Retour d'expérience : Utilisation de signaux LoRa dans un système de localisation indoor sans infrastructure a priori

Quentin Vey

Juillet 2021

Institut de Recherche
en Informatique de Toulouse
CNRS - INP - UT3 - UT1 - UT2J

Table of Contents

Contexte : Challenge MALIN

Notre approche : POUCET

Retour d'expérience : LoRa 868MHz

Conclusion

Challenge MALIN - contexte

- Challenge MALIN :
  MAîtrise de la Localisation INdoor
- Organisation :
  DGA
- Évaluation de systèmes de localisation indoor pour interventions d'urgence

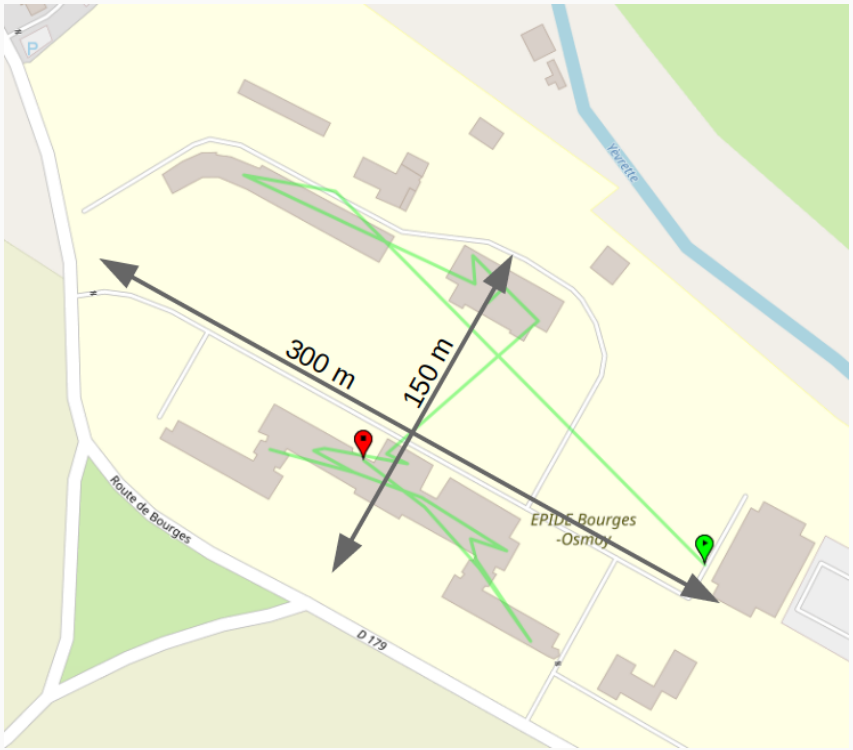
Challenge MALIN - contexte

- Challenge MALIN :
  MAîtrise de la Localisation INdoor
- Organisation :
  DGA
- Évaluation de systèmes de localisation indoor pour interventions d'urgence
- Participants :
  - 6 équipes
  - partenariats universitaires/industriels

- Technologies utilisées :
  - Centrales inertielles
  - Odométrie (humaine/visuelle)
  - Mesures de champs magnétiques
  - **Mesures radio**

Challenge MALIN - environnement expérimental

- 3x 1 semaine de compétition (2019, 2020, **2021**)
- 2 scénarios (référence, **évaluation**)
- Infrastructure d'évaluation mise en place par l'organisation :
  - Parcours indoor



Challenge MALIN - Difficultés

- Fumée, Lampes stroboscopiques, miroirs, éclairages aveuglants

Challenge MALIN - Difficultés

- Fumée, Lampes stroboscopiques, miroirs, éclairages aveuglants
- Tapis roulant, rampé au sol, port d'objet encombrant

Challenge MALIN - Difficultés

- Fumée, Lampes stroboscopiques, miroirs, éclairages aveuglants
- Tapis roulant, rampé au sol, port d'objet encombrant
- Canyon urbain, boyau souterrain

Challenge MALIN - Difficultés

- Fumée, Lampes stroboscopiques, miroirs, éclairages aveuglants
- Tapis roulant, rampé au sol, port d'objet encombrant
- Canyon urbain, boyau souterrain

Challenge MALIN - Déroulement d'un scénario

- Mise en place : 15', seul l'expérimentateur peut se déplacer sur la zone d'expérience.

Challenge MALIN - Déroulement d'un scénario

- Mise en place : 15', seul l'expérimentateur peut se déplacer sur la zone d'expérience.
- Initialisation : coordonnées du point de départ fournies par l'organisation (via câble RJ45).

Challenge MALIN - Déroulement d'un scénario

- Mise en place : 15', seul l'expérimentateur peut se déplacer sur la zone d'expérience.
- Initialisation : coordonnées du point de départ fournies par l'organisation (via câble RJ45).
- Évolution de l'expérimentateur sur le parcours (45')

Challenge MALIN - Déroulement d'un scénario

- Mise en place : 15', seul l'expérimentateur peut se déplacer sur la zone d'expérience.
- Initialisation : coordonnées du point de départ fournies par l'organisation (via câble RJ45).
- Évolution de l'expérimentateur sur le parcours (45')
- Récupération des données pour évaluation

Table of Contents

Contexte : Challenge MALIN

Notre approche : POUCET

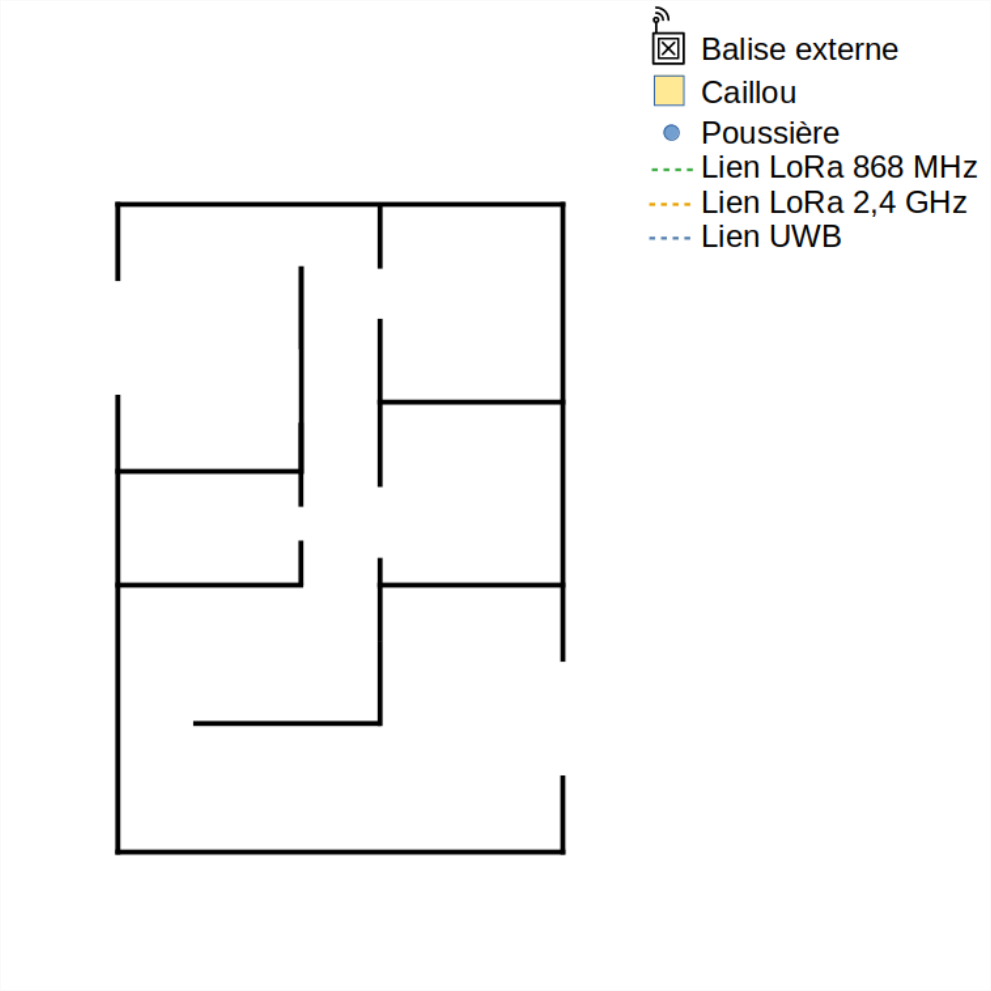
Retour d'expérience : LoRa 868MHz

Conclusion

Notre approche : POUCET

POUCET : POsitionnement Urbain en environnement ConnEcTé

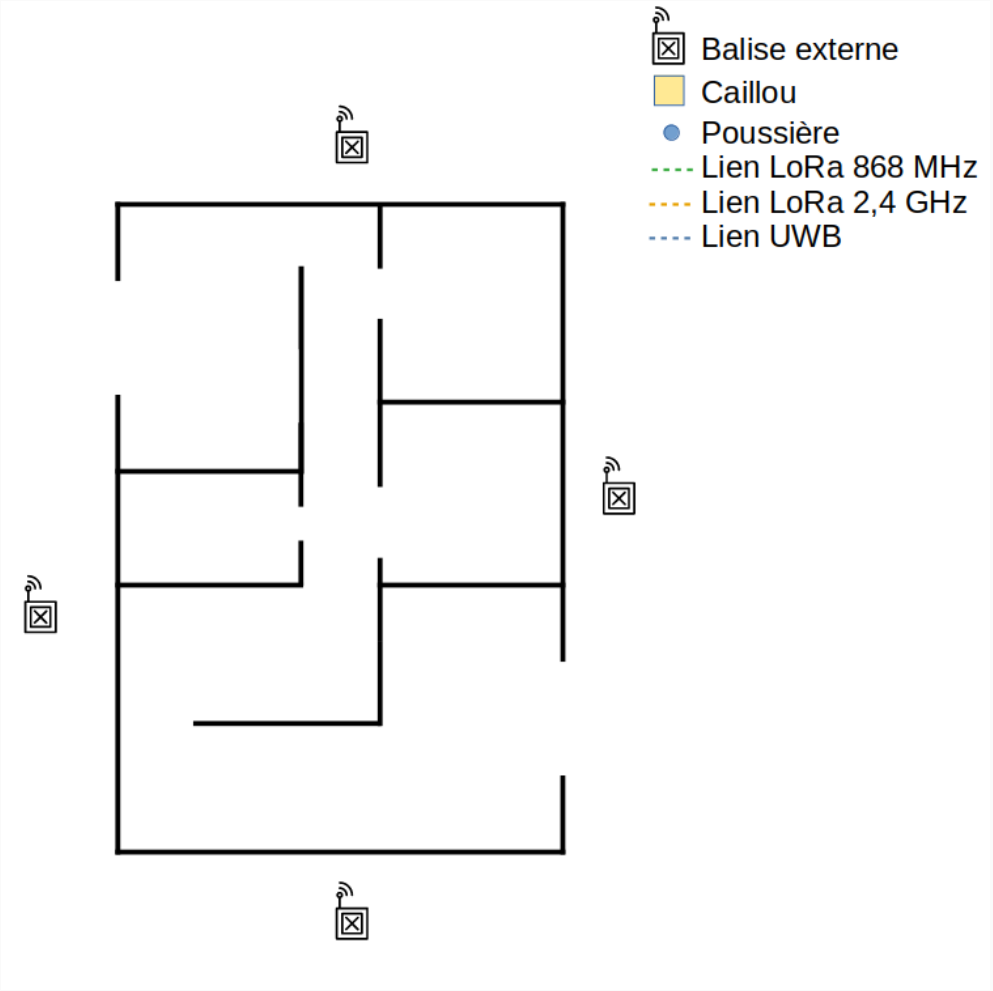
- Infrastructure légère déployée au cours de la progression
- Technologies complémentaires



Notre approche : POUCET

POUCET : POsitionnement Urbain en environnement ConnEcTé

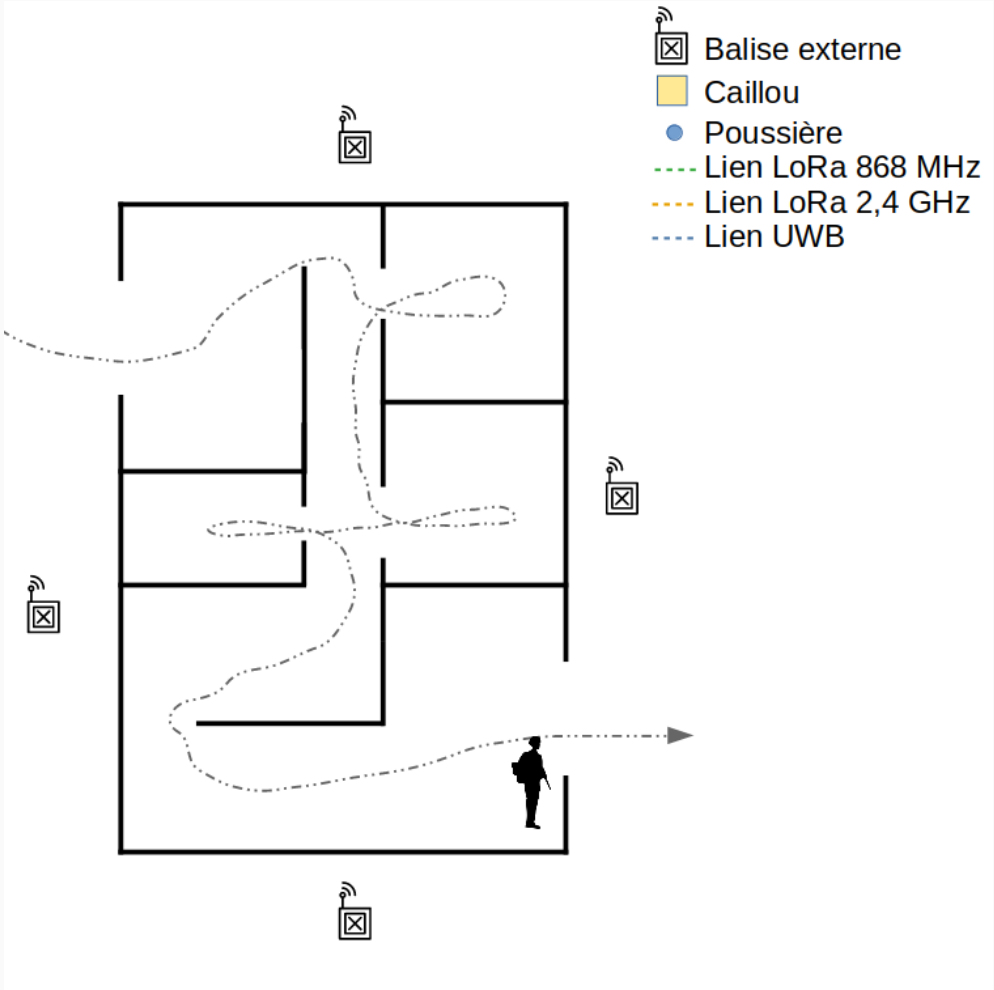
- Infrastructure légère déployée au cours de la progression
- Technologies complémentaires



Notre approche : POUCET

POUCET : POsitionnement Urbain en environnement ConnEcTé

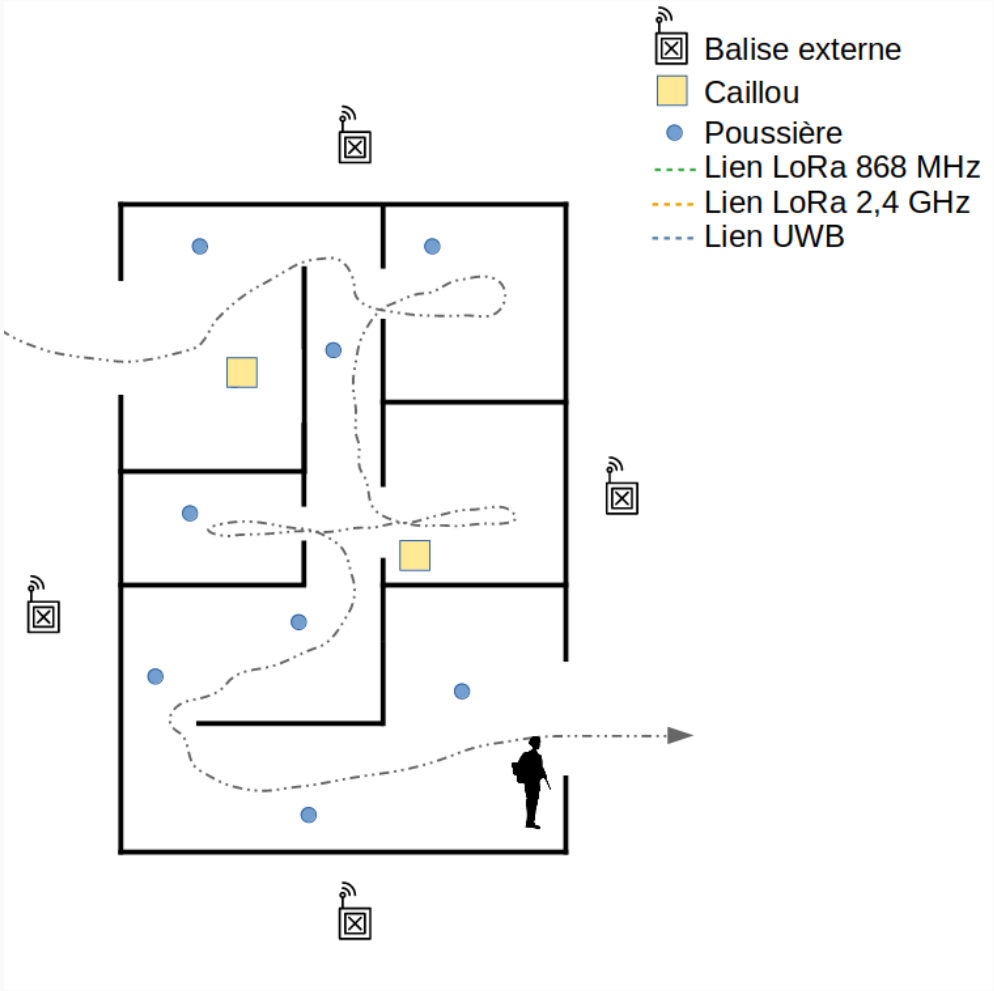
- Infrastructure légère déployée au cours de la progression
- Technologies complémentaires



Notre approche : POUCET

POUCET : POsitionnement Urbain en environnement ConnEcTé

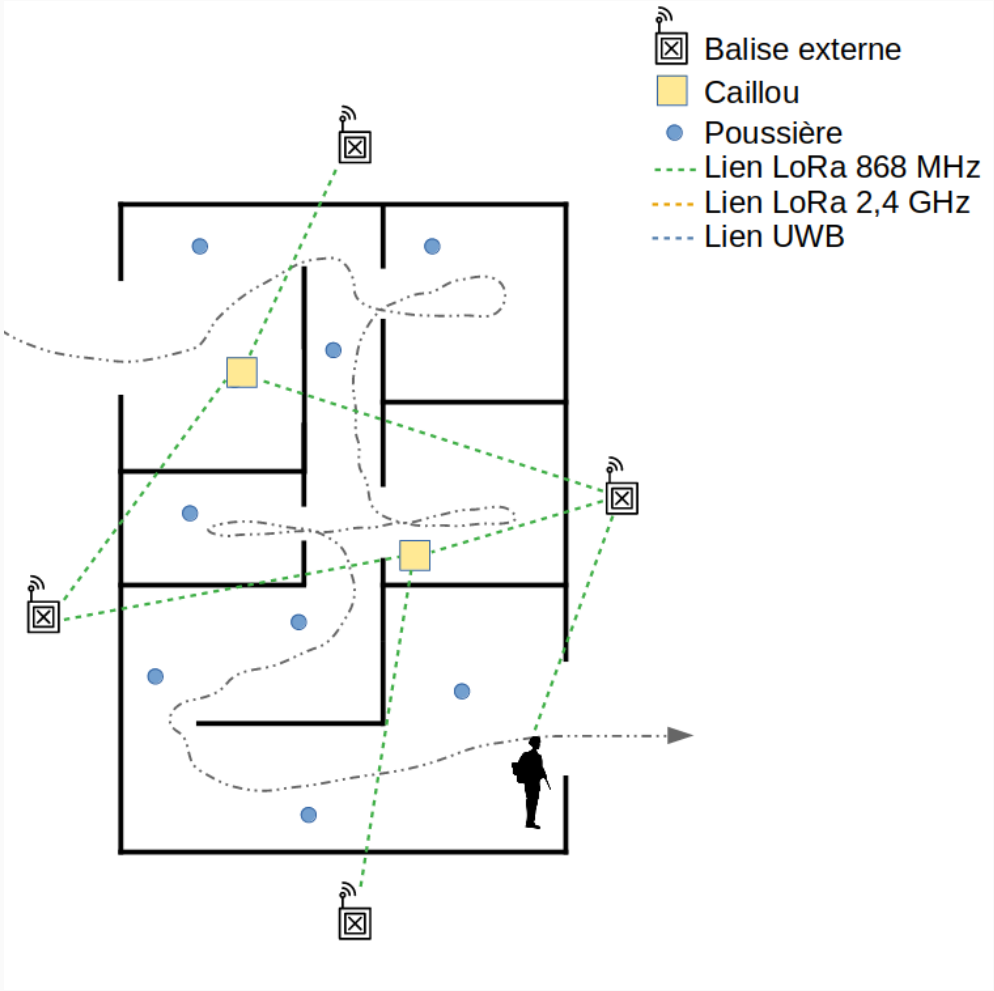
- Infrastructure légère déployée au cours de la progression
- Technologies complémentaires



Notre approche : POUCET

POUCET : POsitionnement Urbain en environnement ConnEcTé

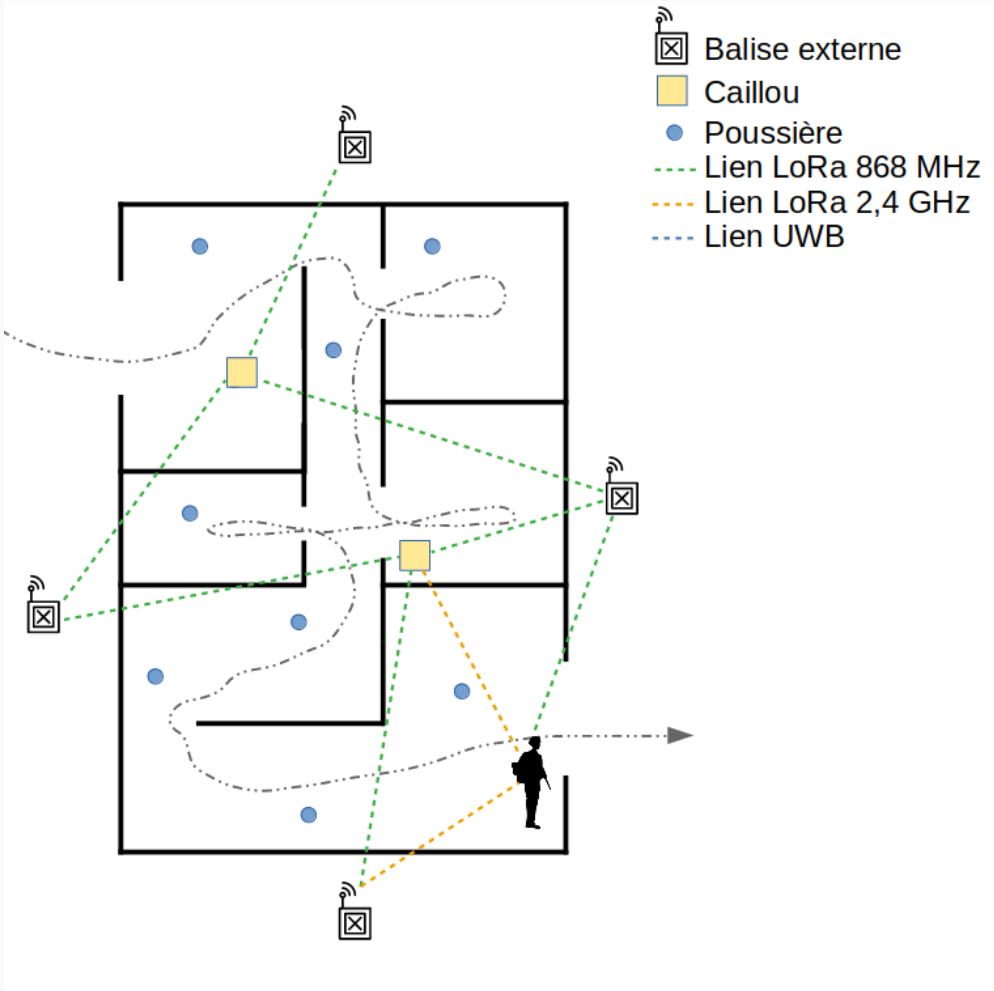
- Infrastructure légère déployée au cours de la progression
- Technologies complémentaires



Notre approche : POUCET

POUCET : POsitionnement Urbain en environnement ConnEcTé

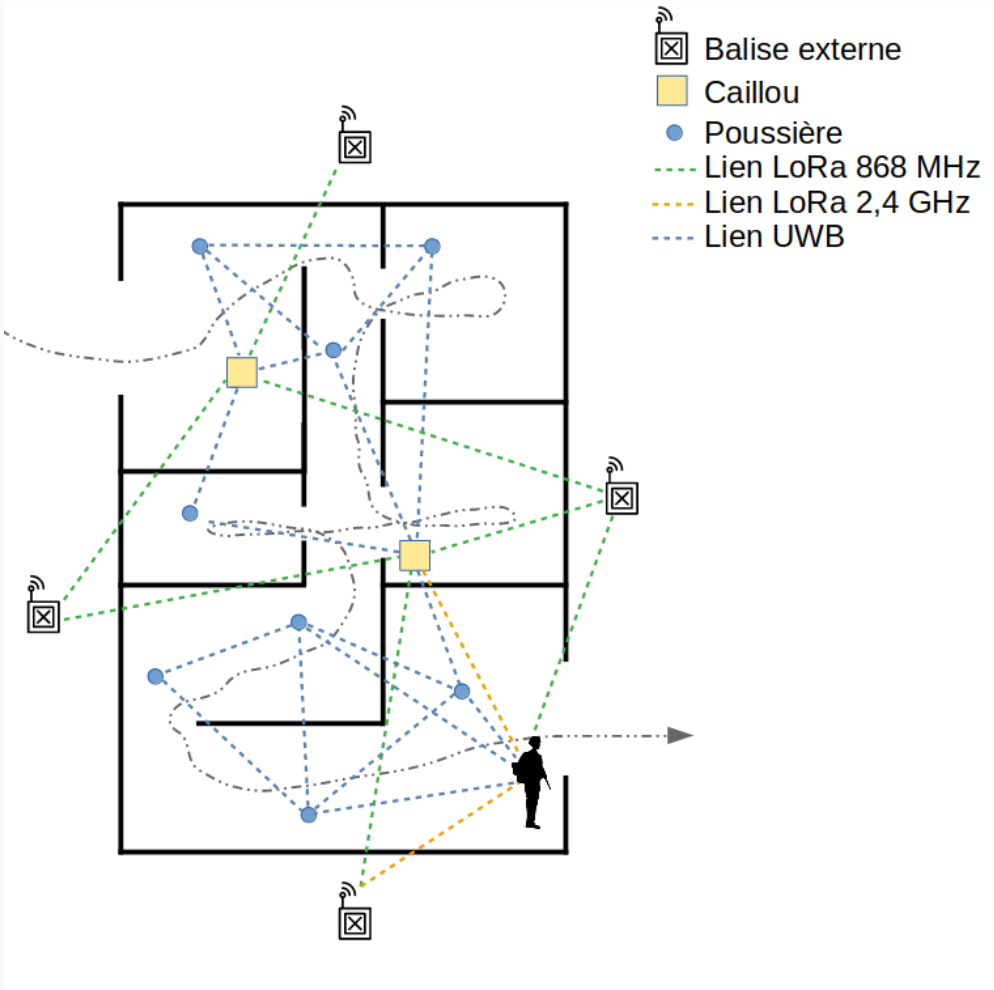
- Infrastructure légère déployée au cours de la progression
- Technologies complémentaires



Notre approche : POUCET

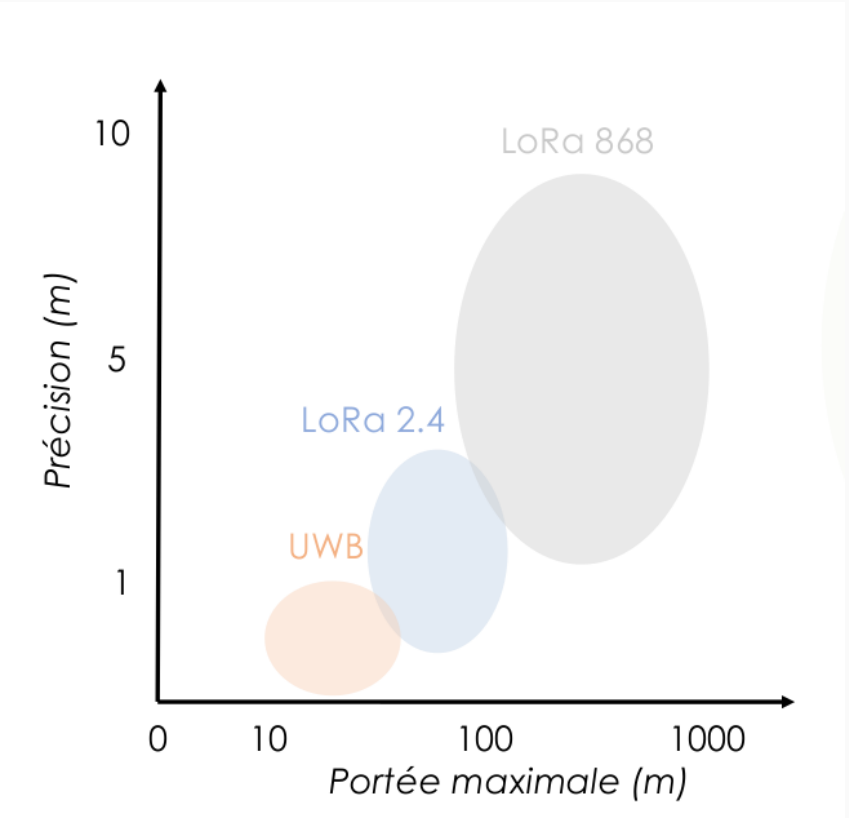
POUCET : POsitionnement Urbain en environnement ConnEcTé

- Infrastructure légère déployée au cours de la progression
- Technologies complémentaires



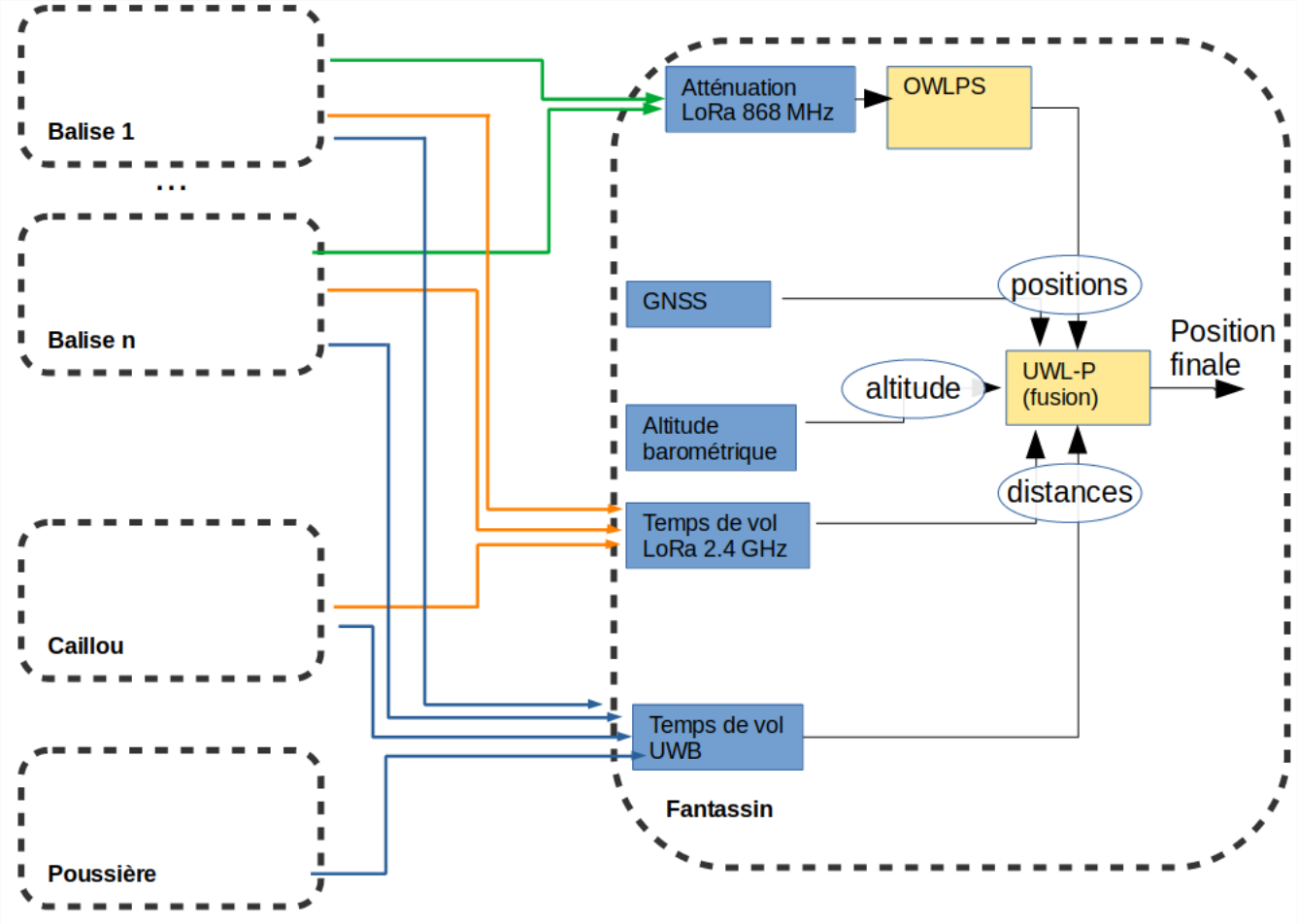
Technologies utilisées

- Mesures radio :
  - **LoRa 868 MHz** (RSS)
  - LoRa 2.4 GHz (ToF)
  - UWB (3-4GHz) (ToF)
- Autres :
  - GNSS
  - Baromètre



Fusion des mesures

Basé sur une version modifiée de UWL [1]



[1] Vey et al. "*A distributed algorithm for range-based localization in sparse wireless networks*", ITNAC 2020.

Table of Contents

Contexte : Challenge MALIN

Notre approche : POUCET

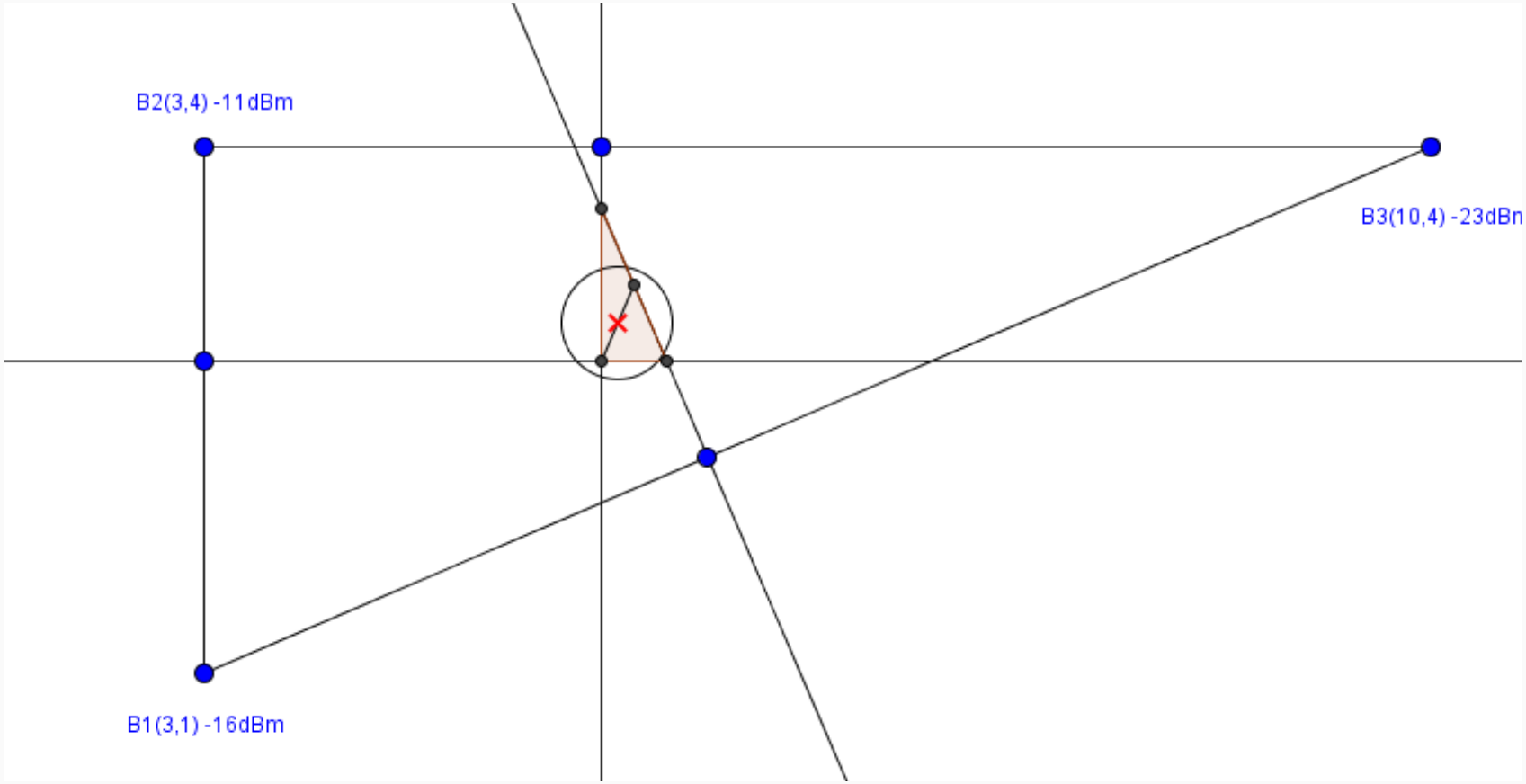
Retour d'expérience : LoRa 868MHz

Conclusion

Utilisation du LoRa 868MHz dans notre système

Principe :

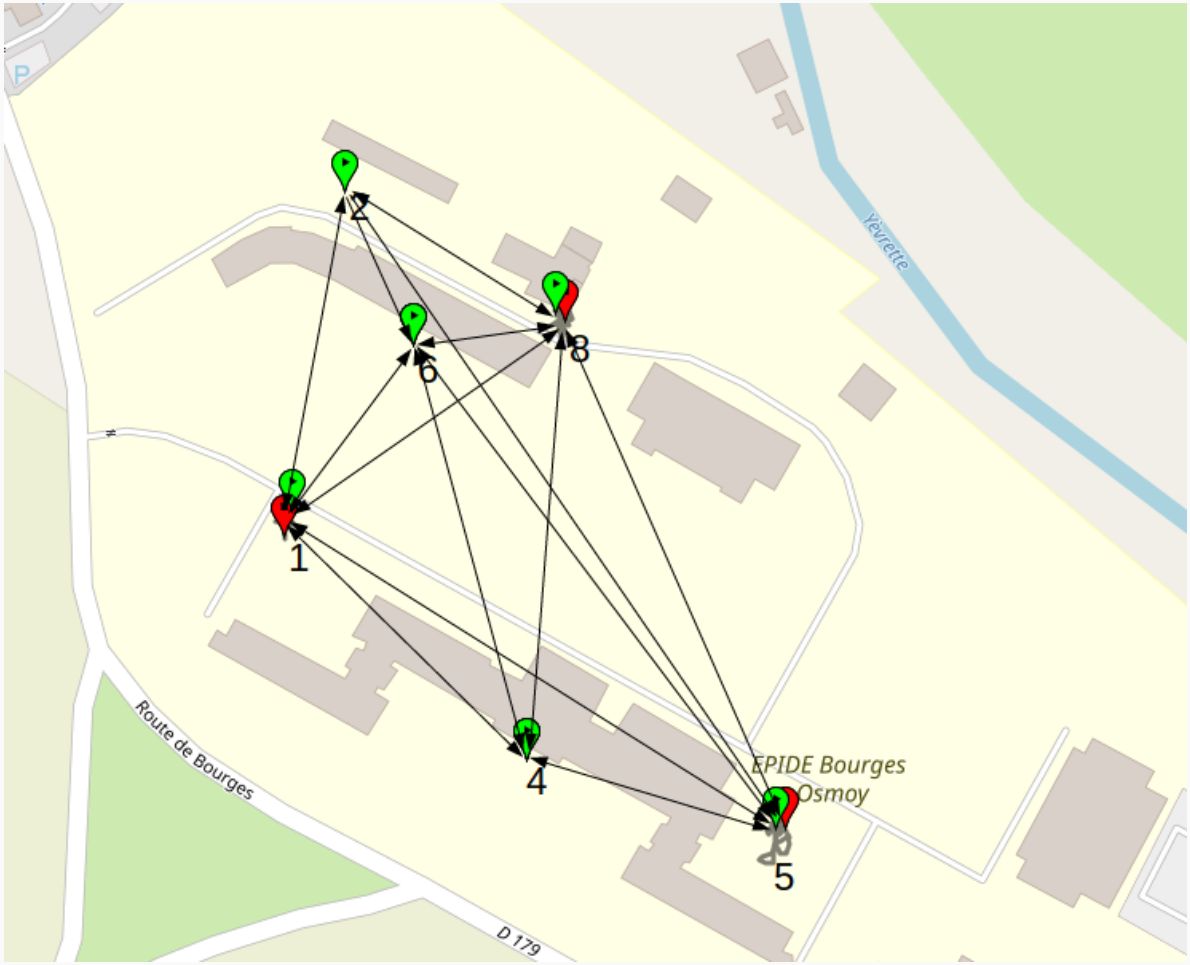
- Localisation : mesures d'atténuation balises-mobile
- Adaptation à l'environnement : mesures balise-sbalises



Utilisation du LoRa 868MHz dans notre système

Principe :

- Localisation : mesures d'atténuation balises-mobile
- Adaptation à l'environnement : mesures balise-sbalises



Placement des balises extérieures

- Pas d'accès direct au terrain
    - Uniquement des consignes données à l'expérimentateur

Placement des balises extérieures

- Pas d'accès direct au terrain
  - Uniquement des consignes données à l'expérimentateur
- Déploiement par un piéton seul

Placement des balises extérieures

- Pas d'accès direct au terrain
  - Uniquement des consignes données à l'expérimentateur
- Déploiement par un piéton seul
  - Étendue spatiale limitée

Placement des balises extérieures

- Pas d'accès direct au terrain
  - Uniquement des consignes données à l'expérimentateur
- Déploiement par un piéton seul
  - Étendue spatiale limitée
  - Dépose au sol (au mieux sur un muret)

Placement des balises extérieures

- Pas d'accès direct au terrain
  - Uniquement des consignes données à l'expérimentateur
- Déploiement par un piéton seul
  - Étendue spatiale limitée
  - Dépose au sol (au mieux sur un muret)
  - Taille des appareils limitée

Placement des balises extérieures

- Pas d'accès direct au terrain
  - Uniquement des consignes données à l'expérimentateur
- Déploiement par un piéton seul
  - Étendue spatiale limitée
  - Dépose au sol (au mieux sur un muret)
  - Taille des appareils limitée

$\Rightarrow$ Placement atypique pour des "base station"

Placement des balises extérieures

- Pas d'accès direct au terrain
  - Uniquement des consignes données à l'expérimentateur
- Déploiement par un piéton seul
  - Étendue spatiale limitée
  - Dépose au sol (au mieux sur un muret)
  - Taille des appareils limitée

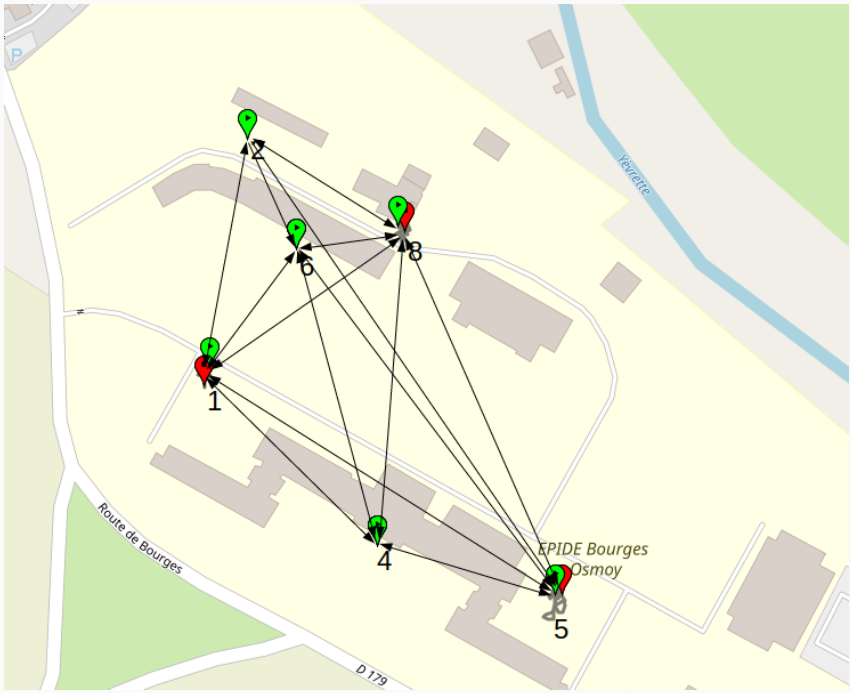
$\Rightarrow$ Placement atypique pour des "base station"

$\Rightarrow$ Dépose au ras du sol

- Très forte atténuation
- Changement d'antenne entre compétition 2 et 3
  ($\lambda/4$ soudée sur PCB $\rightarrow$ $\lambda/2$ externe)

Accès au canal

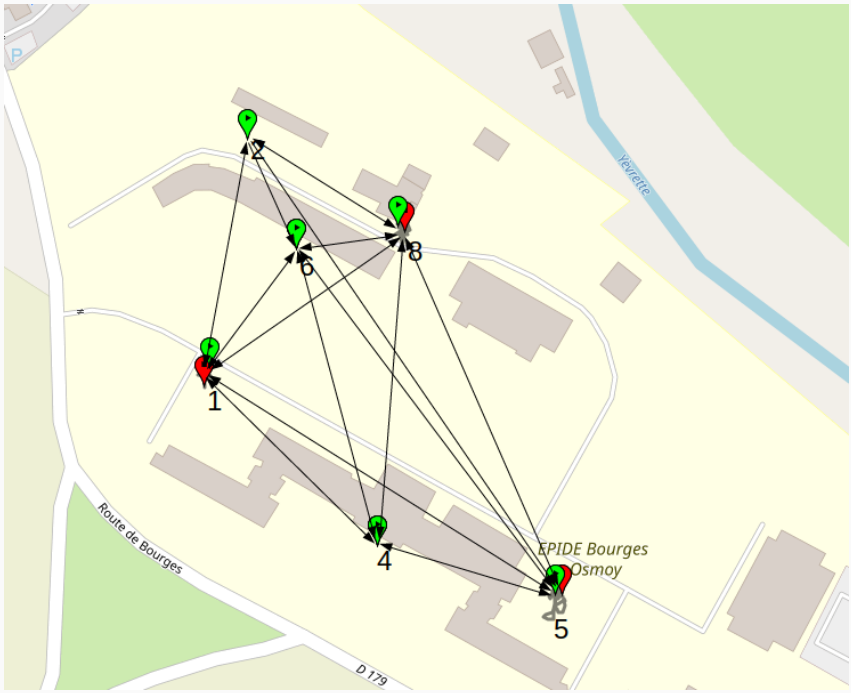
Besoins :



Accès au canal

Besoins :

- Pénétration du signal
  $\Rightarrow$ Débit faible (SF9)
- Mobilité $\Rightarrow$ messages reçus “simultanément”

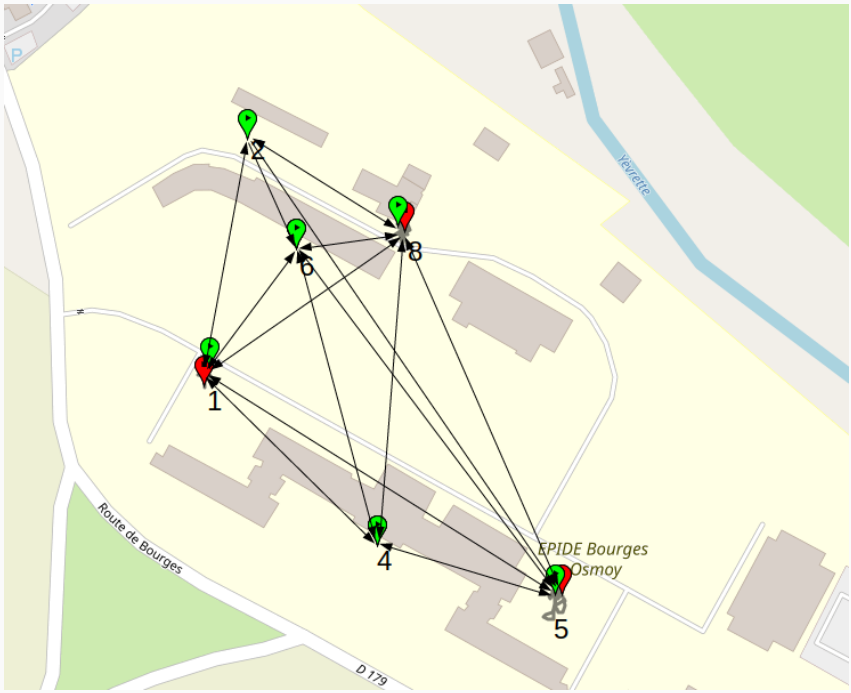


Accès au canal

Besoins :

- Pénétration du signal
  $\Rightarrow$ Débit faible (SF9)
- Mobilité $\Rightarrow$ messages reçus “simultanément”

Protocole MAC : token passing auto-organisé



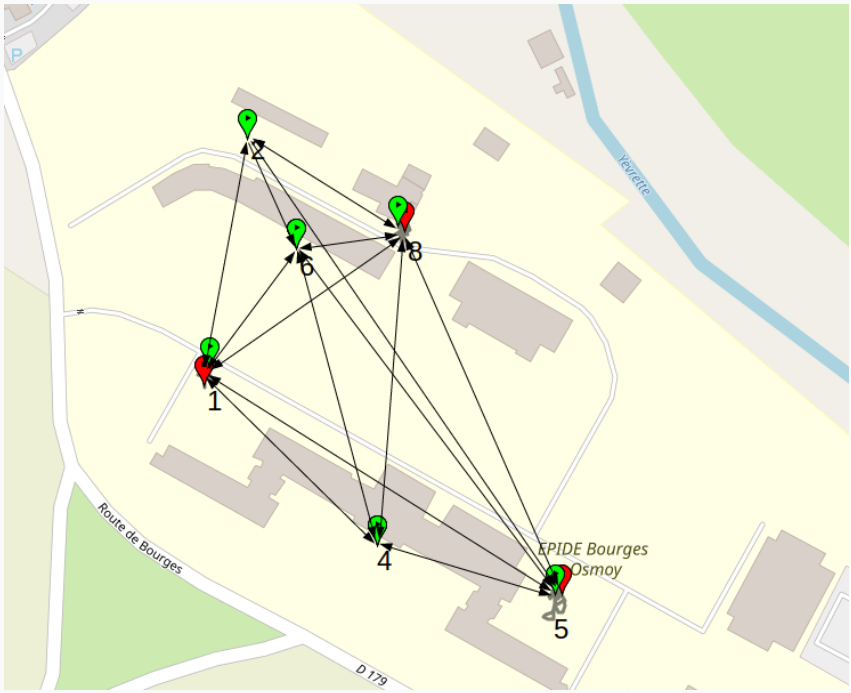
Accès au canal

Besoins :

- Pénétration du signal
  $\Rightarrow$ Débit faible (SF9)
- Mobilité $\Rightarrow$ messages reçus “simultanément”

Protocole MAC : token passing auto-organisé

Problèmes :



Accès au canal

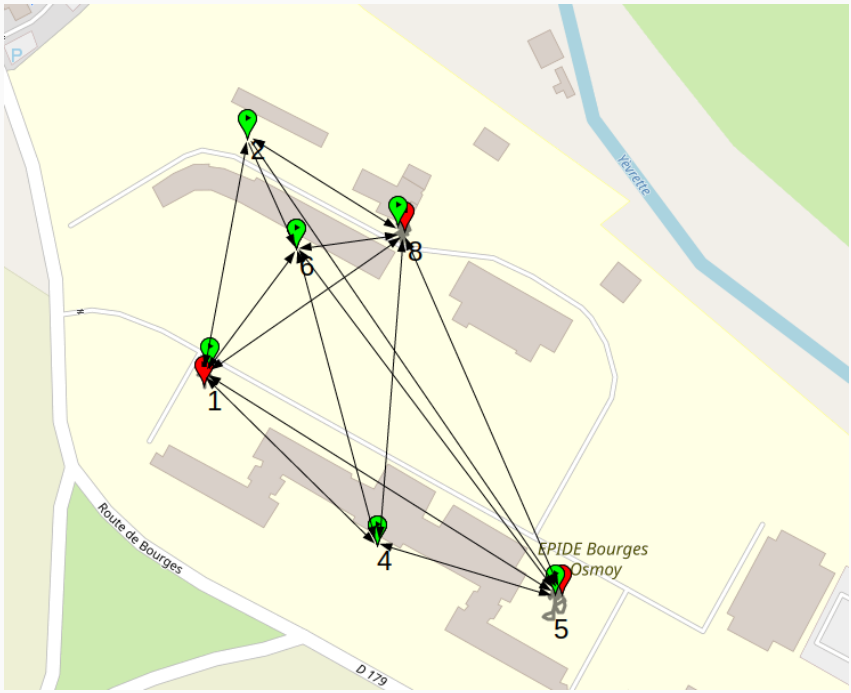
Besoins :

- Pénétration du signal
  $\Rightarrow$ Débit faible (SF9)
- Mobilité $\Rightarrow$ messages reçus “simultanément”

Protocole MAC : token passing auto-organisé

Problèmes :

- Graphe non complet, possibilité de sous-boucles



Accès au canal

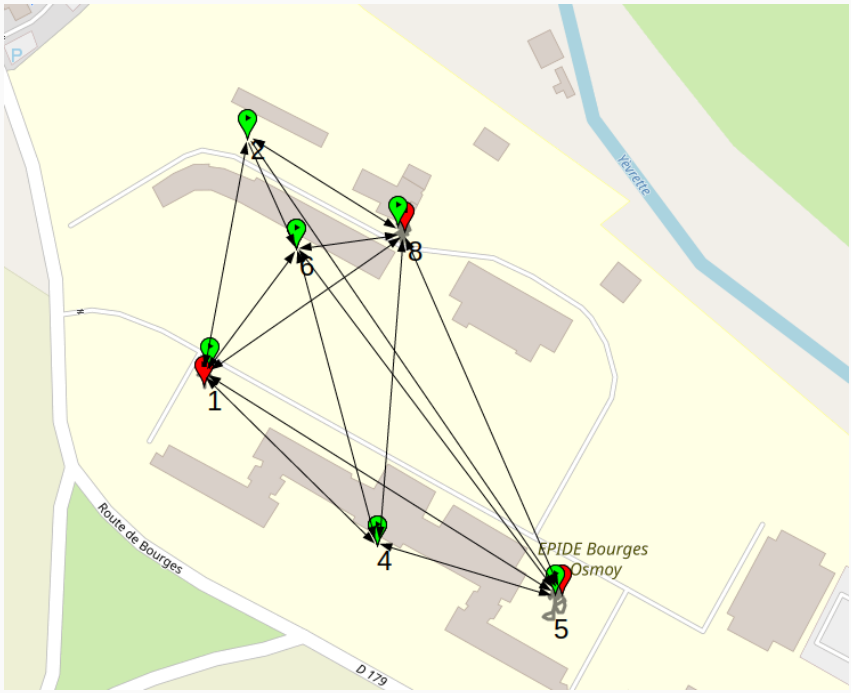
Besoins :

- Pénétration du signal
  $\Rightarrow$ Débit faible (SF9)
- Mobilité $\Rightarrow$ messages reçus “simultanément”

Protocole MAC : token passing auto-organisé

Problèmes :

- Graphe non complet, possibilité de sous-boucles
- Nœud mobile avec connectivité intermittente



Accès au canal

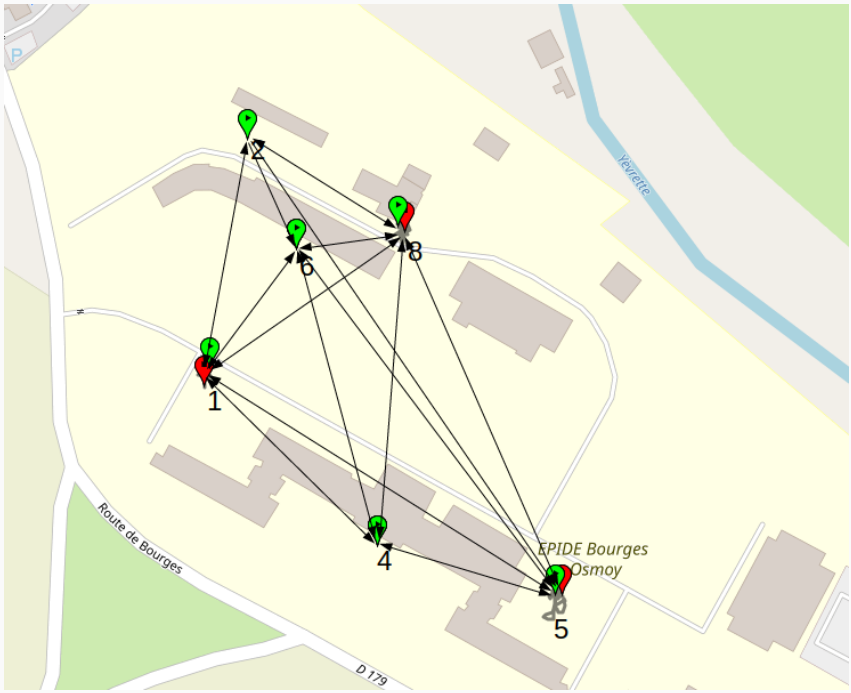
Besoins :

- Pénétration du signal
  $\Rightarrow$ Débit faible (SF9)
- Mobilité $\Rightarrow$ messages reçus “simultanément”

Protocole MAC : token passing auto-organisé

Problèmes :

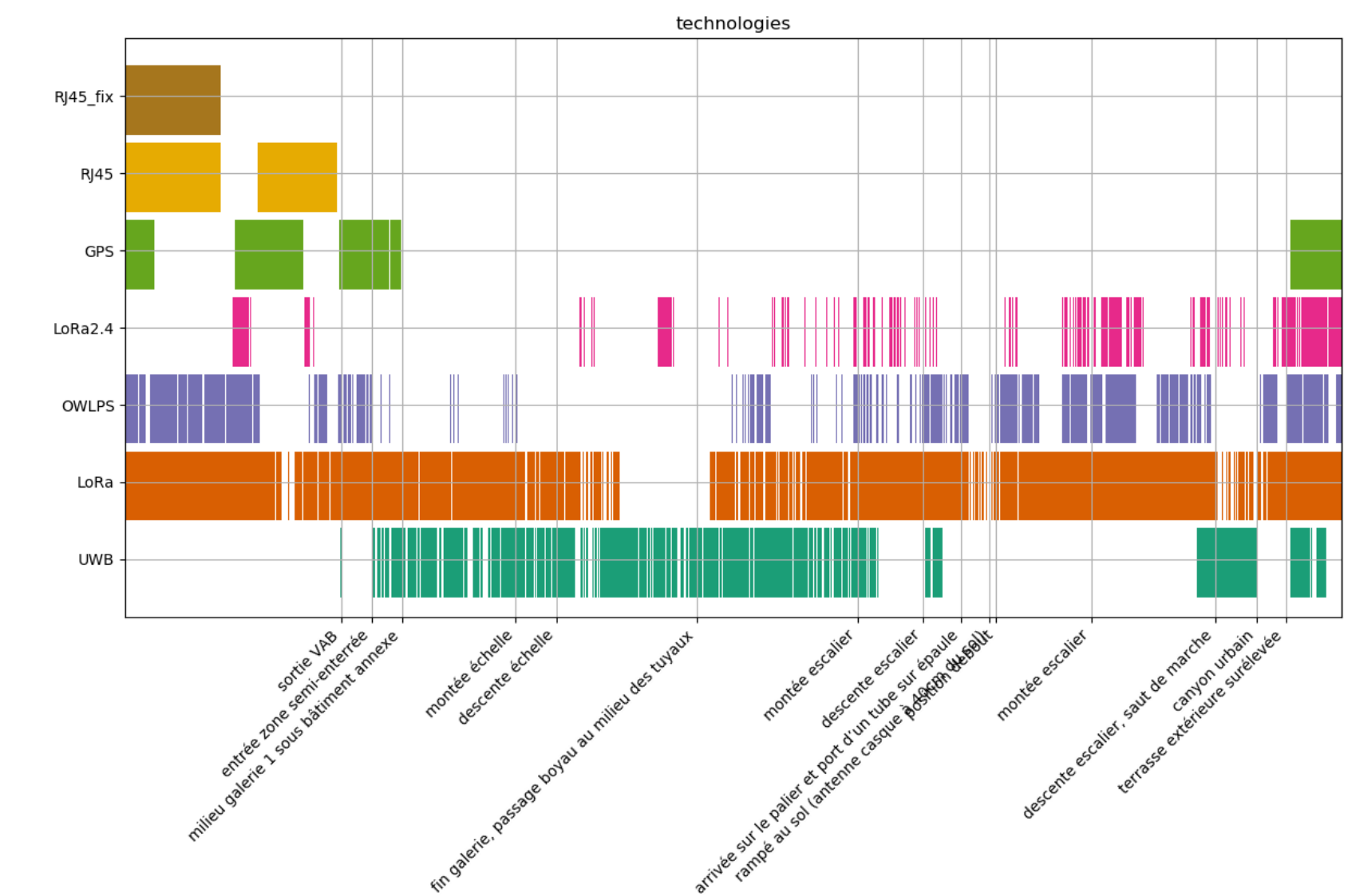
- Graphe non complet, possibilité de sous-boucles
- Nœud mobile avec connectivité intermittente



Solution :

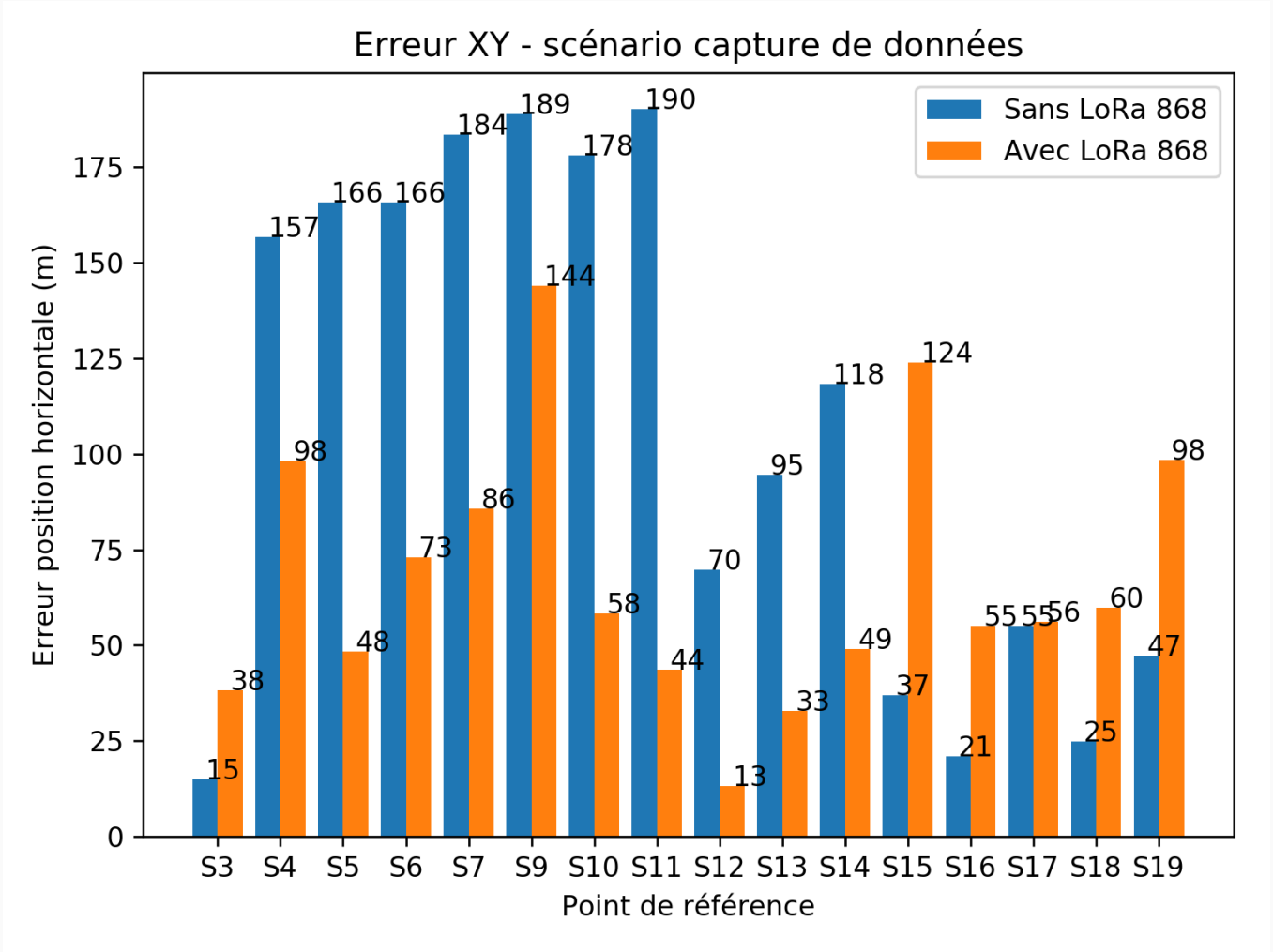
- Désactivation de l’émission du mobile

Résultats : Disponibilité



Disponibilité du signal en fonction des technologies

Résultats : Erreur de localisation



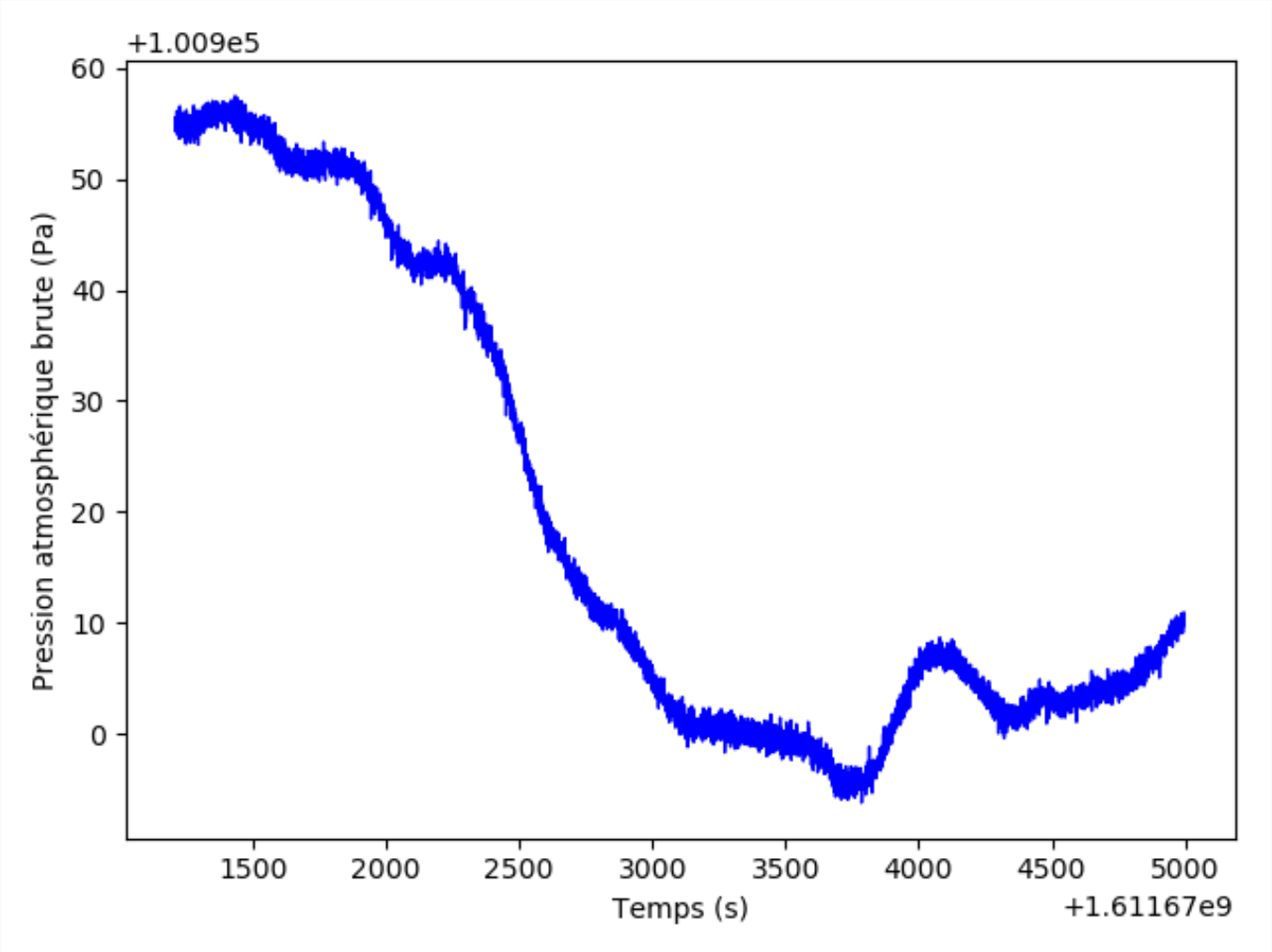
Erreur de localisation horizontale aux points de référence

Résultats : Erreur de localisation (verticale)

Principe : baro-altimètre

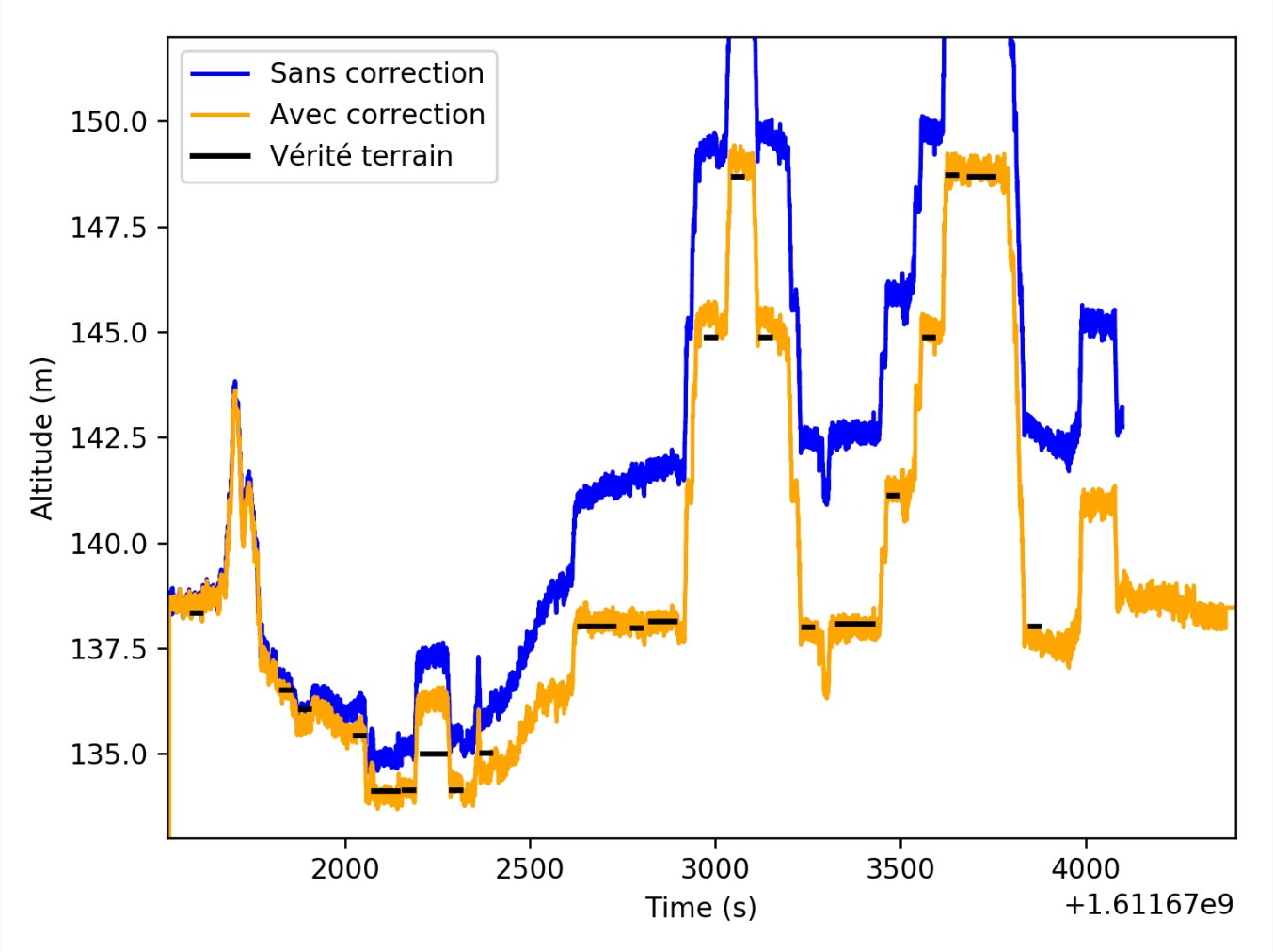
- $P_1 = P_0 \left(1 - \frac{0.0065(h_1 - h_0)}{293.15}\right)^{5.255}$
- Initialisation : altitude et pression connues $\Rightarrow (P_0, h_0)$
- Exploitation : $\left.\begin{array}{r} \text{Mesure de } P_1 \\ (P_0, h_0) \end{array}\right\} \Rightarrow h_1$

Résultats : Erreur de localisation (verticale)



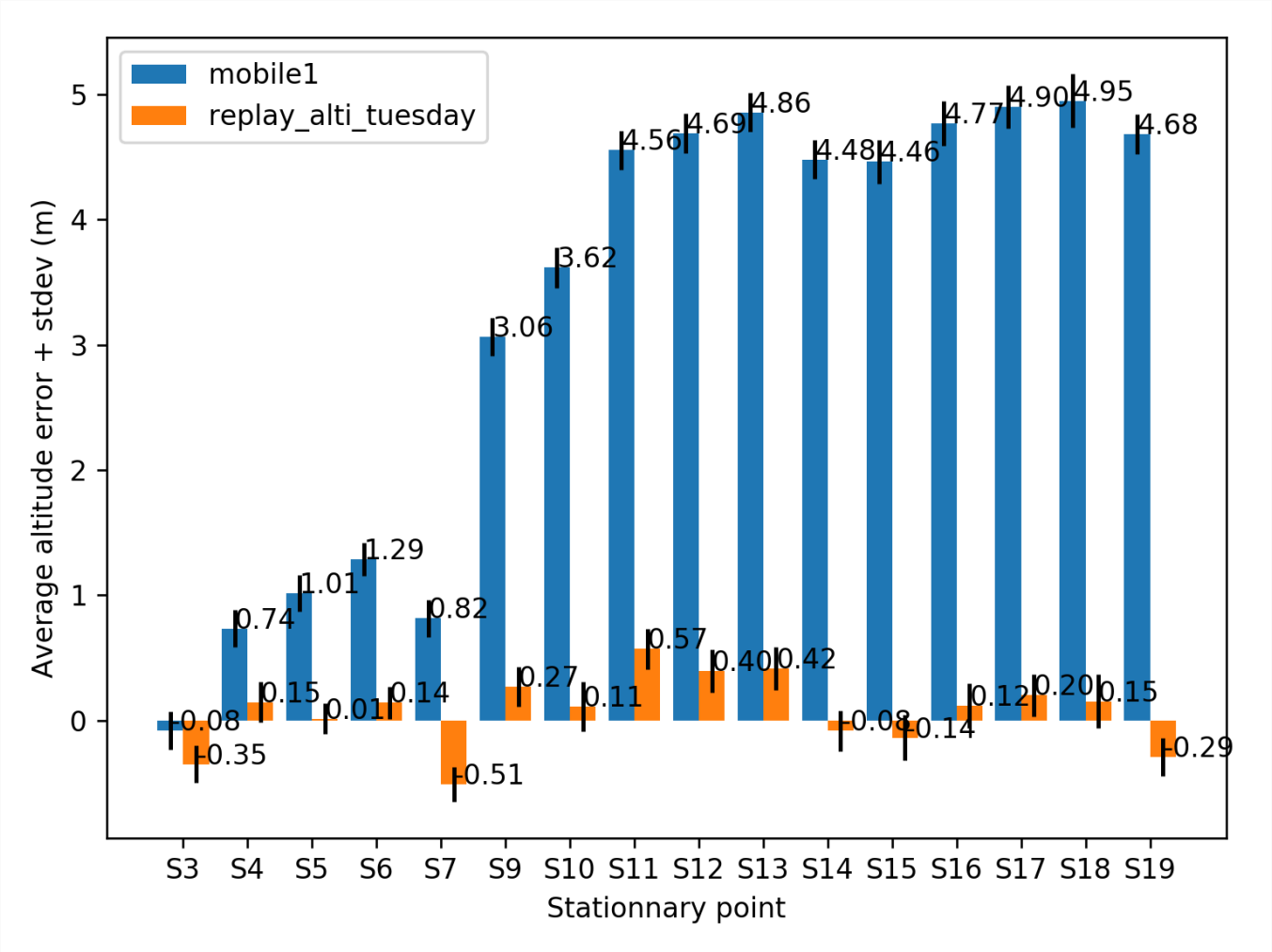
Évolution météorologique de la pression atmosphérique

Résultats : Erreur de localisation (verticale)



Altitude calculée

Résultats : Erreur de localisation (verticale)



Erreur d'altitude aux points de référence

Table of Contents

Contexte : Challenge MALIN

Notre approche : POUCET

Retour d'expérience : LoRa 868MHz

Conclusion

Conclusion

- Présentation challenge MALIN
- Présentation système POUCET
- Difficultés rencontrées avec LoRa 868 MHz
  - Atténuation due au sol
  - Accès au canal
- Résultats
  - Disponibilité du signal
  - Utilité du LoRa dans le calcul de position
  - Utilité du LoRa dans la correction de l'altitude

Conclusion

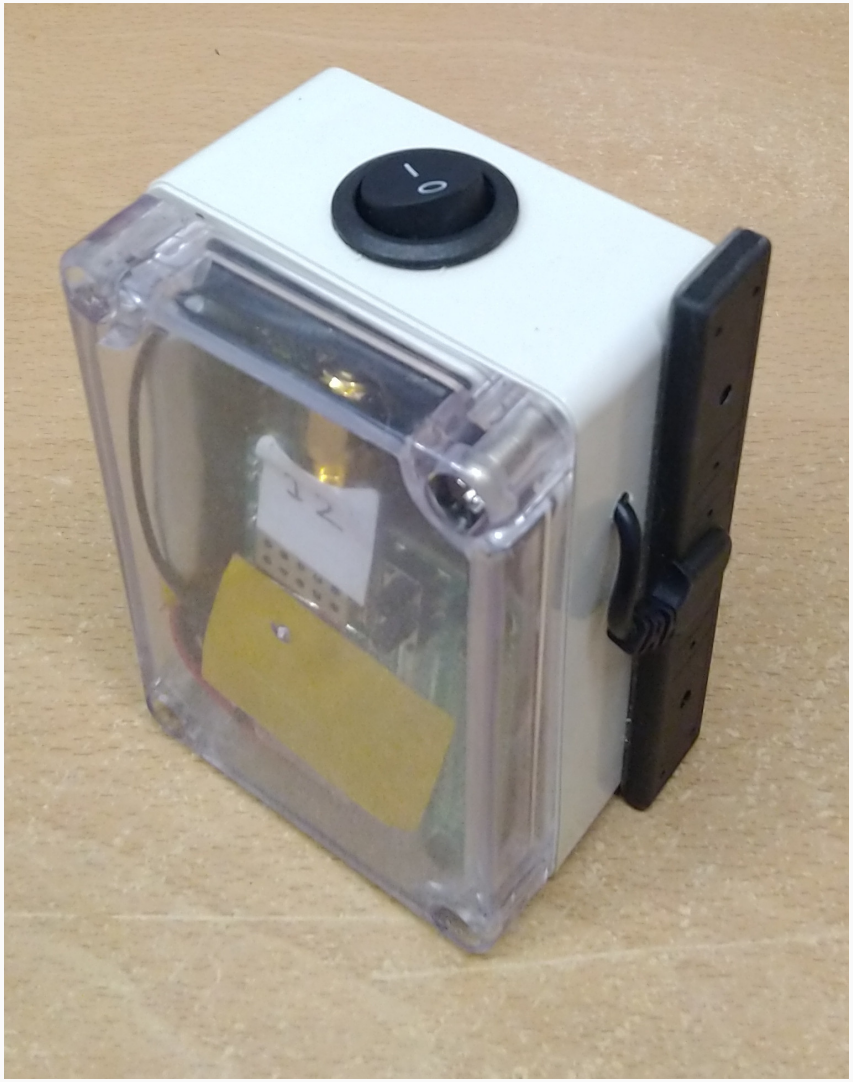
- Présentation challenge MALIN
- Présentation système POUCET
- Difficultés rencontrées avec LoRa 868 MHz
  - Atténuation due au sol
  - Accès au canal
- Résultats
  - Disponibilité du signal
  - Utilité du LoRa dans le calcul de position
  - Utilité du LoRa dans la correction de l'altitude

Publications :

- Kojakian et al., "*Firefighter indoor localization (POUCET)*", 2019 IEEE Radio and Antenna Days of the Indian Ocean (RADIO)
- Vey et al. "*A distributed algorithm for range-based localization in sparse wireless networks*", ITNAC 2020.
- Vey et al. "*POUCET: A Multi-Technology Indoor Positioning Solution for Firefighters and Soldiers*", IPIN 2021 (acceptée).

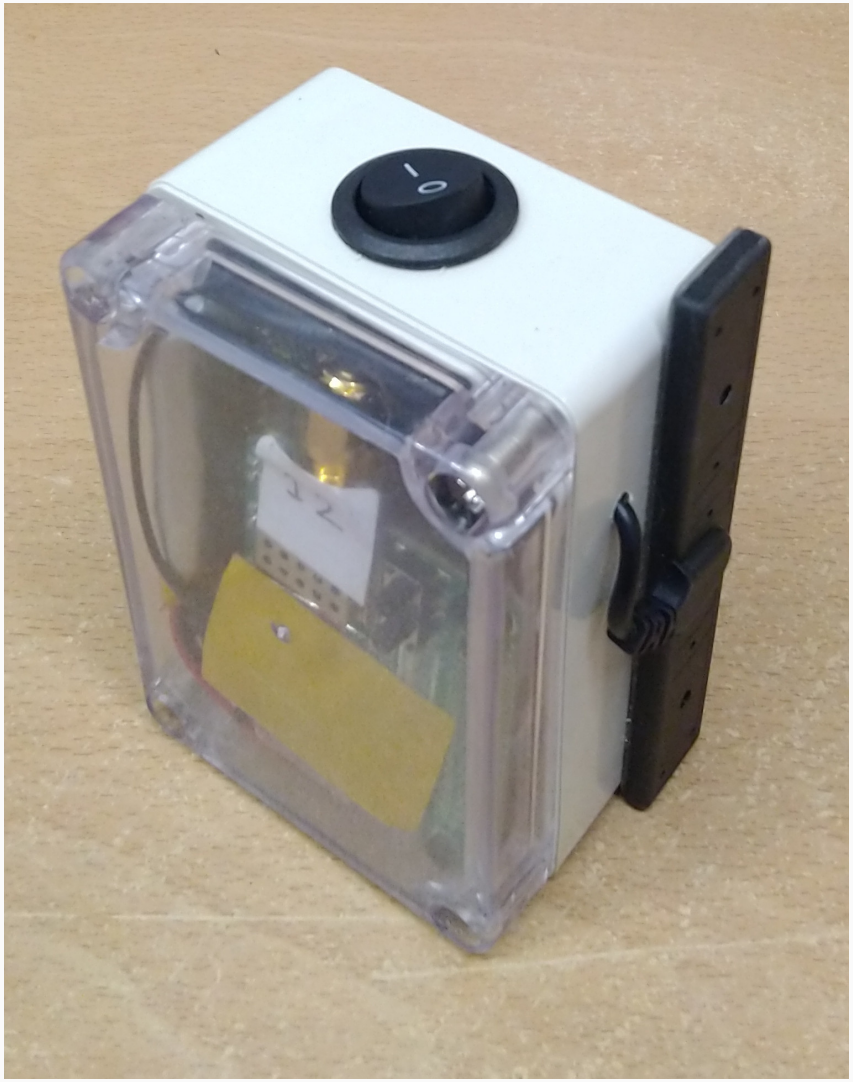
Choix de l'antenne

- Atténuation terrain $\Rightarrow$ quart d'onde soudée sur le PCB insuffisante



Choix de l'antenne

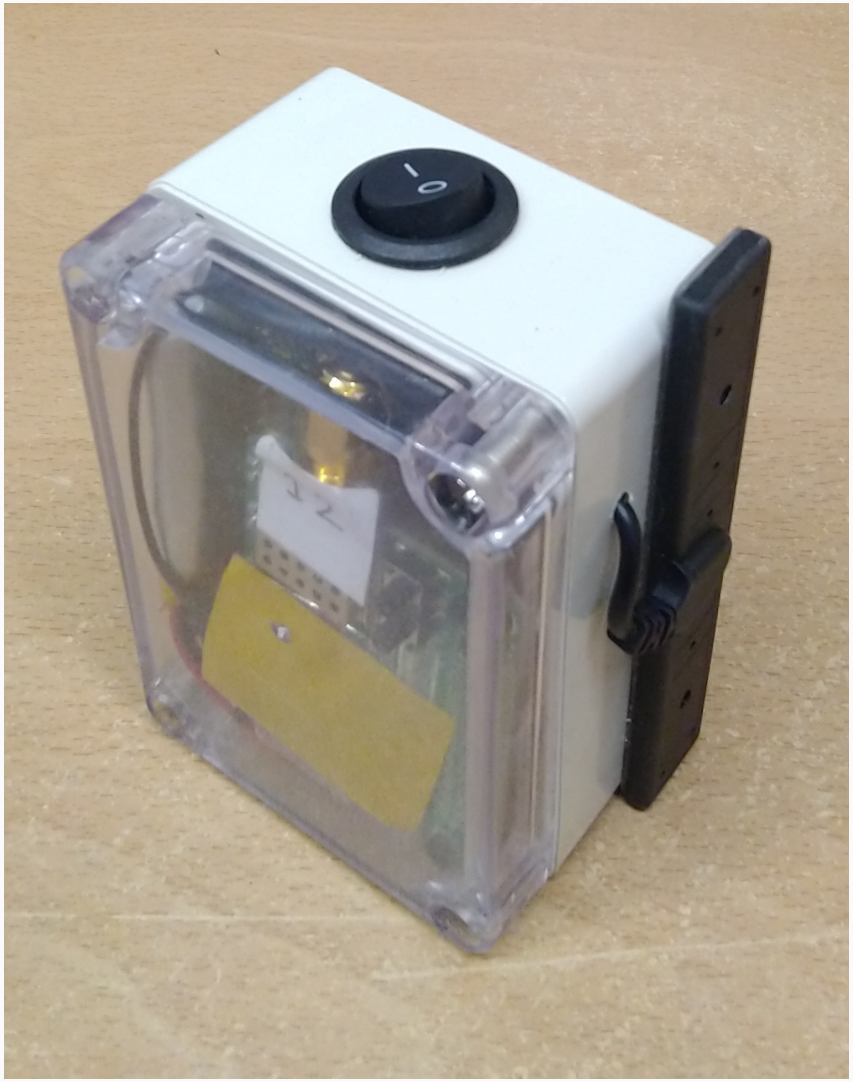
- Atténuation terrain $\Rightarrow$ quart d'onde soudée sur le PCB insuffisante
- Contraintes :
  - Maîtrise du diagramme de rayonnement
  - Isotropie
  - Compacité
  - Identique sur tous les appareils



Choix de l'antenne

- Atténuation terrain ⇒ quart d'onde soudée sur le PCB insuffisante
- Contraintes :
  - Maîtrise du diagramme de rayonnement
  - Isotropie
  - Compacité
  - Identique sur tous les appareils

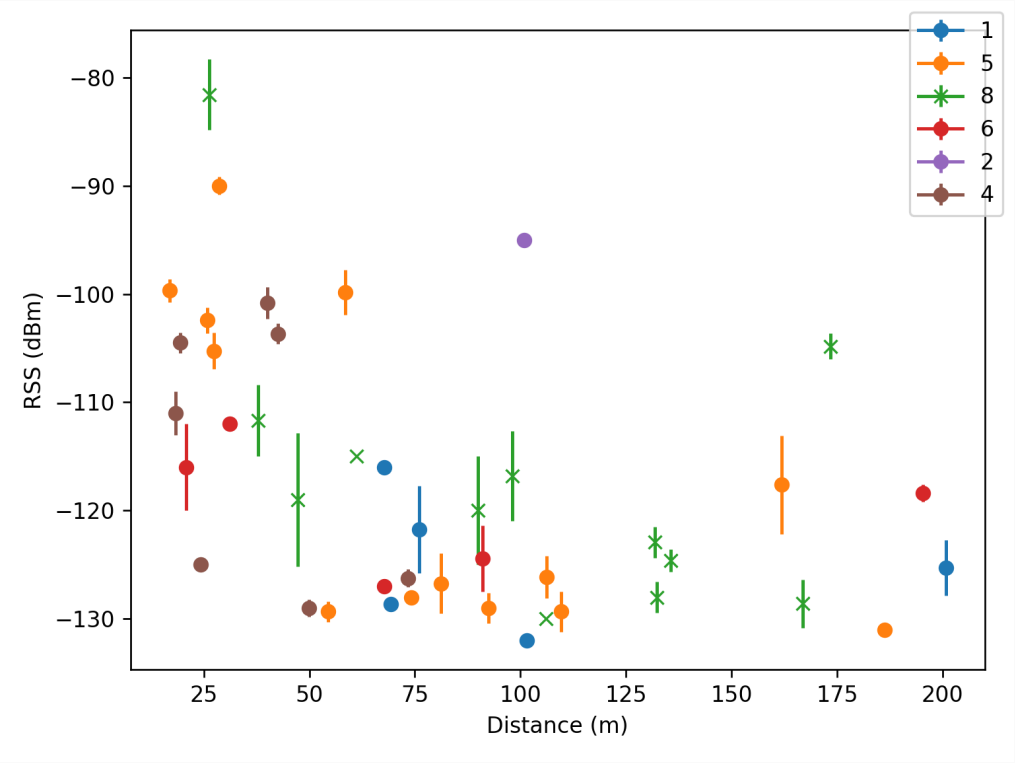
⇒ dipôle demi-onde



Pénétration du signal indoor : Puissance de réception

Méthode :

- Comptage des messages reçus lors des points de contrôle
- $\left.\begin{array}{r}\text{vérité terrain} \\ \text{position balise}\end{array}\right\} \Rightarrow d$



distribution des distances pour les messages reçus