

# Analyse du comportement des ondes électromagnétiques dans la neige

Pré-étude en ville  
Rapport

BADAT Leya  
WYKLAND Damien  
MASSON Jérémy  
ZARCOS Paul  
CUAU Victor



## Principe et objectifs

Dans le but de nous préparer à notre déplacement en montagne pour nous aider à comprendre le comportement des ondes électromagnétiques dans la neige, à des fréquences correspondantes à LoRa, nous commençons par réaliser des mesures en ville. Notre objectif est de nous confronter en amont au maximum de problèmes de nous pourrions rencontrer durant notre expérimentation. Faire ces mesures va nous permettre d'apprécier le temps nécessaire pour l'acquisition des données ainsi que l'allure des courbes que nous nous attendons à obtenir en montagne.

## Choix techniques

- Nous réaliserons les mesures à la **fréquence d'émission 868,5 MHz**, la plus courante pour LoRa.
- On utilisera un **Spreading Factor (SF) de 12**, ce qui permet d'augmenter la distance de propagation du signal, en réduisant le débit (qui n'est pas important pour nous).
- Nous mesurerons les valeurs du **SNR**, à différentes distances de la carte émettrice, et pour différentes profondeurs d'enfouissement de cette carte dans la neige. La valeur du RSSI n'étant pas fourni par le modèle LoRa utilisé, nous en serons pas en mesure de la relever.
- **Deux puissances d'émission** du transmetteur seront testées : d'après la documentation Microchip du module RN2483a, nous testerons la deuxième **plus faible -2** et la deuxième **plus forte 14** (les extrêmes -3 et 15 n'ont pas été pris en compte, en raison d'un blocage que semblaient éprouver les cartes lors de tests en bâtiment avec ces valeurs).



## Protocole expérimental

On place la carte émettrice à un endroit sans proximité immédiate avec un bâtiment. Nous trouvons une bouche à incendie qui nous semble être appropriée. La carte émettrice est placée à plat sur cette bouche à incendie, à environ 1 mètre au-dessus du sol. La carte est reliée électriquement à une PowerBank qui est posé à côté d'elle.

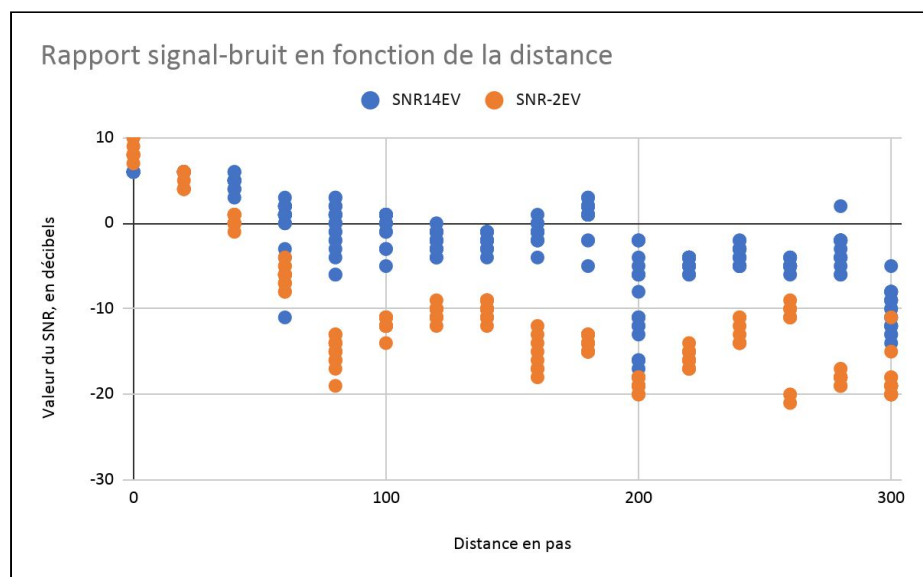
La carte réceptrice est tenue à plat, à la main, par l'opérateur qui effectue les mesures. Cette carte est également reliée électriquement à une PowerBank. Elle est également reliée à un module Bluetooth qui transmet les mesures en temps réel sur le smartphone de l'opérateur. Les données sont ainsi relevées et sauvegardées.

L'opérateur déplace la carte réceptrice, en ligne droite, tous les 20 pas, à partir de 0 pas et jusqu'à 300 pas.

A chaque distance multiple de 20 pas, l'opérateur relève la valeur du SNR calculée par la carte. Cette valeur est relevée une dizaine de fois de suite afin d'obtenir un bon intervalle de confiance.

## Résultats et analyses

Avant toute chose, il est à noter que les conditions dans lesquelles ont été effectuées les mesures ne sont pas les plus adéquates : même si nous avons un champ libre (les cartes étaient toujours à vue l'une de l'autre), il ne faut pas oublier que les perturbations extérieures étaient malgré tout importantes. Nous avons, entre autres, le passage périodique de rames de tramway, les allées et venues de piétons possédant, voire utilisant, leur smartphone, la présence régulière de poteaux en métal soutenant les lignes de tramway et de lampadaires, enfin le passage de voitures (passage parallèle, qui ne coupait pas le chemin en ligne de vue directe de carte à carte).

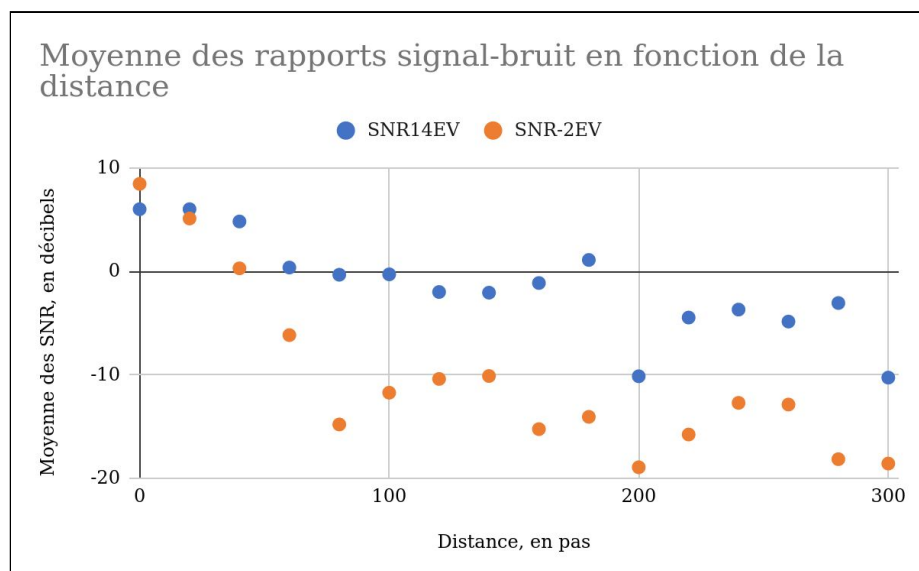


Ces perturbations à elles-seules peuvent expliquer les disparités observées pour les mesures prises à une même distance. On constate un écart-type de 0 à 5,59 pour les mesures du SNR à une puissance d'émission de 14 et un écart-type de 0,28 à 4,76 pour les mesures du SNR à une puissance de -2. Il est également à noter la perte de paquets à partir d'une certaine distance d'éloignement (environ 160 pas) dans le cas d'une émission à puissance minimum.

Cependant, une tendance d'atténuation peut être observée à partir de nos deux jeux de données. **On observe de façon significative que la valeur du SNR diminue avec la distance.**

Nous constatons également que la puissance d'émission du signal influe indéniablement sur l'atténuation (signal plus fort, atténuation moins importante).

Un calcul puis un tracé de la moyenne des mesures à chaque distance nous permet de mieux appréhender l'atténuation générale du SNR. On observe une courbe de tendance qui ressemble à un polynôme de degré 8 dans chaque cas avec des variations quant aux coefficients des polynômes. Cette atténuation particulière (avec rebond) ne nous paraît pas propre au phénomène physique mais plutôt à l'espace utilisé pour nos mesures et nous ne pensons pas obtenir un résultat aussi particulier dans le cadre des mesures en montagne.



## Conclusion

Notre protocole de test nous semble rigoureux, utilisable et reproductible. Nous sommes parvenus, malgré une mesure approximative des distances, à obtenir des tracés relativement propres. On observe qu'une émission plus puissante permet de capter plus loin. Cependant, elle rend nos mesures moins sensibles à la distance d'éloignement.

Nous pensons pour le moment que notre application de recherche de victime utilisera LoRa avec la puissance 14. Cependant, il y a ici matière à réflexion : nos résultats semblent indiquer qu'il sera plus facile de retrouver une victime sous la neige à l'aide de la valeur du SNR si sa carte émet à une faible puissance. C'est à réfléchir.

Lors des mesures en montagne, nous utiliserons un **outil de mesure plus précis**, afin de mesurer rigoureusement les distances entre les cartes émettrices et réceptrices.

Afin de simplifier le dénombrement des mesures successives relevées en un même point, nous allons **ajouter un compteur** devant la valeur du SNR affichée sur le smartphone de l'opérateur. Ce compteur **pourra être réinitialisé par un appui sur le bouton de la carte** Sodaq Explorer réceptrice.

Nous allons également ajouter l'affichage de la fréquence utilisée, du Spreading Factor et de la puissance, afin d'éviter toute erreur lors de l'acquisition des mesures.

Un relevé de 10 valeurs par configuration enfouissement/distance ne nous a pas semblé suffisant pour obtenir un bon intervalle de confiance lorsque le SNR était assez instable. Nous choisissons de **réaliser 20 mesures par configuration enfouissement/distance** lorsque nous serons en montagne.

