

Réseaux maillés résilients avec la plateforme RECSANet

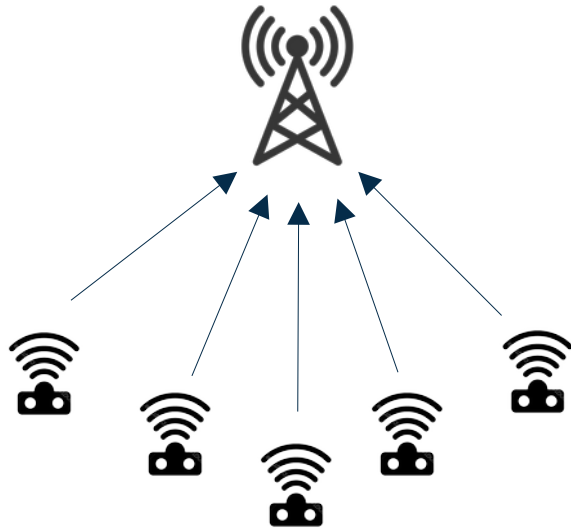


Journées LPWAN (GDR-RSD)

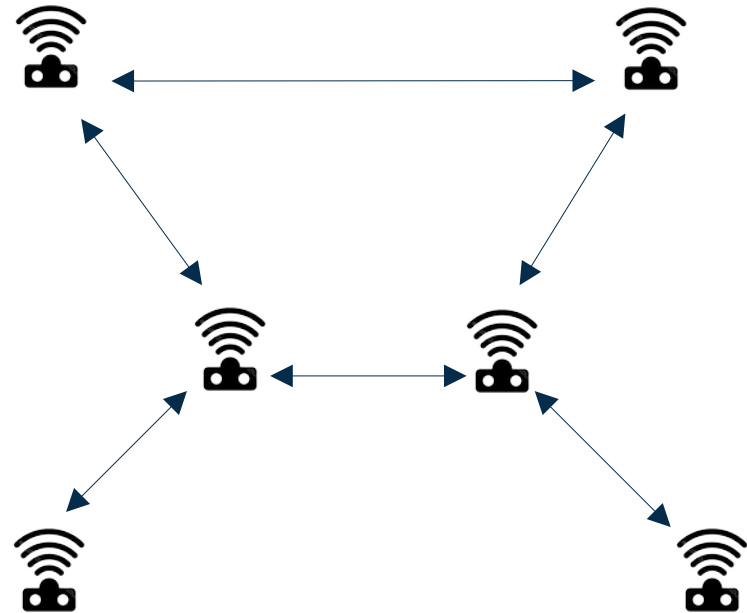
3 juillet 2026

*Lionel Touseau, Nicolas Le Sommer, Edward Staddon,
Abderrazaq Lahoua (IRISA/INZU) et. al. (IRISA/GRANIT, CG-Wireless)*

Star-topology IoT



Mesh/ad hoc/multi-hop





Couche PHY : LoRa

- Couches supérieures ? (LoRaWAN)

Q1 : mesh sur LoRa ?

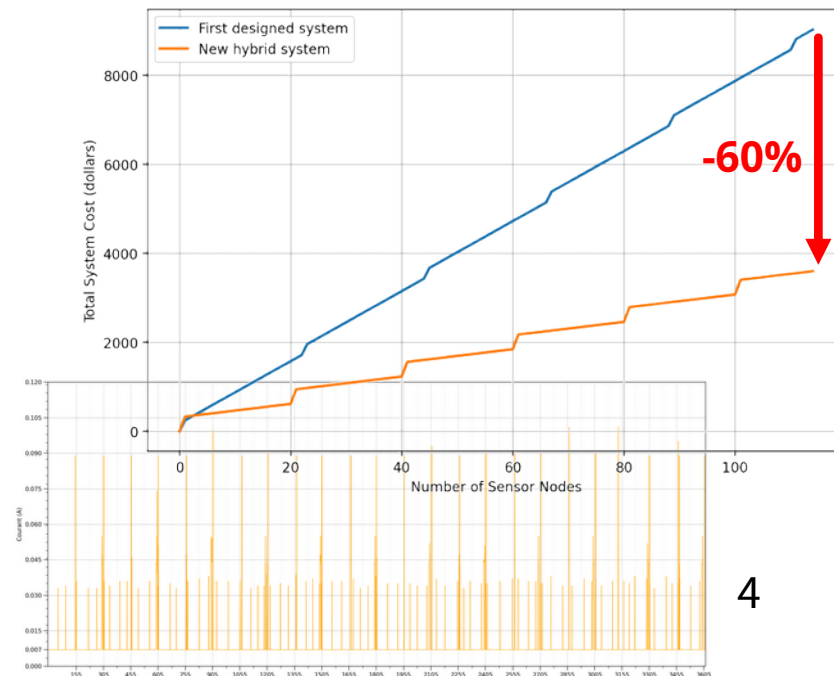
- Travaux académiques
 - incl. LoRaOpp [WiMob 2022]
- Initiatives communautaires
 - Meshtastic, ClusterDuck, Mesh core, ...



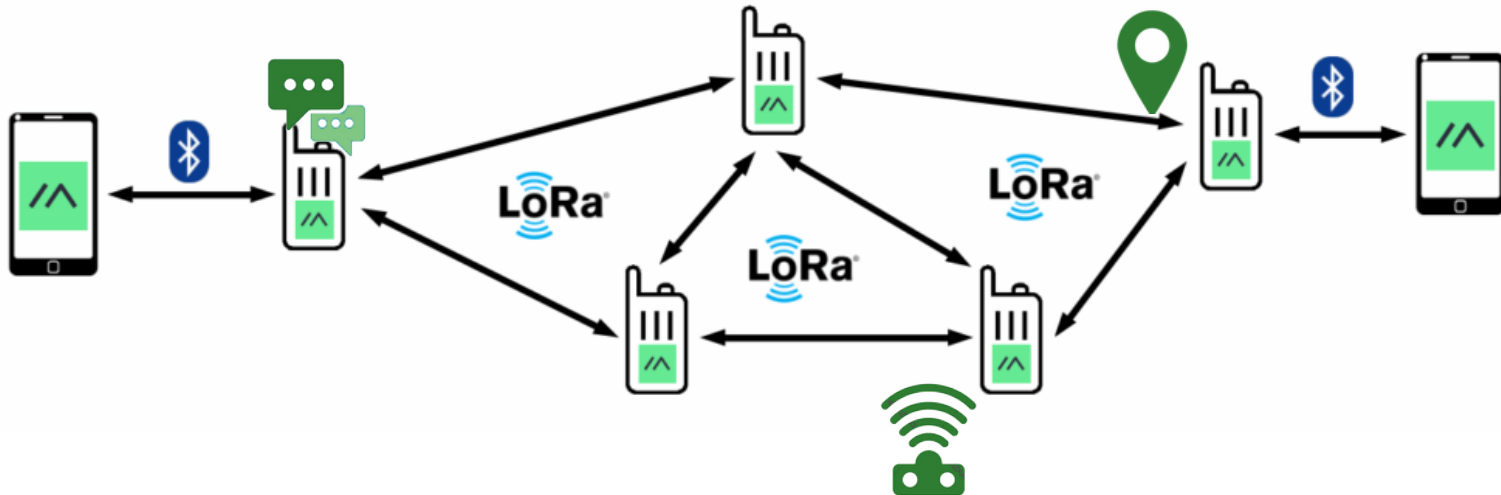
Q2 : quelles performances ?

- Expériences à mener

- Réseau de surveillance pour le suivi du paludisme
 - au Cameroun (Yaoundé, ENSPY)
 - déploiement hybride **Meshtastic** + cartes **Wyres**
 - Nœuds ESP32 (Heltec/T-Beam) surdimensionnés pour capteurs
 - Mais OK pour passerelles



- Communication et coordination dans une équipe



- « Communications tactiques » en « zones difficiles »

Comm tactiques (1) – zones sinistrées

- SAR (Search&Rescue), emergency networks



Mountain Rescue



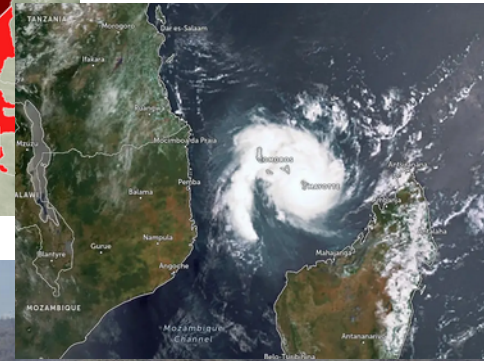
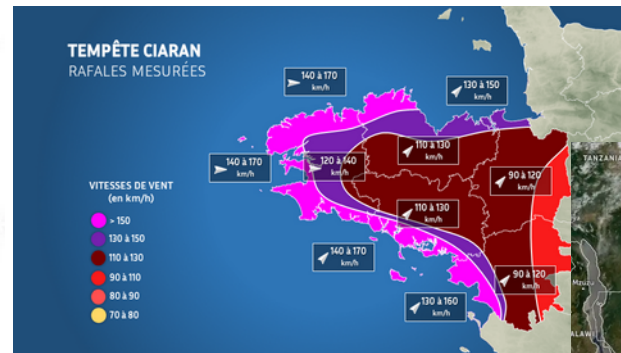
Combat Search and Rescue



Ground Search and Rescue



Urban Search and Rescue



- Outdoor activities, underground (mines)



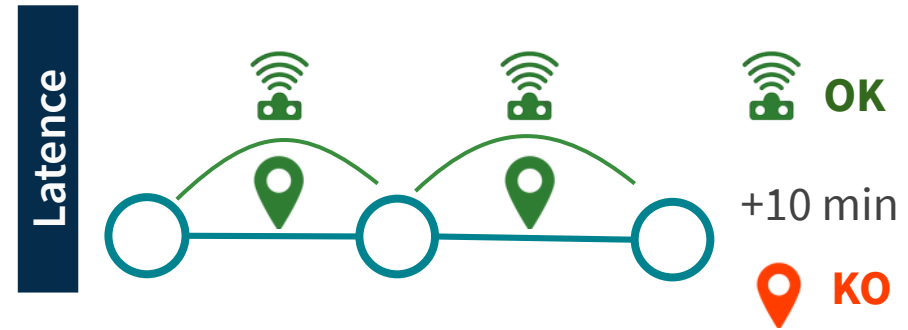
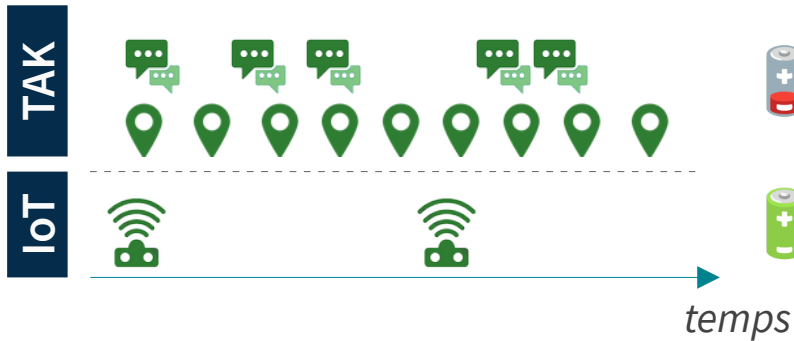
- SITAC : Situation TACTique



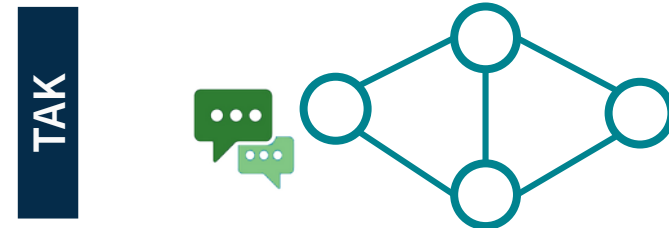
Des besoins différents

- Temporalité différente

= contraintes autonomie, accès canal, latence

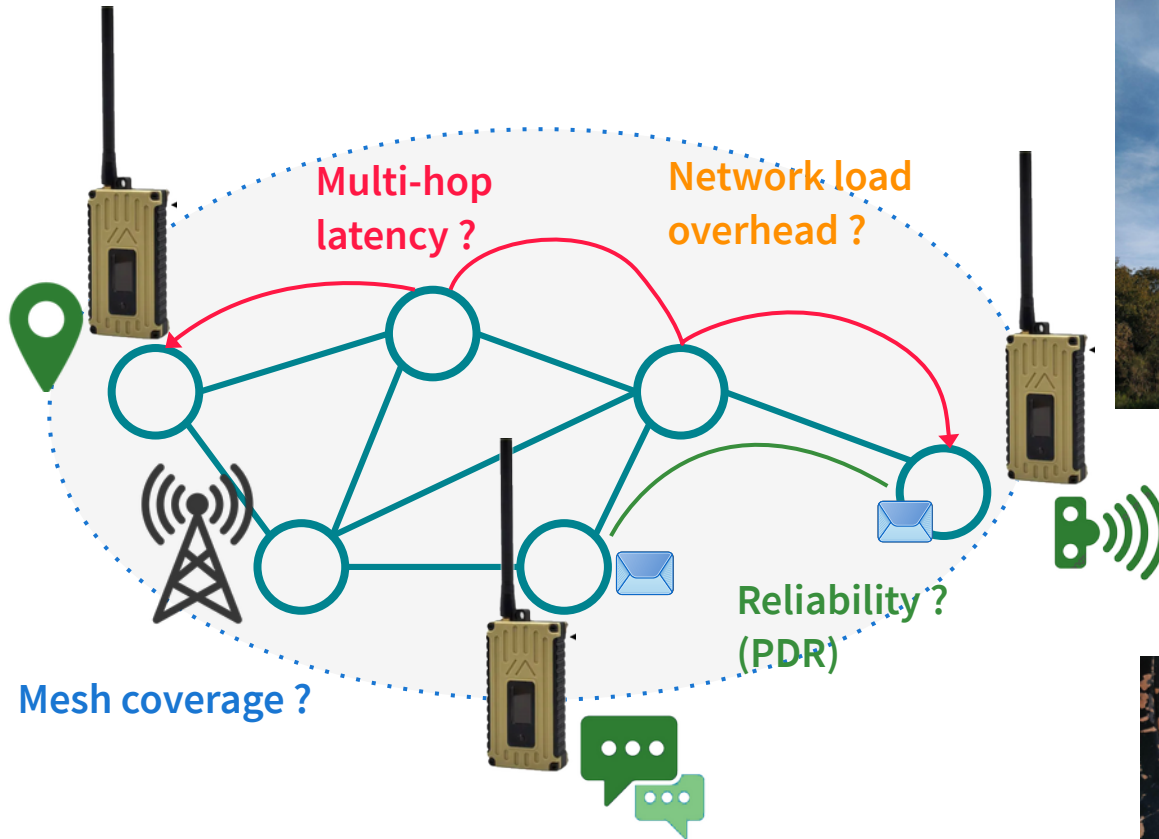


- Densité réseau différente = € moins de contraintes coût équipements

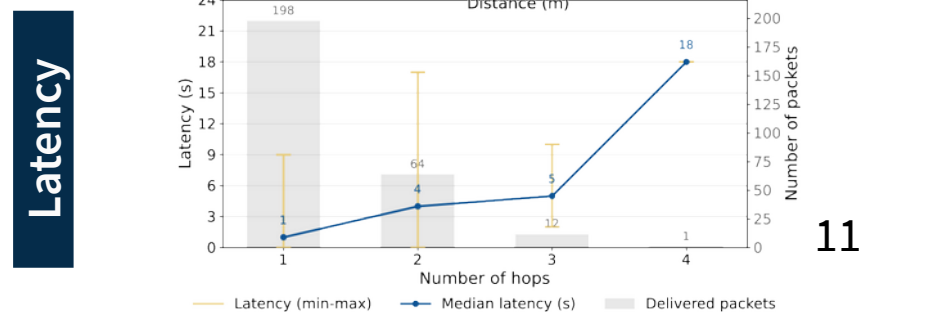
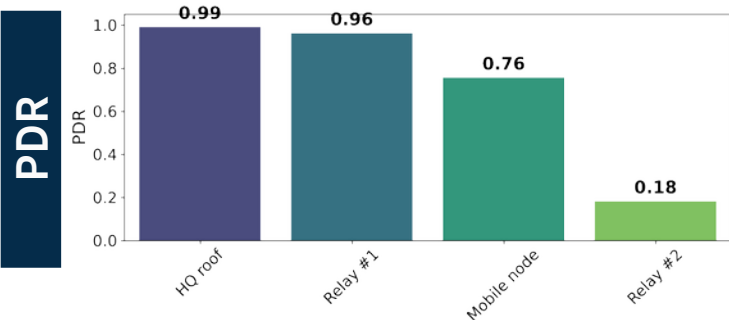
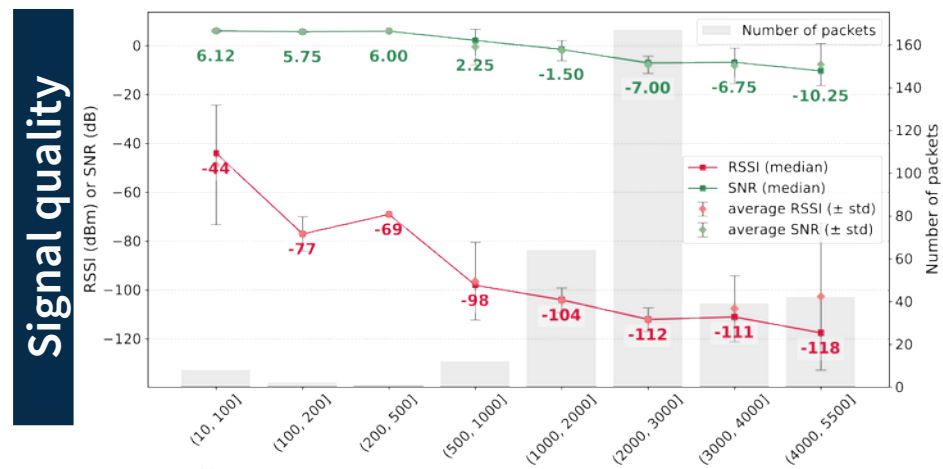
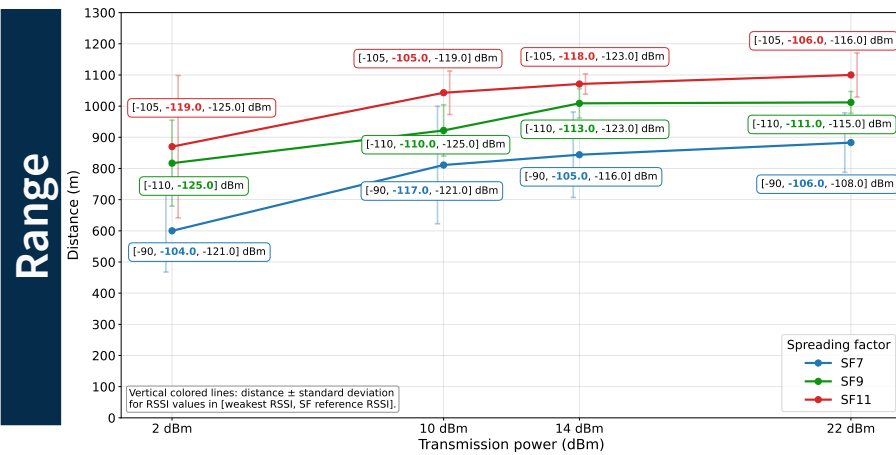


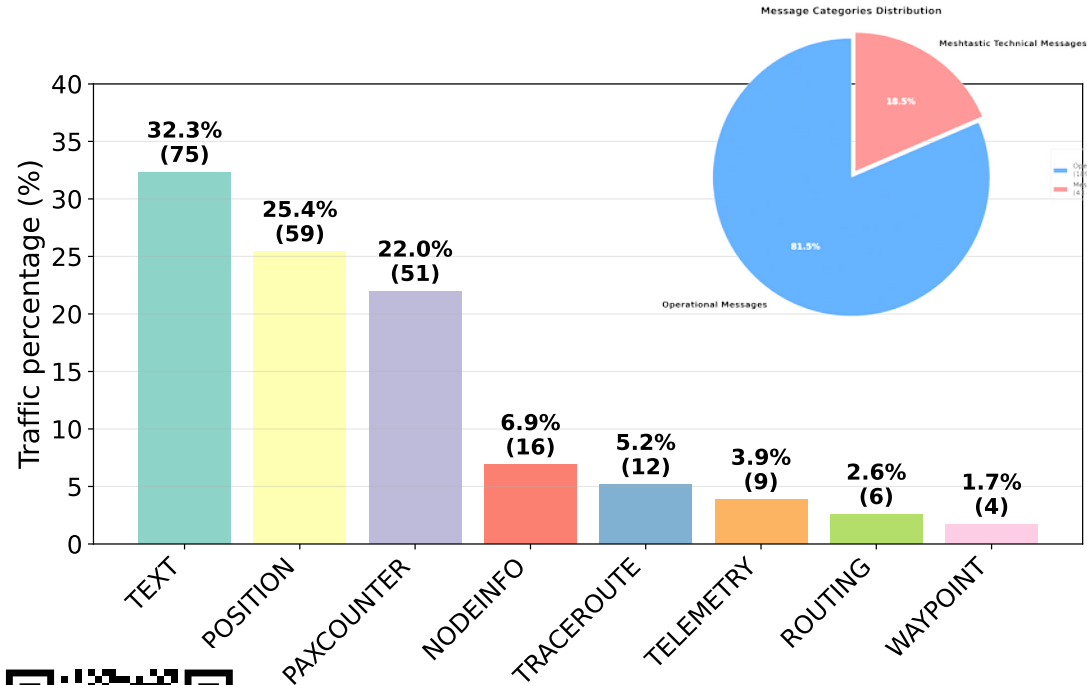
- Évaluation de performances nécessaires

Evaluation meshtastic



Eval meshtastic (1) – performances réseau



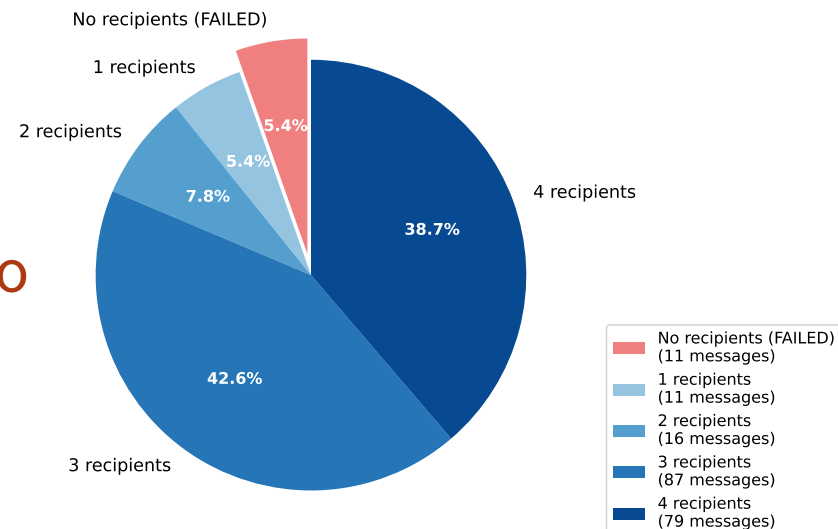


Expérience

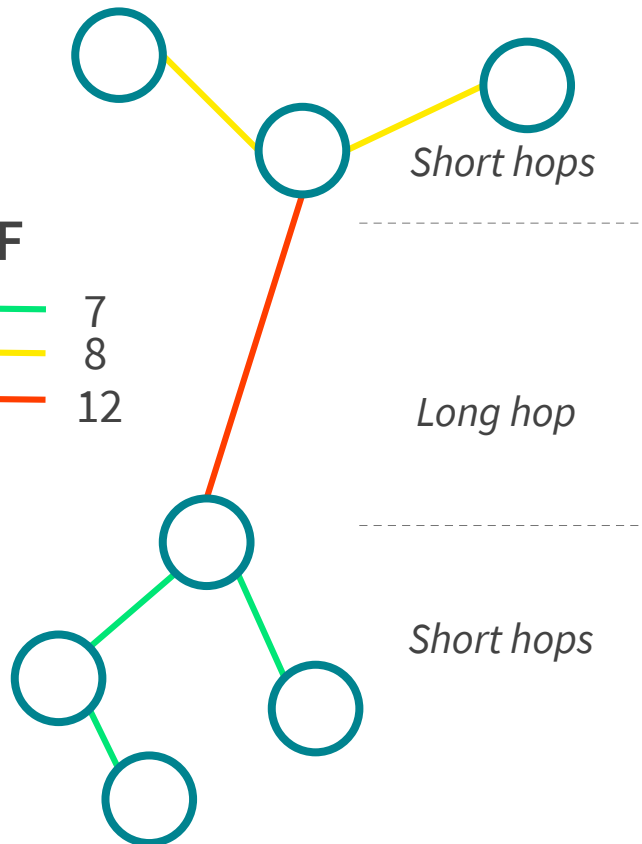
- Traces :

<https://casa-irisa.univ-ubs.fr/download/videos/mesh/exp251013.mp4>

- Conclusions : utilisable... **MAIS**



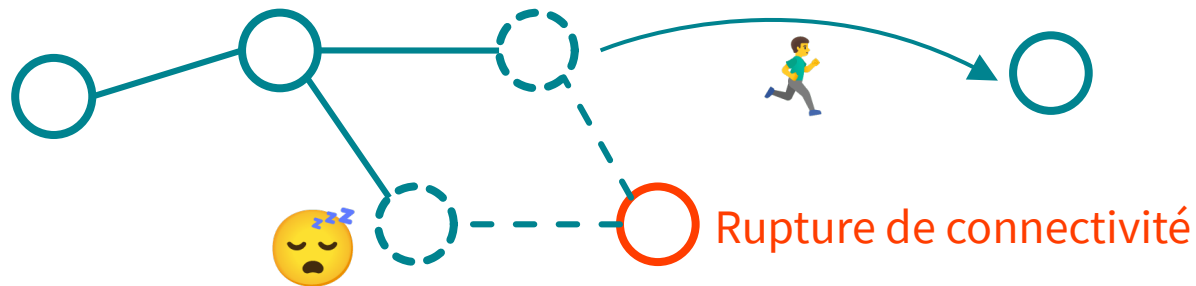
- Configurations hétérogènes



- Résistance aux perturbations (G.E)



- Réseaux fragmentés, à connectivité intermittente



- = messages perdus

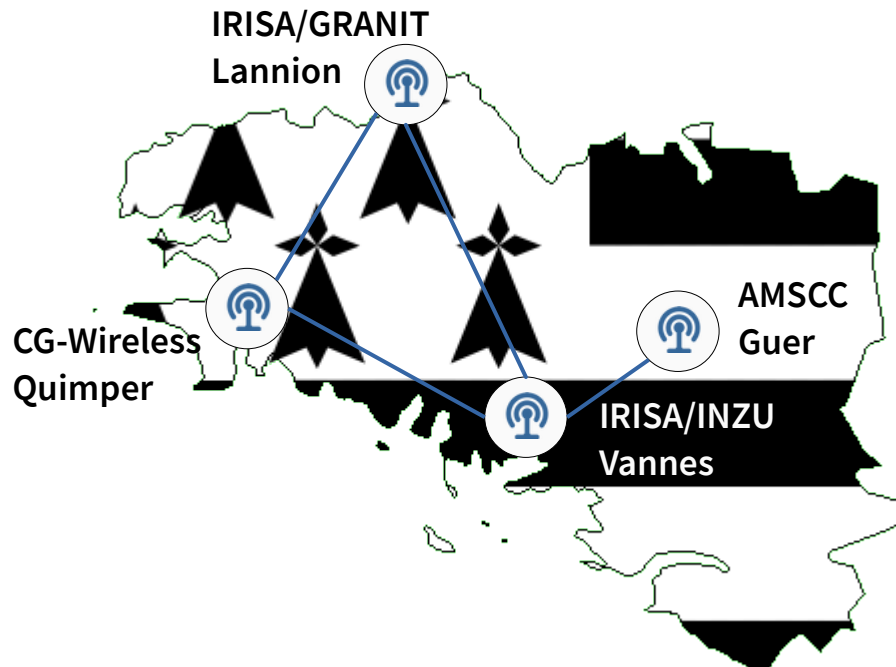
Toto à 06:07
J'ai vu le dahu 🤔
✓ ?



Fox2 à 06:07
Demande appui-feu sur X42
✓ ?



- **Projet AID/RAPID (2023-2026)**
 - « Plateforme de communication résiliente, multi-technologies, multi-bande »



**AGENCE
INNOVATION
DÉFENSE**

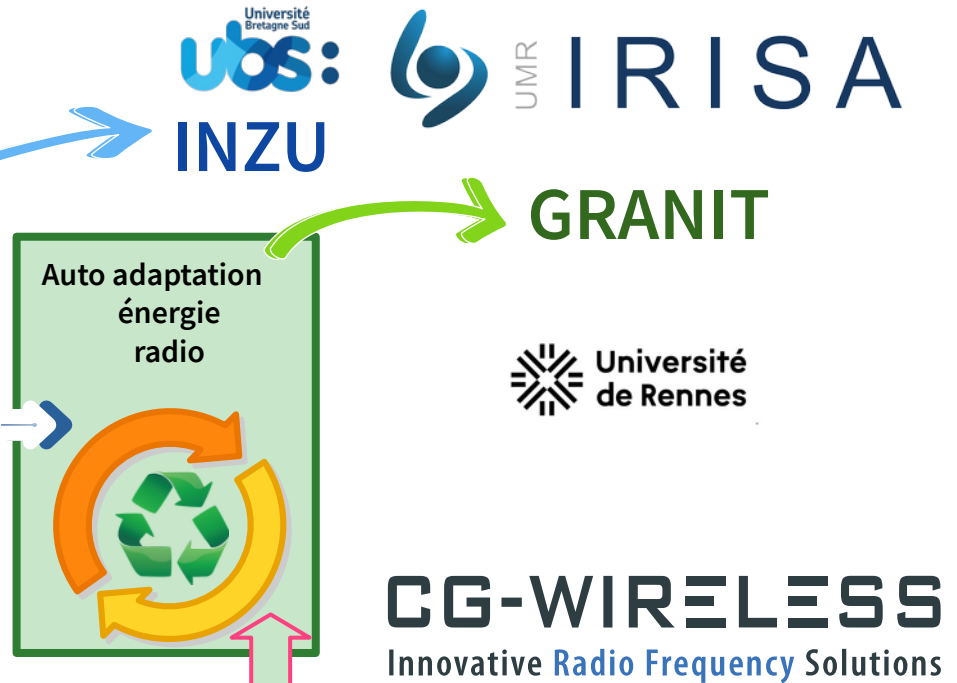
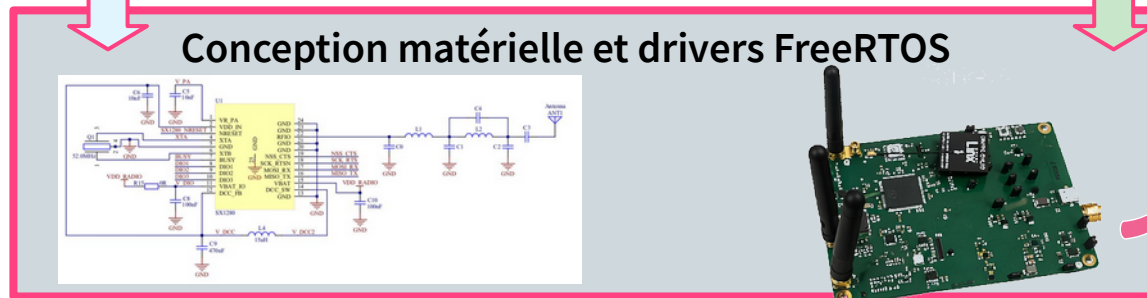
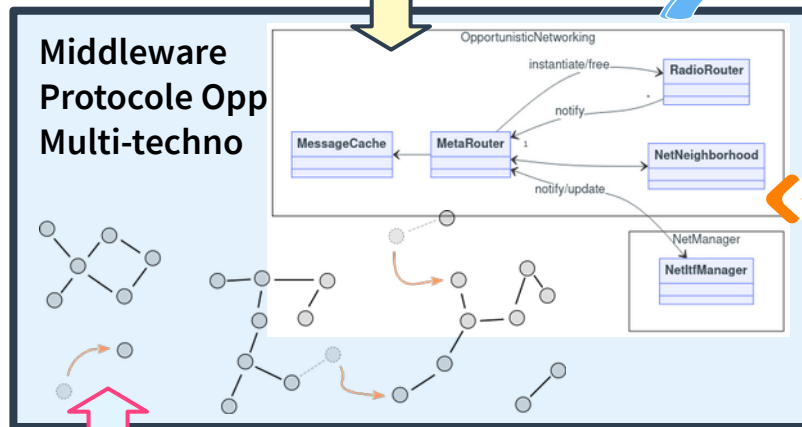
CG-WIRELESS
Innovative Radio Frequency Solutions

UMR IRISA

Université
Bretagne Sud
ubS:

 **Université
de Rennes**

Le projet RECSANet – la plateforme



Matériel « Low-tech »

- Low-power off-the-shelf components
- € Puces dédiées (pas de SDR)
- 📶 GNSS
- 🔋 Sur batterie



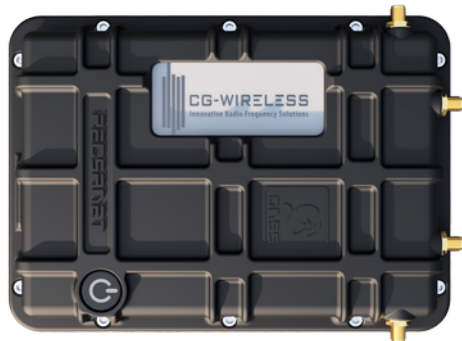
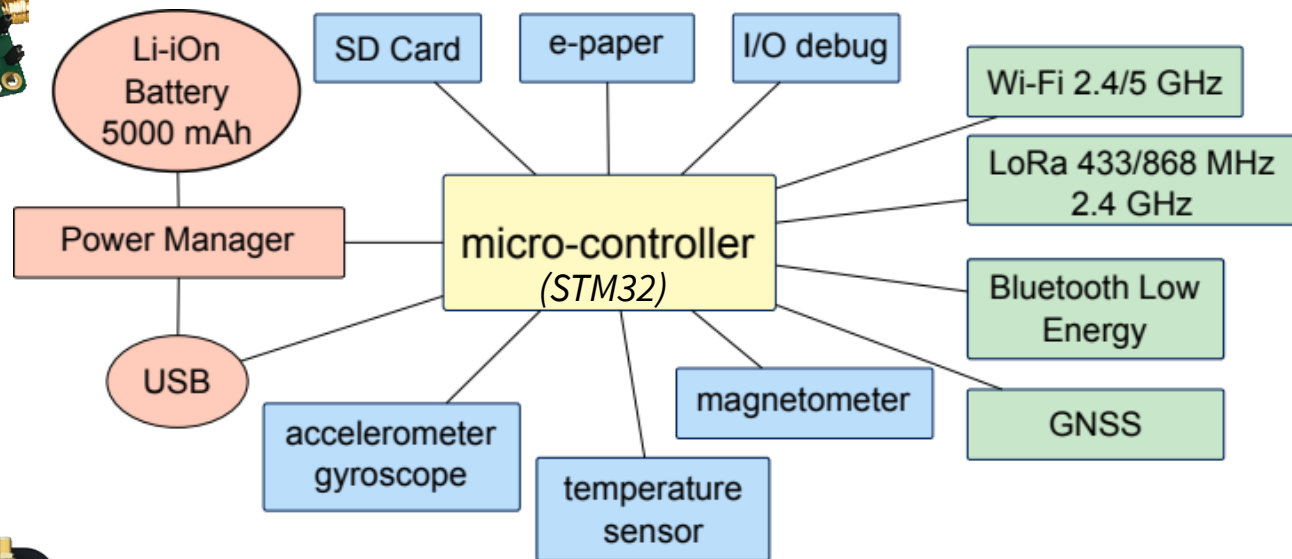
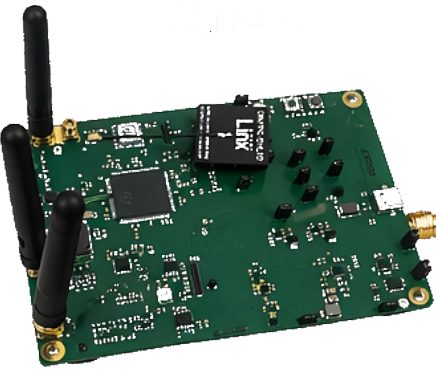
Résilience

- 🦘 Opportunistic networking
- ⚡ Adaptation aux perturbations
- interférences, jamming

Agilité radio

- Multi-technologies (civiles) : LoRa, WiFi, BLE, ...
- Multi-bandes : sub-GHz / 2.4 GHz
- Comportement adaptatif

Plateforme RECSANet - Hardware

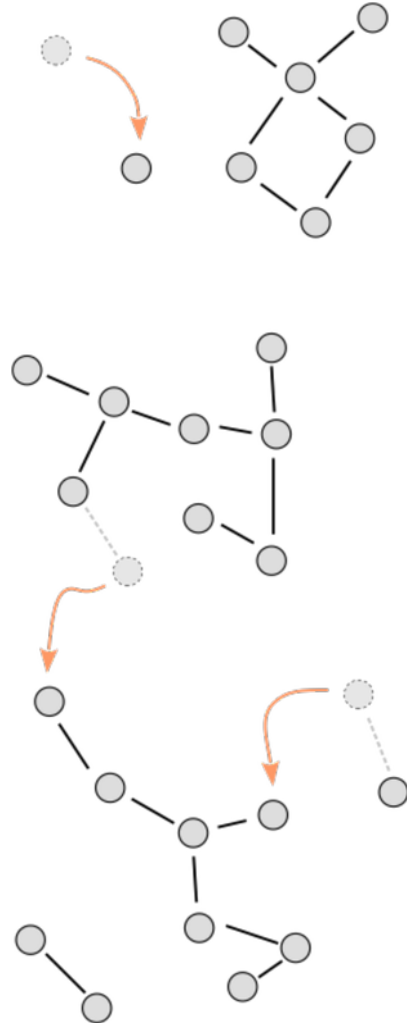


- **Rappel : réseaux opportunistes**

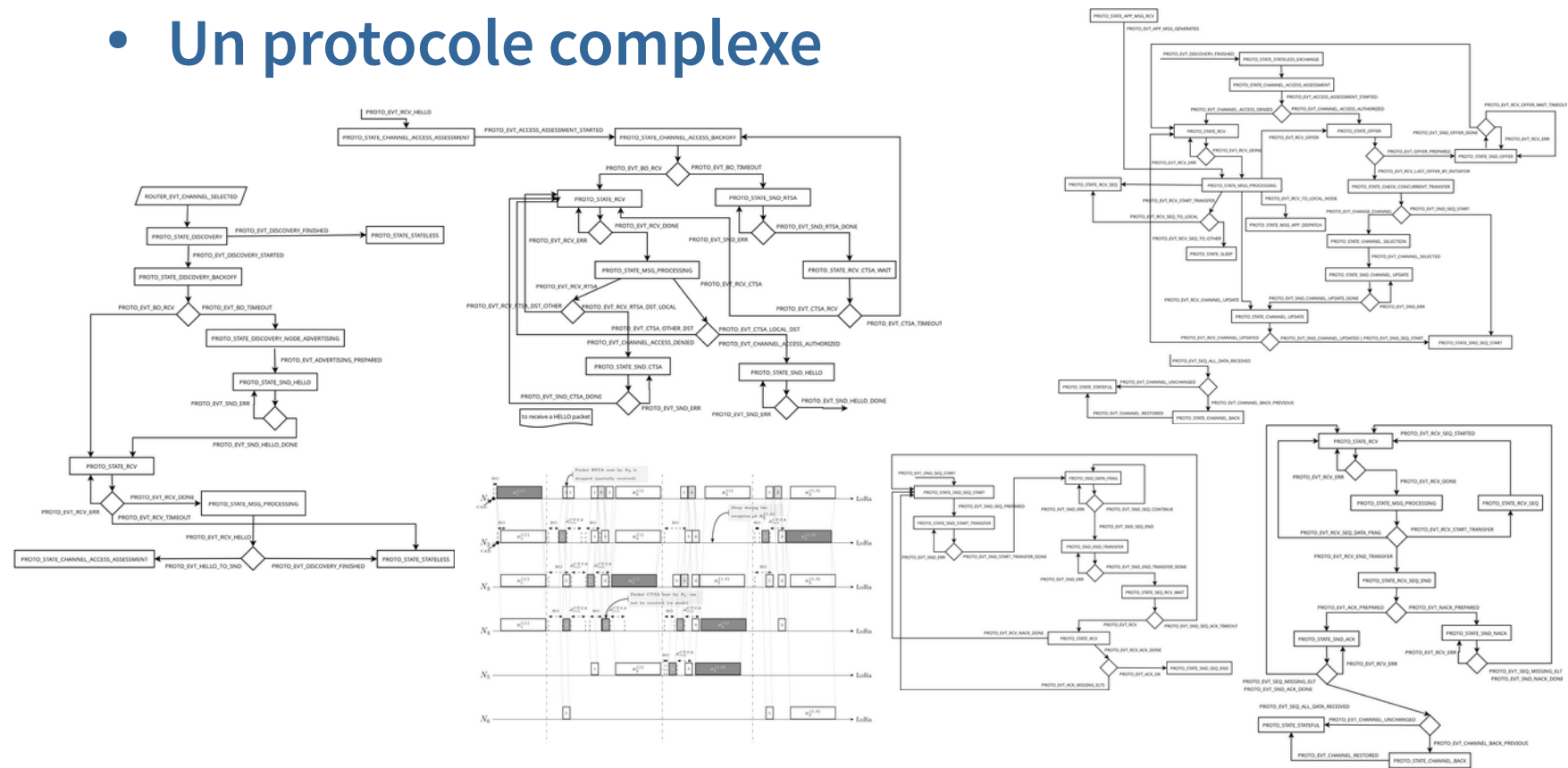
- Fragmentation, connectivité intermittente
- *Store, carry and forward*
- Protocoles « neighbour-aware »
 - Notion de voisinage proche (1 ou 2 sauts)
 - $\neq$ Meshtastic
 - Pas de voisin = pas de retransmission

- **RECSANet $\rightarrow$ OpERa**

- *Opportunistic, Efficient, Resilient and Versatile*



- Protocole OpERa
 - Opportuniste, Efficient, Résilient, versatile
- Un protocole complexe



• Protocole OpERa

- **O**pportuniste, **E**fficient, **R**ésilient, **v**ersatile

1. Découverte

- canal
- voisinage

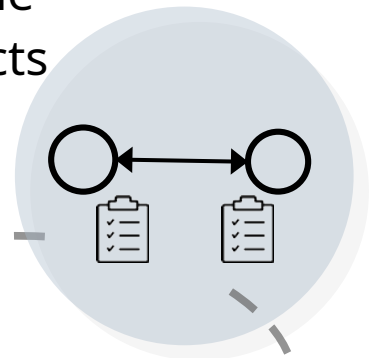
périodique



2. Échange d'offres

- messages en cache
- entre voisins directs

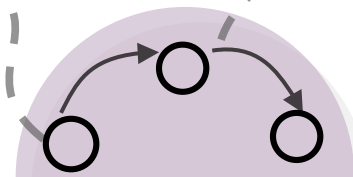
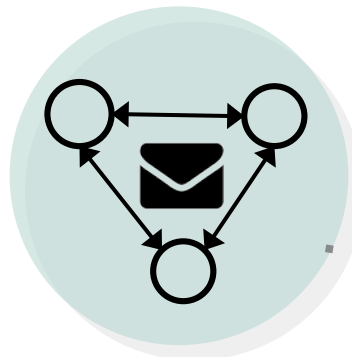
Voisinage à 2 sauts



3. Transfert de données

- par séquences
- entre voisins

Étapes répétées à plusieurs sauts

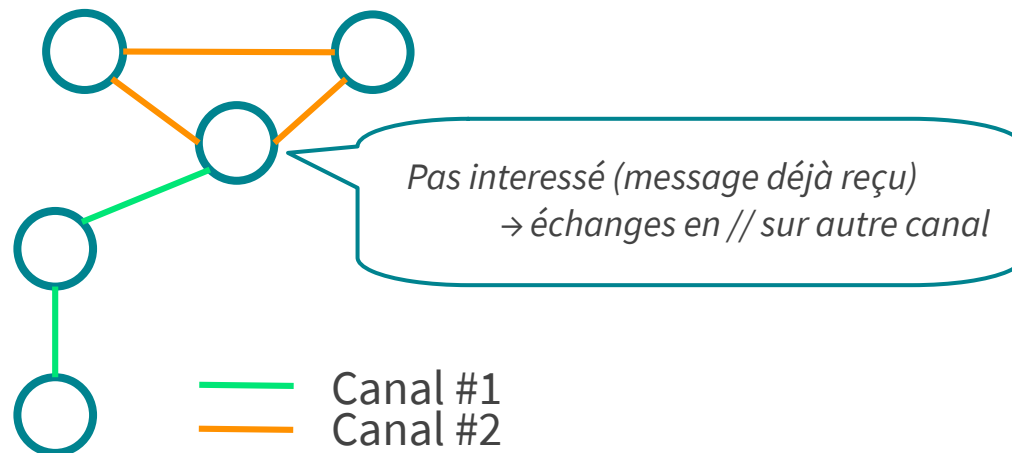


- **L'adressage dans RECSANet se base sur**
 - Identifiant de réseau
 - Jusqu'à 16 identifiants possibles
 - Unicast (destination-based, routing)
 - jusqu'à 3840 adresses
 - Multicast (adresses de groupe comparées avec mask)
 - Jusqu'à 246 adresses + 9 adresses RECSANet réservées
 - Broadcast
 - dissemination, découverte avec hello, etc.

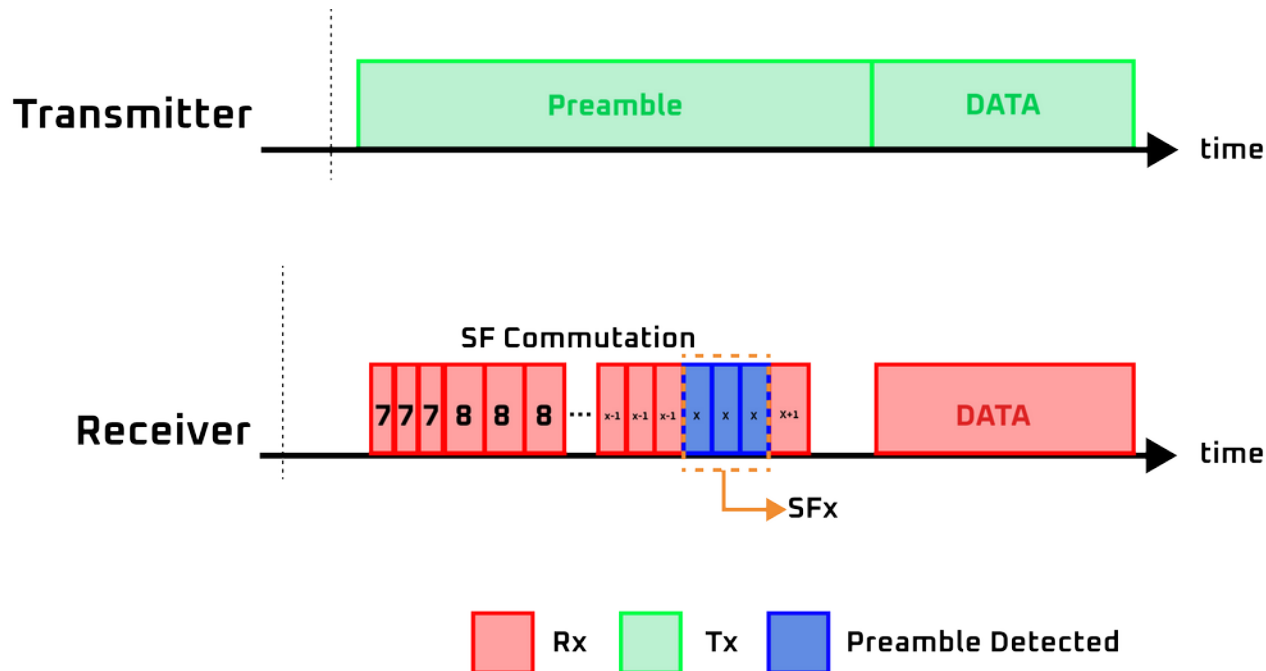
- **Optimisation des messages de contrôle**
 - Construction routes, voisinage avec messages DATA
 - ACK implicite par overhearing (comme Meshtastic)
- **Optimisation des en-têtes**

	OpERA	Meshtastic
Messages accès canal	4 octets	16 octets
Messages à 1 saut	12 octets	
Messages multi-sauts	16 octets	

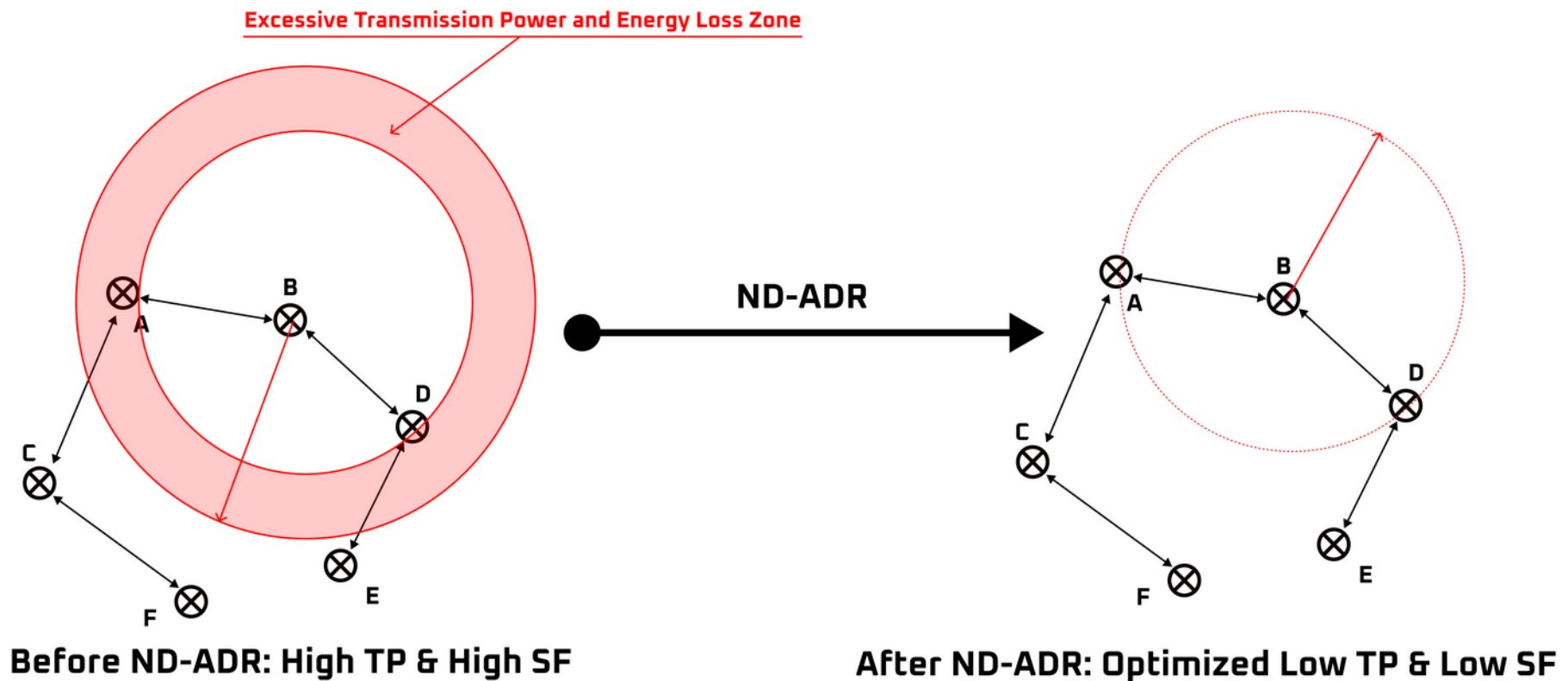
- CSMA/CA
 - CAD, LBT, contention windows and backoffs
- Réserve de canal (RTS, CTS)
 - Canal (LoRa) = CFreq. + SF (+BW +CR)
- Communications parallèles



- ASFS pour la phase « découverte de canal »
 - Utilisation de presets pour limiter le SCAN
- Pas figé comme Meshtastic

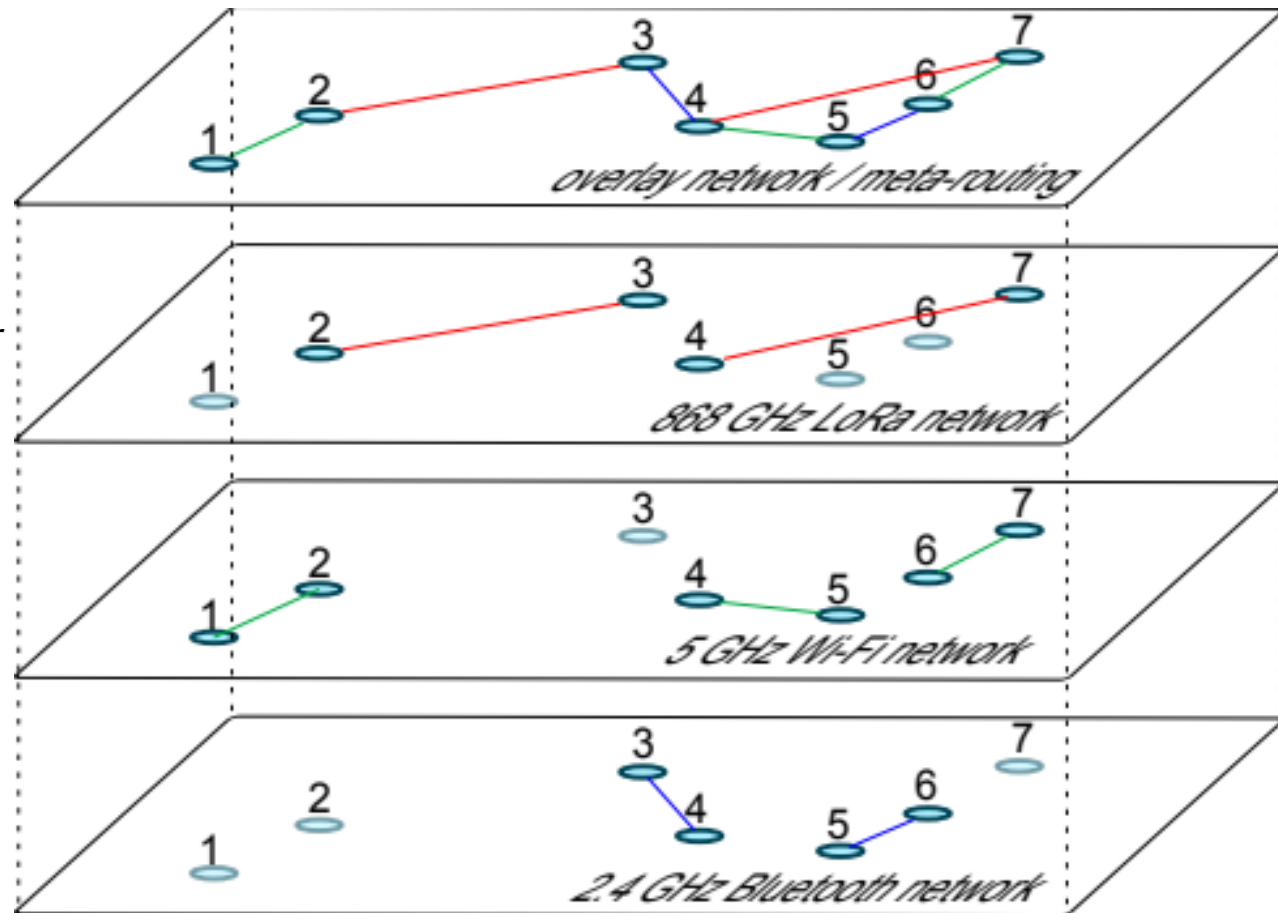


- ND-ADR : adaptation puissance et SF



Éviter surconsommation, améliorer la discrétion

Meta router



Et aussi: LoRa_2.4GHz router

- Architecture logicielle

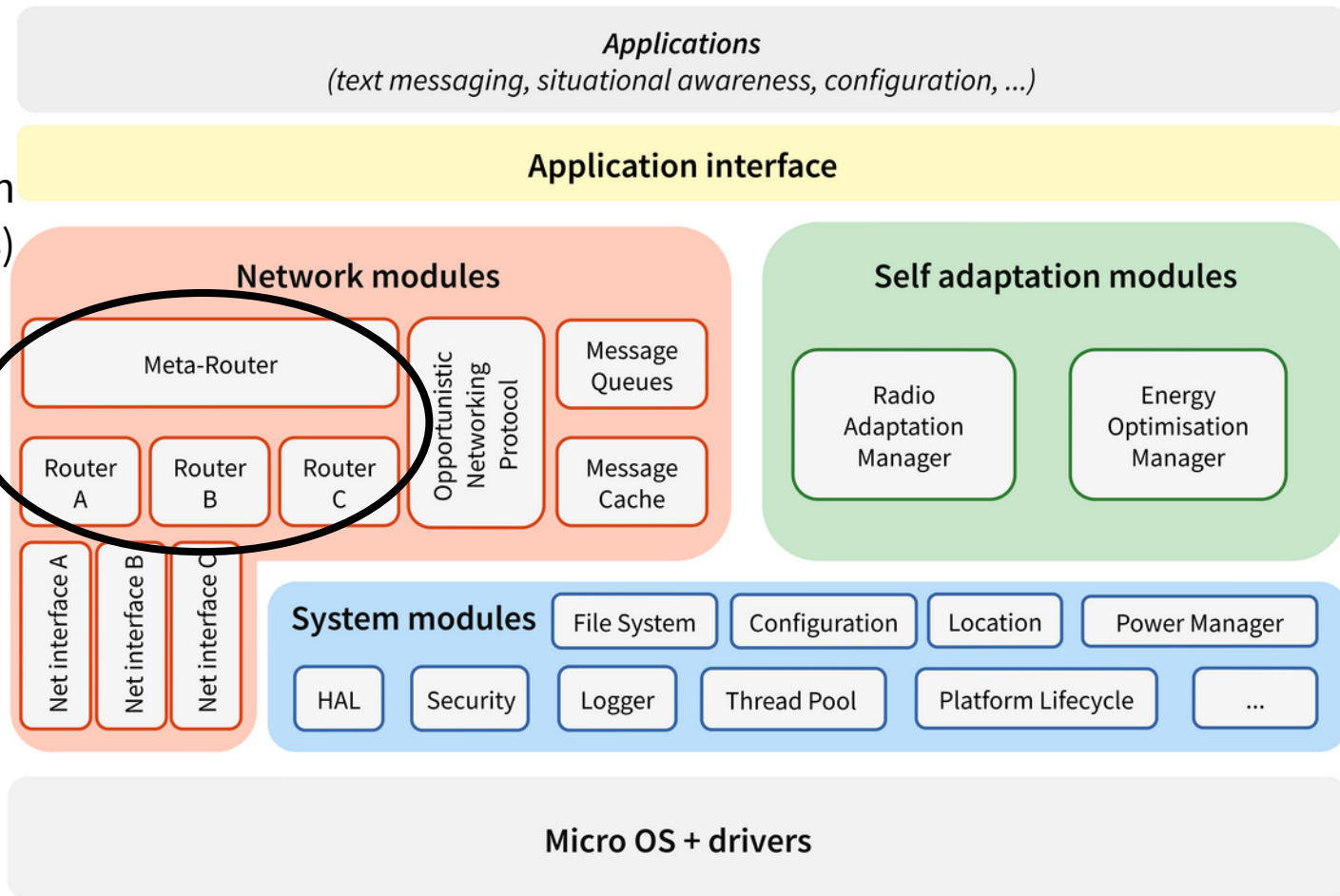
Méta-routeur

Prise de décision multi-critères (TOPSIS)



Routeurs

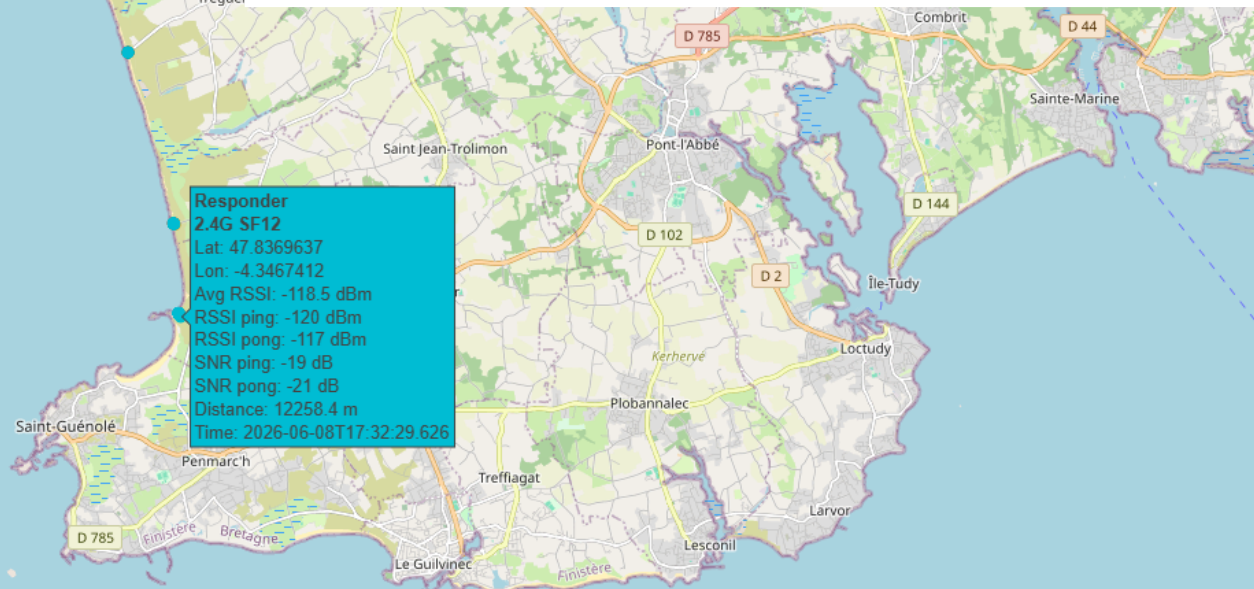
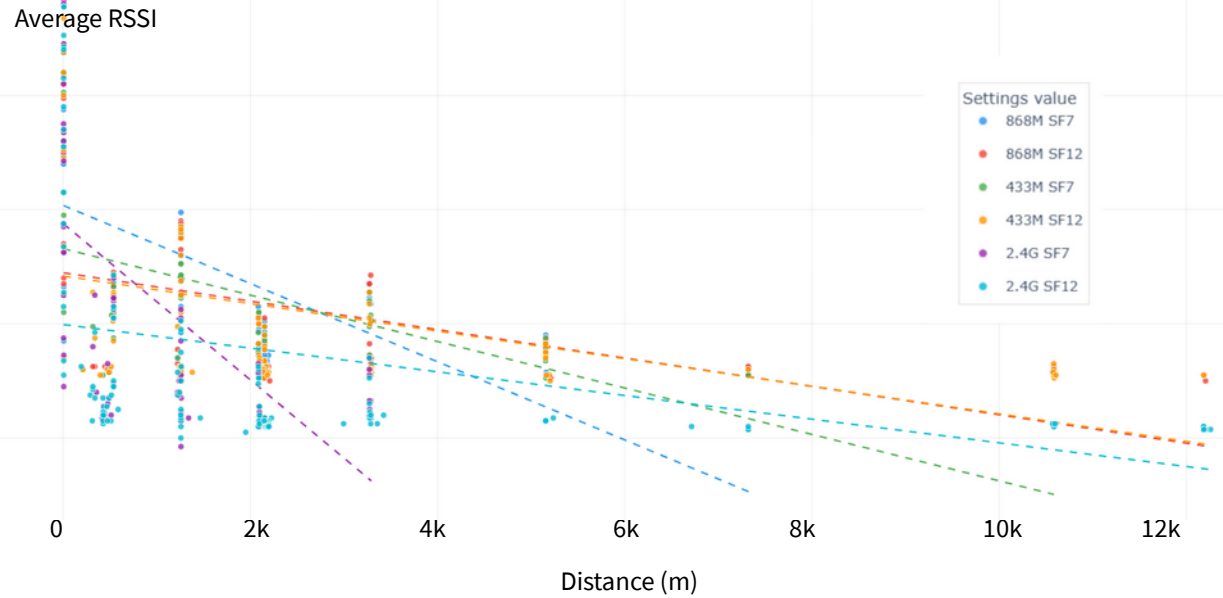
Exécutent OpERa
infos sur routes et
voisinage à 2 sauts

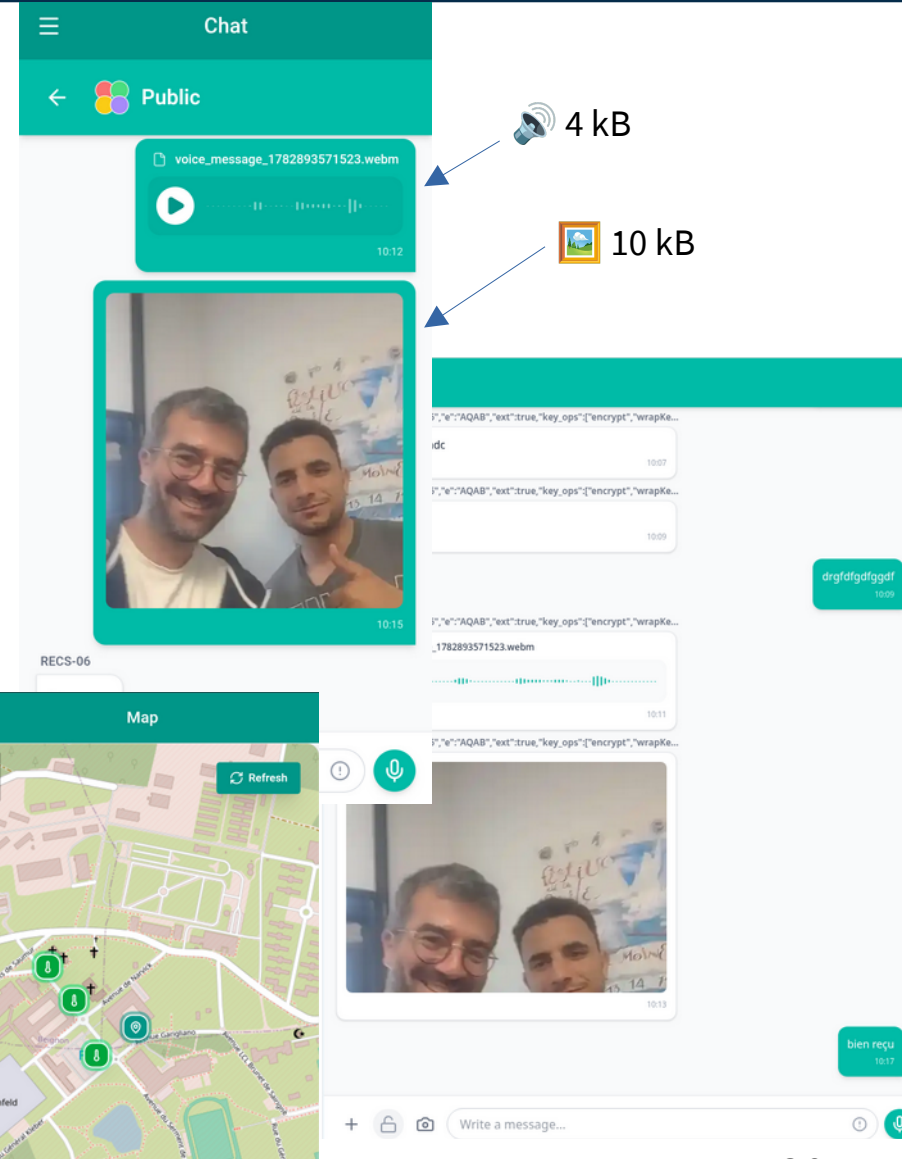


Expérimentations – tests propagation

Portée en espace libre-LoS / baie d'Audierne

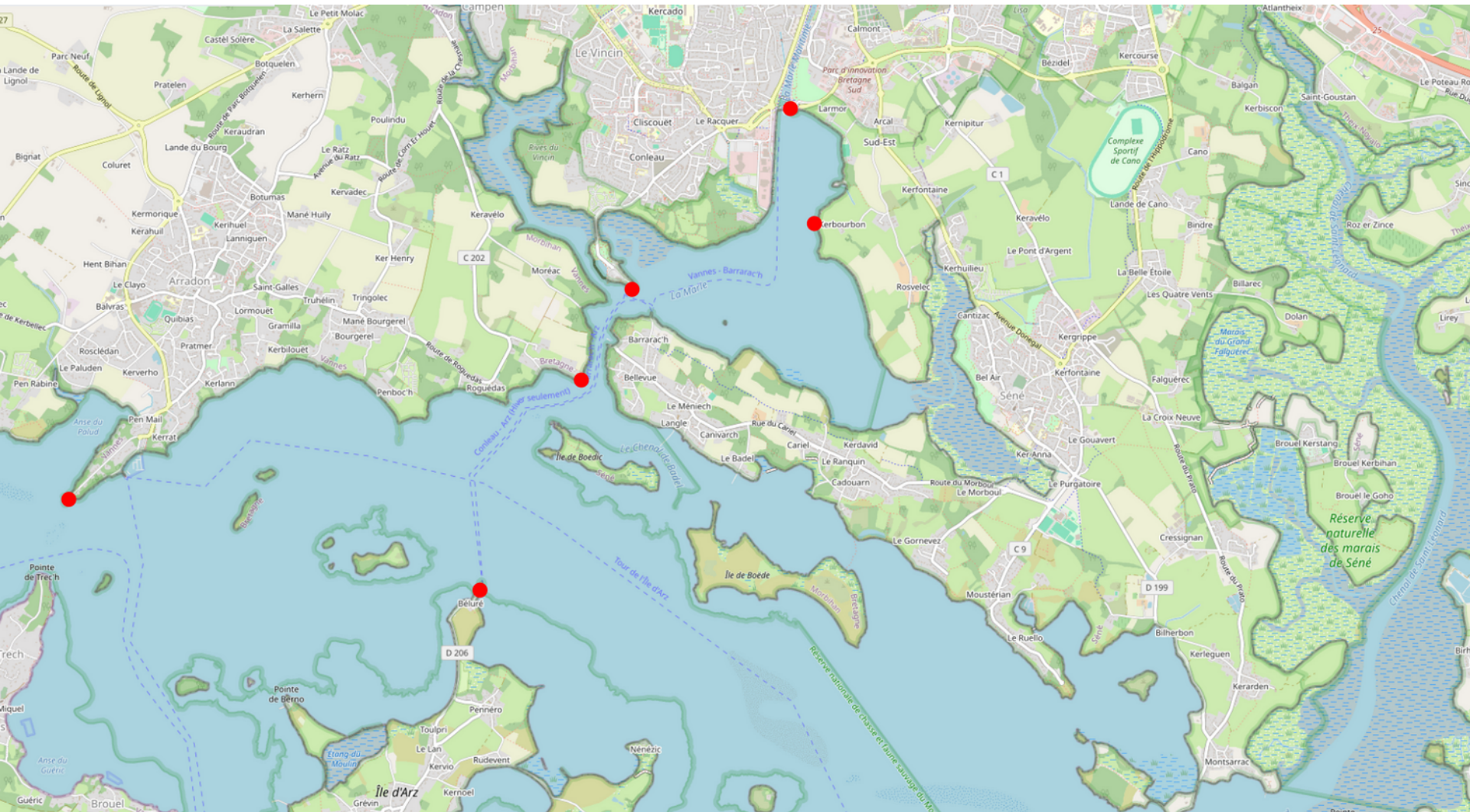
Average RSSI





- Problème : firmware **instable**, données **partielles**

- @Vannes, sur le Golfe du Morbihan (16/07)



Métriques

Meshtastic

RECSANet

–  stabilité / maturité



–  autonomie



–  portée



–  discrétion



–  latence



–  fiabilité (PDR)



–  accessibilité



–  agilité / résilience

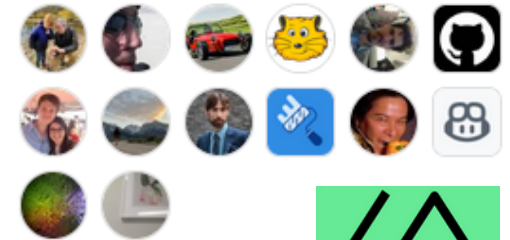


–  types de données



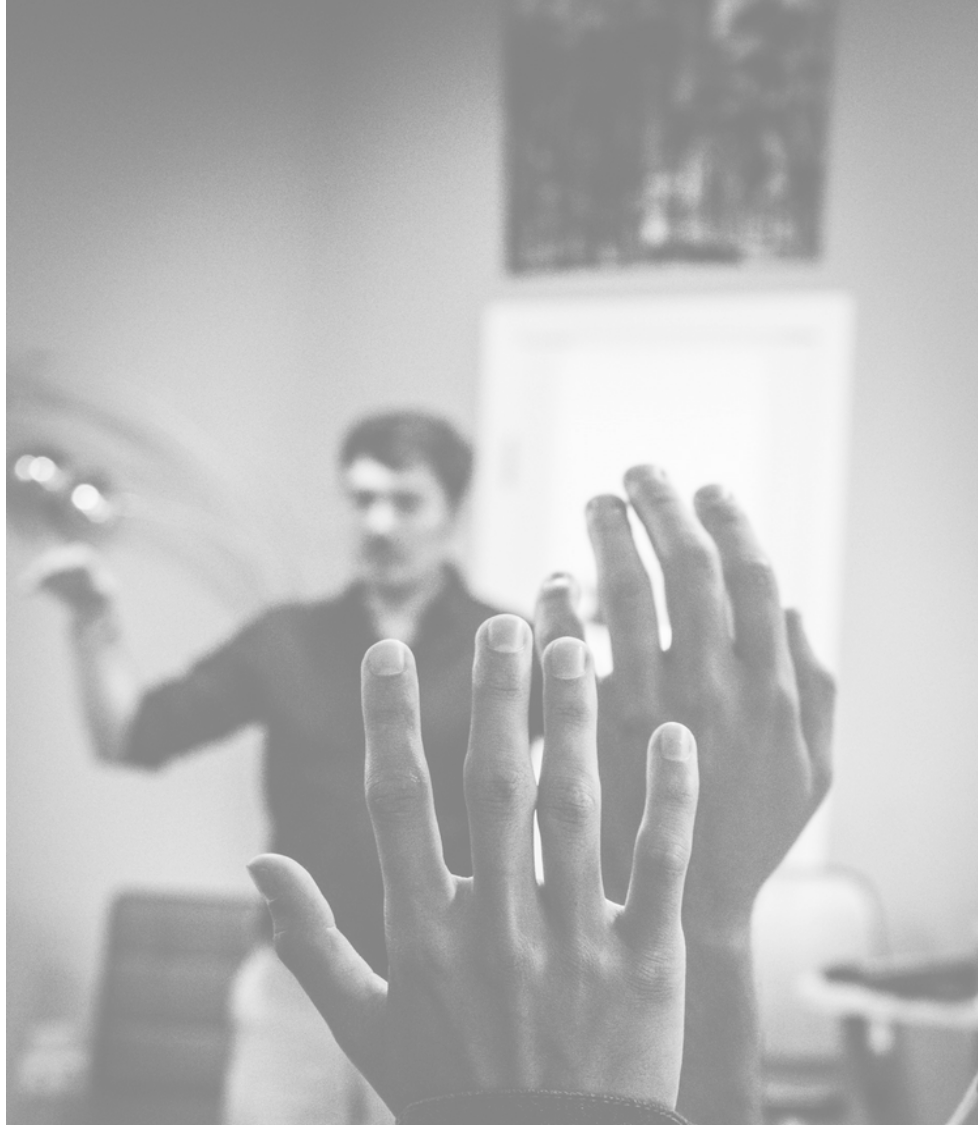
- **Campagnes de tests approfondis**
 - Stabiliser le système pour la mesurer de performances
 - Scalabilité et montée en charge, par simulation/émulation
- **Portage sur matériel « mainstream »**
 - Ouvrir le code, fédérer
 - Train déjà passé ?
 - DGA-compatible ?
- **Multi-techno... utiliser l'interface sub-GHz pour**
 - profiter infrastructures LoRa-mesh (Meshtastic, MeshCore, ...)
 - intégrer capteurs : coût(Heltec/Wyres) << coût (nœud RECSANet)

Contributors 441



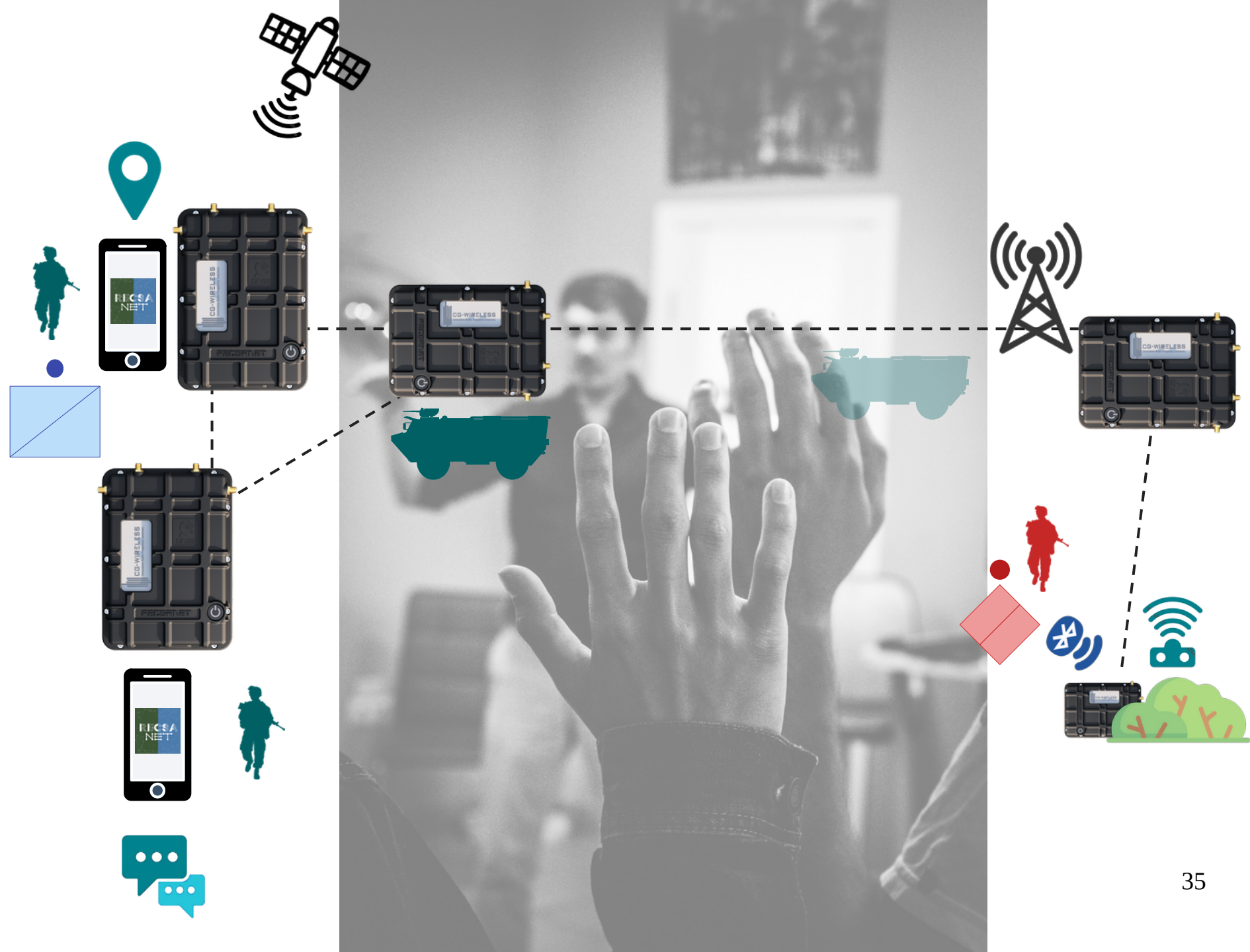
[+ 427 contributors](#)





RECSANET

© 2021 - 2026, **CG Wireless**, France
INZU, IRISA, Université Bretagne Sud, France
GRANIT, IRISA, Université de Rennes, France



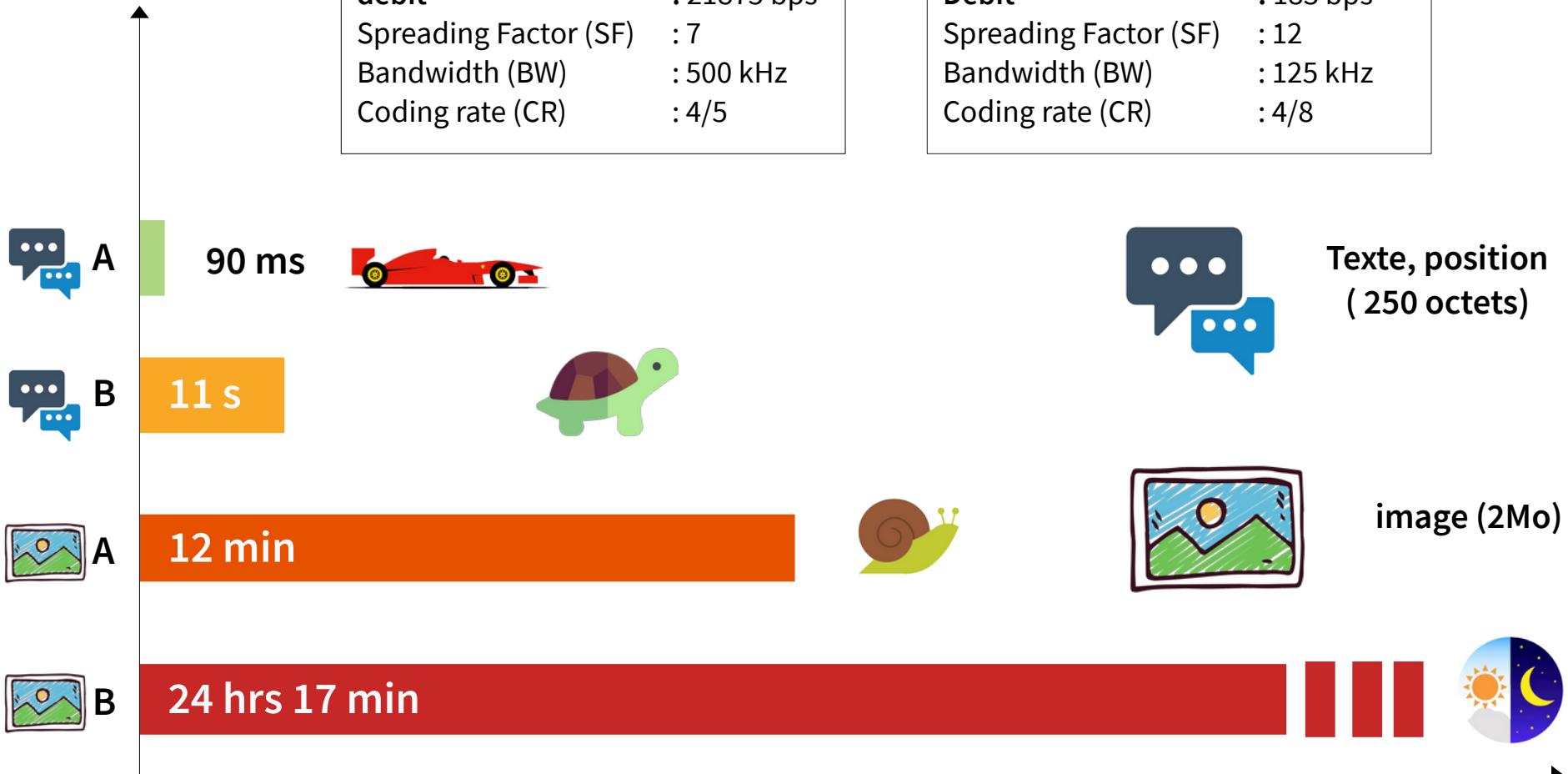
Bonus track – LoRa datarate

A (fastest)

débit : 21875 bps
 Spreading Factor (SF) : 7
 Bandwidth (BW) : 500 kHz
 Coding rate (CR) : 4/5

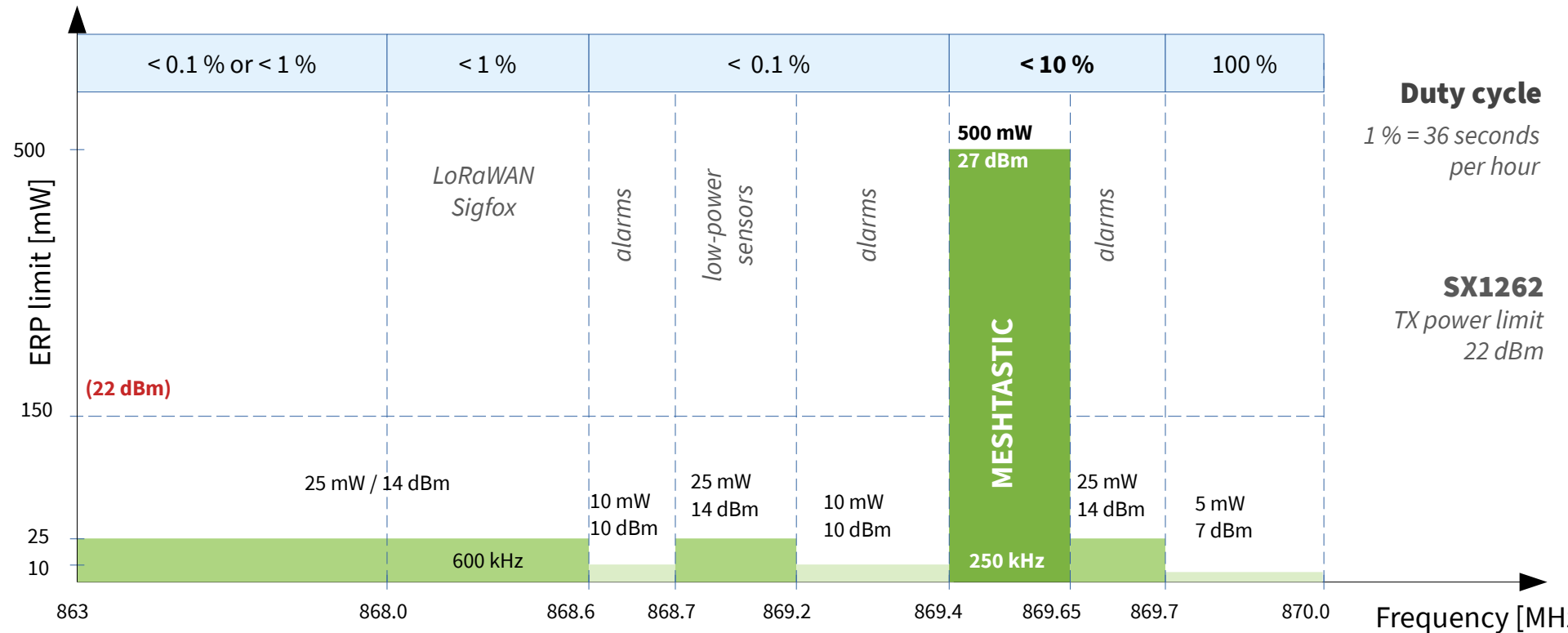
B (slowest)

Débit : 183 bps
 Spreading Factor (SF) : 12
 Bandwidth (BW) : 125 kHz
 Coding rate (CR) : 4/8



Time-on-air
 (échelle non linéaire !)

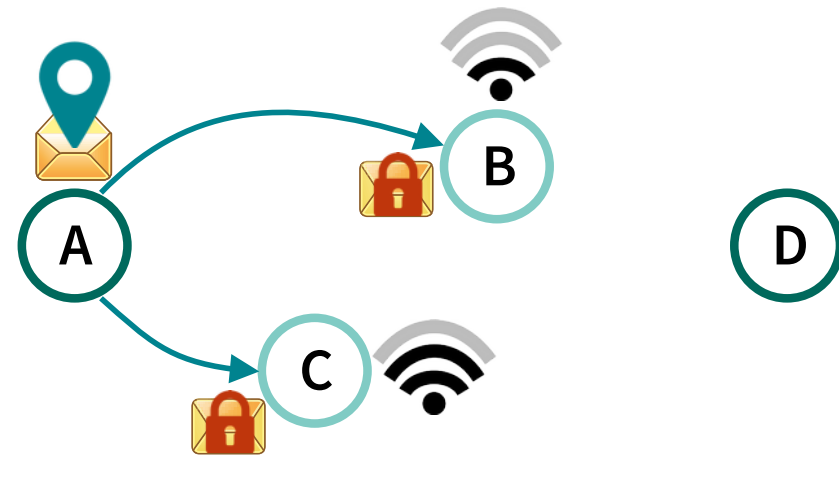
Bandes de fréquences 868 MHz



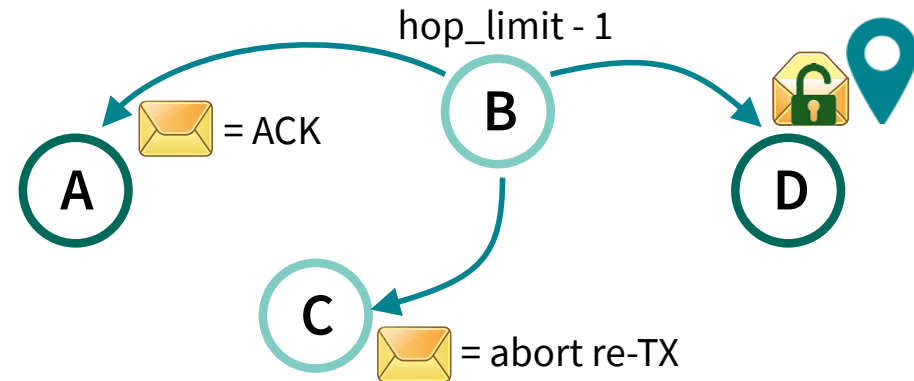
Source : 2013/752/eu: Commission implementing decision of 11 december 2013, amending decision 2006/771/ec on harmonisation of the radio spectrum for use by short-range devices and repealing decision
http://data.europa.eu/eli/dec_impl/2013/752/oj

- Implicit ACK, SNR-based contention windows, ...

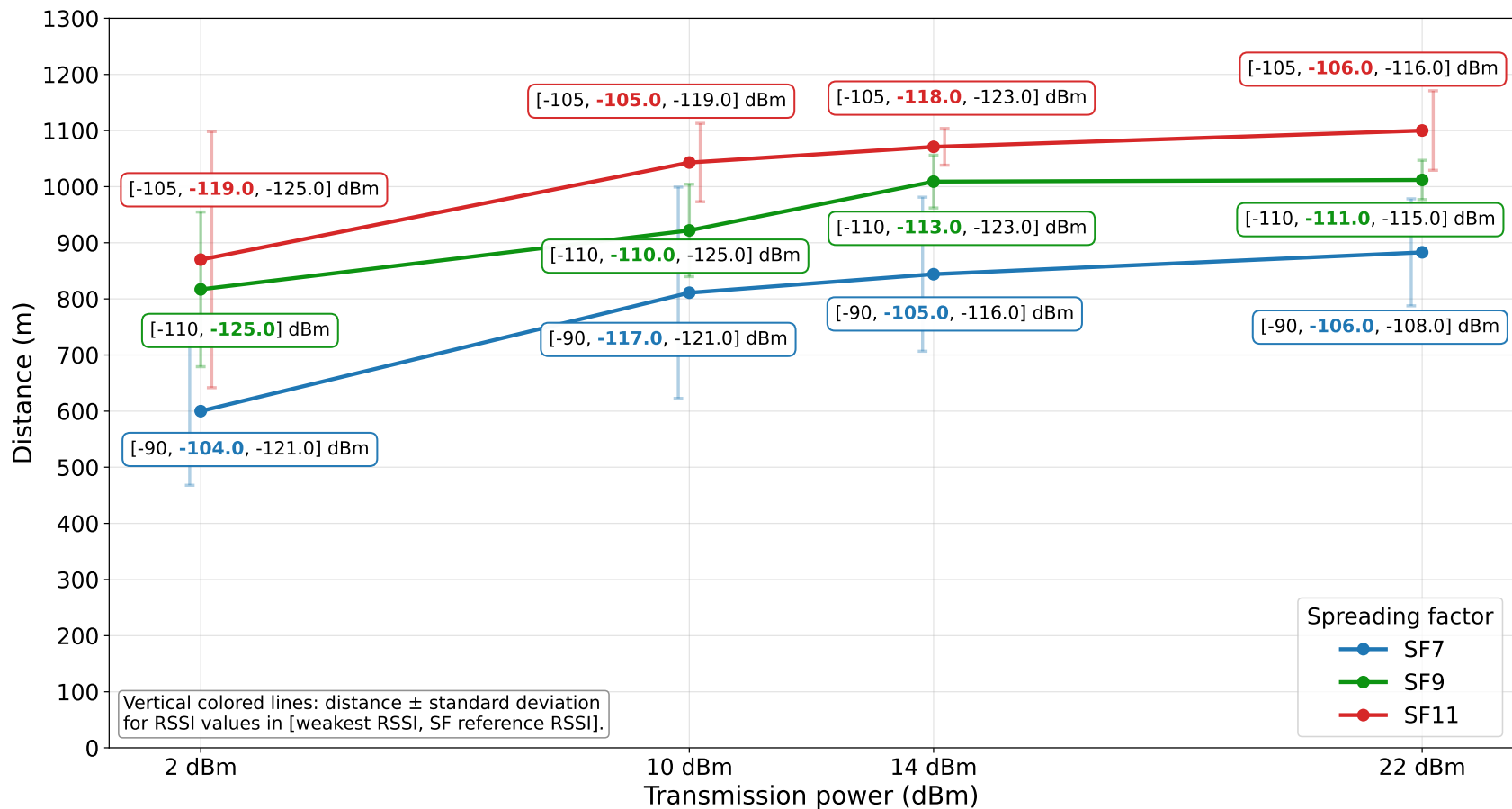
1. initial transmission



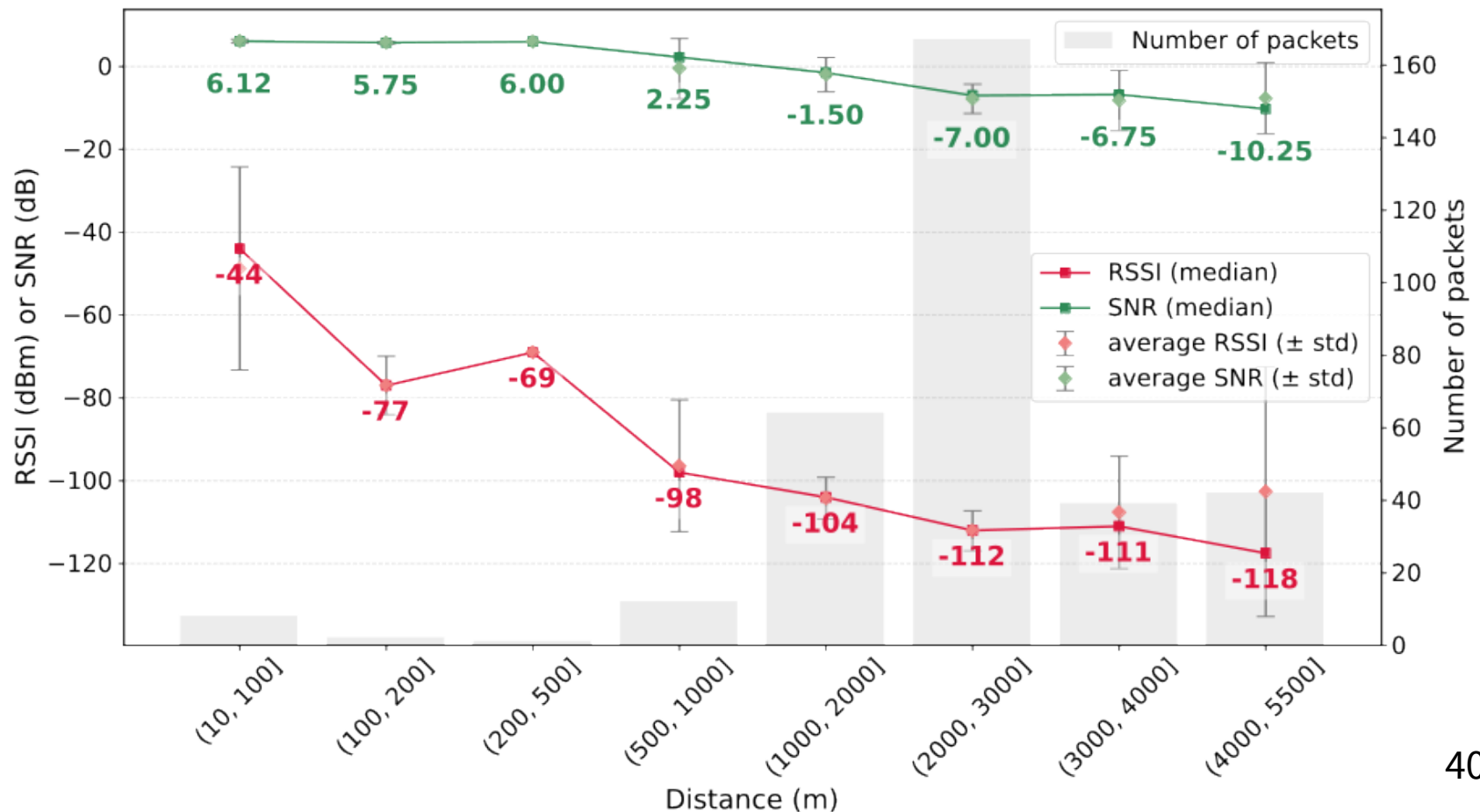
2. retransmission



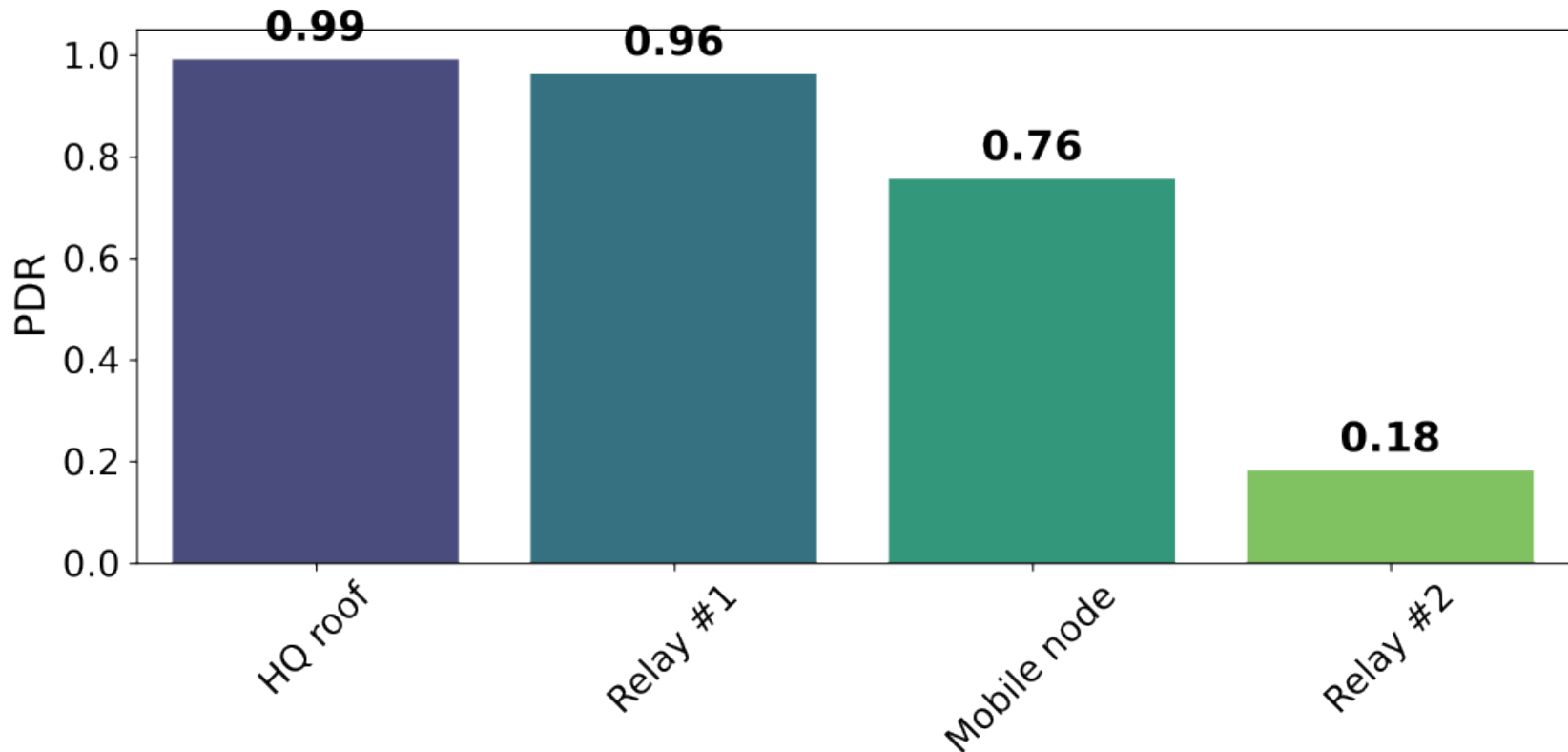
- 1-hop range (SF, P_{TX})



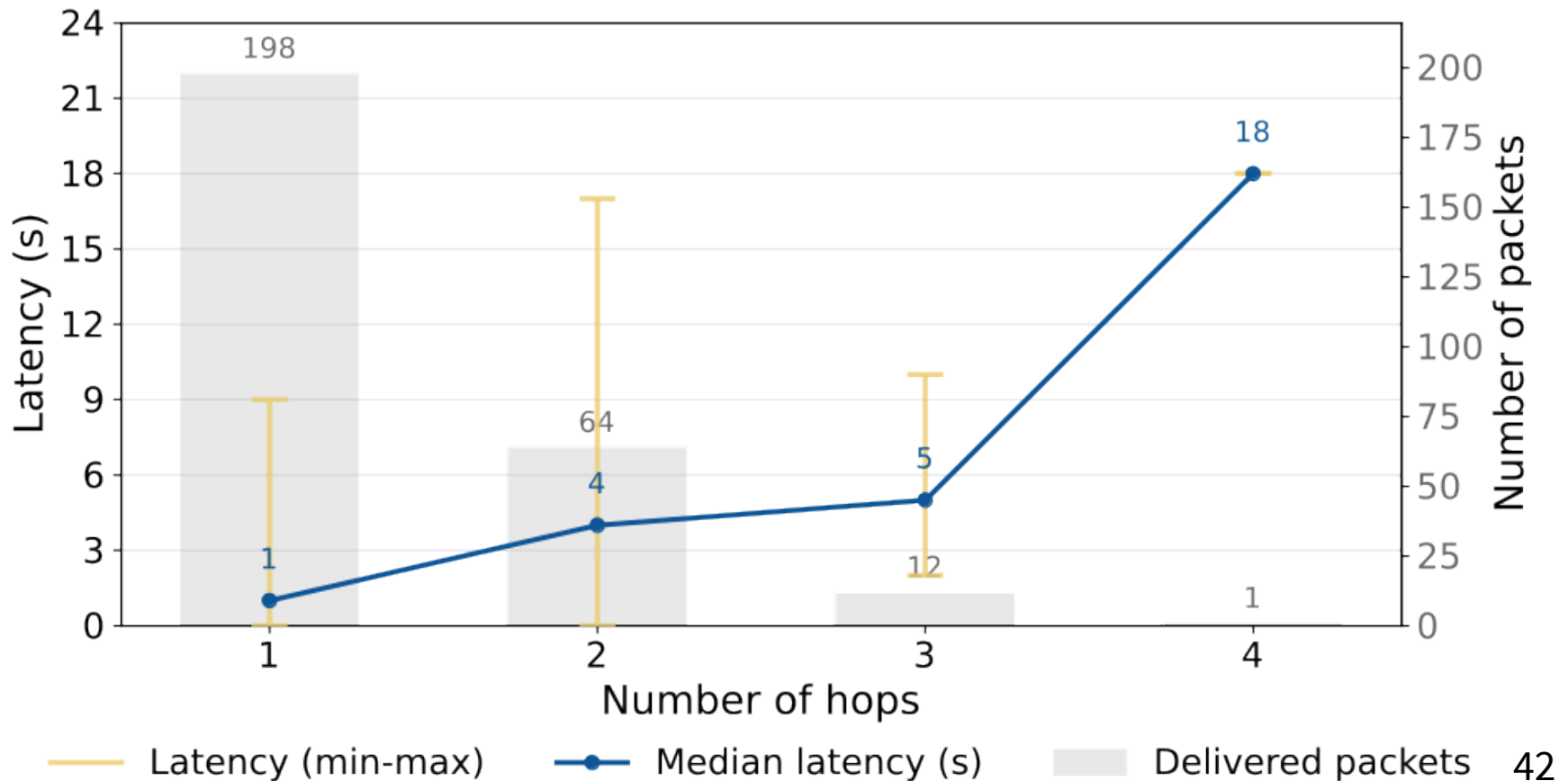
- Signal quality (SF11, $P_{TX} = 22$ dBm)



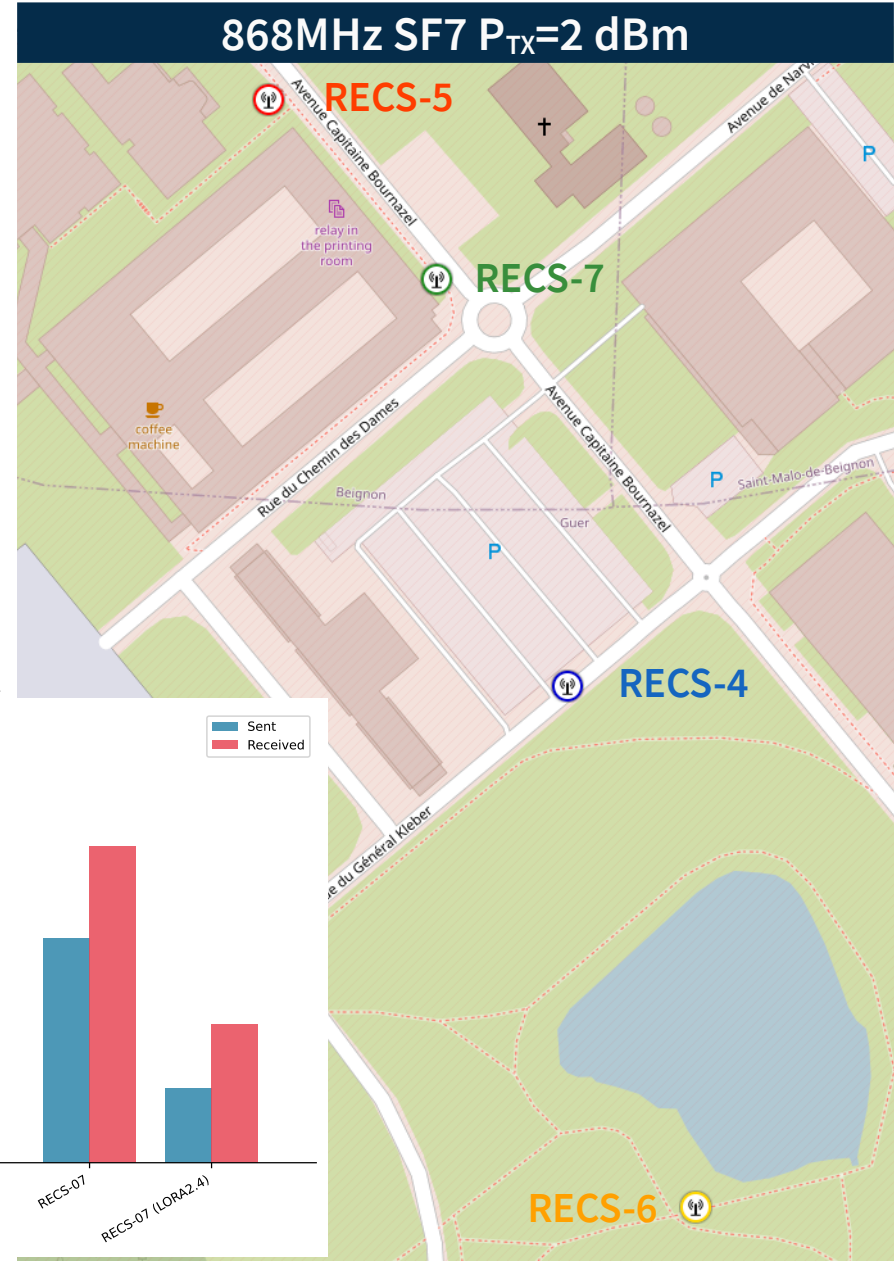
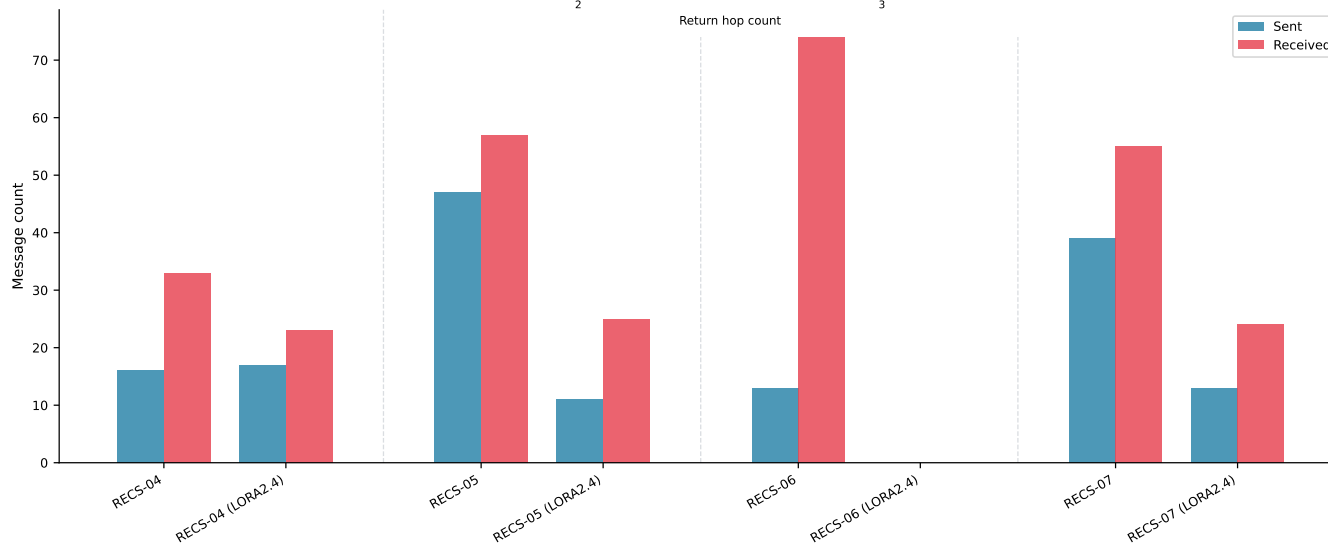
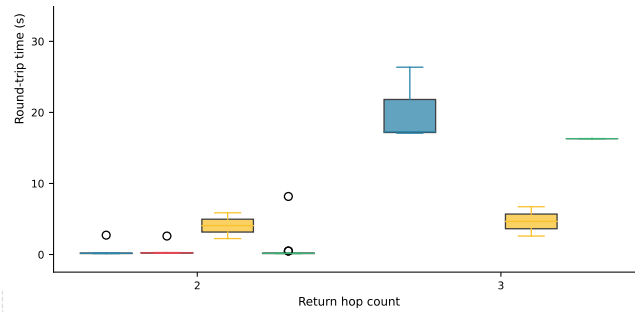
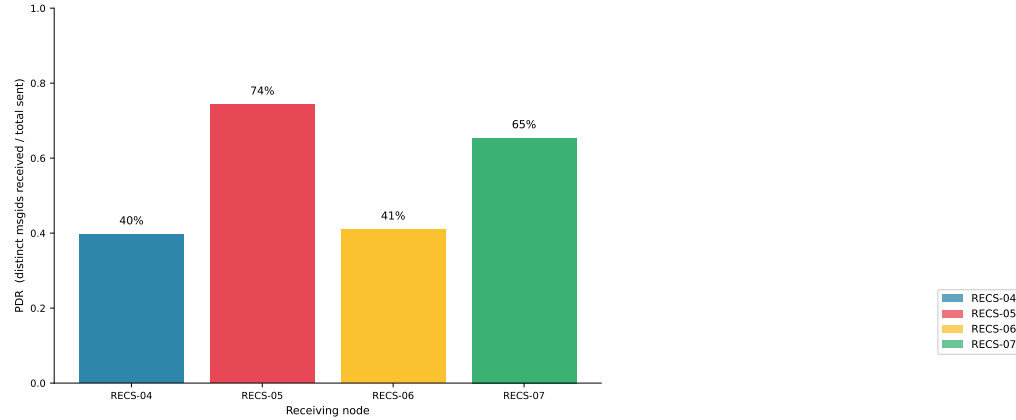
- PDR



- Latence



Expérimentations - résultats



Bonus track – tests ND-ADR

