Vers une réduction du risque de collisions dans les réseaux LoRa

Guillaume Gaillard, Congduc Pham

@univ-pau.fr

Universite de Pau et des Pays de l'Adour, E2S UPPA, LIUPPA, Anglet, France

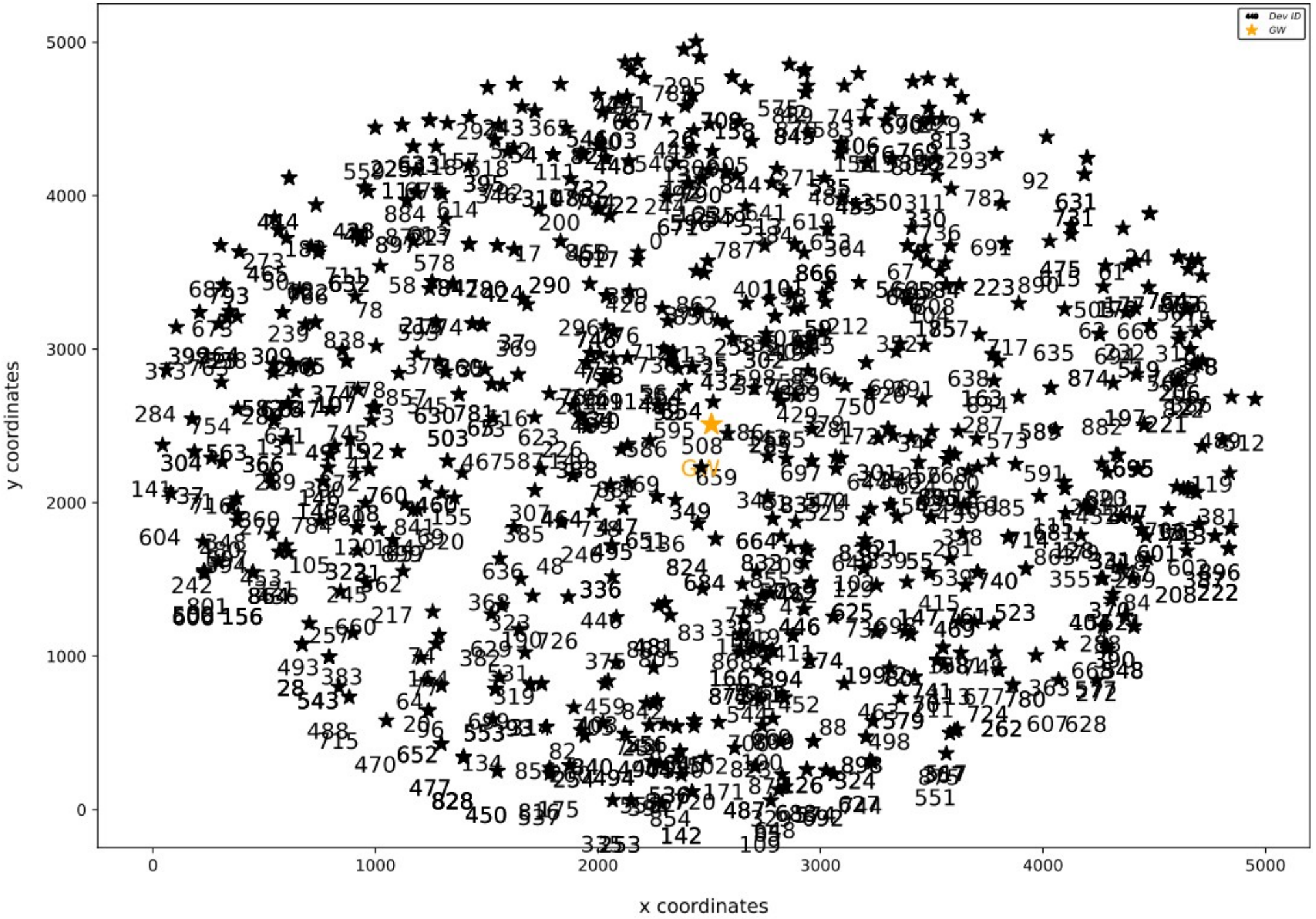
Journées non thématiques 2023 à Lyon

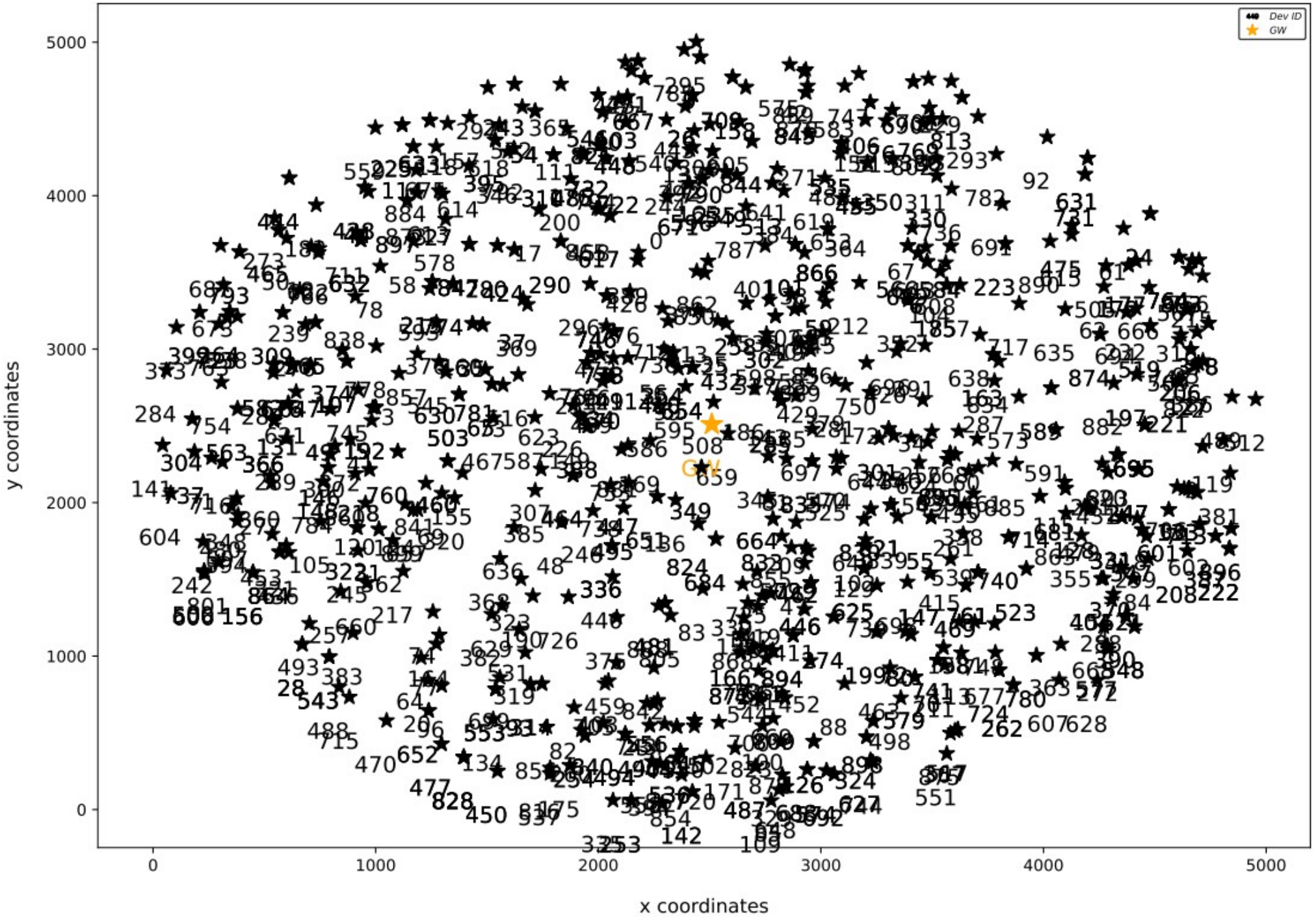
Agenda

- Mais, il y a encore des problèmes de collisions ?
  - C'est quoi ?
  - Pourquoi ?
- Proposition : meilleure écoute avant TX que l'existante
- Simulation
- Perspectives

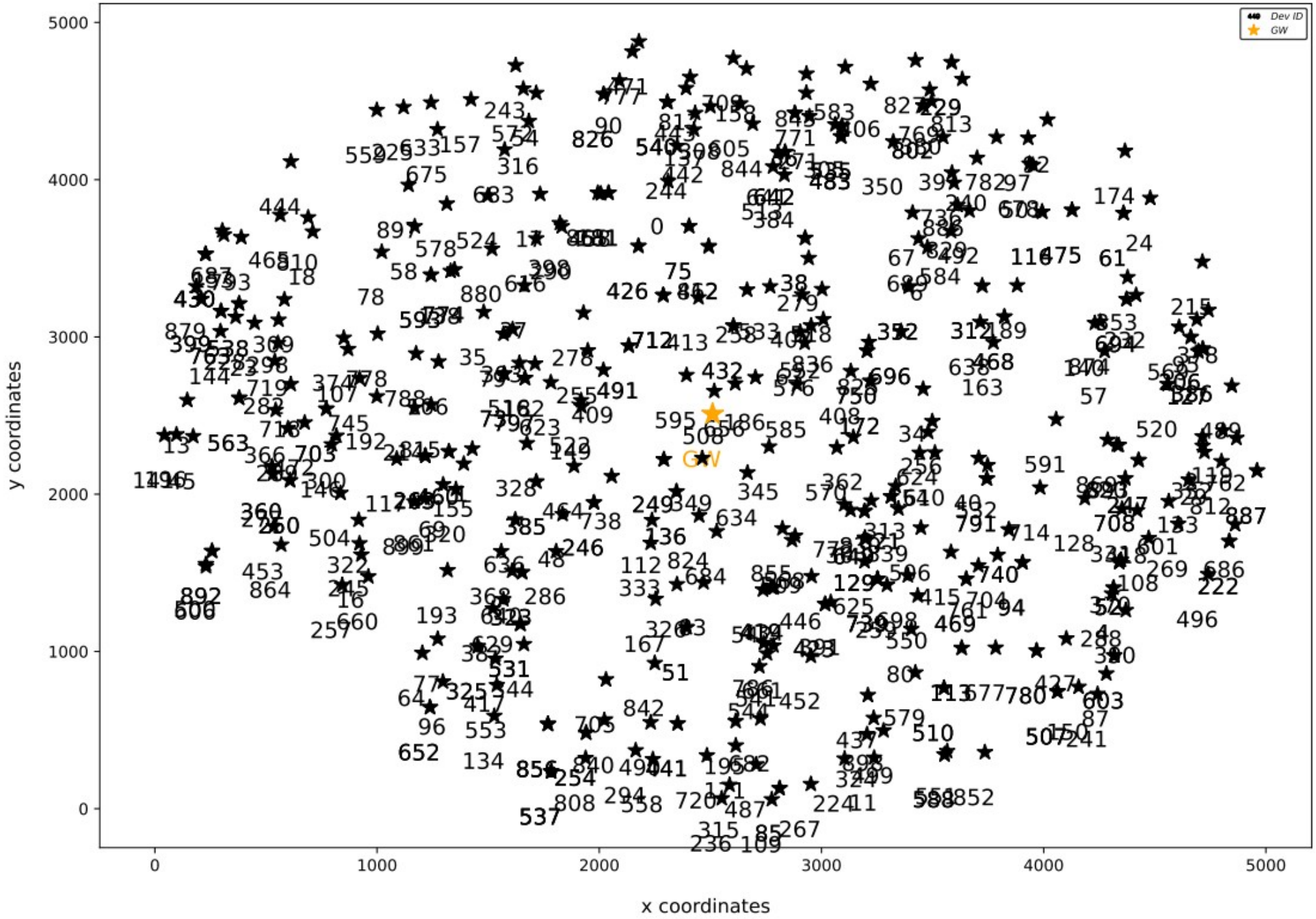
Réseau dense = domaine de collision dense

- LPWAN comme LoRa
- Autour d'une gateway, une parmi …
- En 2020, 50 milliards d'objets connectés… (16?)
- Augmentation de la densité


Dev ID
GW
y coordinates
x coordinates
0
1000
2000
3000
4000
5000

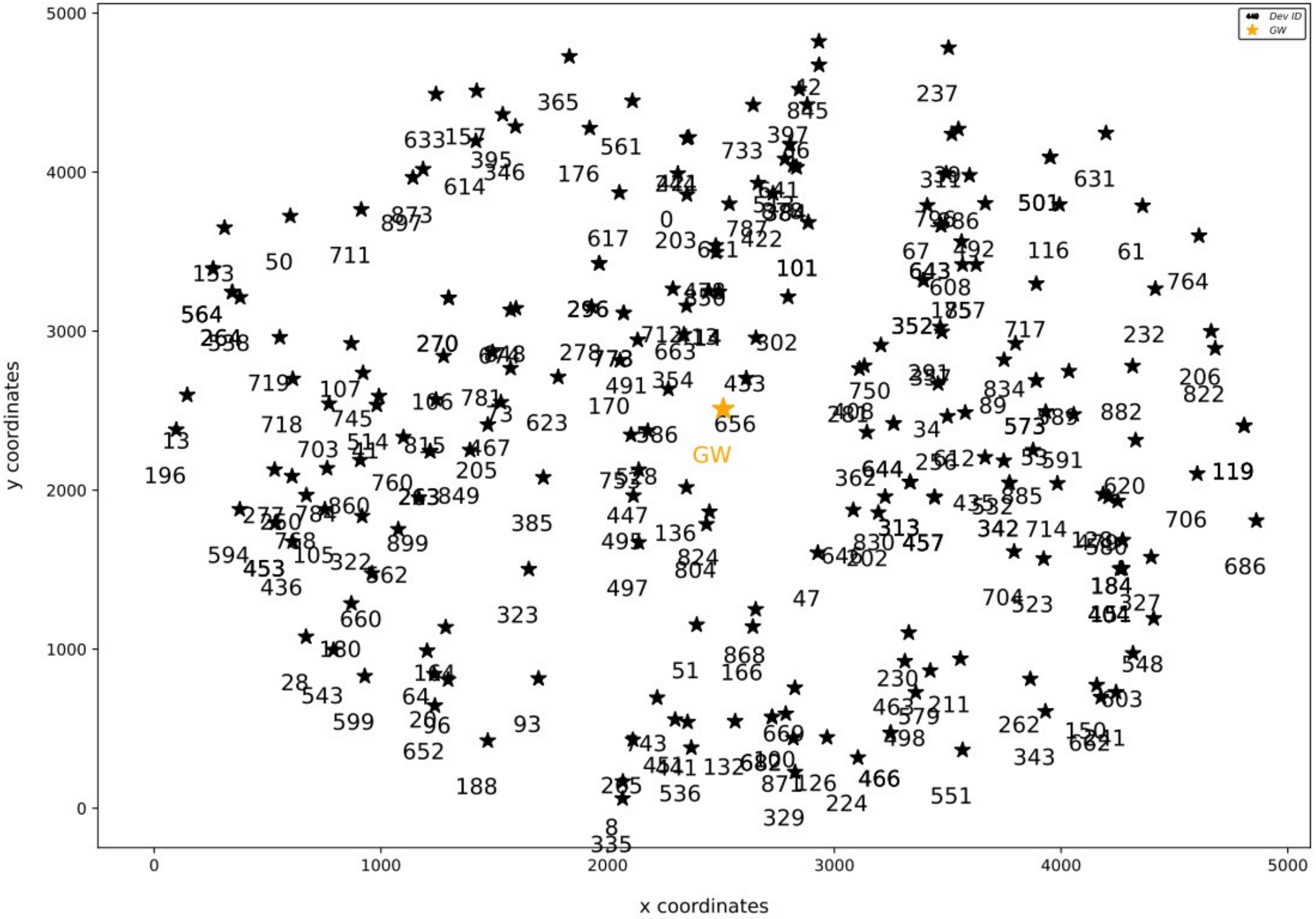


“Mitigation”, Réduction du problème par :



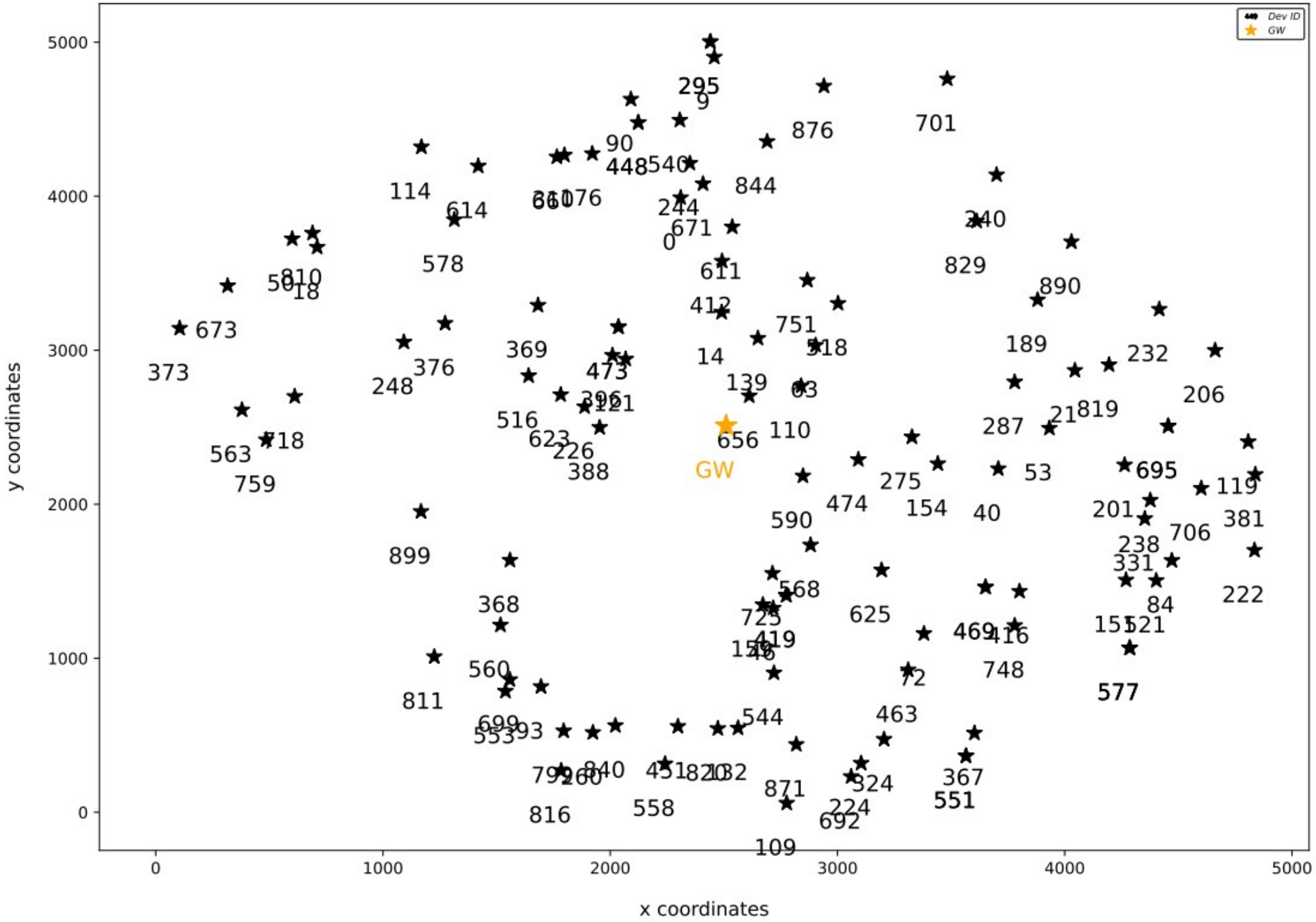
“Mitigation”, Réduction du problème par :

- fréquence



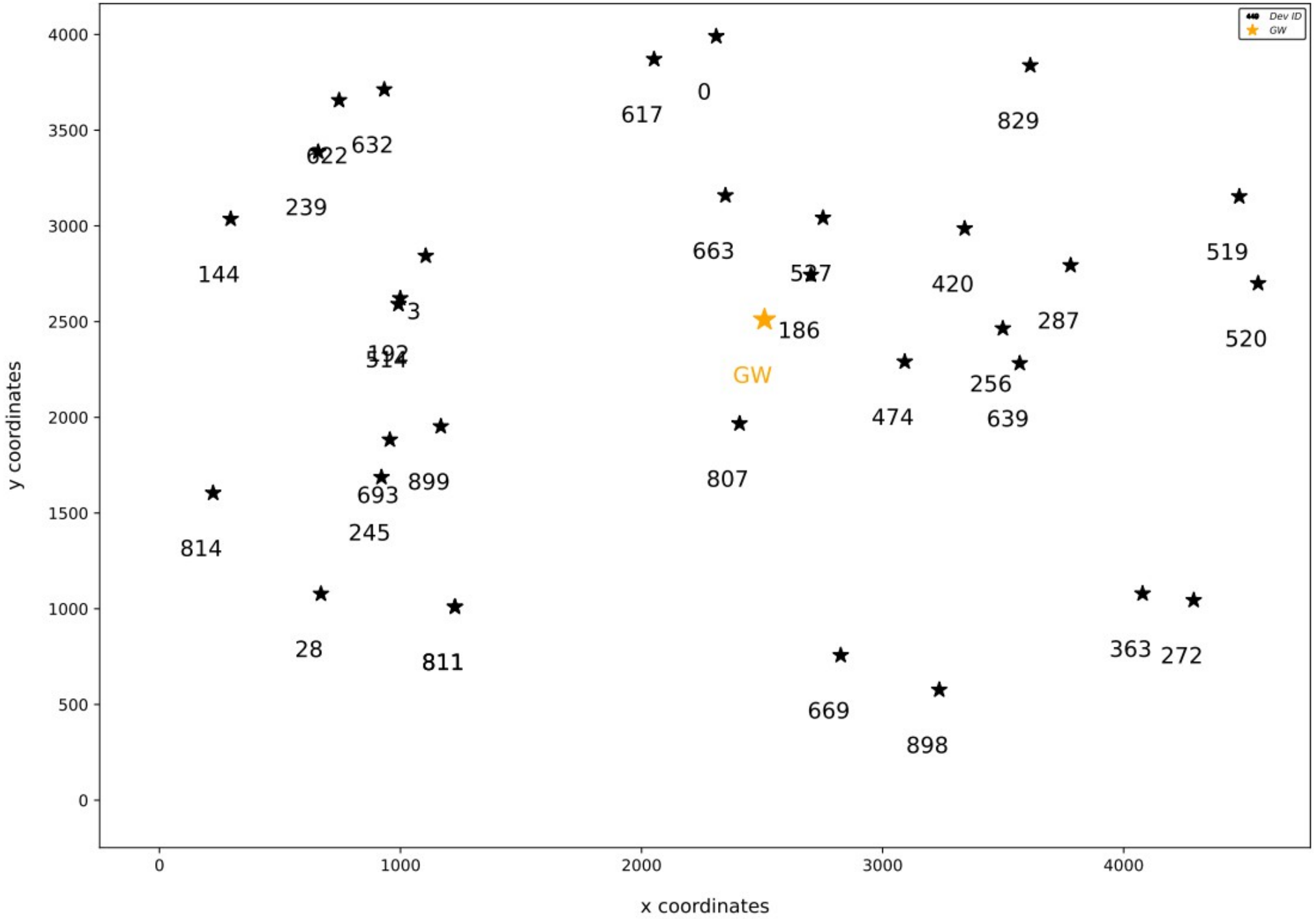
“Mitigation”, Réduction du problème par :

- fréquence
- modulation



“Mitigation”, Réduction du problème par :

- fréquence
- modulation
- puissance

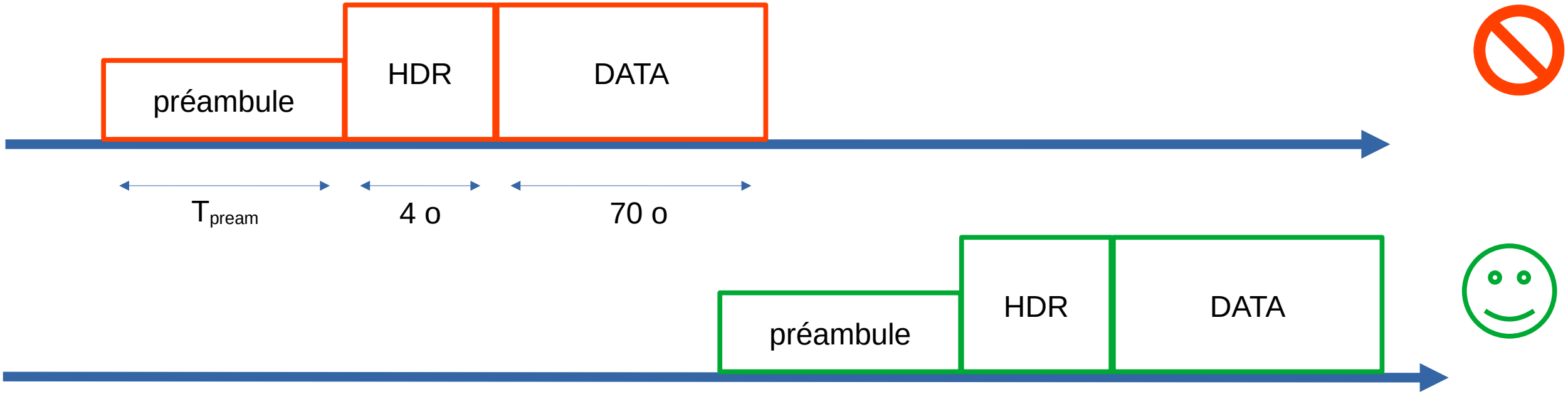


“Mitigation”, Réduction du problème par :

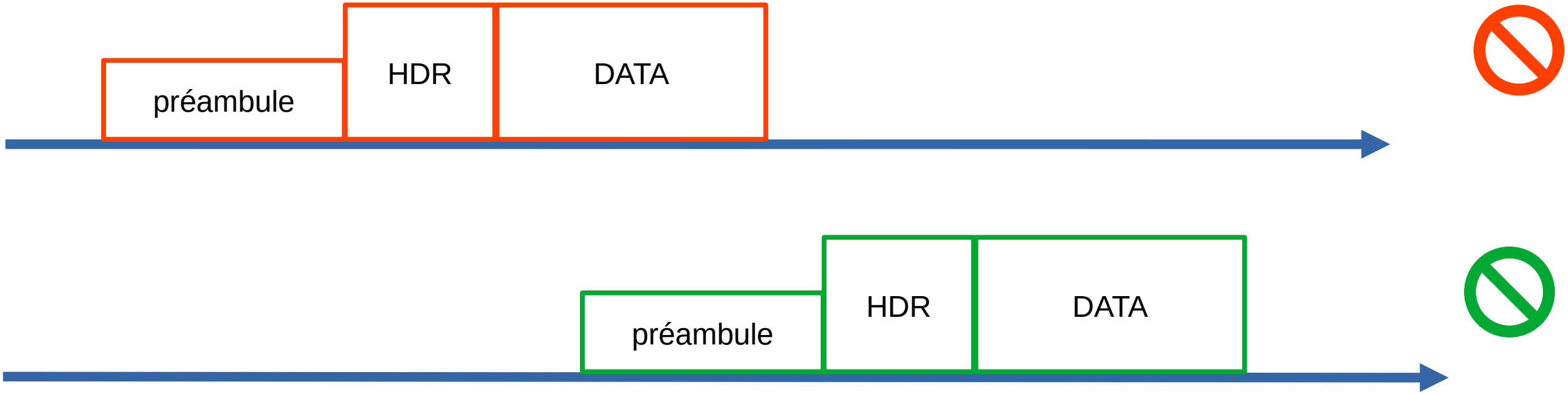
- fréquence
- modulation
- puissance
- synchro.
- aléatoire
- écoute…

Mais réduction…

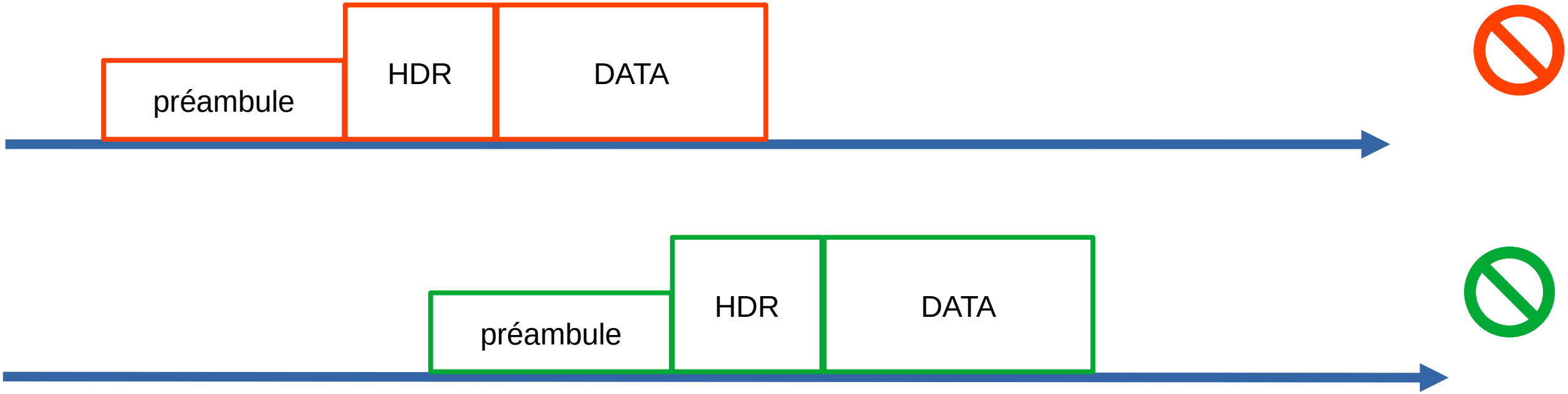
Collision ?



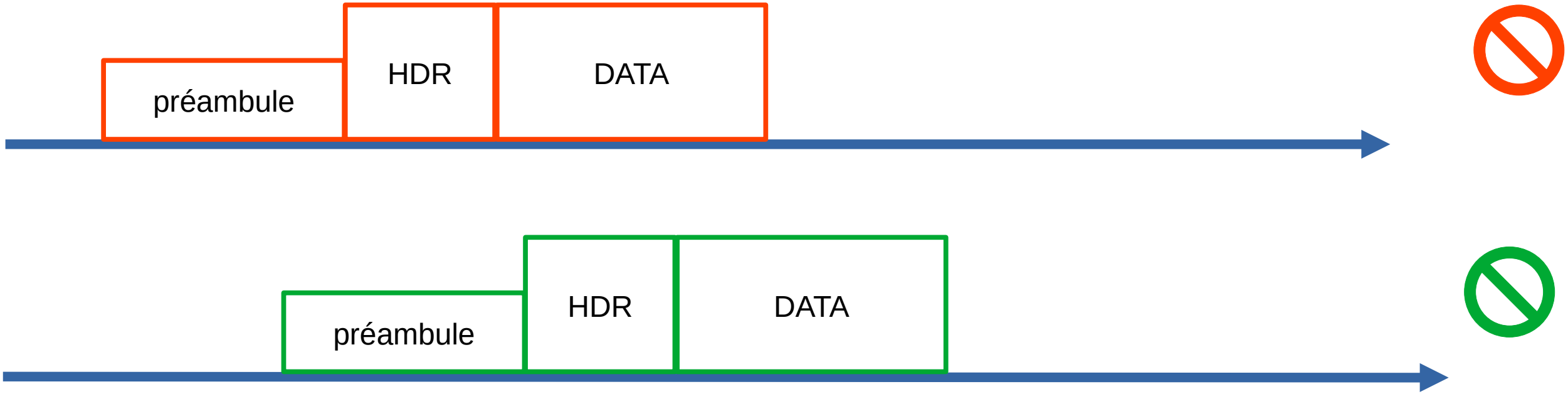
Collision ?



Collision ?

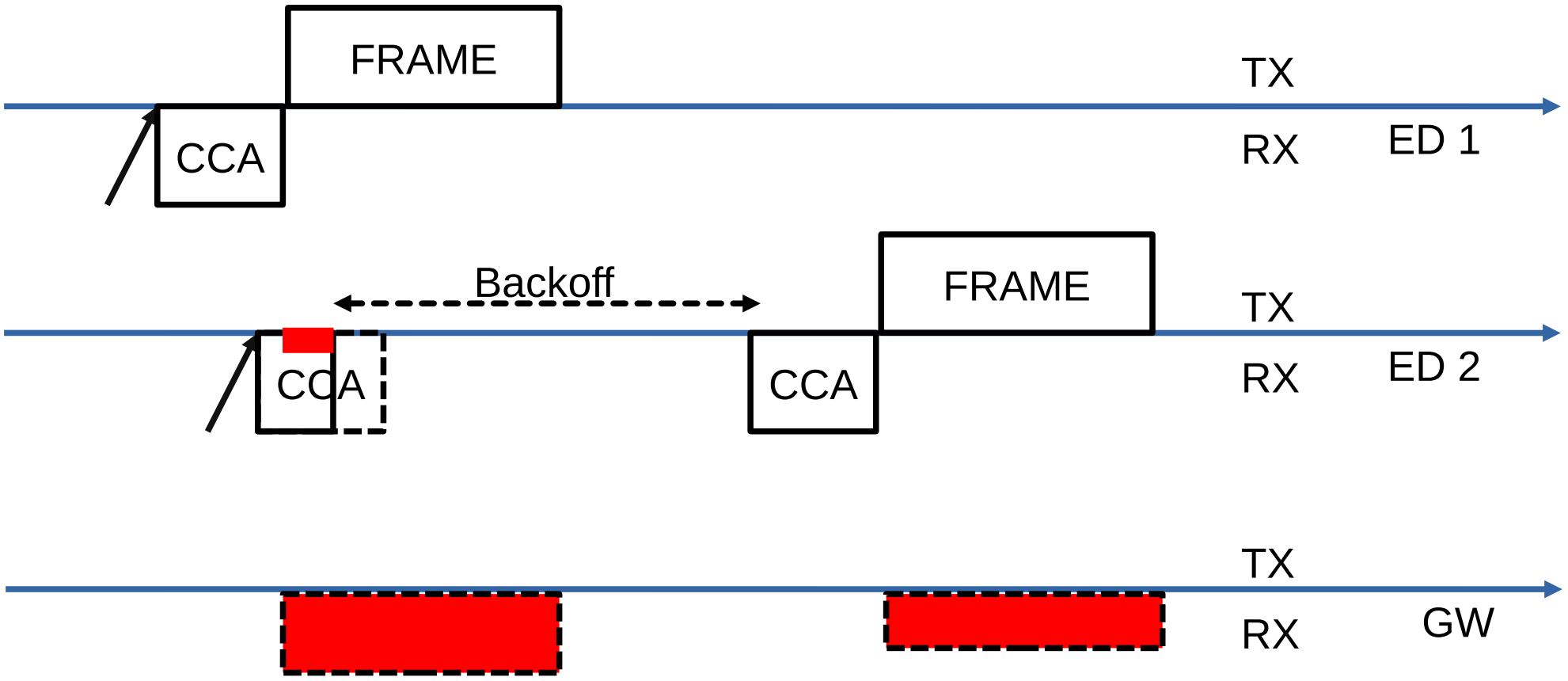


Collision ?



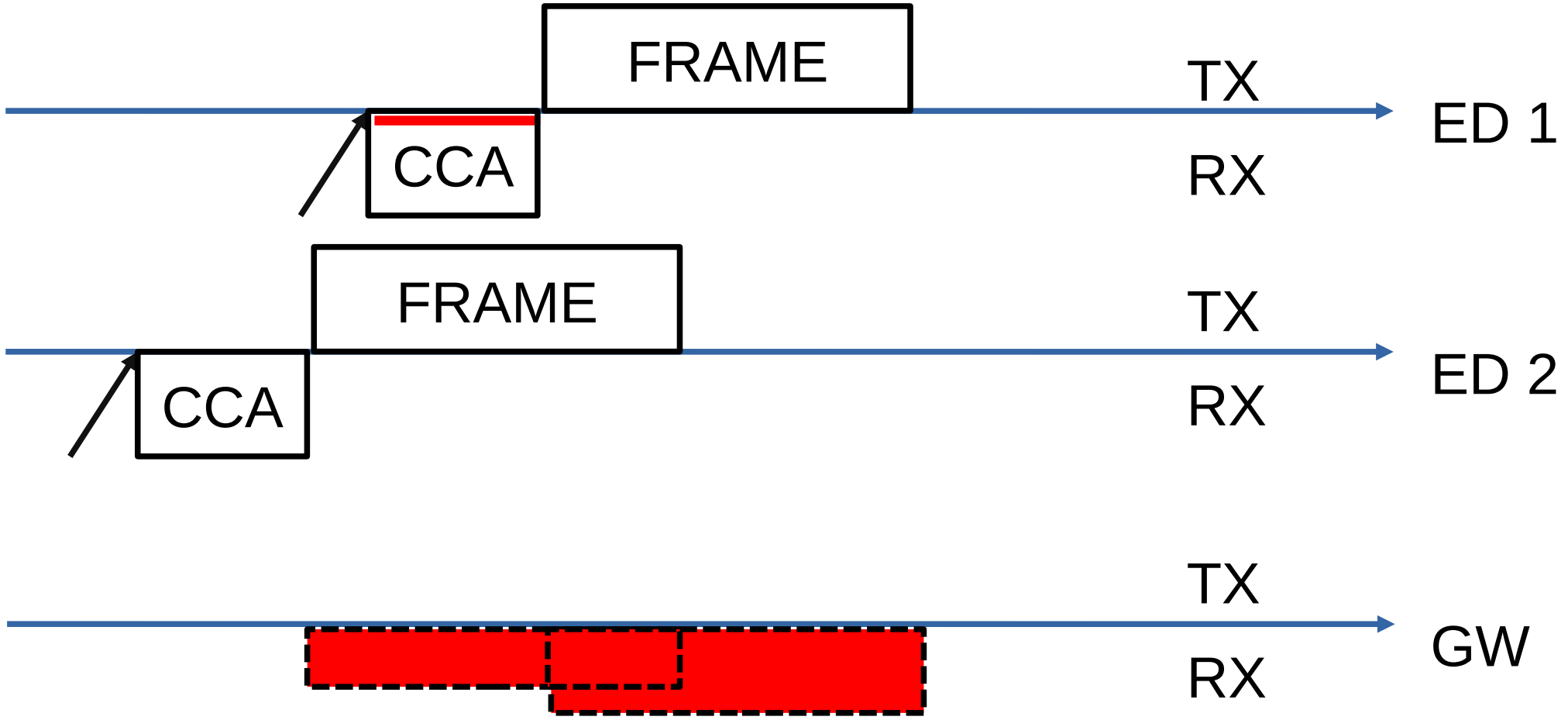
Collision ?

Collision Avoidance classique = CCA+Backoff



CCA= Clear Channel Assessment = écoute bas-coût

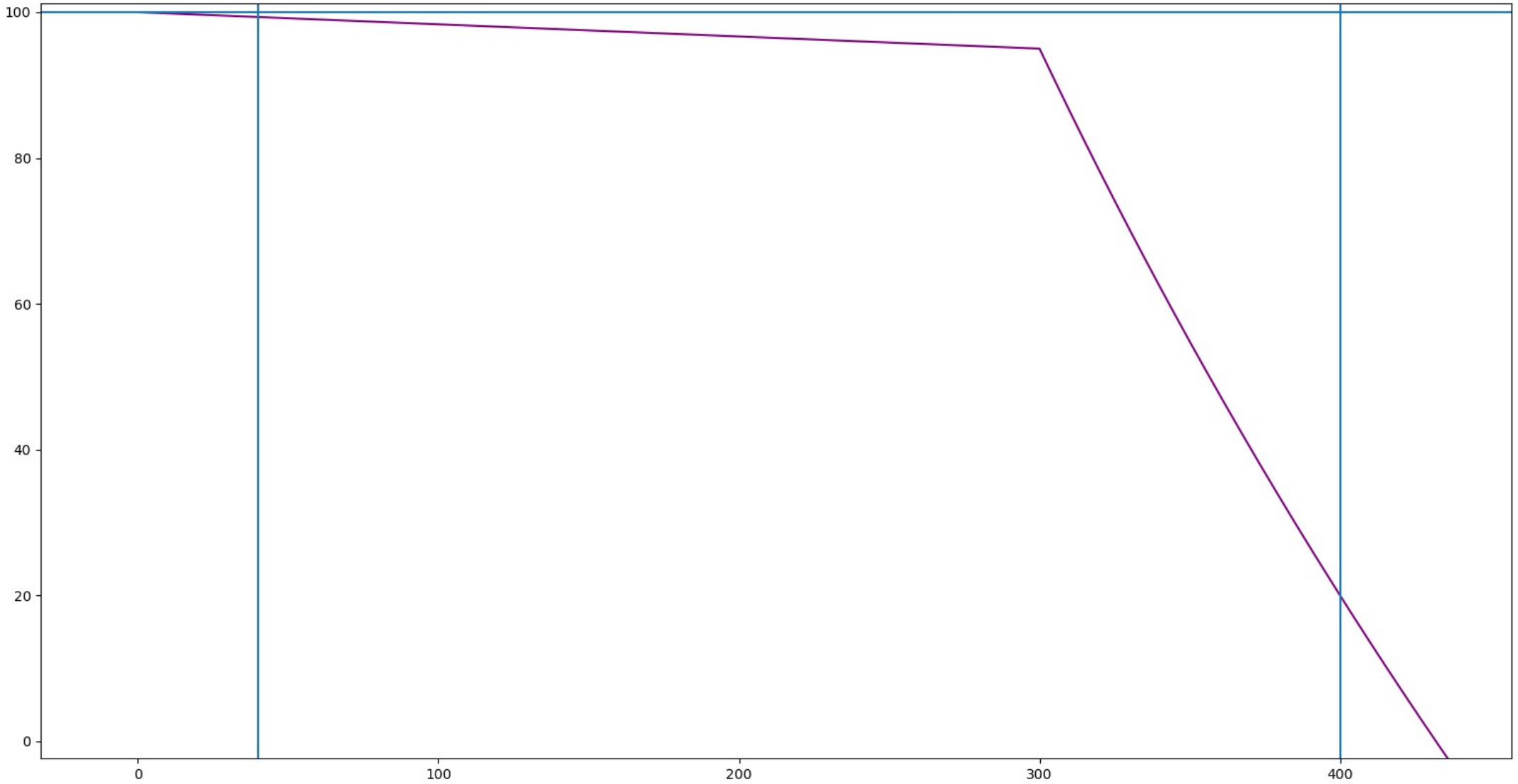
Collision Avoidance classique : limite



Pb : CCA devient peu fiable avec la distance

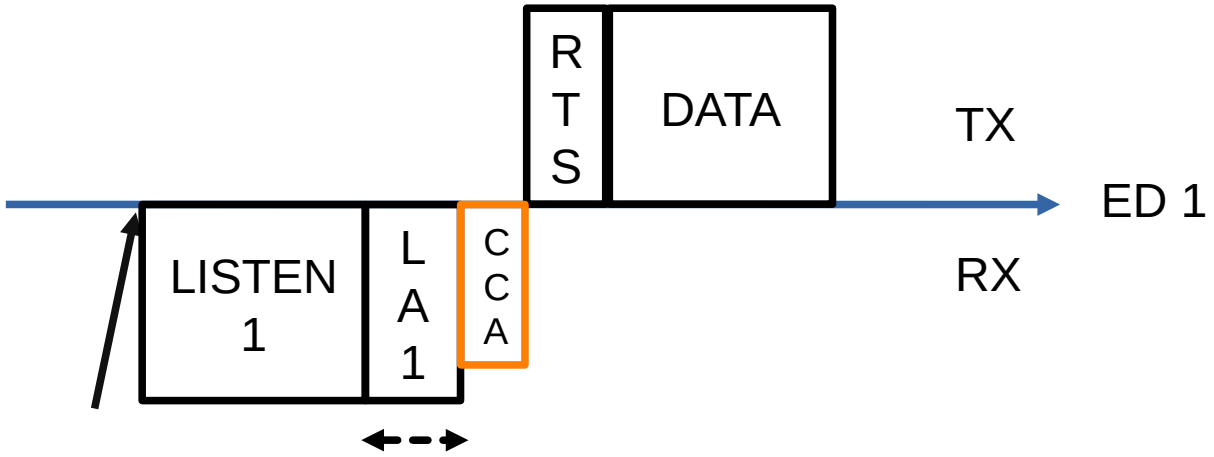
- Lié aux niveaux de bruit dans LoRa
- Faux négatifs
- Pham, C., Ehsan, M. « Dense Deployment of LoRa Networks: Expectations and Limits of Channel Activity Detection and Capture Effect for Radio Channel Access ». Sensors 2021, Vol. 21, Page 825 https://doi.org/10.3390/S21030825
- Modèle :

Probabilité CCA positif versus distance

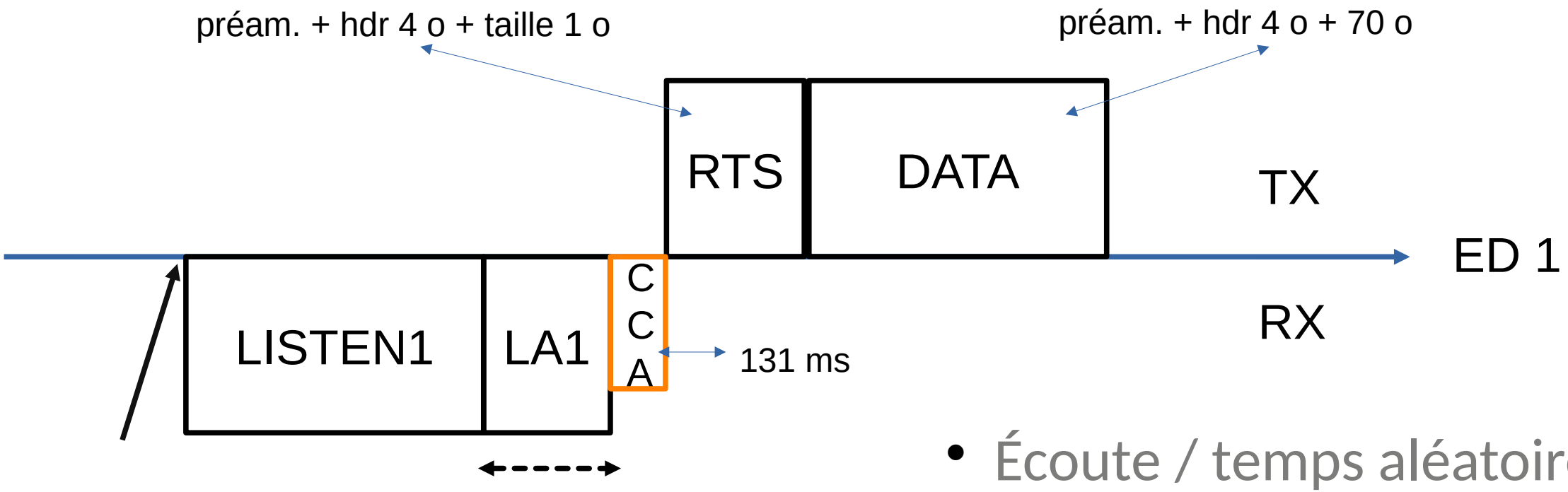


Proposition : écoute / mode RX des devices

- Caol : Collision Avoidance in Open Loop
- Trame RTS avec taille de la trame de donnée à venir
  - Adaptation de la période d'attente
- Période d'écoute aléatoire
  - Distribution uniforme des opportunités
- Maintien ou non du CCA :
  - Détection après début



Proposition : écoute / mode RX des devices



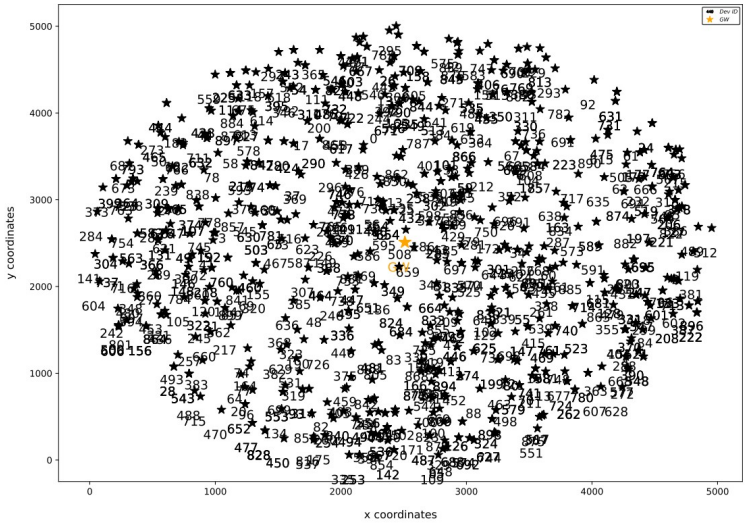
- Écoute / temps aléatoire
- 2 trames, cf. RTS
- Compatibilité PHY

Simulation : LoRaSim

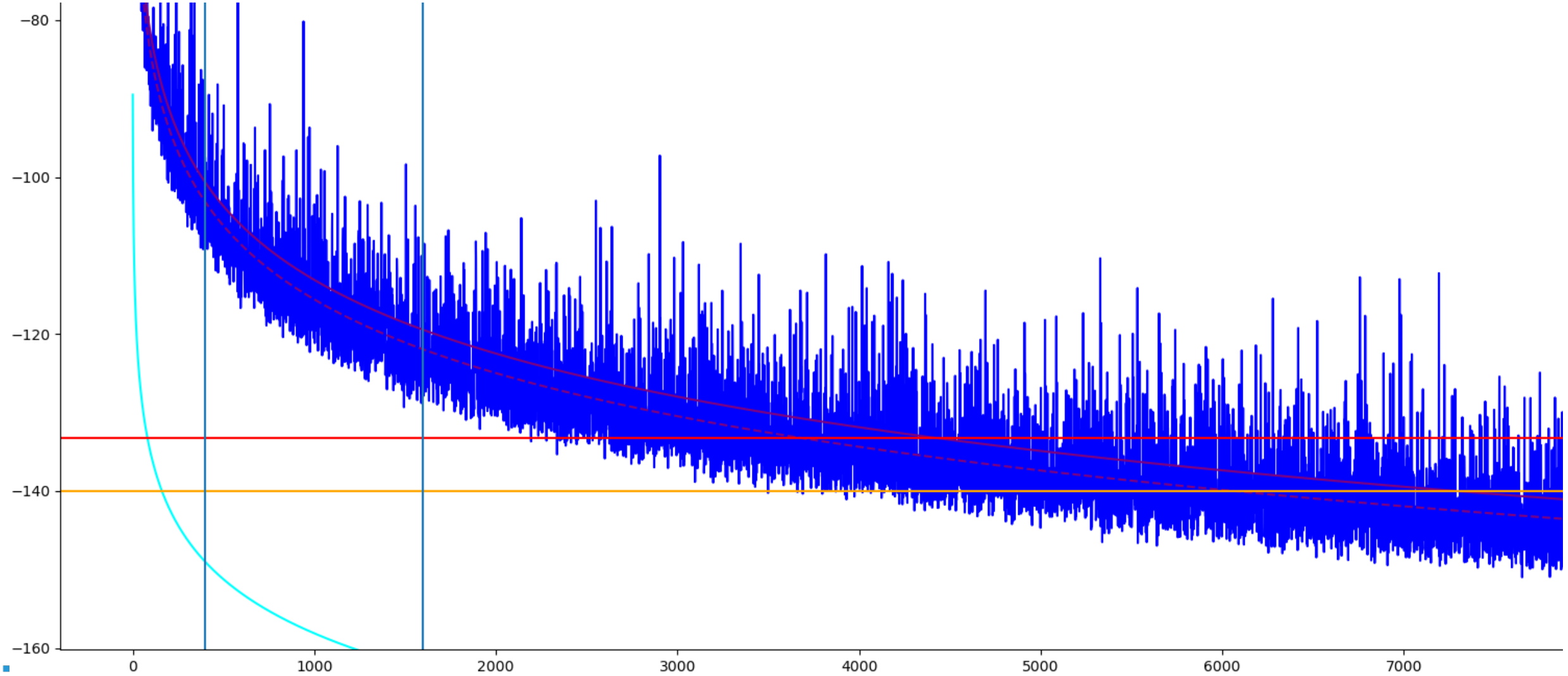
- Python à évènements discrets
- 2016 : Voigt, T., Bor, M. (2016). LoRaSim. https://mcbor.github.io/lorasim/
- Branche LIUPPA/nous : améliorations/debug avec numpy/Py3/etc.
  - Implém CCA, Backoff, Caol
  - Bilans de liaison matrice D2D, avec bruits ;
  - Modèle conso energie
  - Modèle effet de capture
  - Wrapper simulations reproductibles avec extractions horodatées
  - Implém nombreux paramètres/hypothèses (trafic, collisions, densités…)
  - Implém résolution « idéale »

Scénario de référence

- 500 devices répartis uniformément dans un rayon de 2500m autour d'une GW
- BW125, SF12
- CCA fiable à max 420m
- Path loss + bruit : dist. max moyenne à 6km
- Fenêtre d'écoute Caol : [3, 14] (temps T_{pream})
- Nombre max de re-tentatives avant abandon : 5
- 1000 trames data / device
- Moyenne 1 trame (70 o) / 6.4 s au global, trafic exponentiel



Path loss in simulation



Métriques : 6+

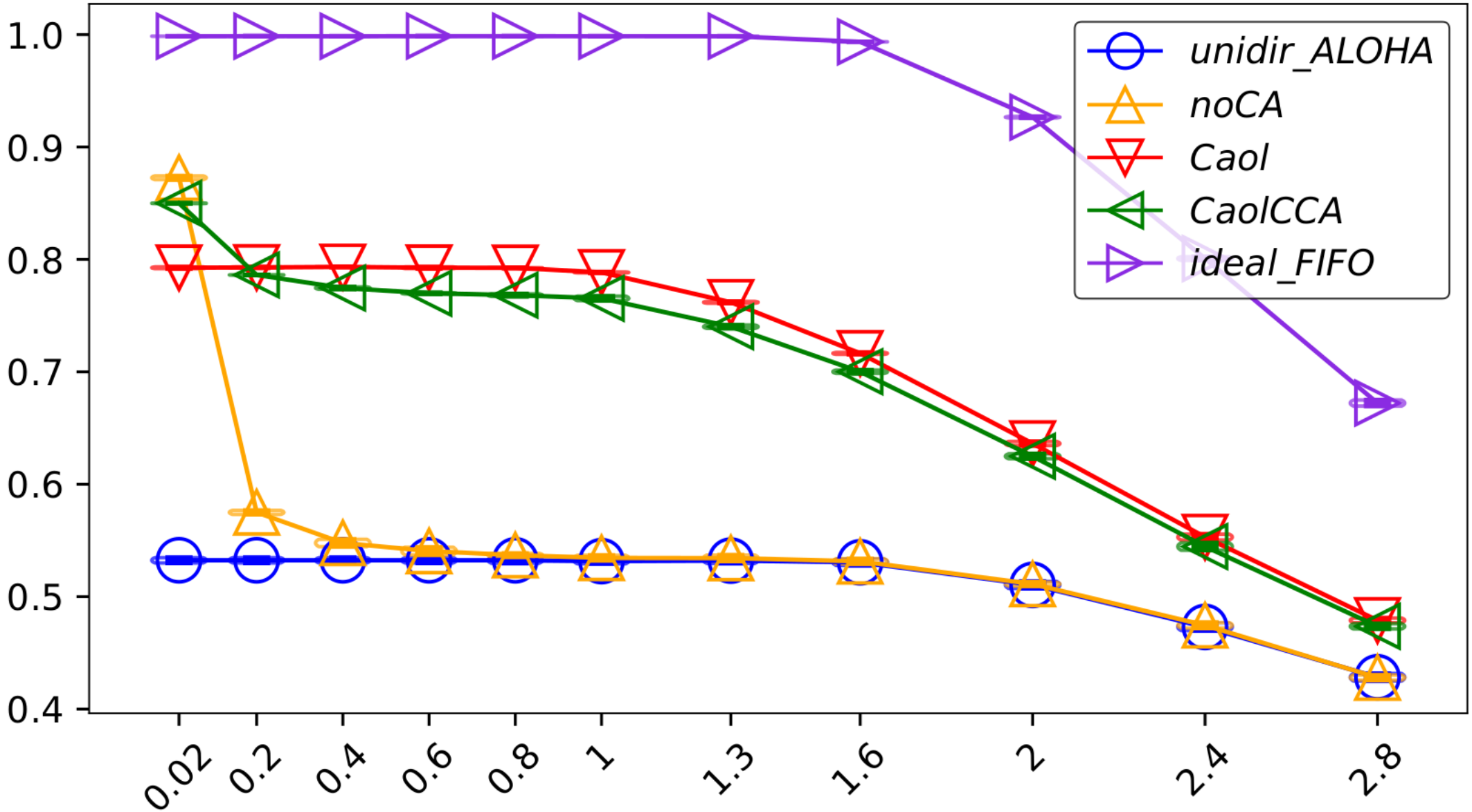
- Data Extraction Rate (1) versus Packet Delivery Ratio (2)
- Mean TX time per device (3)
- Mean energy per success (4)
- Network channel occupation (5)
- Network channel overlap ratio (6)
- +

5+ Variations par rapport au scenario de ref.

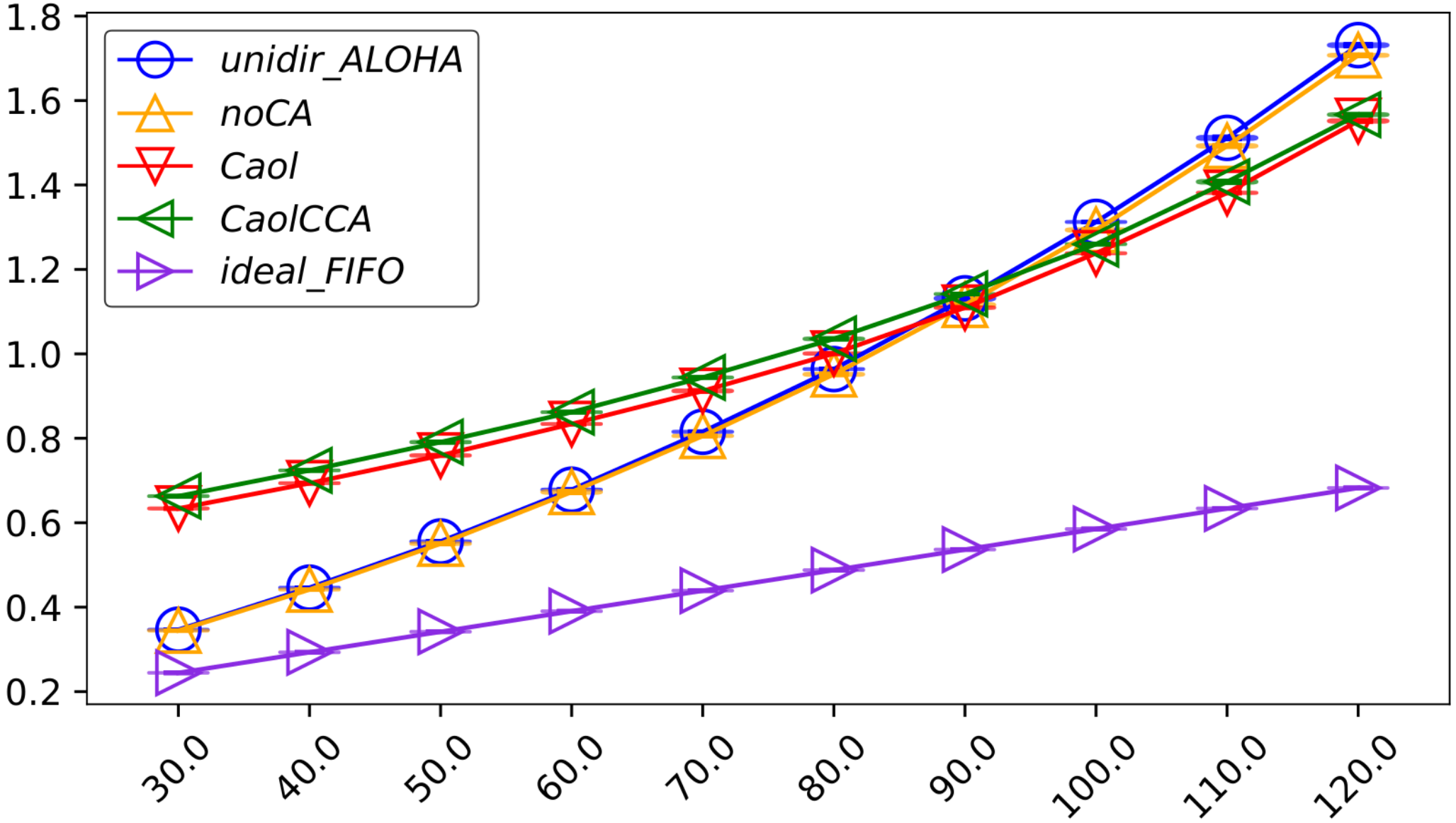
- (1) Topology scale : rayon max 50m => 7km
- (2) Mean packet inter-arrival time Exponential distribution :
  - μ 1f / 3.2 s => 1f / 12.8s
- (3) Retries : 1=> 12
- (4) Node density scale (n/exp, E(total traf.) constant) 10 => 900
- (5) Mean payload size – shift : 30 o – 120 o
- +

=> 30 graphes

Résultats 1 : PDR versus rayon max



Résultats 2 : energy/success versus payload



Conclusion et Perspectives

- Caol, écoute en RX avec attente adaptée, pertinente pour LoRa dense
- CCA classique y est plutôt contre-productif

- Fairness avec diminution progressive de la fenêtre aléatoire d'écoute
- Validation expérimentale

Questions ?

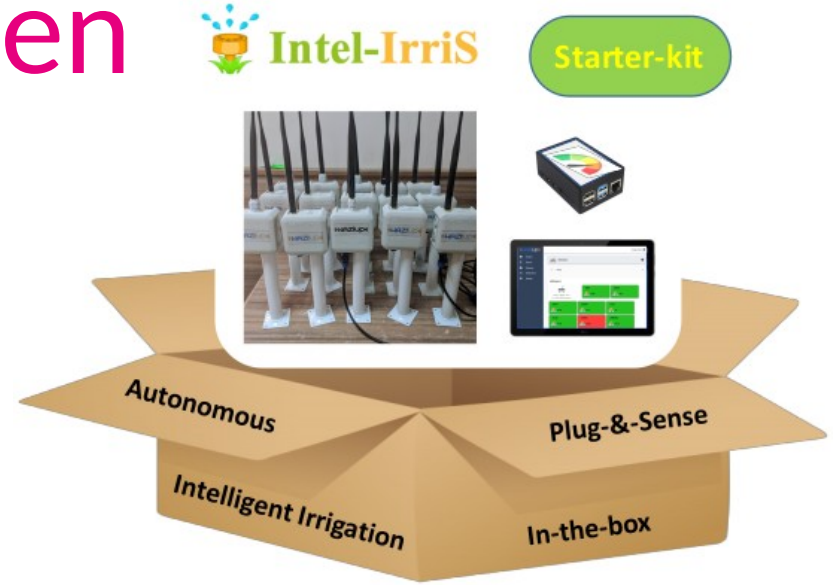
- Reviewers' questions :
  - Quelles sont d'après vous les questions que les reviewers vont nous poser ?
- Merci pour l'attention :)

Guillaume Gaillard, Congduc Pham

@univ-pau.fr

Projet européen/méditerranéen PRIMA Intel-Irris

- Disclaimer: on sort du scénario « réseau dense »



- Low-cost smart irrigation
- GW LoRa + Raspberry PI, Waziup
- Devices LoRa + Arduino
  - Humidity / Temperature Sensors
- Small holder farmers, Agri + ICT researchers
- https://intel-irris.eu/