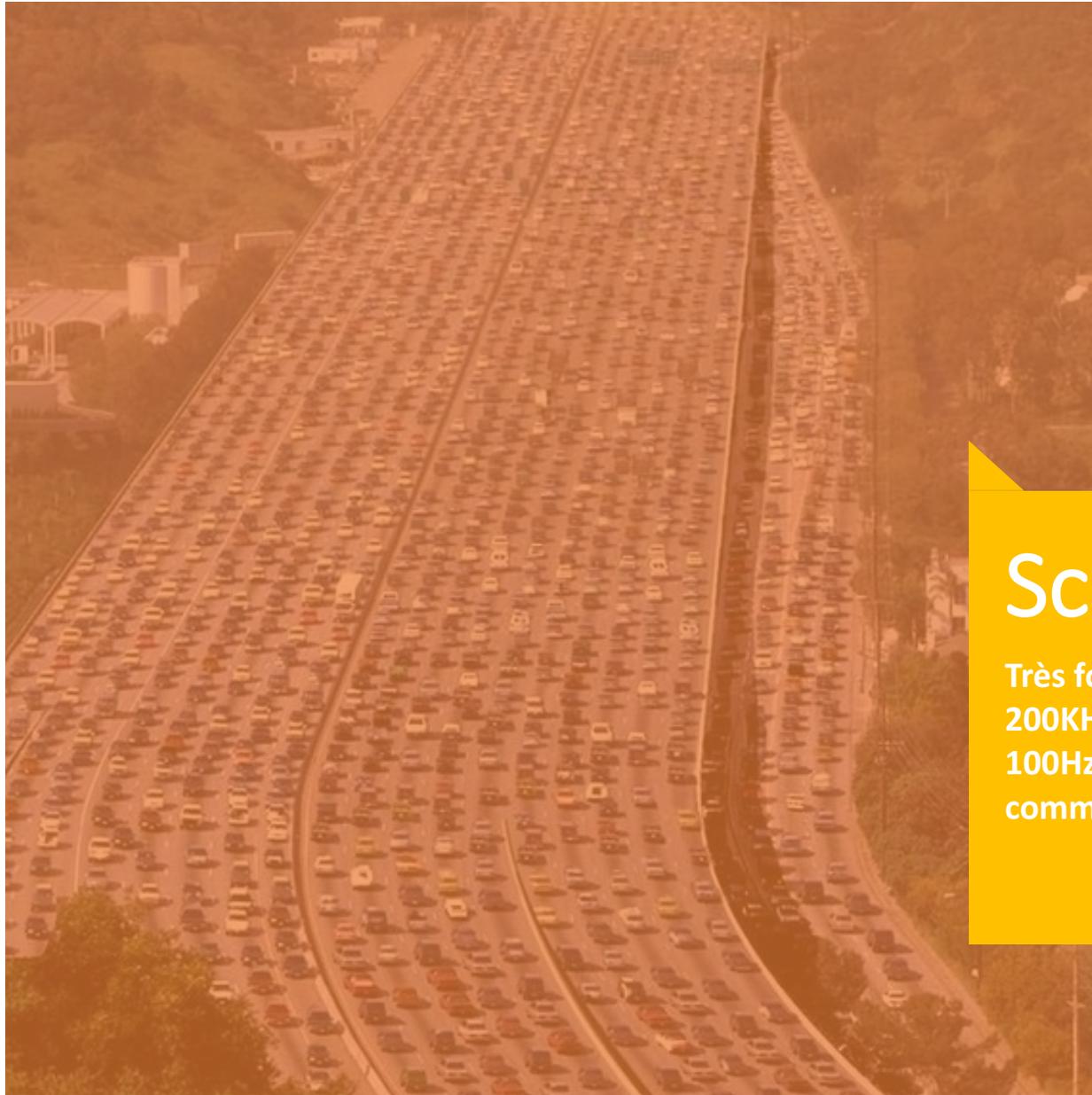
Protection contre le brouillage

Sigfox ne demandant aucune réception de données coté sensor pour fonctionner il est pratiquement impossible d'empêcher une émission dont la puissance est concentrée sur une fréquence très précise et non anticipable.



Fiabilité des transmissions

Chaque message est émis 3 fois sur 3 fréquences différentes et capté par plusieurs antenne. Délivrabilité de 99,9xxx% dans les zones couvertes.



Scallabilité SigFox

Très forte scallabilité :

200KHz de bande passante utilisée pour des canaux de 100Hz soit 2000 canaux disponibles pour faire communiquer des objets moins de 1% du temps.

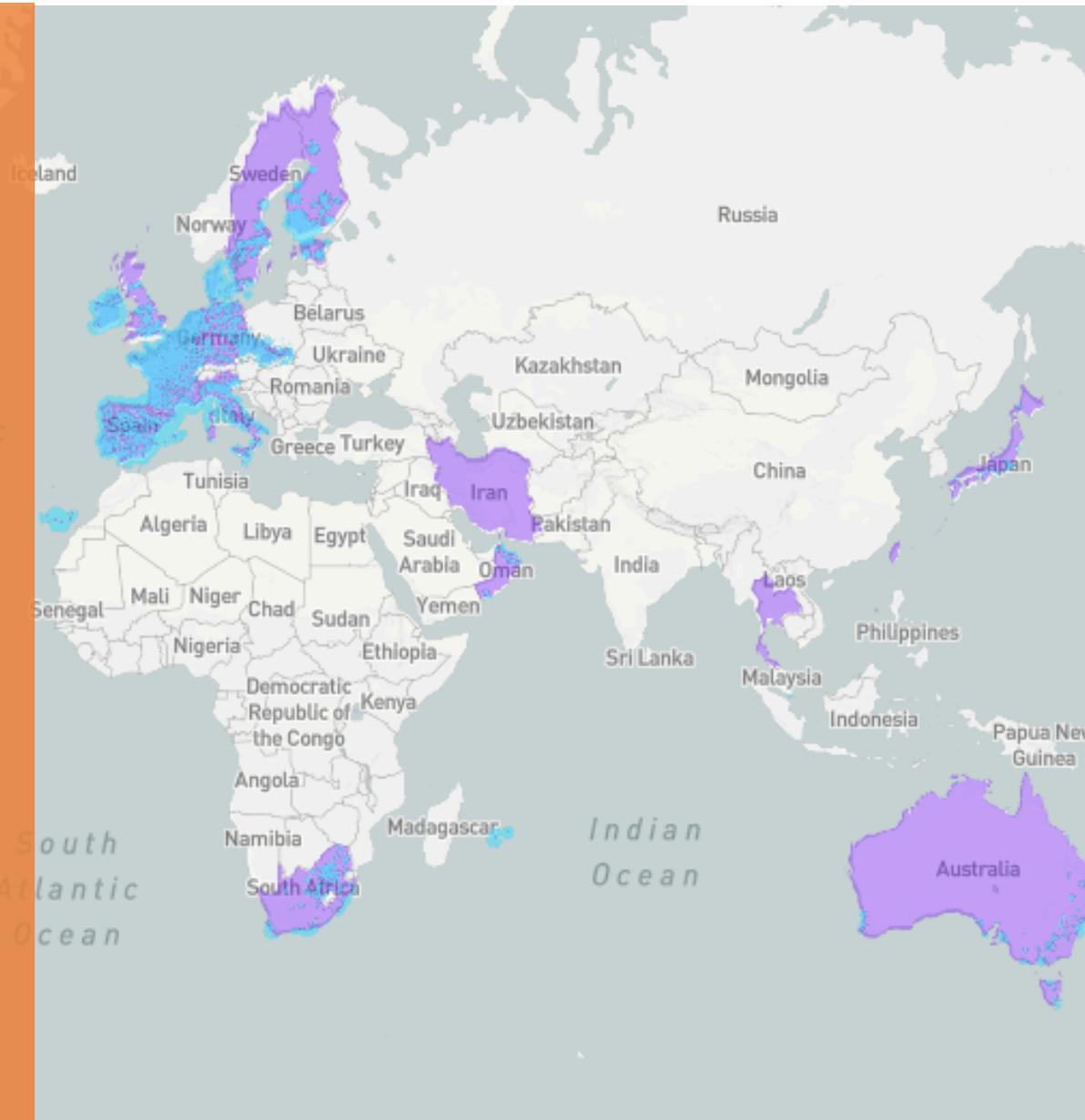
Couverture mondiale

Le réseau est en cours de déploiement depuis 4 ans. La couverture Europe permet des applications mobiles allant du nord des pays-bas jusqu'au sud de l'Espagne.

De grandes zone américaines sont en cours de déploiement pour 2016.

Les réseaux sont déployés en propre (France, USA...) ou au travers d'opérateurs locaux (UK, Espagne...)

- 32 Pays couverts
- 589M de personnes



Forces et faiblesse de Sigfox



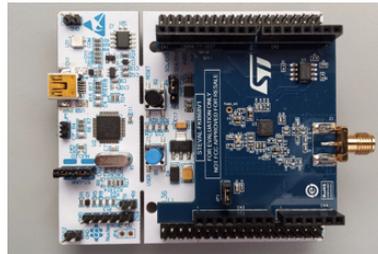
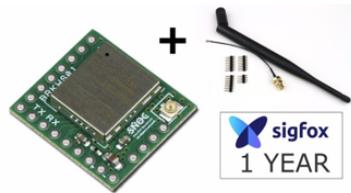
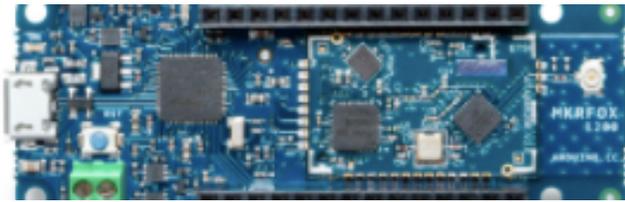
Forces

- Technologie simple/rapide d'accès
- Couverture existante au niveau Européen
- Absence de problématique de Roaming au sein d'une même zone
- Large de choix de composants / module / eco-système large et croissant
- Dynamisme de l'entreprise et de ces membres
- Possibilité d'étendre le réseau public dans un parc privé.
- Fiabilité des transmissions



Faiblesses

- Pas de déploiement 100% privé possible – donc modèle de coût contraint à l'objet
- Fréquence des messages limités à 1 par 10 minutes en moyenne et 12 octets maximum
- Capacité d'cquittement de messages limité a 4 par jour.
- Perte de nombreux paquets en déplacement



Un large écosystème de kits de développement

[https:// partners.sigfox.com](https://partners.sigfox.com)

[https:// makers.sigfox.com](https://makers.sigfox.com)

Un accompagnement fort de Sigfox a destination des makers et des startups.

The SmartEverything exemple

```
#include <Arduino.h> void setup() {
  SerialUSB.begin(9600);
  delay(200);
  SigFox.begin(19200); // default baudrate to be use
  SigFox.print("+++"); // set the module in command mode
  delay(500);
  SigFox.print("AT$SF=010203\r"); // send the sigfox message
}

void loop() {
  if (SigFox.available() > 0) { // just print what modem
    SerialB.write(SigFox.read()); // send back ... OK
  }
}
```

Time	Delay (s)	Header	Data / Decoding	TAP	RSSI (dBm)	Signal (dB)	Freq (MHz)	Rep	Callbacks
2014-03-28 19:50:22	< 1	0000	abcd	009E	-126.50	 24.2	868.2047	2	N/A
				0088	-135.00	 12.7	868.2041	3	
				04CB	-128.90	 9.9	868.2040	2	



**Merci de votre attention
Questions ?**