

# Passage à l'échelle d'un réseau LoRaWAN: De la validation du modèle à l'optimisation topologique

Tom Mourot-Faraut

Travail encadré par Laurent Ciarletta

16 Février 2018



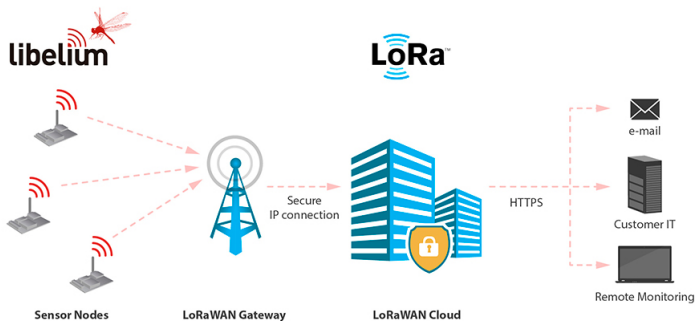
# Plan de la soutenance

- 1 LoRaWAN et LoRaSim
  - LoRaWAN
  - LoRaSim
- 2 Vérification du modèle
  - Puissance reçue
  - Seuil de sensibilité
- 3 Optimisation topologique
  - K-means
  - K-medoids
  - Mean shift
  - Analyse des performances
- 4 Autres topologies et points mobiles
  - Présence d'un cluster
  - Points mobiles

# LoRaWAN

## LoRaWAN

Protocole de communication radio utilisé en IoT pour sa longue portée son faible débit et donc sa faible consommation.



# LoRaWAN

## Paramètres

- TP: Puissance d'émission
- CF: Fréquence porteuse
- SF: Facteur d'étalement
- BW: Bande passante
- CR: Taux de codage

Parameter	$SN^1$
TP (dBm)	14
CF (MHz)	868
SF	12
BW (kHz)	125
CR	4/8

# LoRaSim

## LoRaSim

Simulateur de réseau LoRa basé sur SimPy. Permet de placer N noeuds et M passerelles afin d'étudier les transmissions.

$$Prx = Ptx + GL - Lpl \quad (1)$$

$$Lpl(d) = Lpl(d0) + 10\gamma \log(d/d0) \quad (2)$$

$$Srx = -174 + 10\log(BW) + NF + SNR \quad (3)$$

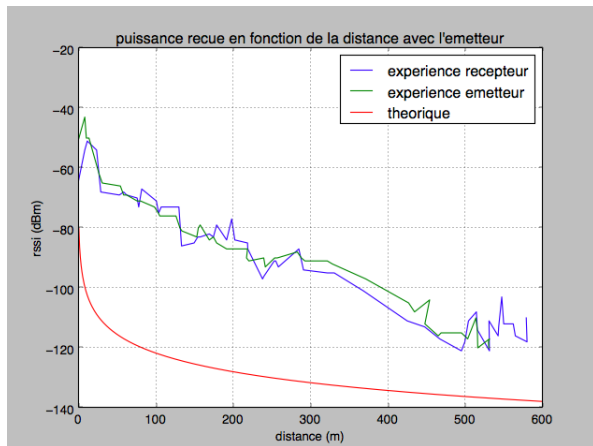
$$R = \begin{cases} 1, & Prx > Srx, \\ 0, & else \end{cases} \quad (4)$$

# Plan de la soutenance

- 1 LoRaWAN et LoRaSim
  - LoRaWAN
  - LoRaSim
- 2 Vérification du modèle
  - Puissance reçue
  - Seuil de sensibilité
- 3 Optimisation topologique
  - K-means
  - K-medoids
  - Mean shift
  - Analyse des performances
- 4 Autres topologies et points mobiles
  - Présence d'un cluster
  - Points mobiles

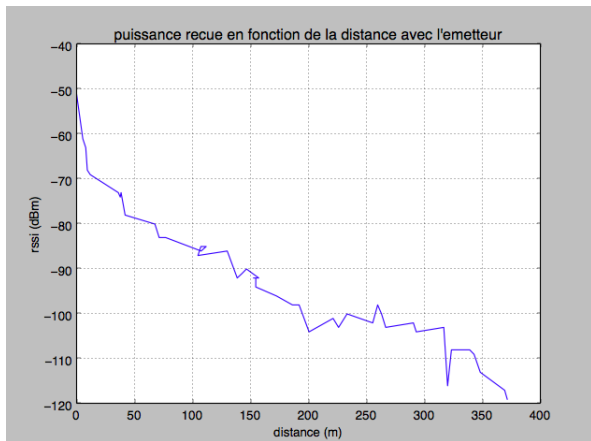
# Puissance reçue

Confrontation des résultats de l'expérimentation avec le modèle d'affaiblissement de propagation log-distance.



# Seuil de sensibilité

Détection expérimentale du seuil de sensibilité du récepteur.



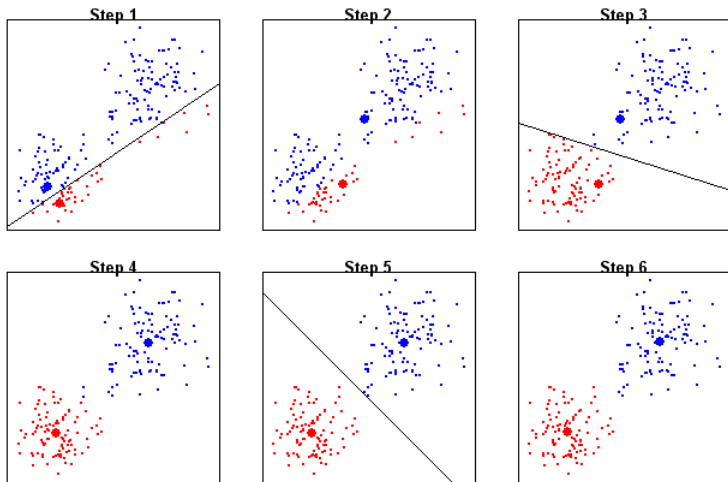


# Plan de la soutenance

- 1 LoRaWAN et LoRaSim
  - LoRaWAN
  - LoRaSim
- 2 Vérification du modèle
  - Puissance reçue
  - Seuil de sensibilité
- 3 Optimisation topologique
  - K-means
  - K-medoids
  - Mean shift
  - Analyse des performances
- 4 Autres topologies et points mobiles
  - Présence d'un cluster
  - Points mobiles

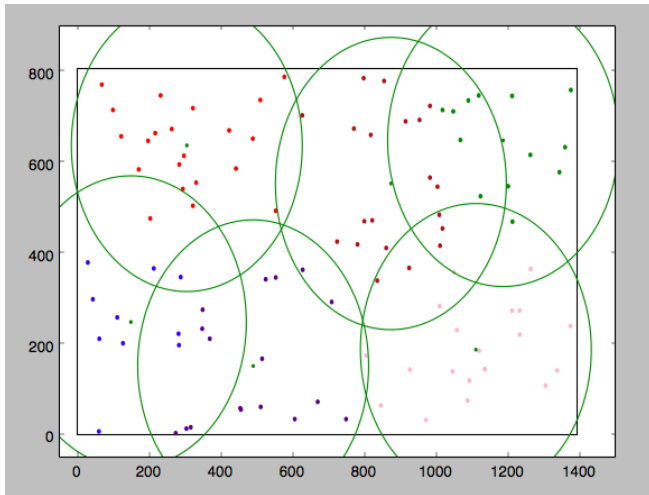
# K-means

## Principe de fonctionnement



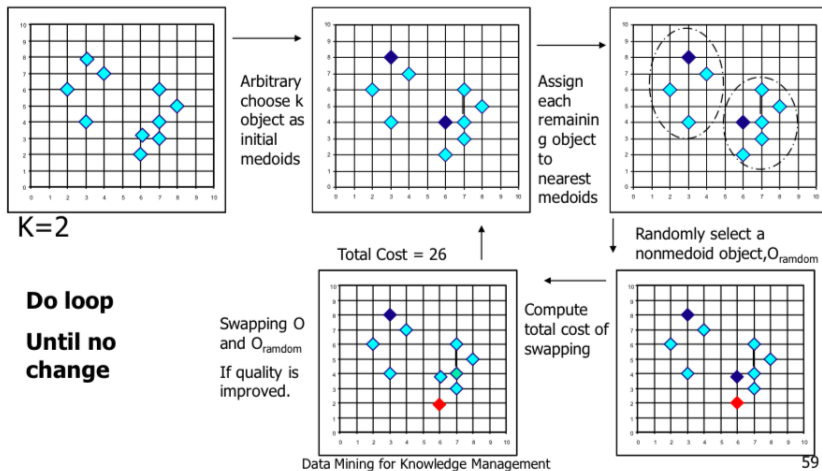
# K-means

## Simulation



# K-medoids

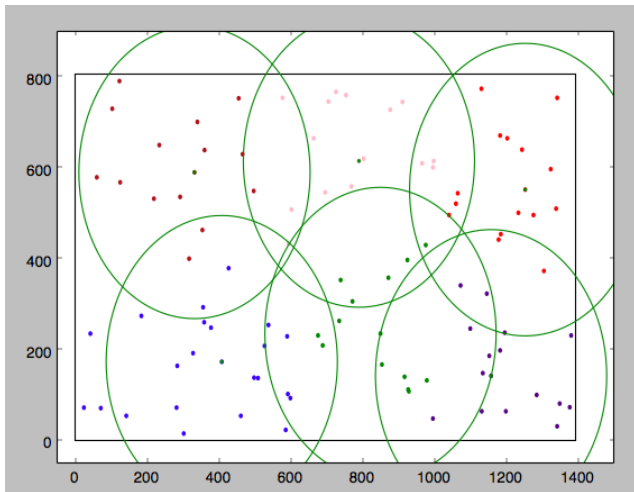
## Principe de fonctionnement



59

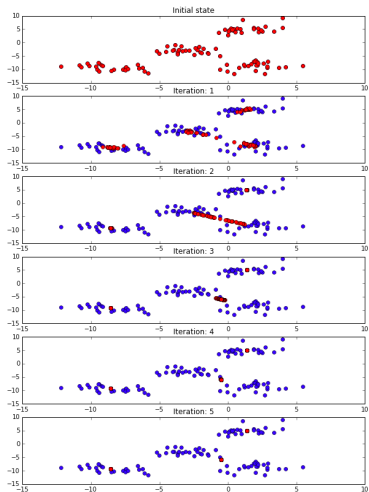
# K-medoids

## Simulation



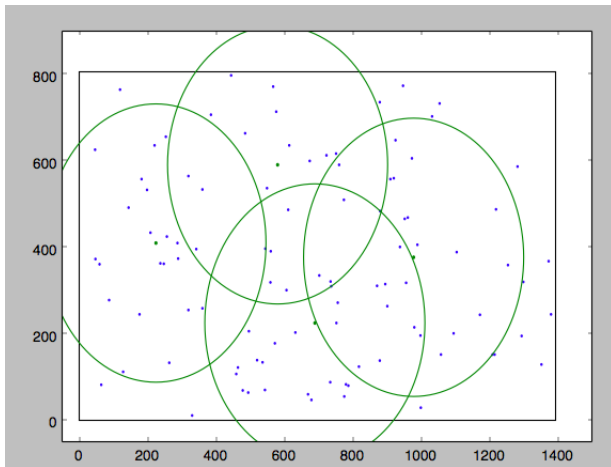
# Mean shift

## Principe de fonctionnement



# Mean shift

## Simulation

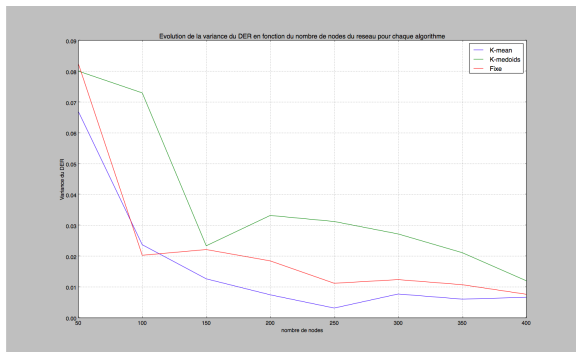


# Analyse des performances

## Mesure de performance

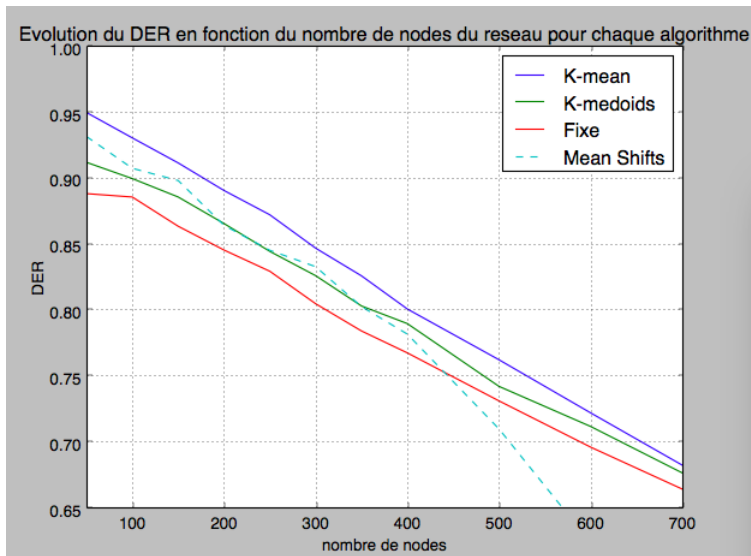
On mesure la performance d'un réseau LoRa en définissant le DER (Data Extraction Rate)

$$DER = \frac{\text{nombre de paquets recus}}{\text{nombre de paquets emis}} \quad (5)$$





# Analyse des performances

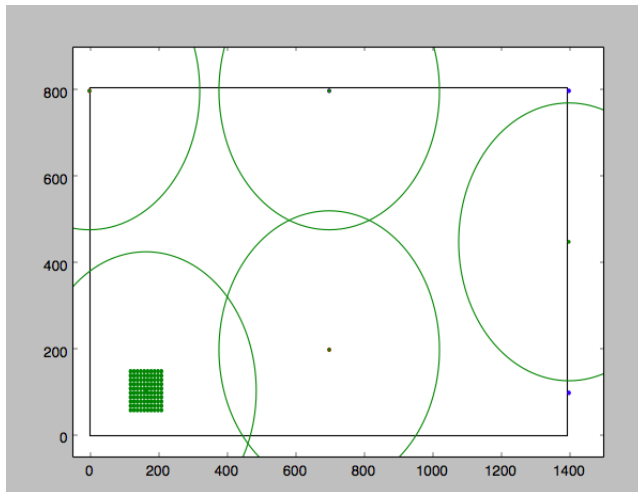


# Plan de la soutenance

- 1 LoRaWAN et LoRaSim
  - LoRaWAN
  - LoRaSim
- 2 Vérification du modèle
  - Puissance reçue
  - Seuil de sensibilité
- 3 Optimisation topologique
  - K-means
  - K-medoids
  - Mean shift
  - Analyse des performances
- 4 Autres topologies et points mobiles
  - Présence d'un cluster
  - Points mobiles

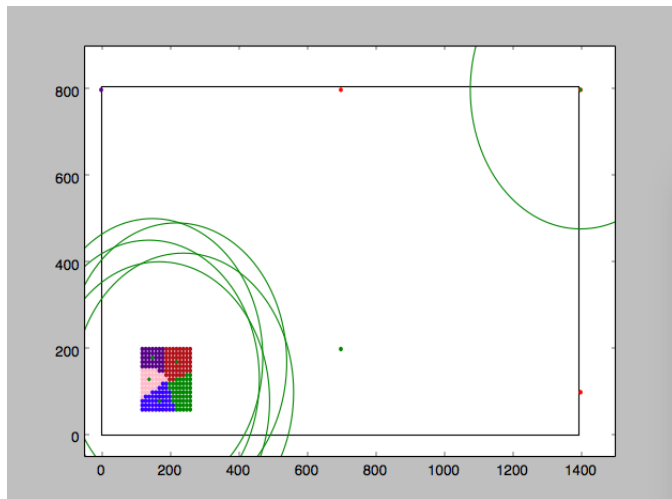
# Présence d'un cluster

## K-means



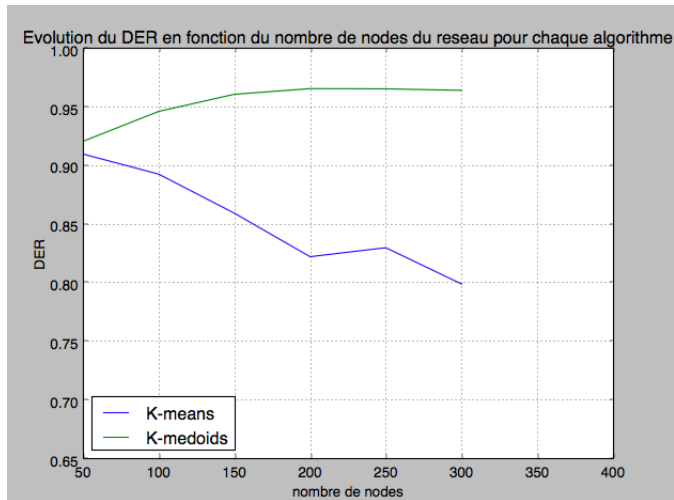
# Présence d'un cluster

## K-medoids



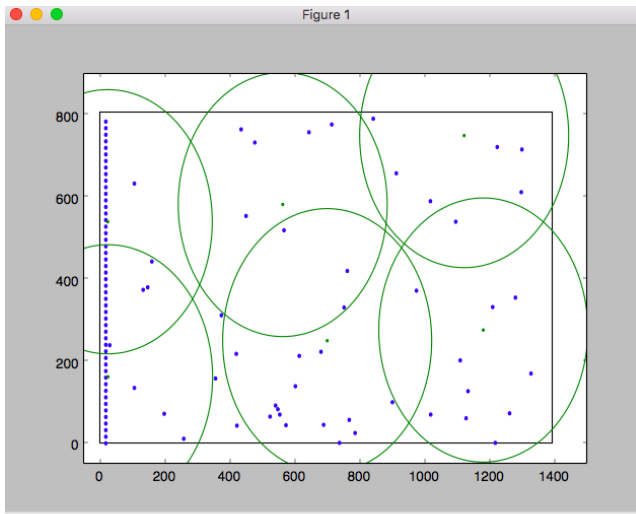
# Présence d'un cluster

## Analyse des résultats



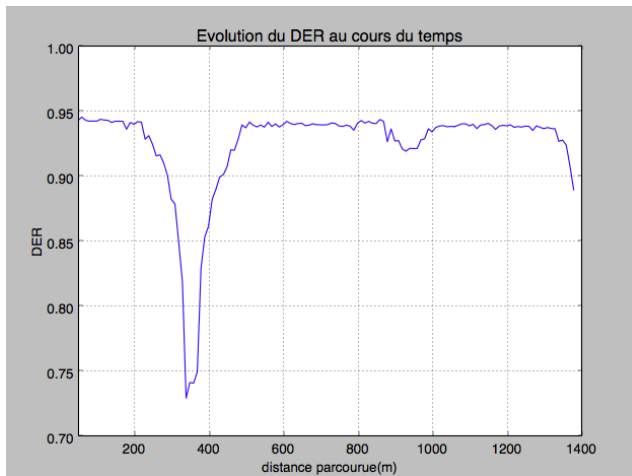
# Points mobiles

## Simulation d'un déplacement de plusieurs noeuds



# Points mobiles

## Impact d'un déplacement de plusieurs noeuds sur le DER



# Conclusion

- Optimisation topologique possible afin d'assurer le passage à l'échelle d'un réseau LoRa
- Grâce à 6 passerelles et une zone de 112 hectares, il est possible de regrouper jusqu'à 180 noeuds en utilisant K-means
- K-means ne donne les meilleurs résultats que lorsque les noeuds sont répartis uniformément. Dans des topologies différentes, d'autres algorithmes sont plus adaptés
- Un réseau n'est pas immuable et des noeuds peuvent disparaître, apparaître ou se déplacer, ce qui impacte le bon fonctionnement d'un réseau LoRa
- Afin d'assurer le meilleur passage à l'échelle, il faudrait combiner l'optimisation topologique avec le paramétrage dynamique et l'utilisation d'antennes directionnelles



# Bibliographie

- [1] Martin BOR, Utz ROEDIG, Thiemo VOIGT, Juan M.ALONSO. *Do LoRa Low-Power Wide-Area Networks Scale ?*  
<http://www.lancaster.ac.uk/scc/sites/lora/lorasim.html>, 2017.

Cours d'analyse d'image de 2A d'Erwan Kerrien :

[https://members.loria.fr/EKerrien/files/data/CETSSAH\\_6.pdf](https://members.loria.fr/EKerrien/files/data/CETSSAH_6.pdf)

LoRa et Sigfox :

<https://aruco.com/2016/03/strategie-reseaux-iot-sigfox-lora/>

Matériel et formule du seuil :

[https://www.semtech.com/uploads/documents/LoraDesignGuide\\_STD.pdf](https://www.semtech.com/uploads/documents/LoraDesignGuide_STD.pdf)

K-means algorithm :

[https://home.deib.polimi.it/matteucc/Clustering/tutorial\\_html/kmeans.html](https://home.deib.polimi.it/matteucc/Clustering/tutorial_html/kmeans.html)

K-medoids algorithm :

<http://disi.unitn.it/themis/courses/MassiveDataAnalytics/slides/Clustering2-2in1.pdf>

Mean shift algorithm :

<http://www.chioka.in/meanshift-algorithm-for-the-rest-of-us-python/>