

*Inria*

INVENTEURS DU MONDE NUMÉRIQUE

# Réseaux longue portée basse conso: quel impact environnemental ?

Hervé Rivano

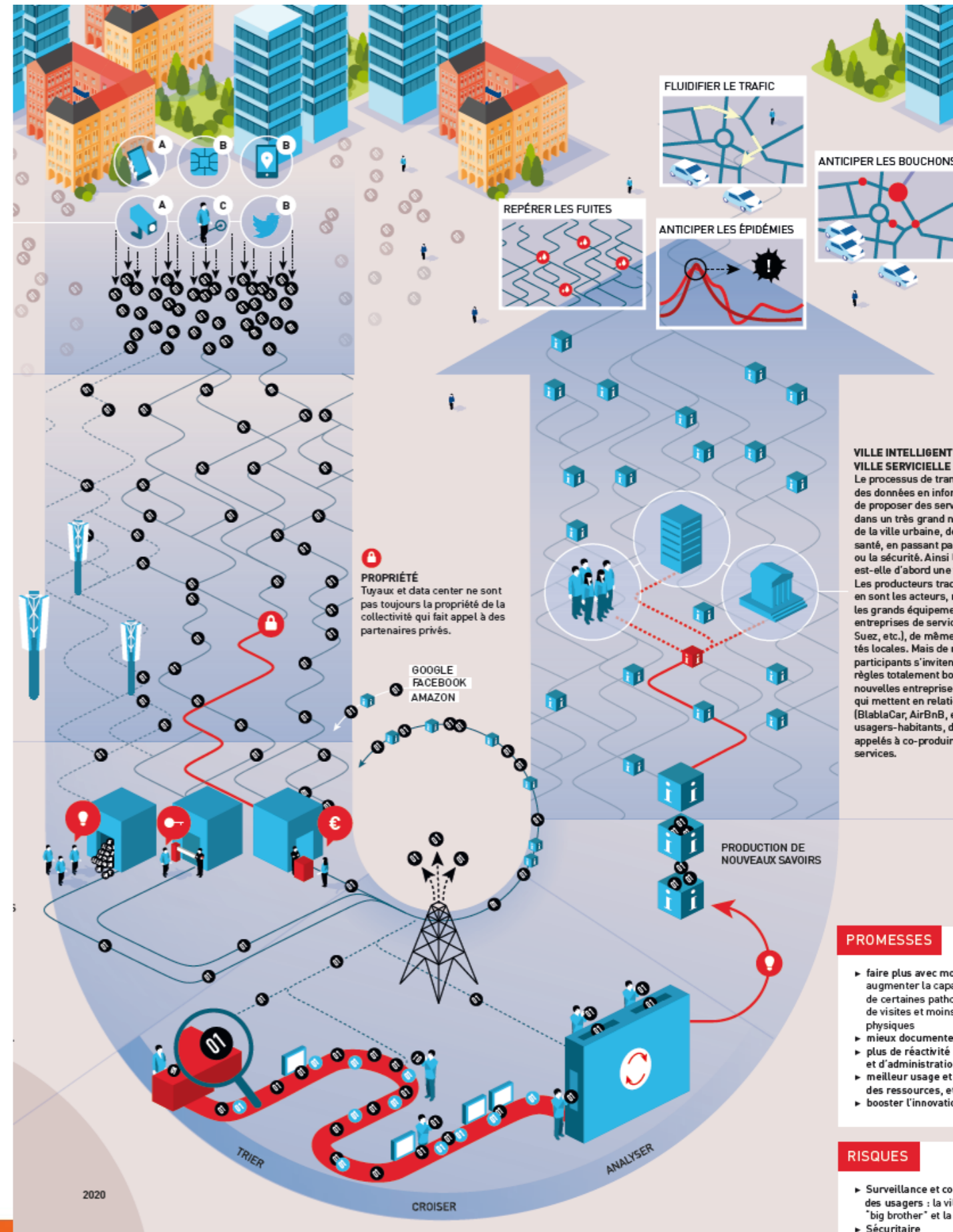
Agora Citi Lab, Insa Lyon, Inria

# LES DATA, CARBURANT DE LA VILLE INTELLIGENTE

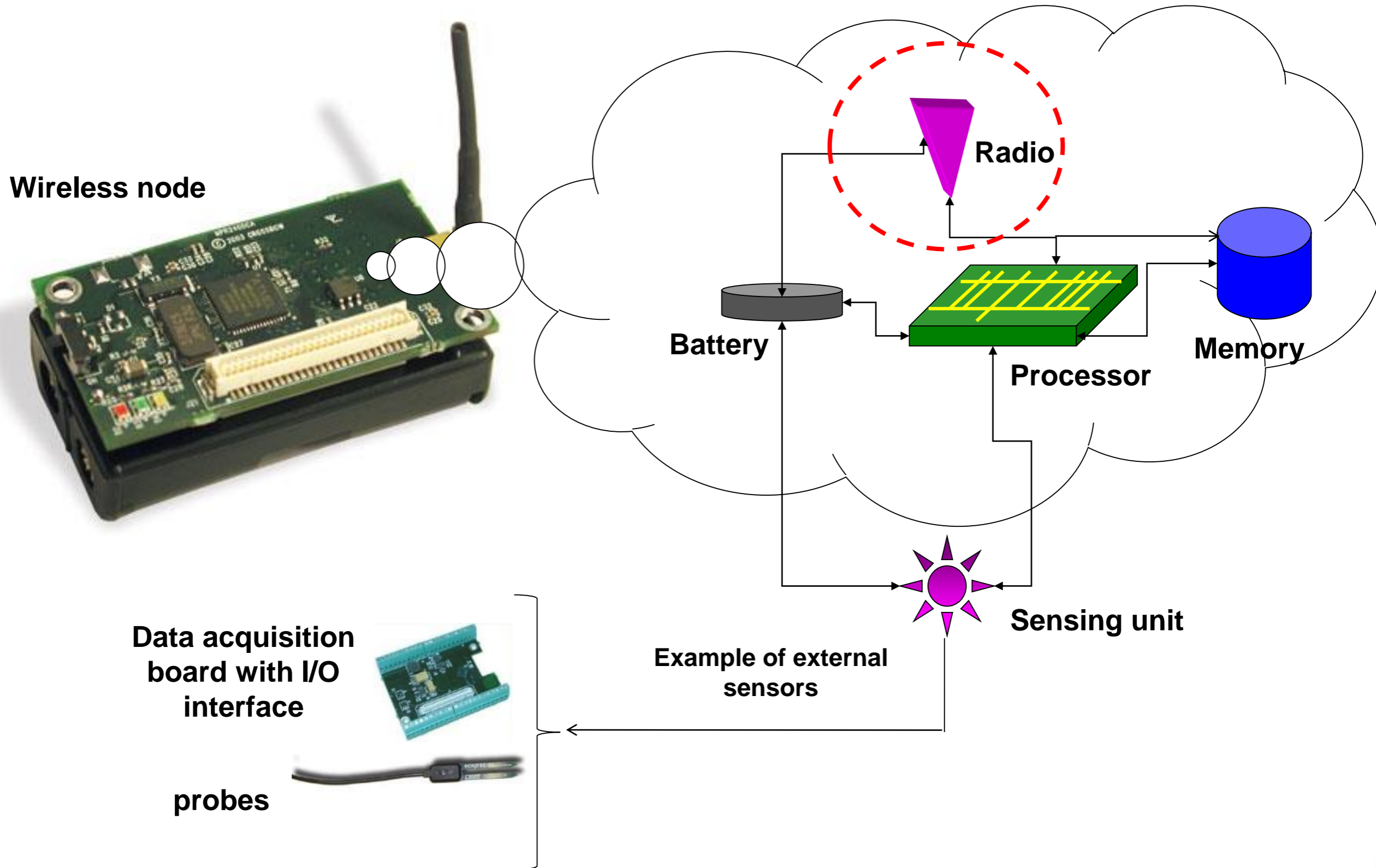
- Génération
  - Capteurs
  - Réseaux sociaux
  - Enquêtes
- Transport - Stockage
  - Standardisation
  - Hétérogénéité
- Tri - Analyse
  - Classification - Exploration
- Production de nouveaux savoirs et services
  - Personnalisation
  - IA
  - Représentation

De 2005 à 2010  
volume de données  
multipliées par 250

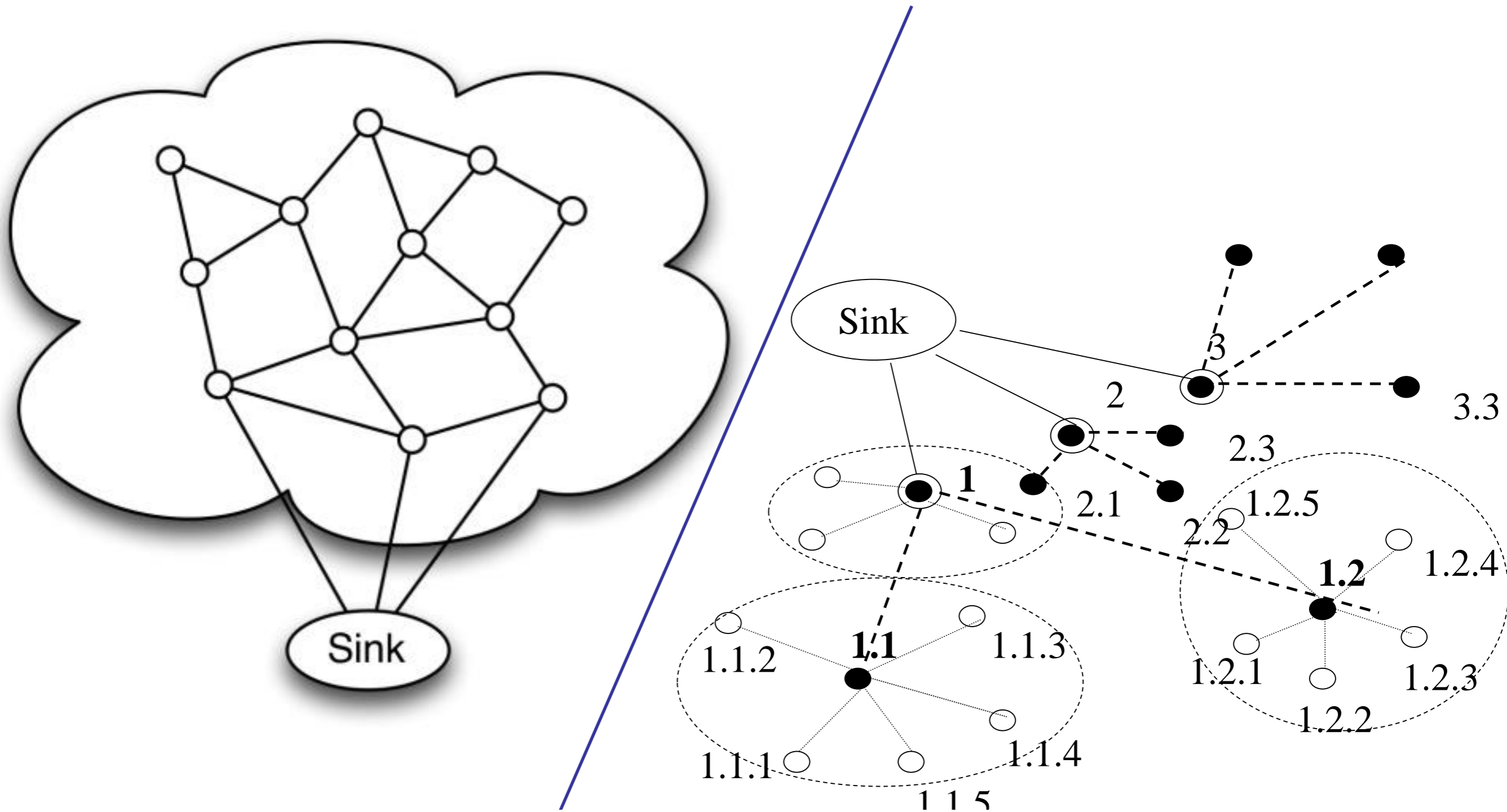
Communications  
sans fil nécessaires



# Capteurs sans fil



# Topologie multi-saut ou en étoile





# Routage multisaout arborescent

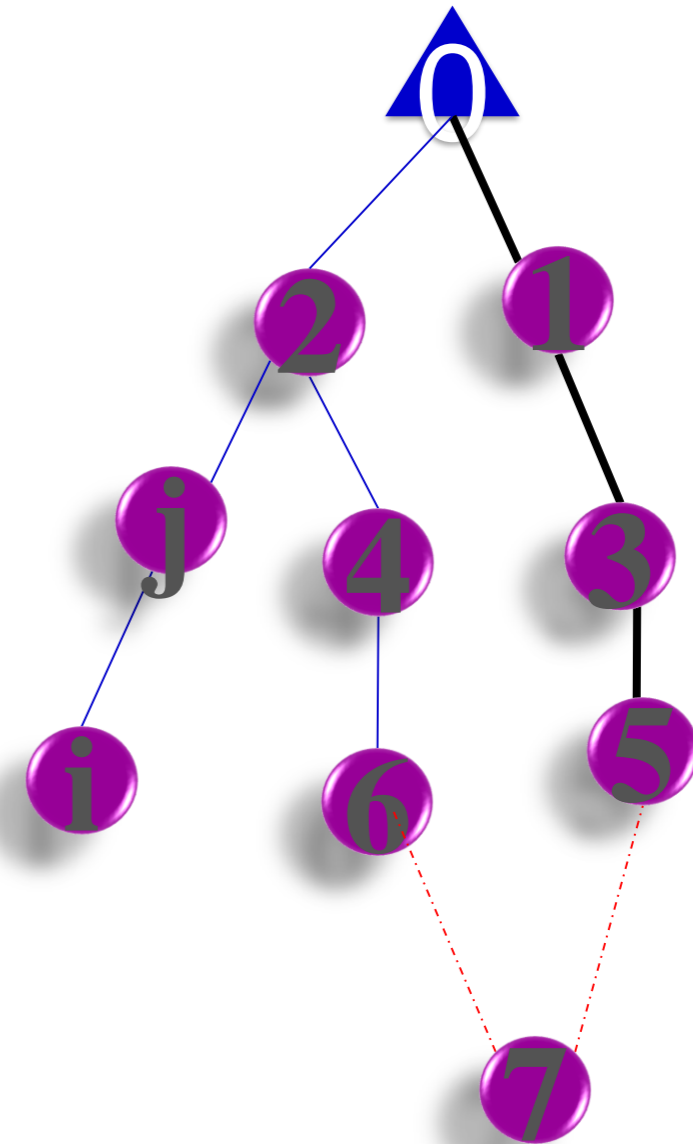
Métrioue de lien: 1, délai, énergie...

Puits => message ADV - cost = 0

Noeuds => vérifie si gain en coût (parours en largeur)  
=> réenvoie ADV avec coût incrémenté

- ☺ Optimalité, simplicité
- ☹ Charge concentrée sur les premiers
- ☹ Trafic de contrôle

Exemples: MCFA, RPL, etc.



# Elements de consommation énergétique

- Low-cost and small size of nodes
- Resource limitations : energy supply
- Required node autonomy

Energy saving in WSN : a crucial challenge

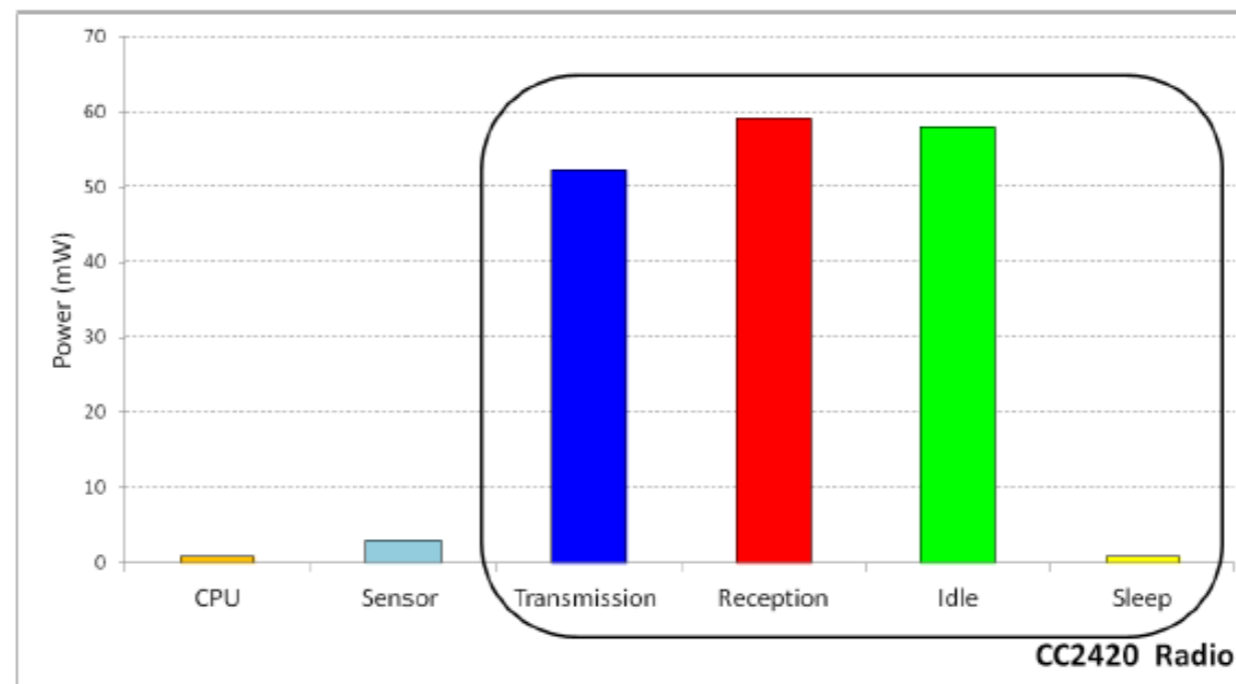
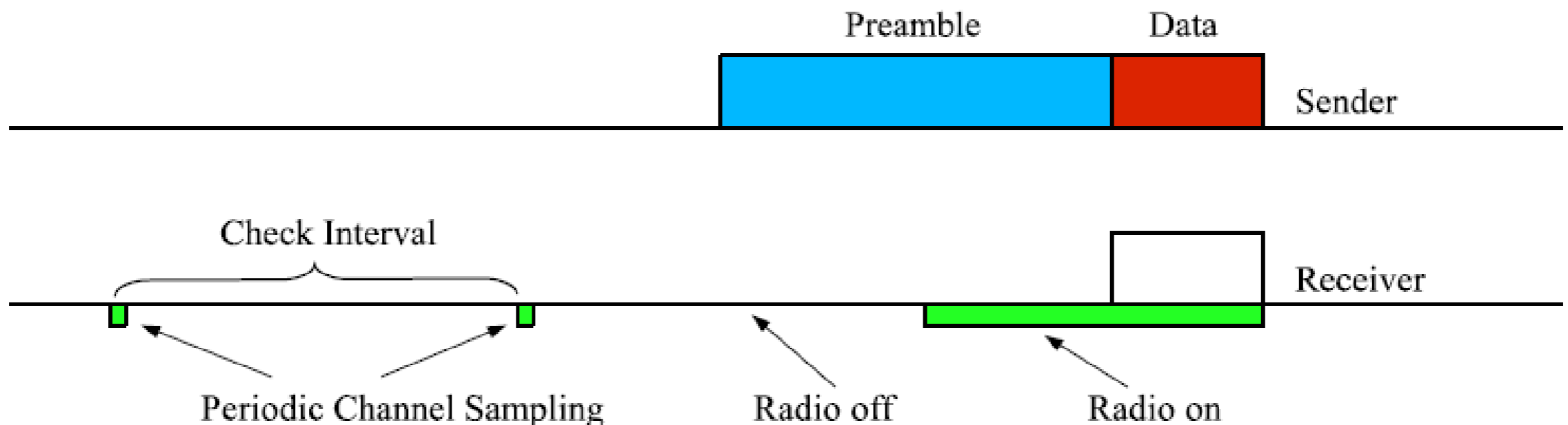


FIGURE: Power consumption of TelosB node subsystems (mW)

# Réveil et contention : couche MAC

## Eviter les collisions

- B-MAC : LPL (Low Power Listening)
- Réveil rapide pour écouter le canal
- Préambule de synchronisation suffisamment long



⊗ Surcoût des préambules, duty cycle limité

# Réseaux cellulaires et maillés

Réseau à grande échelle, statiques

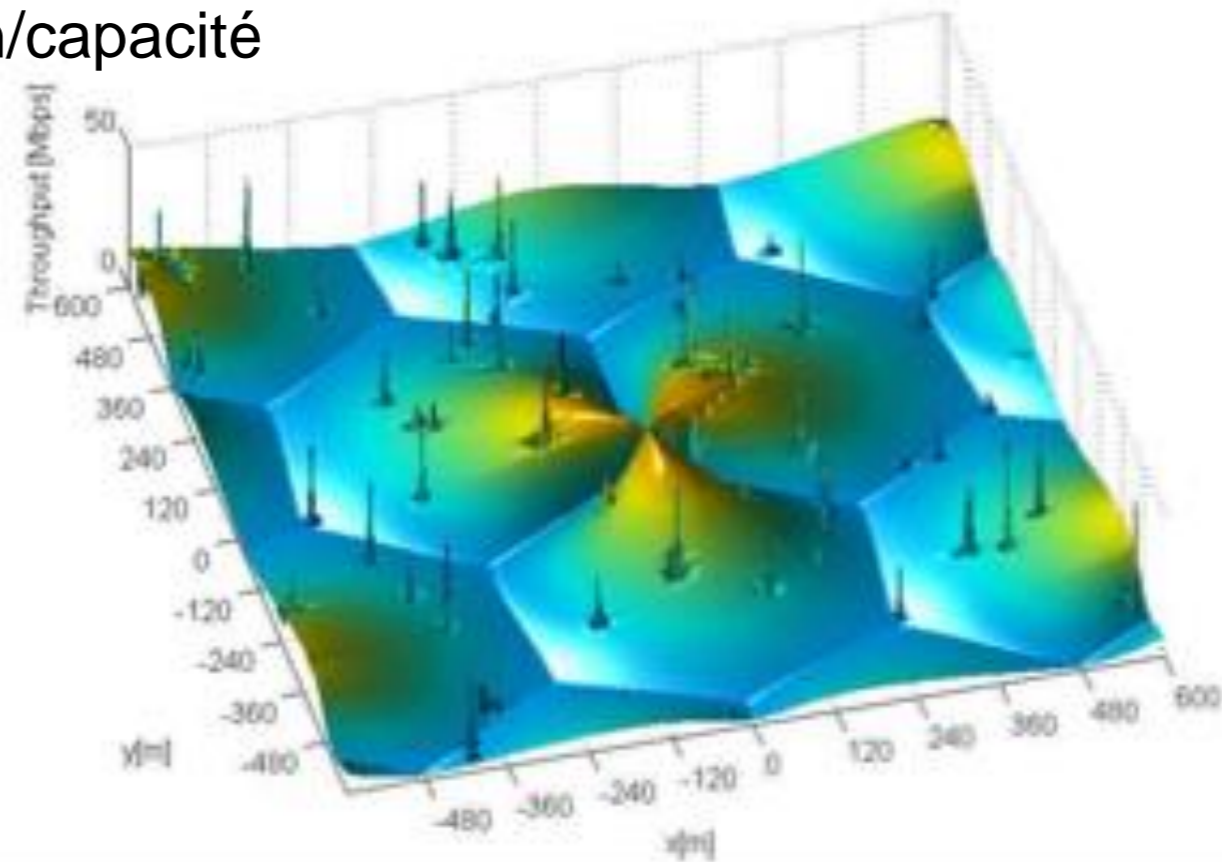
- Couverture, gestion de la mobilité
- Société dans un compromis énergie/exposition/capacité
- Capacité actuelle ~ 1M x celle de 1957

Toutes les métropoles sont couvertes

- Cellule ~ 500m de diamètre
- 4G ~ 100Mbps/km<sup>2</sup>

Limites de capacité proches

- Smart cities = milliers de noeuds / cellule
- Plus d'un terminal / personne (71M en France, mars 2015)
- Certains utilisateurs abandonnent l'ADSL

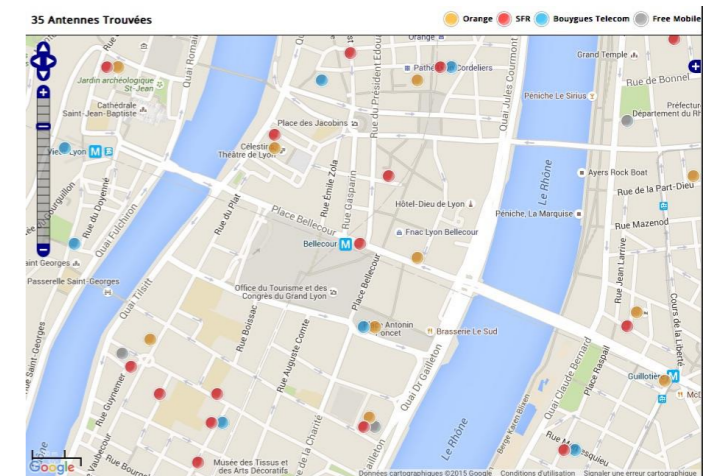
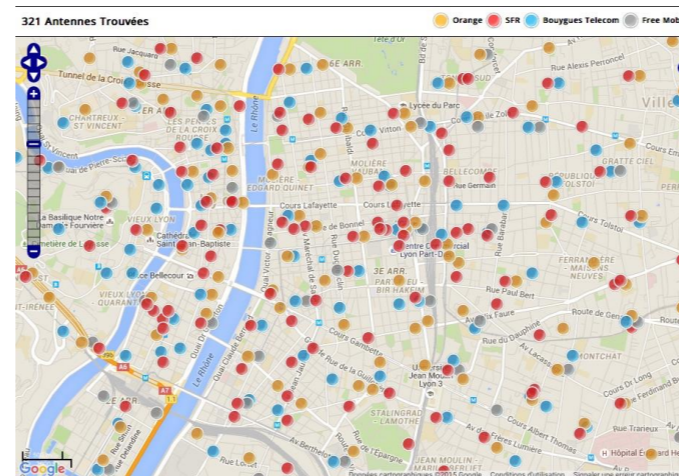




# Hétérogénéité de couverture

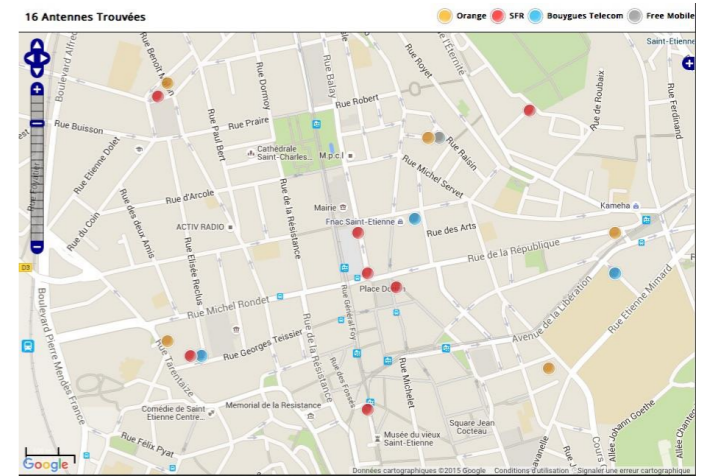
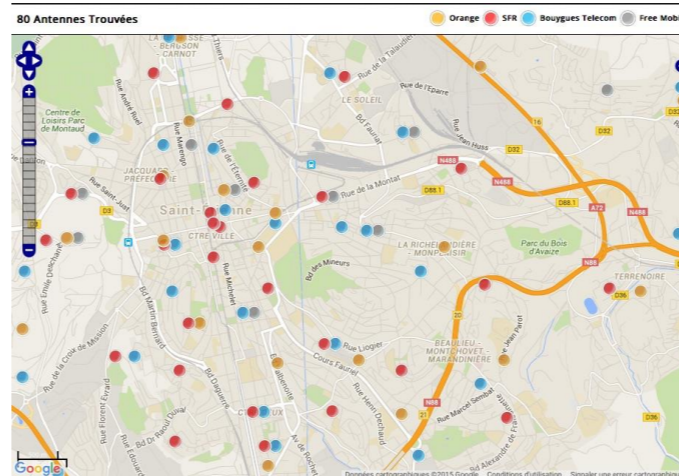
## Lyon

- 50 km<sup>2</sup> → 7 antennes/km<sup>2</sup>
- 2 km<sup>2</sup> → 18 antennes/km<sup>2</sup>
- 10 Khabs/km<sup>2</sup>



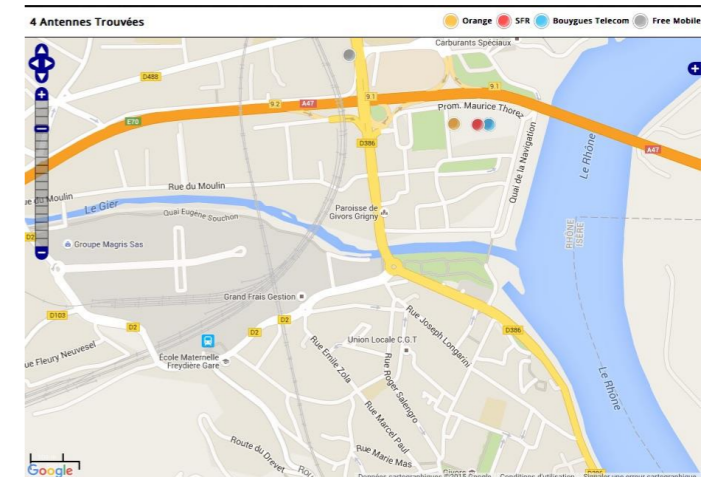
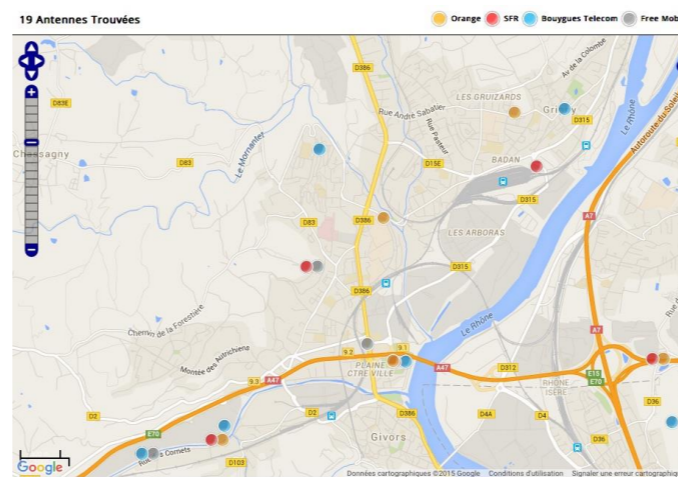
## Saint Etienne

- 50 km<sup>2</sup> → 1,8 antennes/km<sup>2</sup>
- 2 km<sup>2</sup> → 8 antennes/km<sup>2</sup>
- 2,2 Khabs/km<sup>2</sup>
- Couverture/habitant > Lyon



## Givors :

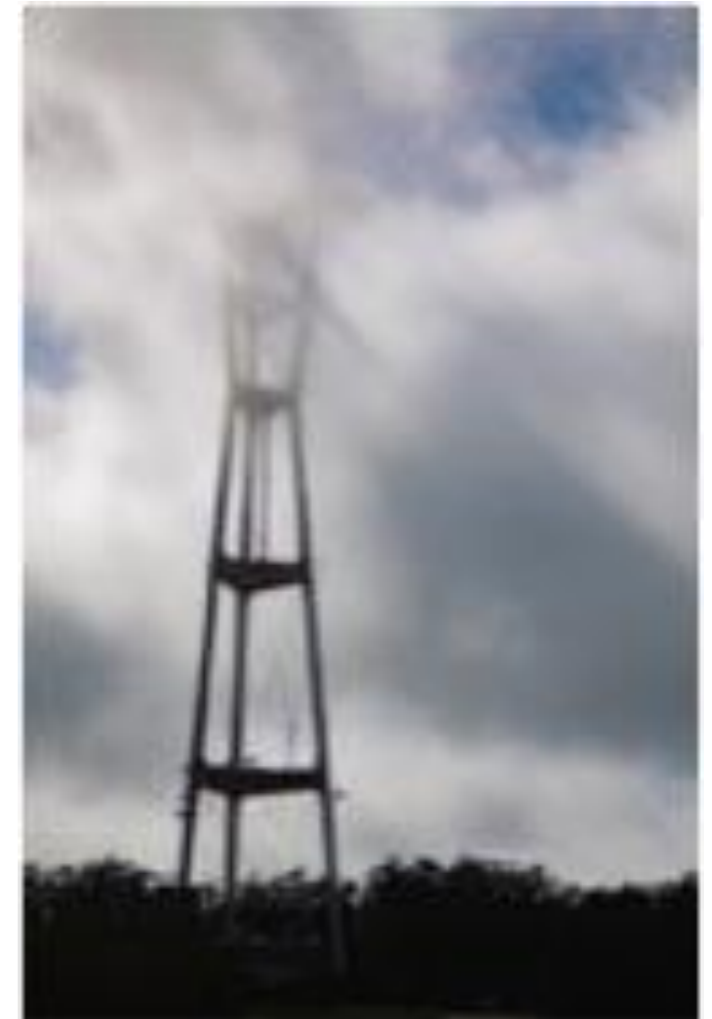
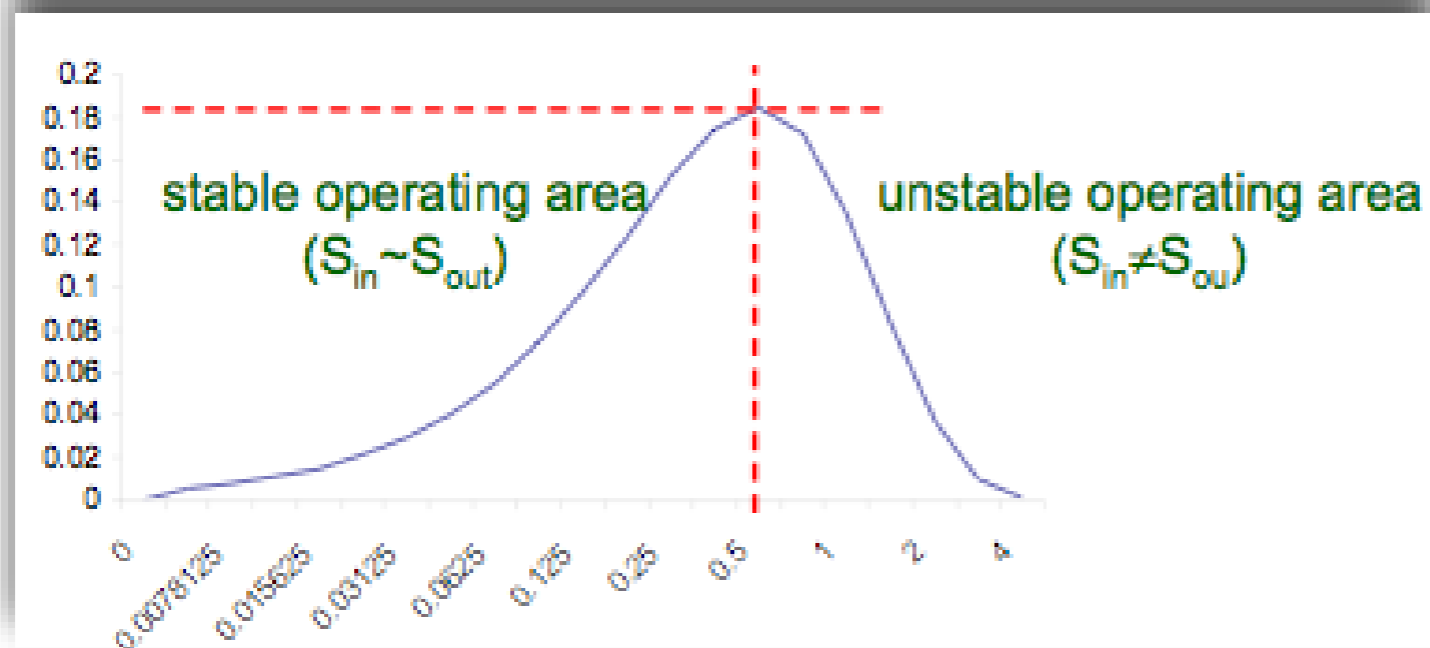
- St Etienne / 4, Lyon / 9
- Population : 1,1 Khabs/km<sup>2</sup>
- Couverture ~ Lyon



# Une infrastructure au bord de la saturation

## Saturation d'accès

- Envoi d'un (petit) préambule
- Collision si transmission concurrente
- Dans ce cas, attente **aléatoire** et ré-envoi

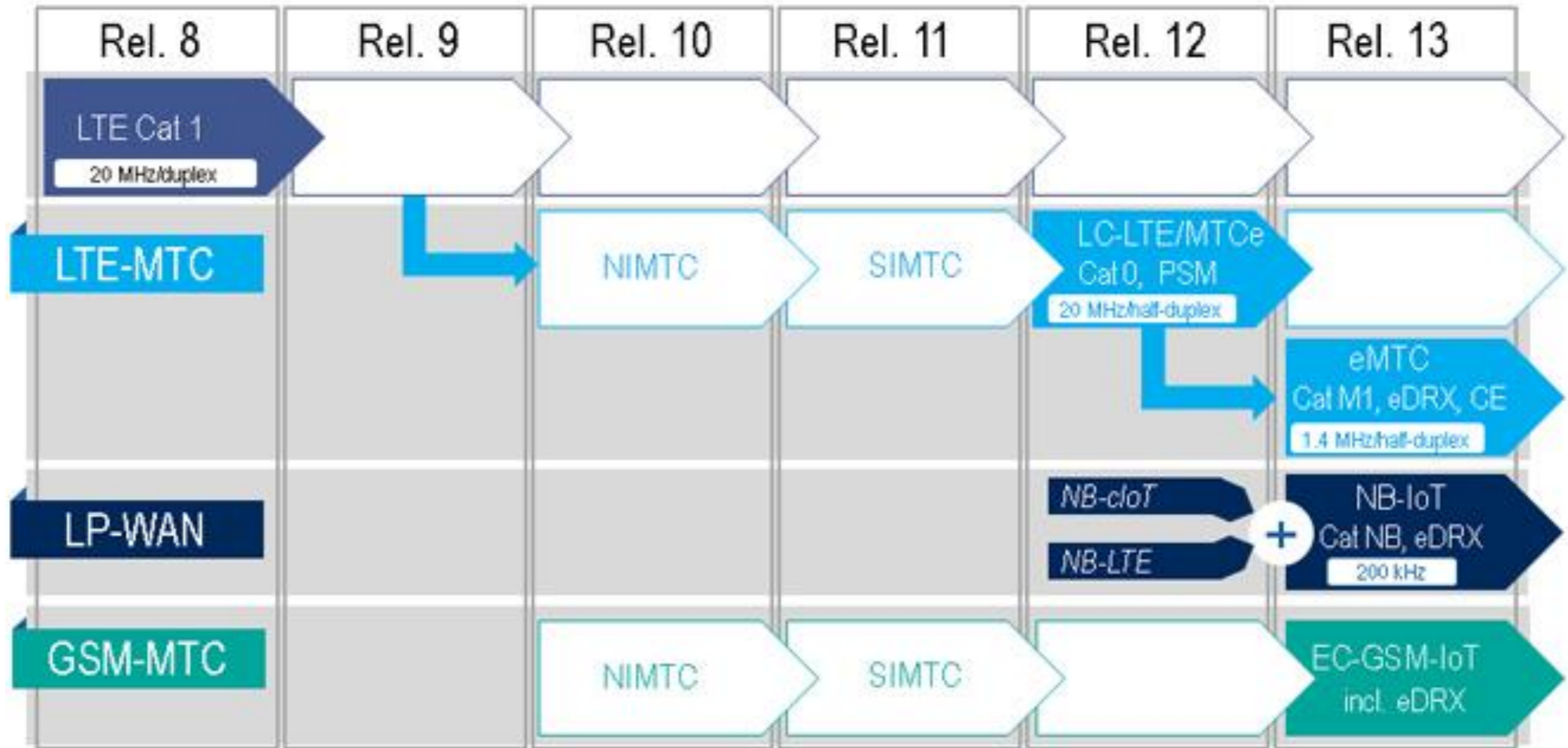


## Peu performant mais incontournable

- Asymétrie : terminaux ne « s'entendent pas »
- Sur-concentration d'utilisateurs – personne n'a d'accès



# Le cellulaire pour l'IoT : 3GPP IoT



- **NB-IOT** : Intel, Nokia, Ericsson, Huawei, Gemalto, etc.

# Caractéristiques de NB-IoT



## L1/L2/L3

- Canaux physique “Narrow band” (180 kHz)
- Maximum transport block size : 680 bits downlink, 1000 bits uplink
- Maximum PDCP SDU : 1600 octets (similaire 802.11p)

## Fonctionnalités sécurité

- Authentification de l'UE dans le réseau de coeur
- Chiffrement et protection d'intégrité
- Mécanisme de gestion de clé supportant la mobilité

# Les challengers : Sigfox et LoRa

	SigFox	LoRa <sup>TM</sup>
		
(1) Band ISM	868/915 MHz Yes	868/915 MHz Yes
(2) PHY	UNB	CSS
(3) Spreading factor	NA	$2^7 - 2^{12}$
(4) Typical channel bandwidth	192 kHz	500 – 125 kHz
(5) Raw rate (kbps)	0.1	27 – 0.37
(6) Simultaneous active users in (4) for $OP = 10^{-1}$	100	6
(7) Raw spectral efficiency (b/s.Hz)	0.05	0.12
(8) Range (km)	63	22
(9) Downlink	Yes	Yes

## Protocoles basés sur Aloha + robustesse aux interférences

**Sigfox (2009):** fund-raising (GDF Suez, Air liquide, Telefónica, etc.)

- couverture (quasi) mondiale sans roaming
- écosystème fermé

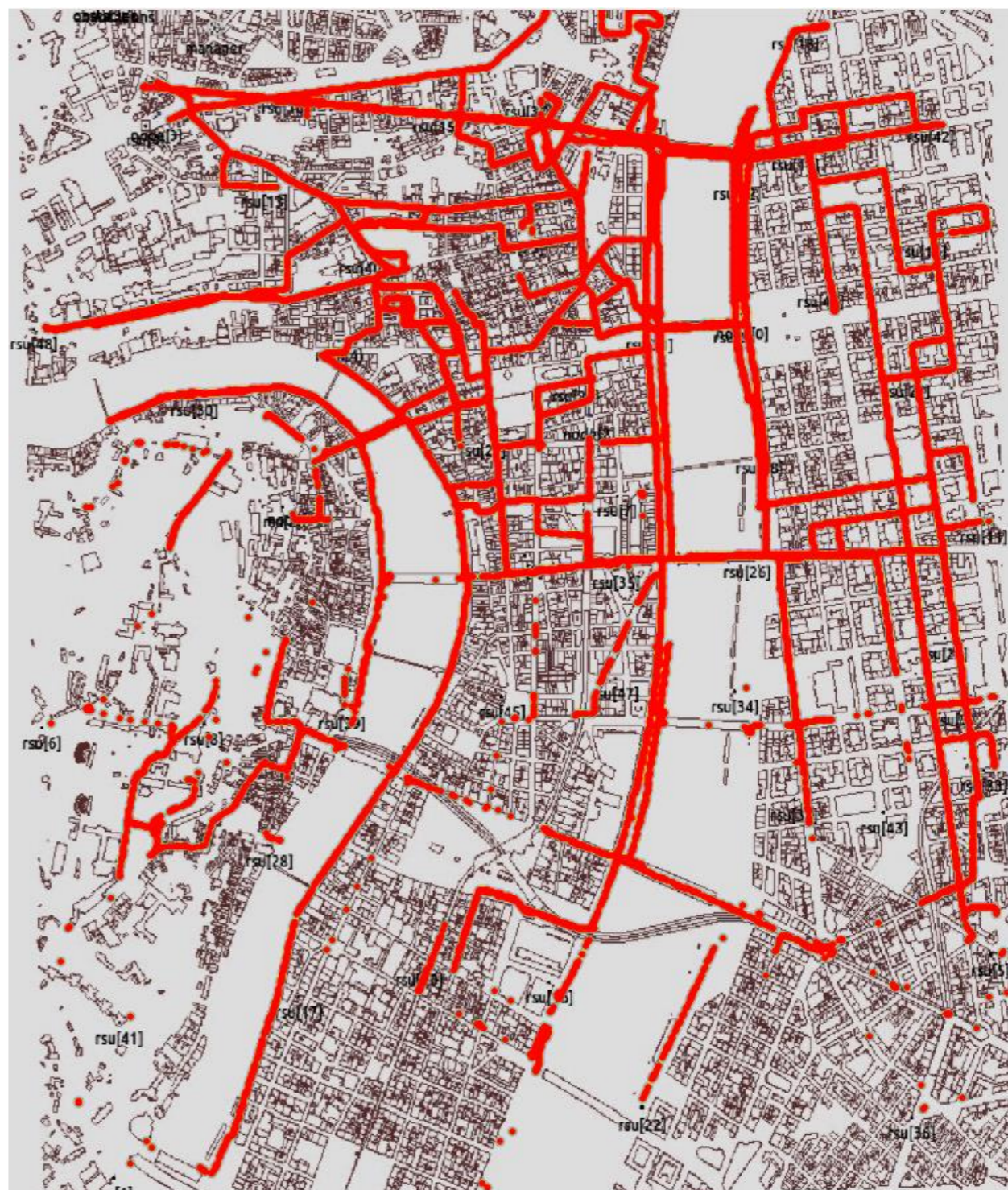
**Lora Alliance: Semtech (2012),** Orange, Objenious by Bouygues Telecom, STMicroelectronics, cisco , IBM, etc.

- facilité de dev et déploiement
- écosystème ouvert mais 1 seul fabricant

**Other issues:** peu de downlink, mobilité, nb messages limités (140/4 Sigfox), taille des paquets, sécurité.

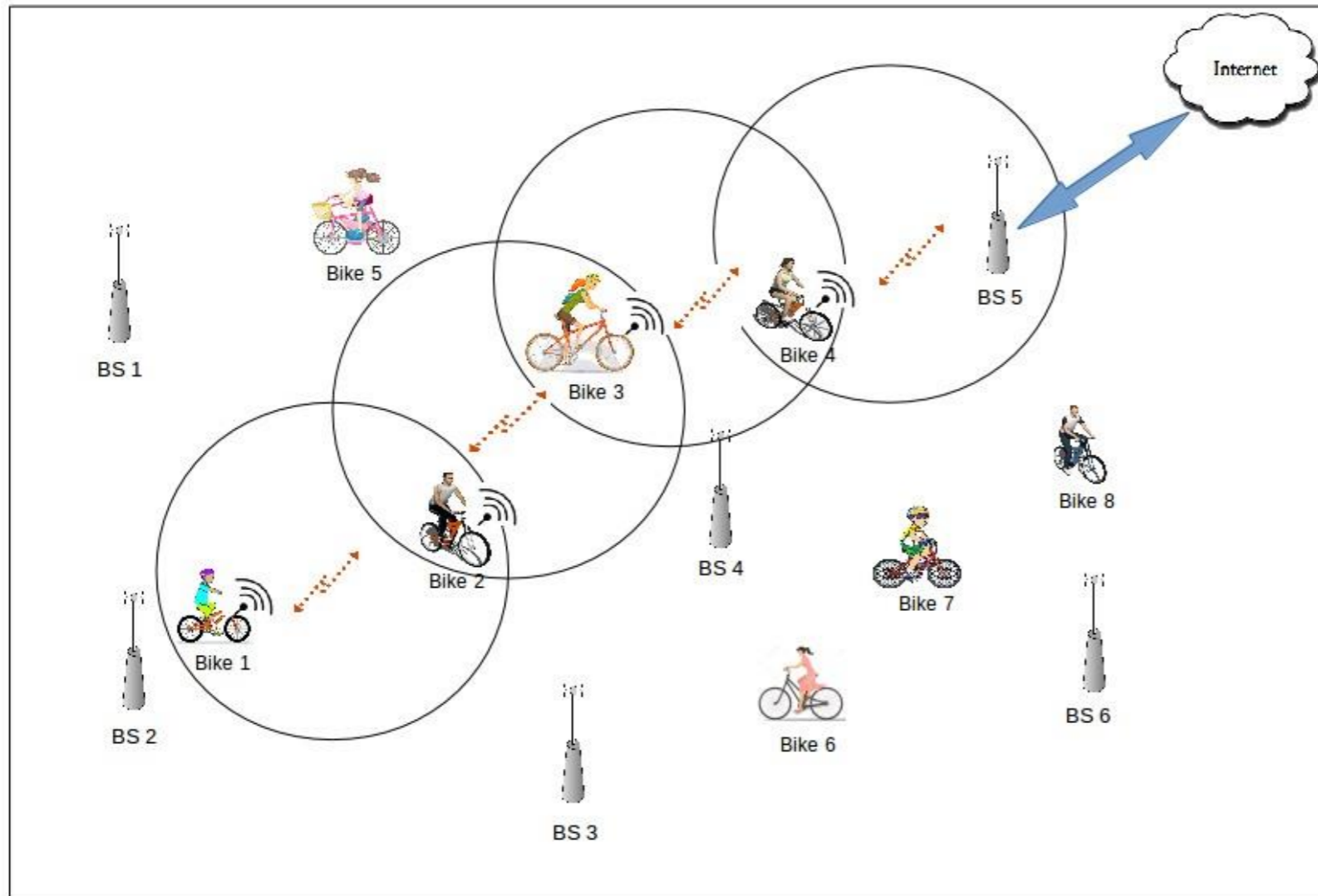


# 802.11p vs LoRa : « Internet of Bikes »





# Scénario 802.11p

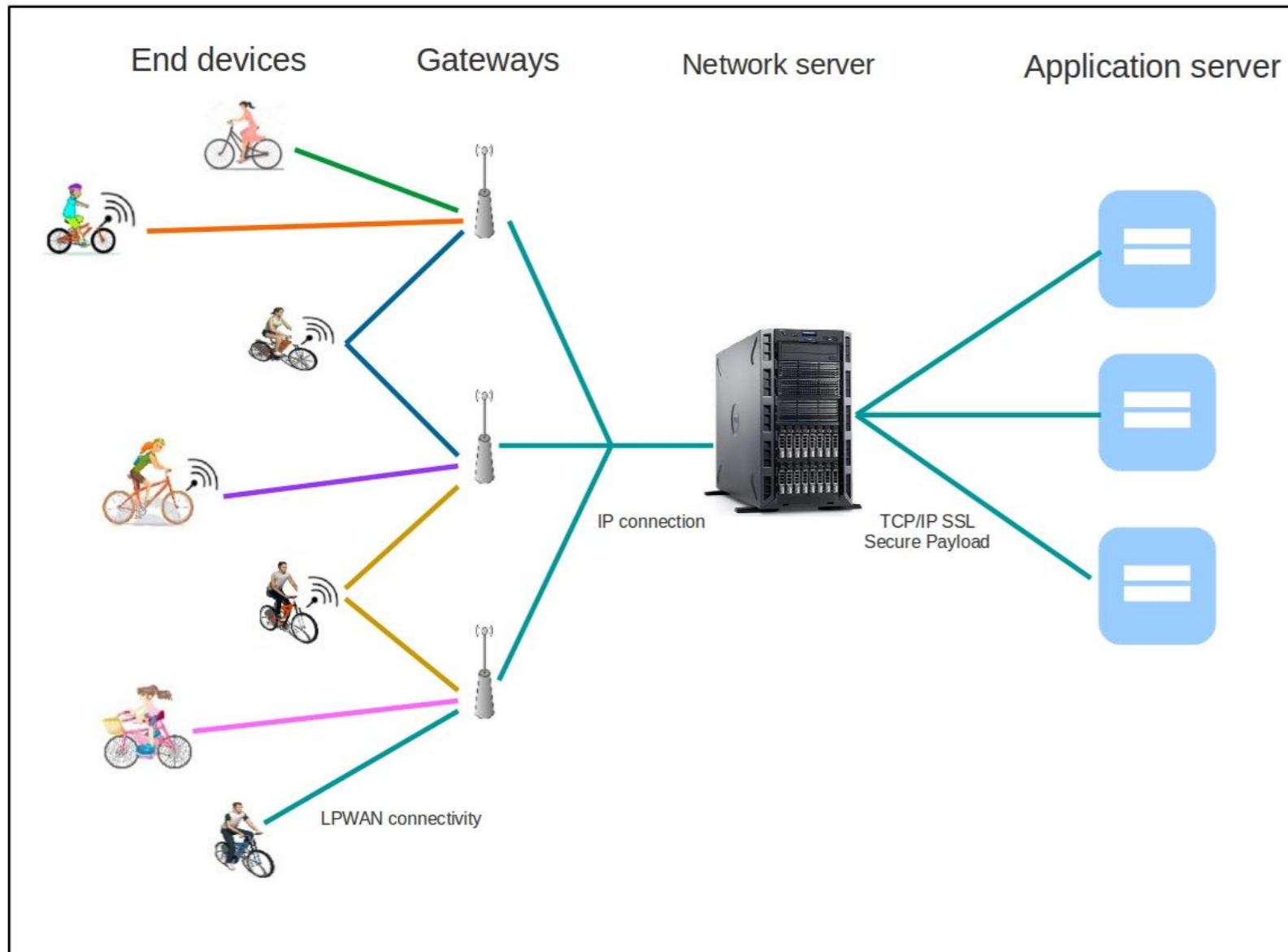


802,11p mesh network  
« Light Spray&Wait » DTN

Qualcomm AR6004 chipset

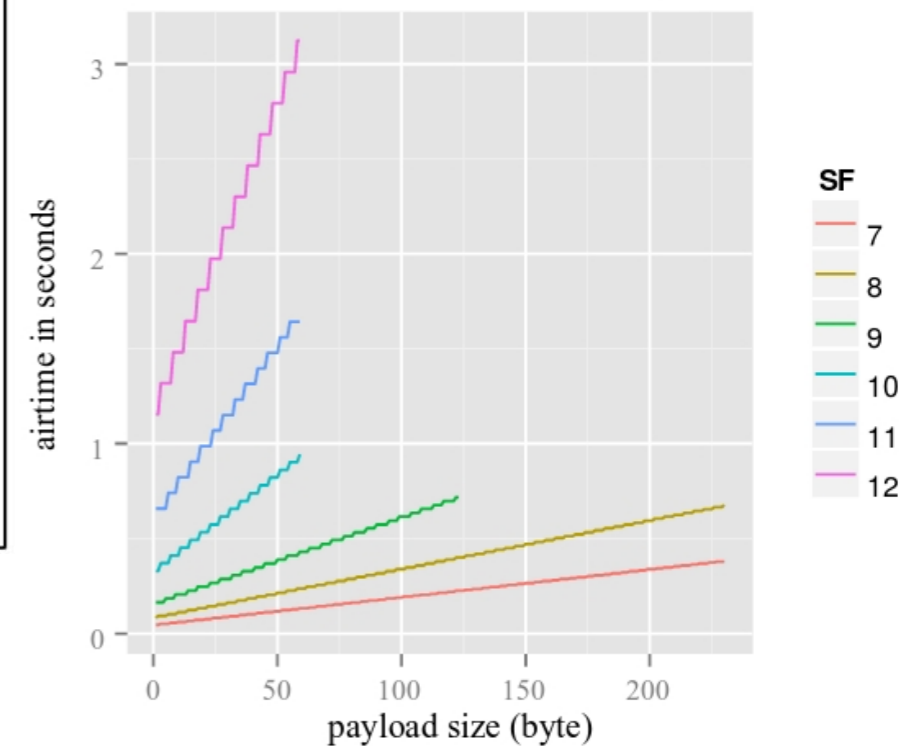
Tx: 237 mA Rx: 66 mA  
Paquet: 213  $\mu$ s 160 Bytes

# Scénario LoRa

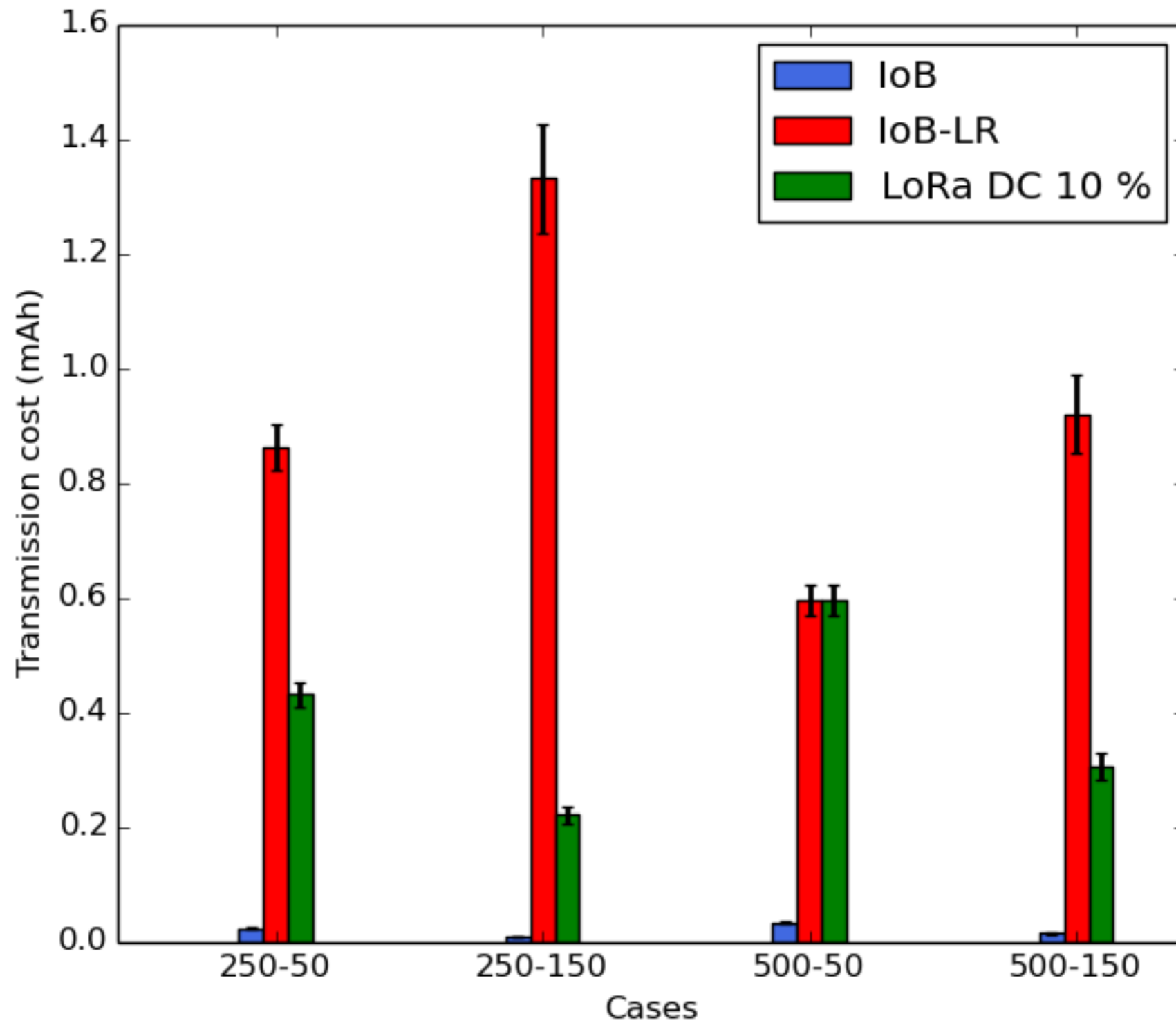


LoRa star network  
LoRa Semtech SX1272

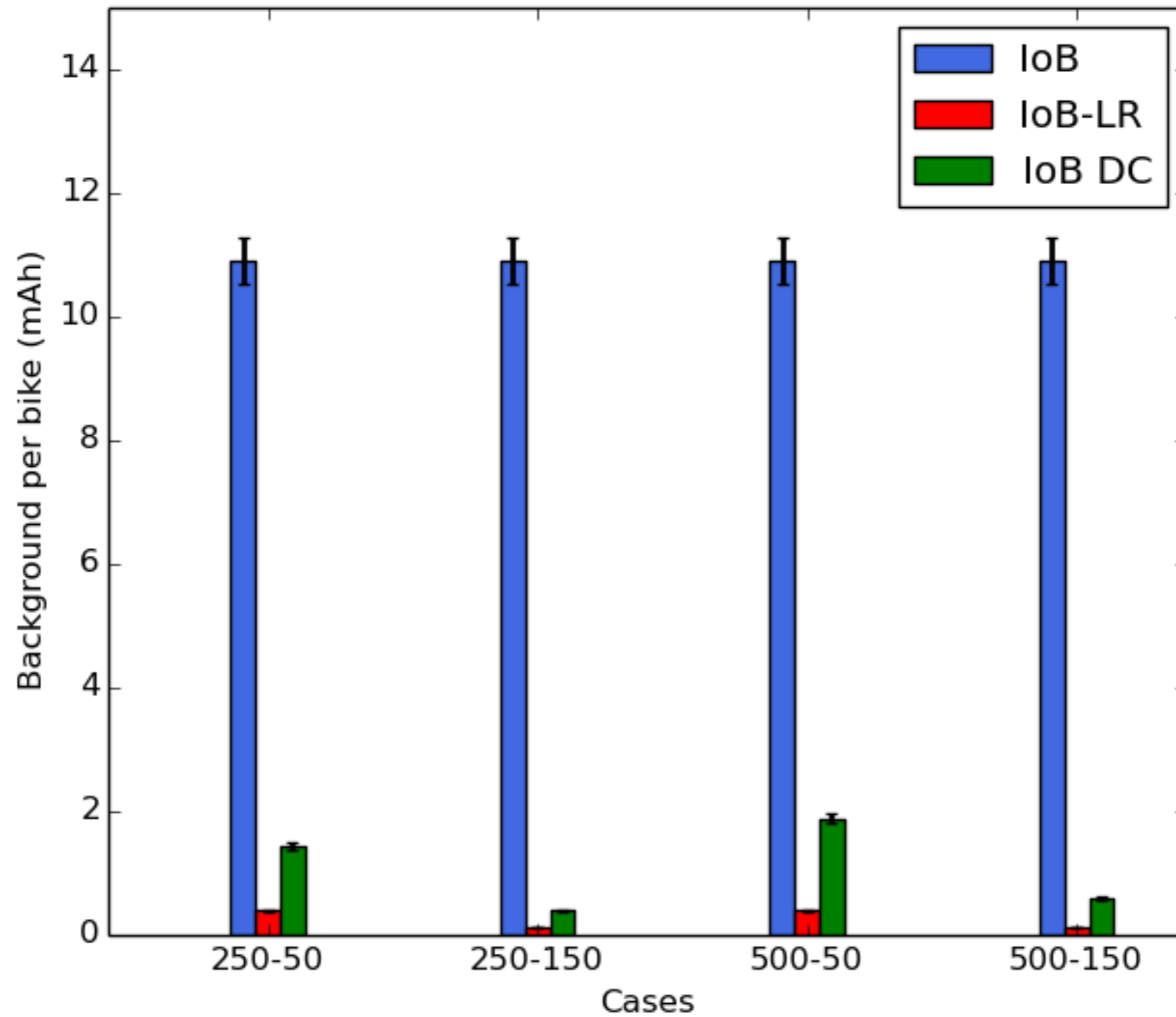
Tx: 26 mA Rx: 12 mA  
Paquet: 0,1 - 0,6s  
20-260 Bytes



# 802.11p vs LoRa

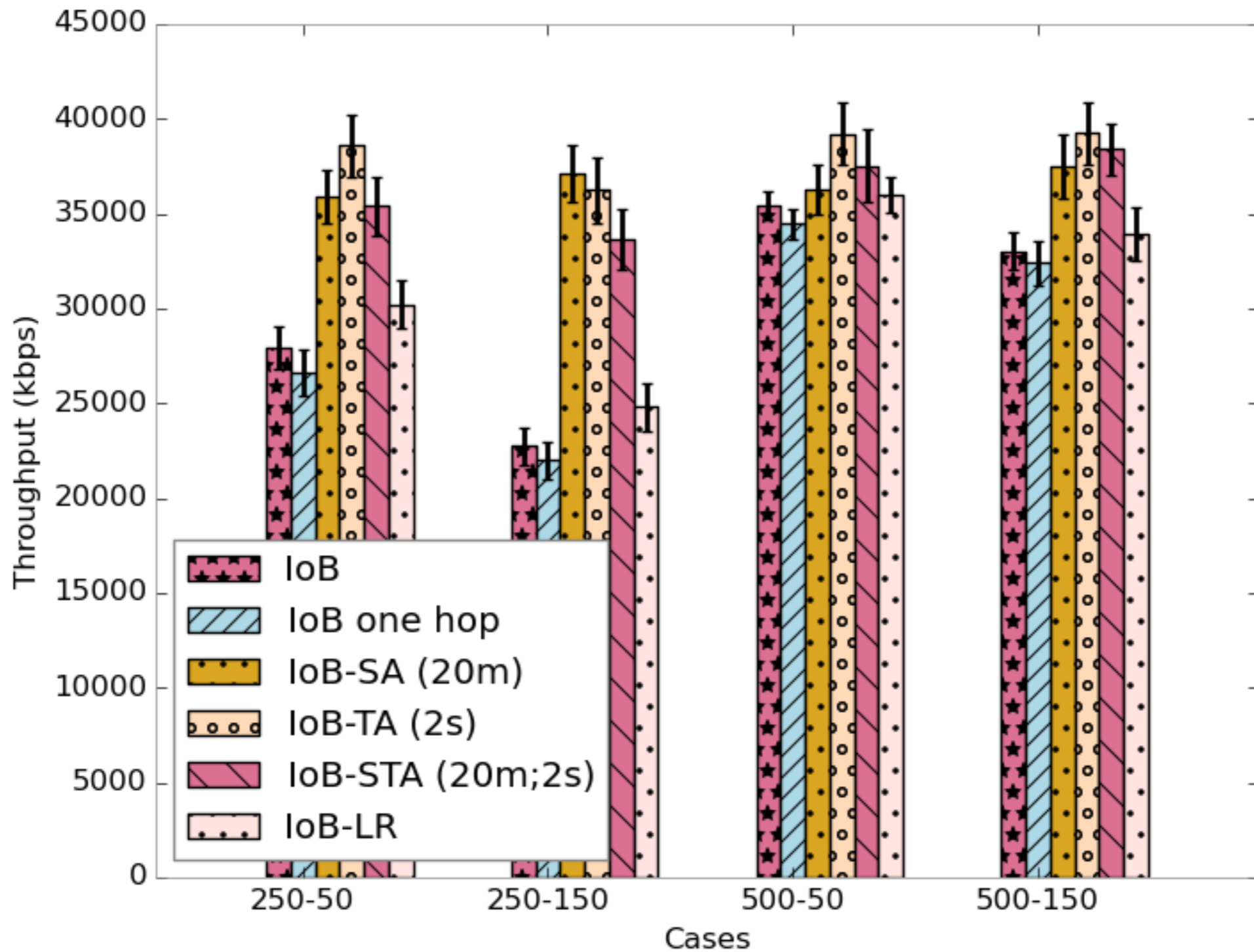


# 802.11p vs LoRa

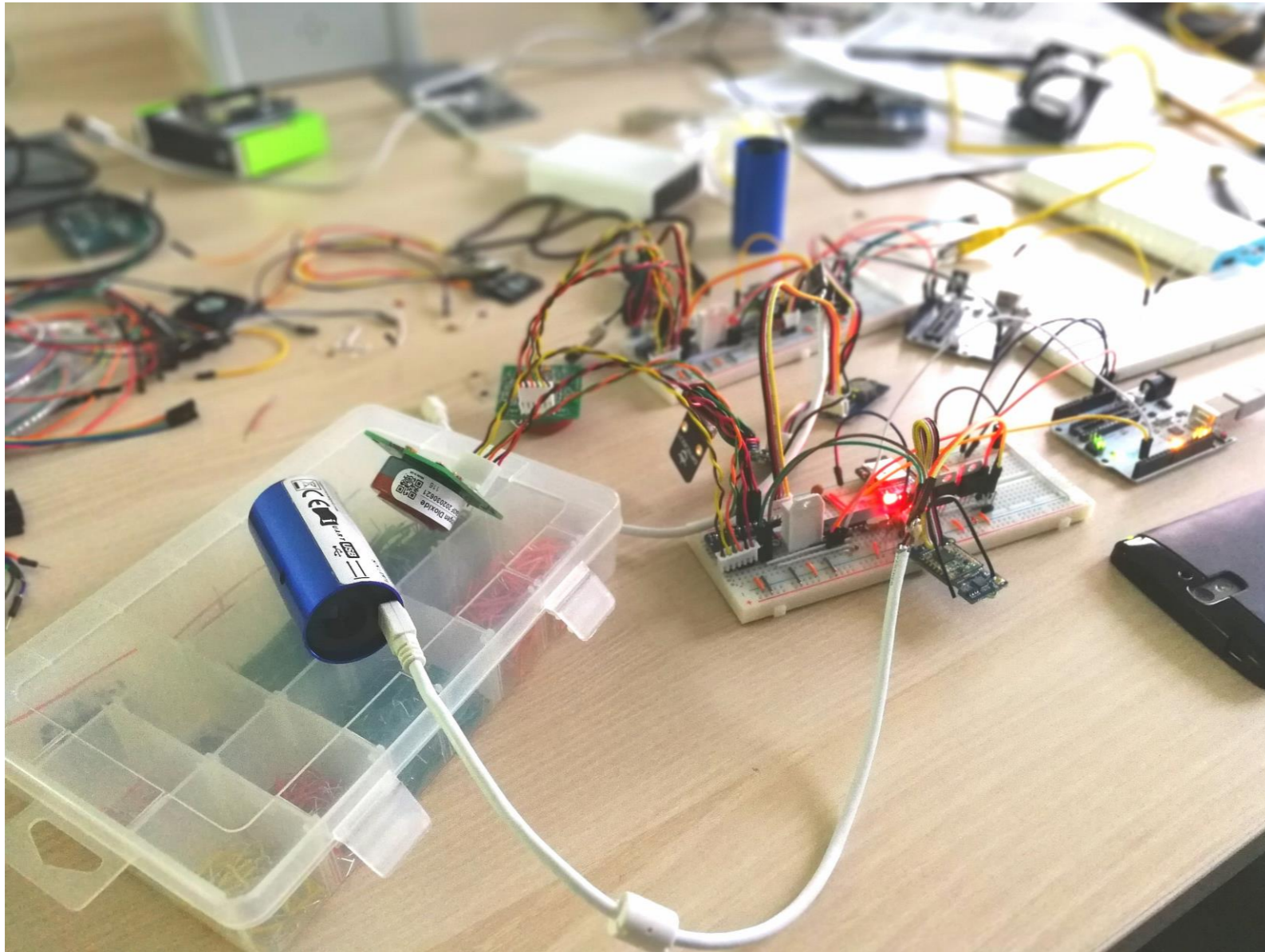




# 802.11p vs LoRa



# Une expérimentation : capteurs de pollution



- Micro-contrôleur
- Carte SD
- 2 capteurs No2
- T°/H
- 1 mesure / s
- Stockage SD / 10mn
- Transmission LoRa / 10mn
  
- nœud idle: 8ma
- mesure (200ms): 22ma
- stockage sd (2s): 50 ma
- Tx LoRa (2s): 120 ma
  
- cairsens sans ventilo: + 2ma
- cairsens ventilo: + 30ma

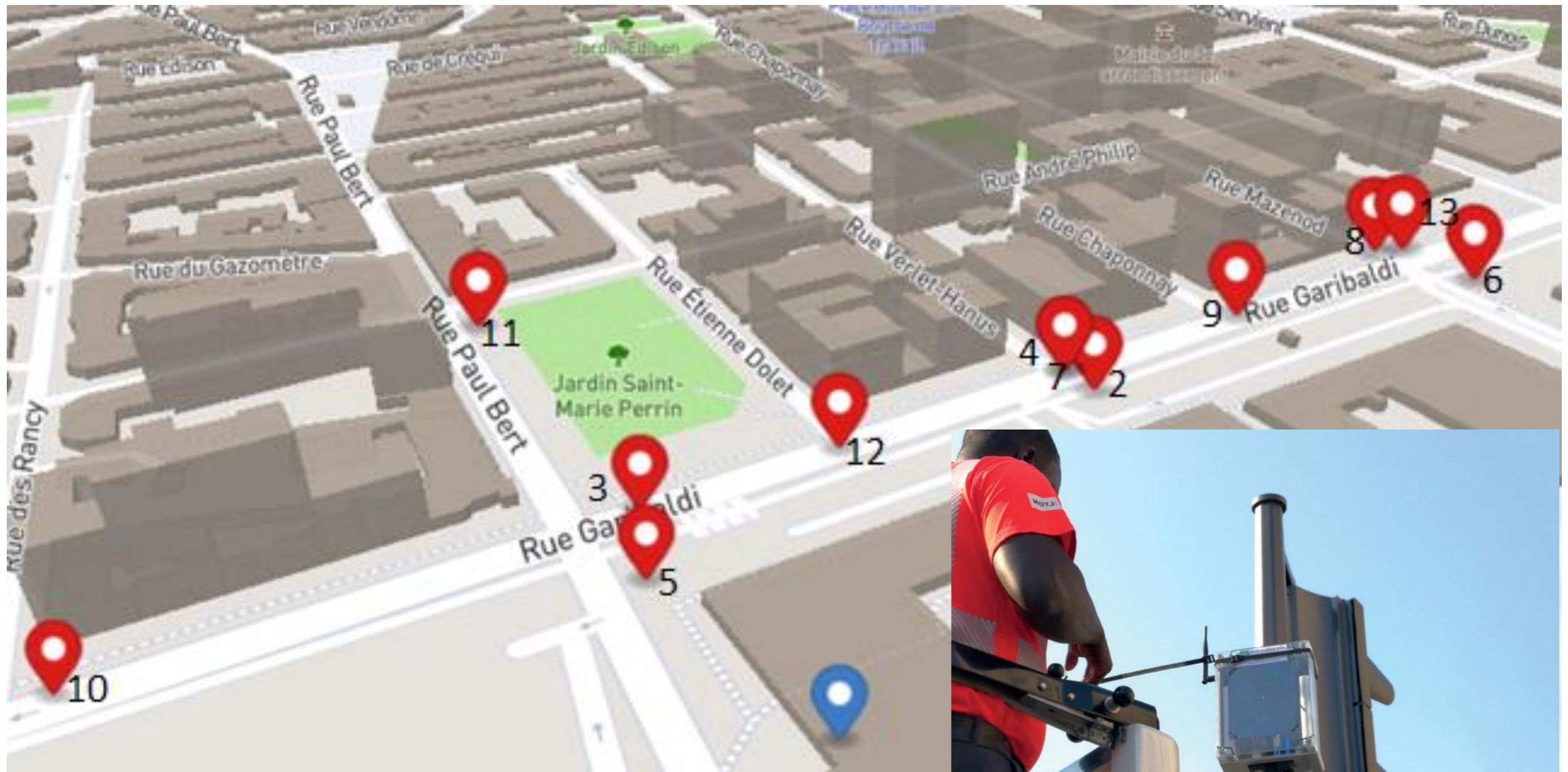


# Une expérimentation : capteurs de pollution



2 batteries 15Ah : 1 mois « assuré »  
Panneau solaire 200mAh : bonus

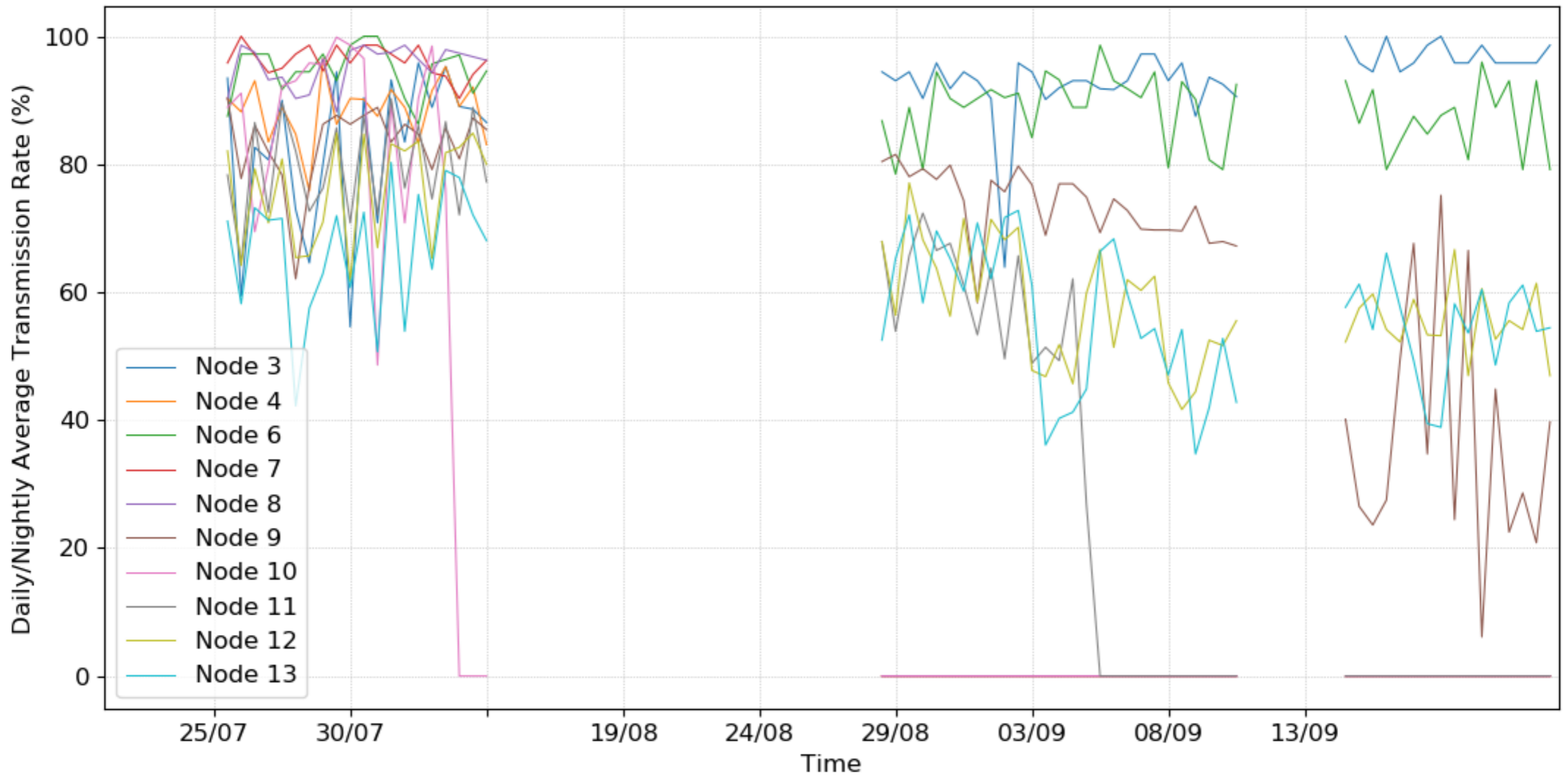
# Déploiement rue Garibaldi





# Déploiement rue Garibaldi

Transmission rate of sensor nodes





# Déploiement rue Garibaldi

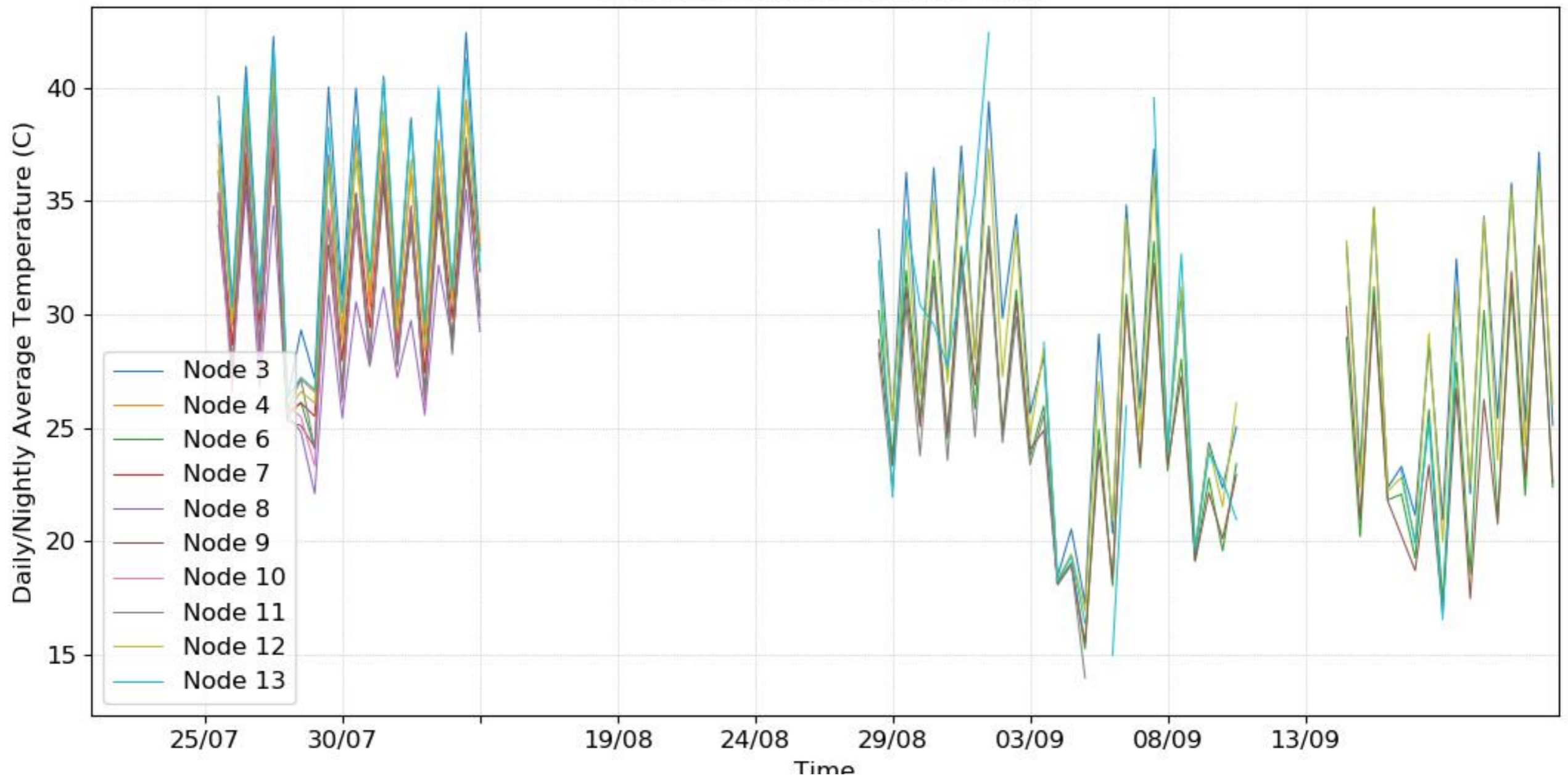
Sensor	Lifetime (days)
2	>50
3	>50
4	21
5	>50
6	>50
7	11
8	20
9	>50
10	9
11	32
12	>50
13	>50

# Déploiement rue Garibaldi



# Déploiement rue Garibaldi

Temperature values of sensor nodes





# Vers des architectures hybrides

## Architecture capillaire

- Irrigue l'ensemble du territoire urbain
- Mix longue portée et multi-saut

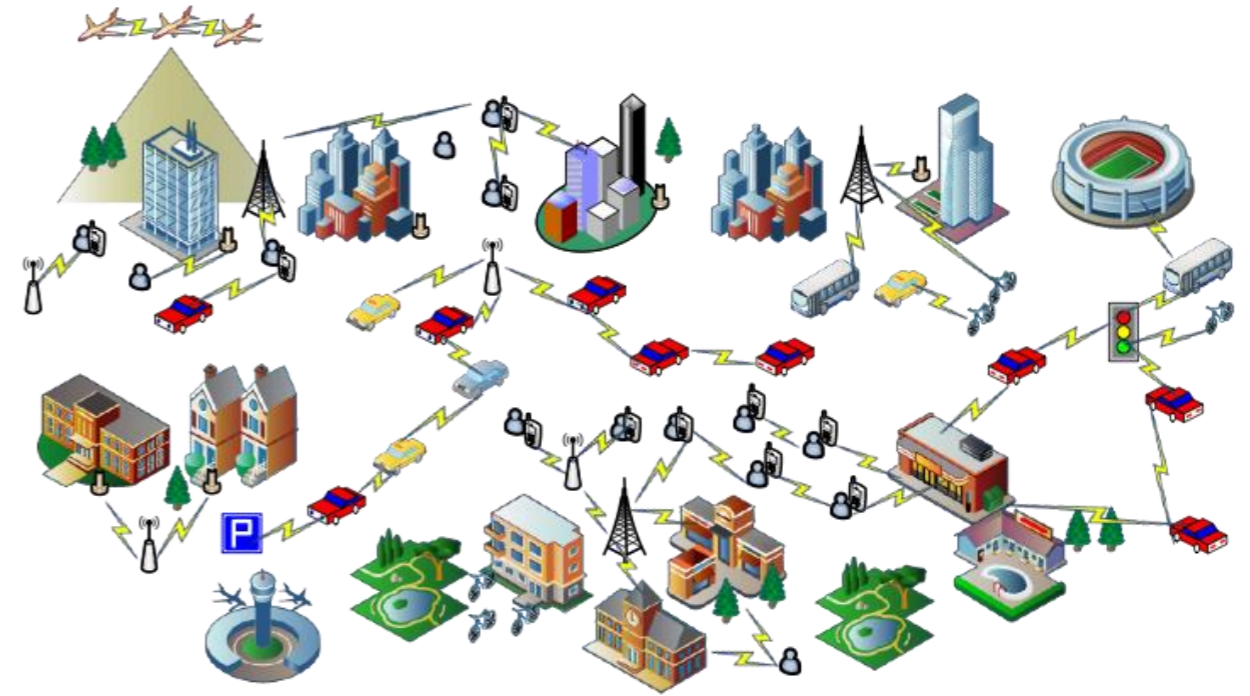
## Exploiter les opportunités réseaux

- Portée courte (x10m) ou longue (x1km)
- Complémentarité plutôt que concurrence
- => mais difficulté des politiques de sécurité

Prendre les données là où elles sont pertinentes

Les apporter là où elles sont nécessaires

- Multi-saut de/vers la meilleure connectivité cellulaire
- Meilleure récupération d'énergie ?



# Agora

et donc, voilà

[team.inria.fr/agora/](http://team.inria.fr/agora/)

*Inria*

INVENTEURS DU MONDE NUMÉRIQUE

**INSA** | INSTITUT NATIONAL  
DES SCIENCES  
APPLIQUÉES  
LYON

*citi* Center of Innovation in  
Telecommunications and  
Integration of Service  
lab

# Les réseaux de capteurs sans fil

Un mythe : le déploiement aléatoire

- Hypothèse classique des travaux académiques

Coût d'installation d'un capteur dans la chaussée

- Capteur : 50€
- **travaux de voirie : 1k€**

Intégration dans l'espace urbain

- Support d'installation
- Acceptation sociale / intrusion technologique
- Robustesse et protection

La mesure a une pertinence spatiale

- Télémétrie : installation au compteur
- Smartparking : places de stationnement
- Phénomène physique :
  - Modèle prédictif ou historique de mesures
  - Identification et sélection de points pertinents



**Déploiement contraint et optimisé**