



1. OBJECTIFS

LoRaWAN – Long-Range Wide-Area Network – est un protocole de communication pour l'internet des objets (IoT). Sa structure simple, la disponibilité d'éléments de réseaux à bas coûts, des performances en terme notamment de couverture radio et de consommation d'énergie, font que LoRaWAN a réussi à avoir un certain succès tant sur le marché que dans le monde académique. La HEIA-FR dispose de son propre réseau LoRaWAN, FriLoRaNet, utilisant la plateforme ChirpStack pour les fonctions du serveur de réseau.

Ce TP vous demandera de faire une première série de mesures, de mettre en service une gateway LoRaWAN en utilisant l'infrastructure de l'école, puis de faire de nouvelles mesures de performance et de caractéristiques radio.

L'objectif de ce présent travail est la compréhension de certains principes de base de la communication mobile, notamment de la partie radio.

2. MATÉRIEL

Afin de réaliser les parties pratiques, plusieurs appareils seront utilisés :

- Des gateways LoRaWAN « Dragino LPS8 » (une par équipe)
- Des appareils testeurs de réseau « Adeunis LoRaWAN Field Test Device » (un par équipe)

En plus de cela, il sera fait appel au réseau FriLoRaNet de l'école, avec ses gateways déjà installés et son serveur basé sur la plateforme « ChirpStack ».

La documentation mise à votre disposition, outre cette donnée de TP, se compose aussi d'un cours théorique sur le LoRaWAN rédigé par l'Université Savoie - Mt Blanc, d'une présentation de la LoRa Alliance, d'un « guide de démarrage » pour préparer et configurer les testeurs de réseau et les gateways, ainsi que des « user guides » pour les testeurs de réseau.

3. DÉROULEMENT

Dans un premier temps (Chapitre 4), des recherches théoriques vous seront demandées afin de mieux connaître la structure LoRaWAN, ses principes de fonctionnement, et la structure de son interface radio. Il vous sera demandé de répondre à quelques questions de nature théorique.

Suite à cela (Chapitre 5), des mesures vous permettront d'approcher le domaine pratique. Il s'agira de regarder quelle est la qualité du réseau LoRa existant couvrant l'HEIA-FR. Les groupes travailleront chacun avec un testeur « Adeunis ».

Puis (Chapitre 6), chaque groupe recevra une gateway LoRaWAN « Dragino LPS8 » qu'il s'agira d'intégrer dans le réseau FriLoRaNet en passant par la plateforme ChirpStack. Afin

d'éviter des chevauchements de couverture trop importants, les groupes installeront leur gateway dans des salles différentes :

- **C10.22** – la salle où les TP se déroulent habituellement
- **C10.04** – la salle de classe
- **C00.16** – le labo de microprocesseurs / systèmes embarqués
- **D50** – le labo d'antennes, au 5^{ème} étage

Il est impératif de ne commencer la mise en service des gateways qu'à partir de 14h45, afin de laisser le temps à tous les groupes d'effectuer des mesures sur le réseau existant, i.e. sans aucune gateway « ajoutée ». Dès que la gateway de votre groupe est opérationnelle, il s'agira de faire des mesures et d'être capable de les expliquer (Chapitre 7).

4. QUESTIONS CONCERNANT LA PARTIE THÉORIQUE GÉNÉRALE

Questions :

- Q1: Lorsqu'ils sont en service sur un réseau donné, les devices et les gateways écoutent-ils sur une fréquence ou plusieurs fréquences à la fois ?
- Q2: En règle générale, sur quel réseau est-ce que les batteries des devices tiennent le plus longtemps : sur un réseau qui a beaucoup de sites ou un réseau qui a peu de sites ? Justifiez votre réponse.
- Q3: Faut-il faire un plan de fréquence pour LoRa (soit allouer à chacune des gateways d'un réseau une fréquence correspondant à un canal particulier) ? Pourquoi ?
- Q4: Y a-t-il des fabricants suisses de devices LoRa ?
- Q5: Quels sont les puissances d'émission, en Watt, de la gateway « Dragino LPS8 » et du testeur « Adeunis » ? En quoi cela pourrait être problématique ?
- Q6: Dans une communication entre la gateway « Dragino LPS8 » et le testeur « Adeunis », quelle est la perte de puissance maximum (« link budget ») tolérable pour que la communication puisse encore avoir lieu ? Et quel est le lien le plus faible, l'uplink ou le downlink ?
- Q7: À quelle distance (en kilomètres) correspond cette perte de puissance maximum trouvée sous Q6 ?
- Q8: On désire envoyer des messages codés sur 54 octets (payload). Combien de messages peuvent être envoyés par heure avec un SF7, une bande passante de 125 kHz et un duty cycle de 1% ? Et avec un SF de 10 au lieu de 7 ? Après reconsidération, il est finalement décidé de diviser par deux la taille du message, le faisant passer de 54 à 27 octets. Quel est l'influence sur la performance en termes de durée et de nombre de messages ainsi que sur la robustesse et la couverture ?
- Pour répondre à cette question, utilisez un « Airtime calculator for LoRaWAN ».
- Q9: D'un point de vue radio, comment est-ce que plusieurs opérateurs LoRa cohabitent sur le même territoire ? Qu'en est-il de l'utilisation des fréquences, de l'interférence, de la capacité et de la performance ?

5. MESURES AVEC LE TESTEUR DE RÉSEAUX LoRa

Matériel : un appareil testeur de réseau « Adeunis LoRaWAN Field Test Device » (un par groupe)



Figure 1 : testeur « Adeunis LoRaWAN Field Test Device »

26 °C

UL1 868.1MHz

SF12 14dBm 8dB

DL1 868.1MHz ANS

SF12 -95dBm -12dB

Figure 2 : écran du testeur « Adeunis LoRaWAN Field Test Device »

Tâches :

1. Prenez en main le testeur de réseau « Adeunis LoRaWAN Field Test Device ». Assurez-vous de bien comprendre ce que fait l'appareil et ce que signifient les données qu'il affiche.

Q10: Expliquez les données affichées à l'écran en vous aidant de la figure 2 ci-dessus.

2. Enregistrez votre testeur de réseau sur le réseau FriLoRaNet en suivant les étapes décrites aux sections 2.2 et 2.3 du « guide de démarrage ». Les détails des logins pour la plateforme ChirpStack du réseau FriLoRaNet se trouvent dans la section 2.1. Assurez-vous d'utiliser le login de votre groupe et non d'un groupe voisin.

Ne pas installer la gateway pour l'instant ! Cela se fera à une étape ultérieure.

Q11: Pourquoi est-il nécessaire de procéder à l'enregistrement du testeur sur le réseau ? N'aurait-il pas été possible d'utiliser le testeur sans cette étape ?

3. Effectuer des mesures de couverture radio à plusieurs endroits dans l'école (bâtiments « B », « C » et « D », ainsi que tour télécom). Faites plusieurs mesures près de fenêtres, dans les couloirs, à l'extérieur sur les passerelles, au rez-de-chaussée, en sous-sol, etc. Notez les mesures ainsi que vos observations.

Q12: Faites un plan schématique des bâtiments « D », « C » et « B » et notez-y vos mesures. Notez quelles valeurs de puissances d'émission et de réception vous obtenez, ainsi que les SF utilisés. Commentez vos résultats.

Q13: Obtenez-vous un signal plus fort ou plus faible à côté des **trois** antennes ci-dessous ? Expliquez pourquoi.



Q14: Cherchez un endroit dans le bâtiment où la couverture radio est insuffisante. Qu'est-ce que le testeur indique ? Comment ce manque de couverture se manifeste-t-il ? Expliquez.

6. CONFIGURATION D'UN GATEWAY SUR LE RÉSEAU FriLoRaNet

Matériel : une gateway LoRaWAN « Dragino LPS8 » (une par groupe)

Il faut aussi avoir accès à la plateforme ChirpStack du FriLoRaNet.

Un « Guide de démarrage » pour préparer et configurer la gateway est fourni sur le moodle.



Figure 3 : gateway LoRaWAN « Dragino LPS8 »

Tâches :

- 1 Prenez en main la gateway LoRaWAN « Dragino LPS8 ».
2. Installez-la à l'endroit qui vous a été indiqué. Afin d'éviter des chevauchements de couverture trop importants, les groupes seront répartis sur plusieurs salles (voir sous le Chapitre 3 « Déroulement »). **ATTENTION : ne pas commencer avant 14h45 !**
3. En vous référant au Chapitre 3 du « Guide de démarrage », configurer la gateway afin qu'elle fasse partie intégrante du réseau de l'école.

- Q15: Qu'est-ce qui montre que la gateway fonctionne ? Étayez votre réponse avec des captures d'écran.
- Q16: À quoi sert le serveur ChirpStack ? Veuillez décrire son rôle dans la structure globale d'un réseau LoRaWAN.
- Q17: Dans la section 1.1 du « guide de démarrage », plusieurs variantes d'infrastructure LoRaWAN sont présentées. À laquelle de ces figures correspond le réseau FriLoRaNet ?

7. MESURES SUR LE RÉSEAU FRILORANET EN UTILISANT LA GATEWAY CONFIGURÉE

Matériel : l'appareil testeur de réseau « Adeunis LoRaWAN Field Test Device » déjà utilisé ainsi que la gateway LoRaWAN « Dragino LPS8 » déjà configurée dans le réseau

FriLoRaNet. L'accès à la plateforme ChirpStack du réseau FriLoRaNet que vous avez déjà sera aussi utilisé ici aussi.

Tâches :

- 1 Assurez-vous que votre testeur de réseau est bien enregistré sur le réseau et qu'il est connecté à la gateway que vous avez configurée.

Q18: Effectuez une mesure près de la gateway et notez quel est le niveau de signal émis et reçu, la fréquence ainsi que le SF sur les deux liens. Où peut-on trouver les indications qui ne sont pas disponibles sur le testeur ?

Q19: Qu'est-ce qui prouve que votre testeur est bien reçu par votre gateway ?

Étayer vos réponses avec des captures d'écran là où ça fait sens.

2. Effectuer plusieurs mesures, si possible aux mêmes endroits que ce qui a été effectués à l'étape décrite sous le Chapitre 5. Il faut cette fois aussi regarder les indications de performance radio visibles dans les messages reçu correspondant à votre gateway sur la plateforme ChirpStack.

Q20: Lors de vos mesures effectuées aux mêmes endroits dans les bâtiments que ceux choisis à l'étape du Chapitre 5, relevez les RSSI qui arrivent sur votre gateway. Notez ces valeurs sur un schéma des bâtiments. Pourquoi cela ne correspond-il pas forcément à ce qui est affiché par l'Adeunis ?

Q21: Décrivez tout d'abord comment vous feriez pour déterminer avec le testeur jusqu'où porte la cellule de votre gateway. Si nous avons encore le temps, effectuez ces mesures et reportez les limites de la cellule sur un schéma des bâtiments de l'école.

Q22: La question Q14 vous demandait de chercher un endroit dans le bâtiment où la couverture radio est insuffisante. Retournez-y : la couverture radio y est-elle maintenant meilleure ? Si oui, quelle en est la cause principale ? Si non, quelle(s) mesure(s) suggérez-vous pour améliorer la couverture à cet endroit ?