

# Soutenance finale de projet d'études

PE n°17 - Communication sans-fil pour fusées expérimentales

École Centrale de Lyon - Département EEA

28 juin 2018



# Plan

## 1 Introduction

- Intitulé
- Pourquoi une télémesure ?
- Le fonctionnement détaillé
- Contexte
- Quels objectifs ?

## 2 Fusée expérimentale et schémas électroniques

- La fusée expérimentale
- Circuits électroniques

## 3 Études informatiques

- Émission
- Réception

## 4 Conclusion

- Bilan
- Questions

## Introduction

Fusée expérimentale et schémas électroniques

Études informatiques

Conclusion

## Intitulé

Pourquoi une télémétrie ?

Le fonctionnement détaillé

Contexte

Quels objectifs ?

# Intitulé du projet d'études (PE)

PE 17

Fusée expérimentale CTR-03 – communication sans fil, électronique embarquée et études mécaniques.

Objectif : créer un module d'émission et un module de réception, sans-fil (technologie *LoRa*) et longue portée pour récupérer des données collectées en vol par une fusée expérimentale.

## Introduction

Fusée expérimentale et schémas électroniques

Études informatiques

Conclusion

## Intitulé

Pourquoi une télémesure ?

Le fonctionnement détaillé

Contexte

Quels objectifs ?

# Pourquoi une télémesure ?

# Pourquoi une télémesure ?



**FIGURE 1:** Explosion en vol de la fusée russe Proton-M (2014).

# Pourquoi une télémesure ?



**FIGURE 1:** Explosion en vol de la fusée russe Proton-M (2014).



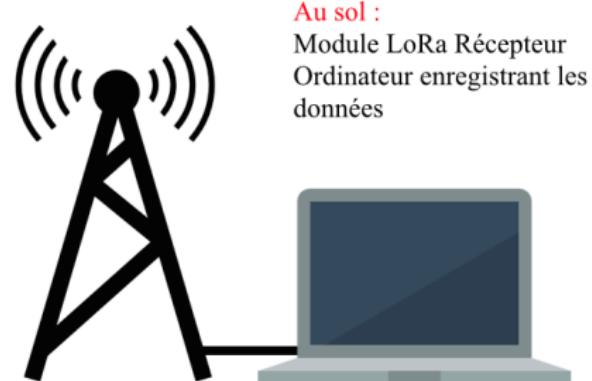
**FIGURE 2:** Explosion au décollage de la fusée Antarès (2014).

# Le fonctionnement détaillé



## Fusée expérimentale :

« Récolte de données » via la carte capteur  
Module LoRa émetteur embarqué



**Au sol :**  
Module LoRa Récepteur  
Ordinateur enregistrant les données

**FIGURE 3:** Schéma du fonctionnement de la télécommunication.

# Mise en contexte : l'équipe du PE 17

Commanditaire : Centrale Lyon Cosmos (CLC)

Tuteur scientifique : D. NAVARRO

Conseiller en gestion de projet : F. DUBREUIL

Conseillère en communication : S. MIRA-BONNARDEL

Acteurs	Rôles
THOMAS BURIE	Chef de projet
PAUL BOURHIS	Programmation
BASTIEN LAVILLE	Programmation
ZIHAN WU	Électronique
FLORIAN SALIN	Électronique
GABRIEL B. ANDRADE	Électronique

**Table 1:** L'équipe répartie sur les différents pôles.

# Le C'Space



- Campagne de lancement organisée par Planète Sciences ;
- Au mois de juillet à Tarbes ;
- Imposse un cahier des charges.

# Quels objectifs ?

- Concevoir un module d'émission sans-fil des données ;
- Intégrer le module dans la fusée expérimentale ;
- Développer une solution logicielle pour recevoir les données et les stocker ;
- Pérenniser les solutions développées.

# Plan de la partie

1 Introduction

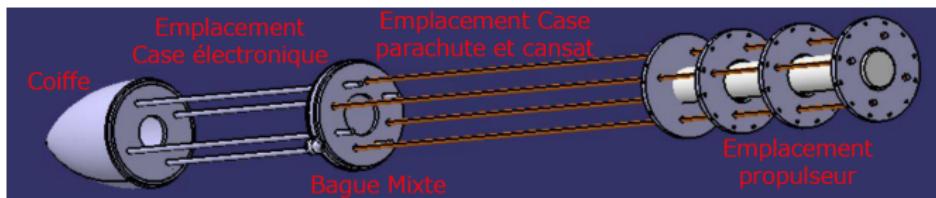
2 Fusée expérimentale et schémas électroniques

- La fusée expérimentale
- Circuits électroniques

3 Études informatiques

4 Conclusion

# Structure de la fusée

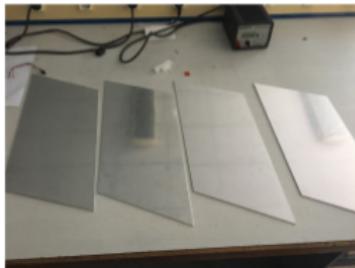


- La peau est découpée en deux tubes rattachés par la bague mixte ;
- Des tiges filetées en métal soutiennent les différents éléments ;
- Elles sont attachées à l'aide de bagues en métal vissées à la peau.

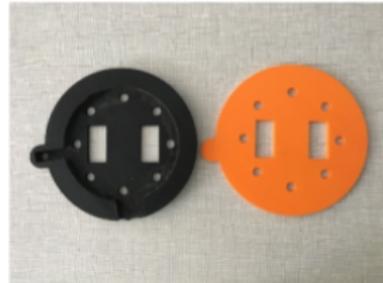
# Structure de la fusée



Coiffe imprimée en ABS



Aileron en Aluminium



Support de la bague mixte

- Des bagues en bois soutiennent le propulseur, le servomoteur, et le matériel d'alimentation.
- La case parachute est en bois.

# Carte mixte

- Interface avec l'utilisateur
- Deux extensions qui sortent du corps de la fusée

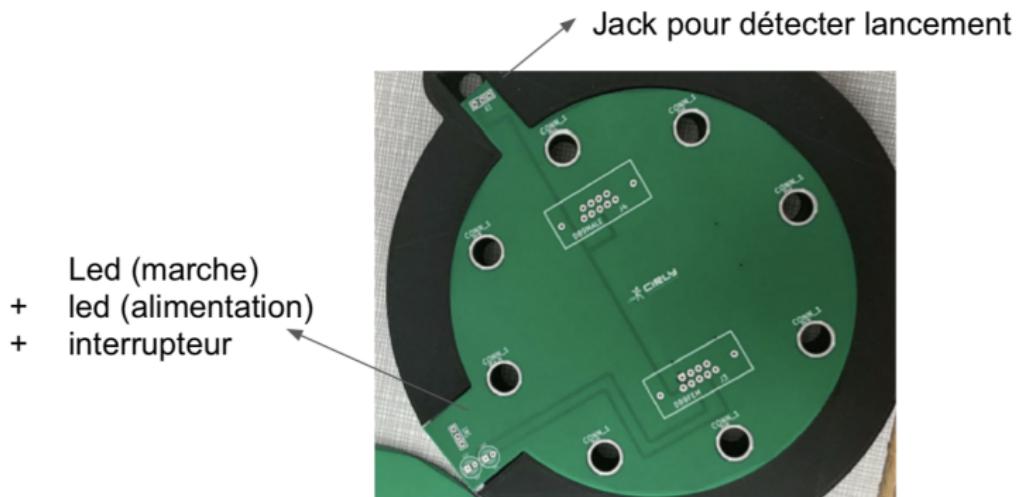
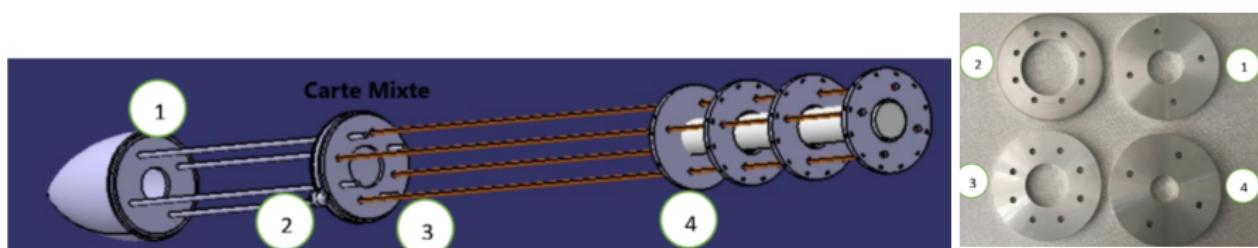


FIGURE 4: Carte mixte et bague mixte.

# Fixation de la case électronique



- 3 tiges venant du bas de la fusée viennent se fixer à une bague en métal située juste au-dessus de la carte mixte.
- 4 tiges venant du haut de la fusée viennent se fixer à une bague en métal située juste en dessous de la carte mixte.

# Structure électronique

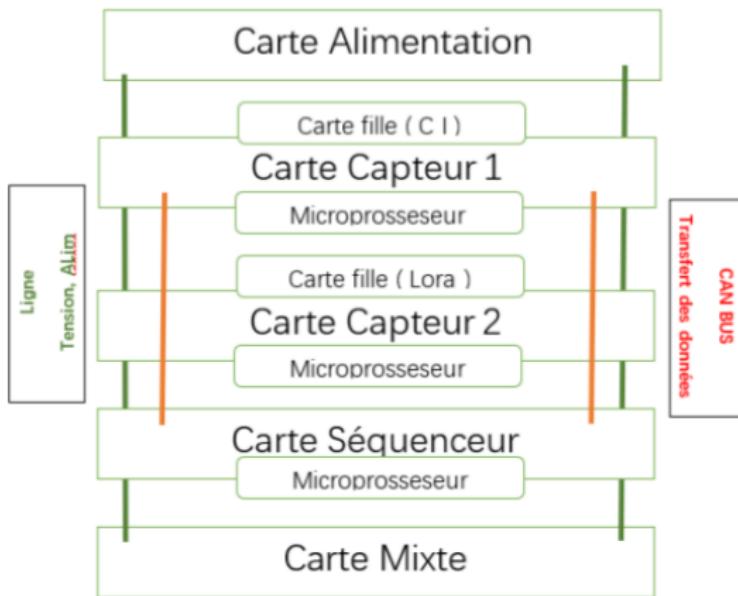


FIGURE 5: Empilement des cartes dans la fusée

# Transfert des données – CANBUS

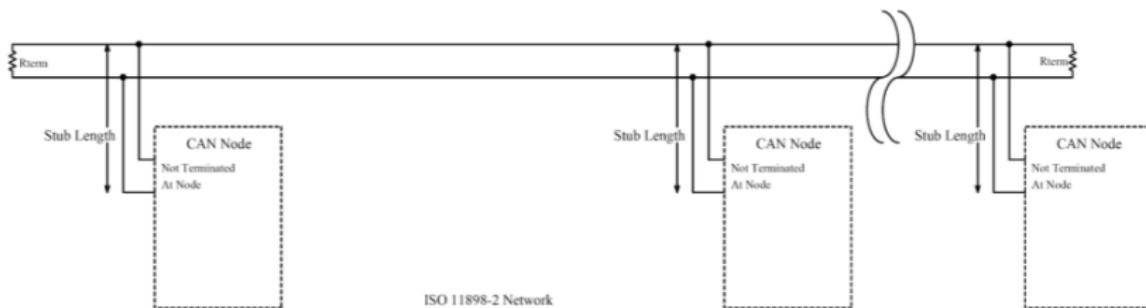


FIGURE 6: Schéma du CANBUS.

# Objectifs de la partie électronique

Trois tâches :

- Redimensionnement des cartes ;
- Ajout des trous ;
- Forme de la carte mixte.

# Redimensionnement

Redimensionnement des cartes électroniques :

- Augmentation du diamètre des cartes, selon le diamètre du corps de la fusée ;
- Schéma électrique conservé, « concentré » au centre des cartes.

# Ajout des trous

- Les trous servent à passer les tiges de fixation ;
- Augmentation du diamètre → 4 anciens trous déplacés vers le bord des cartes + 4 trous ajoutés = 8 trous au total ;
- Problème d'alignement de trous → coûteux en temps.

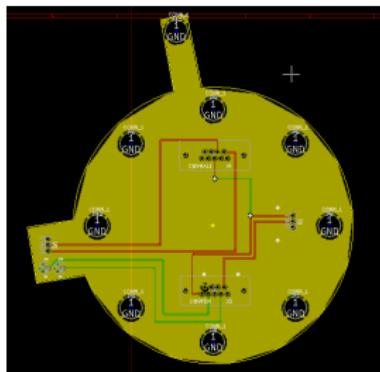


FIGURE 7: Carte mixte sur logiciel de CAO.

# Carte alimentation

- Fournit la tension à toutes les autres cartes ;
- Une batterie LiPo 7,4 V ;
- Régulateurs de tension → assurent tensions nominales pour les autres cartes (entre 3,3 V et 5 V).

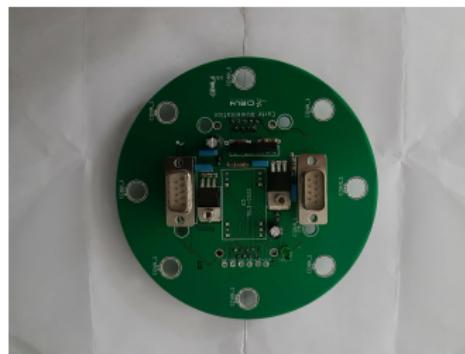
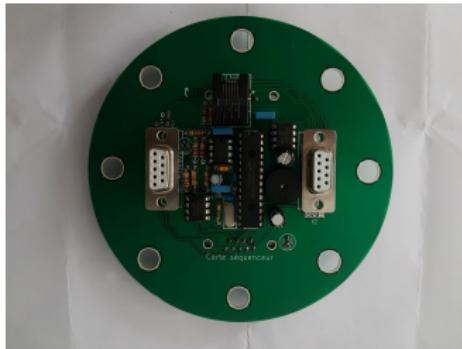


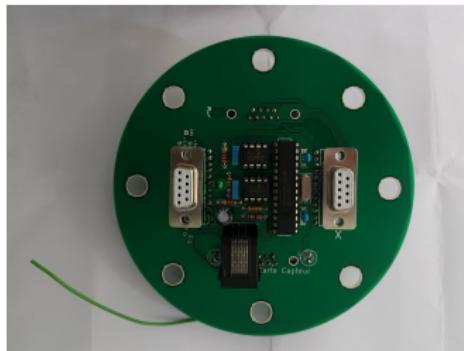
FIGURE 8: Carte alimentation.

# Carte séquenceur

- Indique fusée prête pour le lancement (buzzer) ;
- Assure le déploiement du parachute (temps maximal de vol ou apogée) ;
- PIC 18F2685.



# Carte capteur



- PIC 18F2685 ;
- Deux cartes capteurs → assurent la réalisation parallèle des tâches.
- Deux cartes filles :
  - Centrale inertie → détecte l'apogée du vol.
  - Module d'émission *LoRa* → transmet les données à la base au sol.
- Centrale inertie → accéléromètre + gyroscope

# Plan

## 1 Introduction

## 2 Fusée expérimentale et schémas électroniques

## 3 Études informatiques

- Émission
- Réception

## 4 Conclusion

# Objectifs de la programmation

- Gérer le déroulement du vol (carte séquenceur)
- Effectuer des mesures en vol (carte capteur + centrale inertie)
- Transmettre les données au sol (carte capteur + module *LoRa*)

# Programmation des cartes PIC

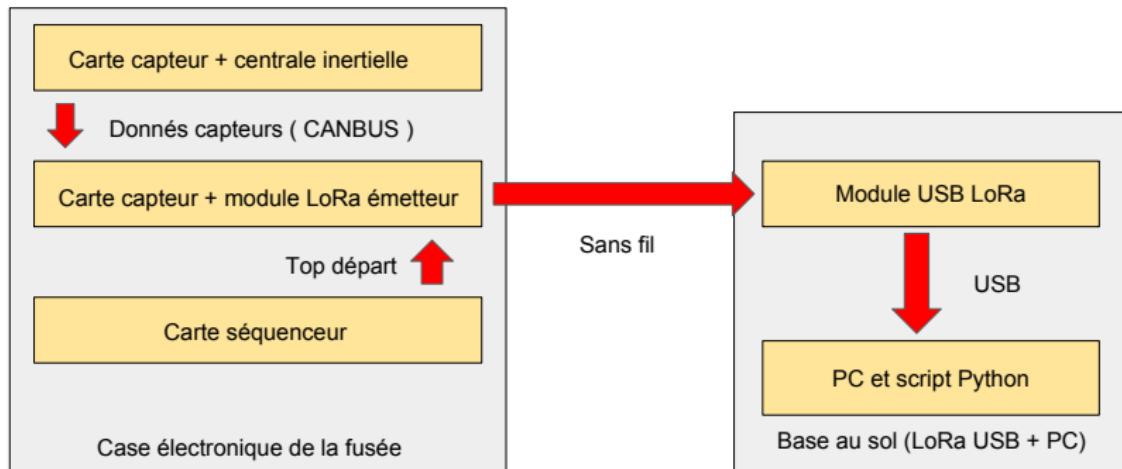
Tout le système repose sur des microcontrôleurs PIC 18F2685

- Langage C
- Compilateur propriétaire : PIC C Compiler

Programmation différente de la programmation informatique, interaction directe avec le matériel ! Deux types de cartes : séquenceur, capteur.



# Schéma global du fonctionnement de l'émission



**FIGURE 9:** Fonctionnement de l'émission.

# Programmation de la carte séquenceur

Deux rôles cruciaux :

- Donne le top départ aux autres cartes ;
- Ouverture de la case parachute via un servomoteur.

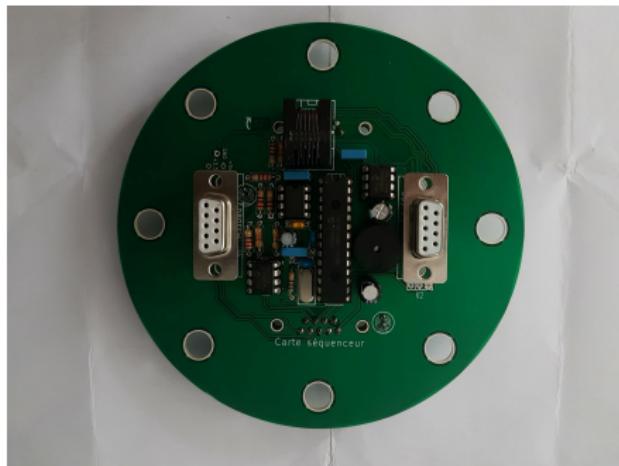


FIGURE 10: La carte séquenceur.

# Programmation de la carte capteur avec centrale inertie

Centrale inertie : agrégation de

- Accéléromètre (mesure d'accélération) ;
- Gyroscope (mesure de vitesse angulaire) ;
- Magnétomètre.

Deux fonctions principales :

- Envoyer les données à l'autre carte capteur via CANBUS ;
- Traiter les données pour détecter l'apogée du vol (détail de cette détection par le PE 16).

# Programmation de la carte séquenceur

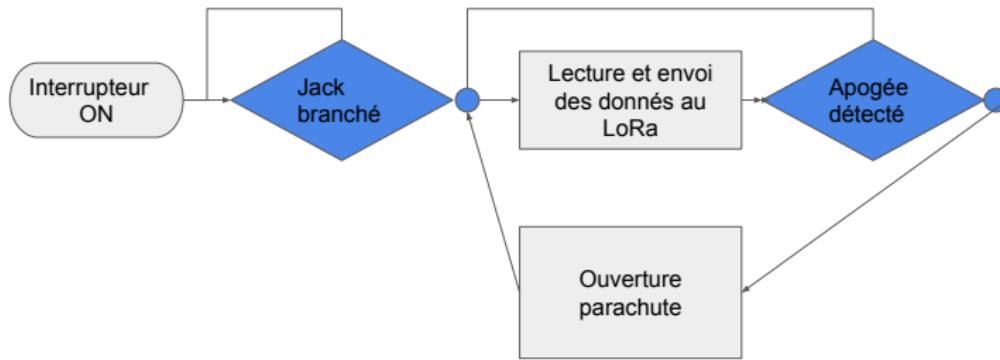


FIGURE 11: Organigramme de la carte séquenceur.

# Programmation de la carte capteur avec module LoRa

Deux rôles également :

- Récupérer les données envoyées sur le CANBUS ;
- Effectuer l'envoi sans fil vers le sol.



FIGURE 12: Carte capteur avec le module LoRa au-dessus.

# Programmation de la carte capteur avec *LoRa*

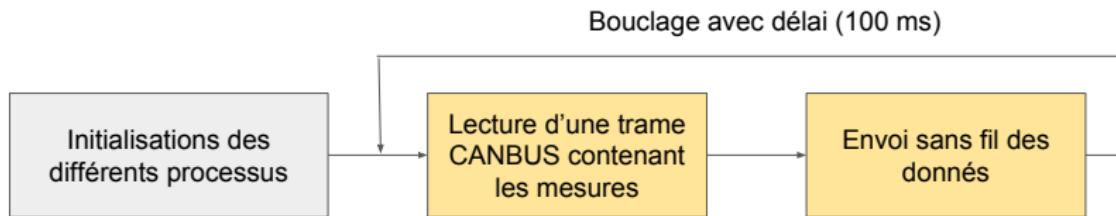


FIGURE 13: Organigramme de la carte capteur avec module *LoRa*.

# Programmation du module de réception *LoRa*

Le système repose sur la même puce *LoRa* que l'émetteur, mais interfacé en USB.

Communication avec le PC via un port série USB.

Programmation d'une interface série USB pour contrôler le module :

- Langage Python avec bibliothèques tierces (serial, PyQt5) ;
- Interface utilisateur claire et concise.



FIGURE 14: Module de réception.

# Programmation du module de réception

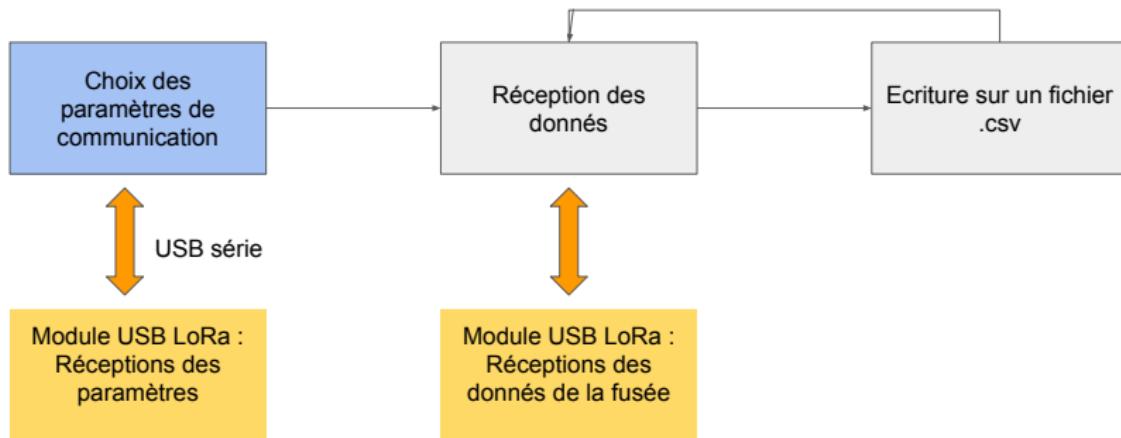


FIGURE 15: Organigramme de la réception.

# Pourquoi le langage Python ?

Quel langage de programmation utiliser pour le module de réception ?

Langage	Avantages	Inconvénients
C#	Codes disponibles	Lourd, <i>Visual Studios</i>
C++	Adapté et efficace	Long à apprendre
MATLAB	Programmation maîtrisée	Inutilisable ici
PYTHON	Maîtrisé, open-source, pérenne	Moins adapté

**Table 2:** Avantages et inconvénients des différents langages.

# Programmation du module de réception LoRa

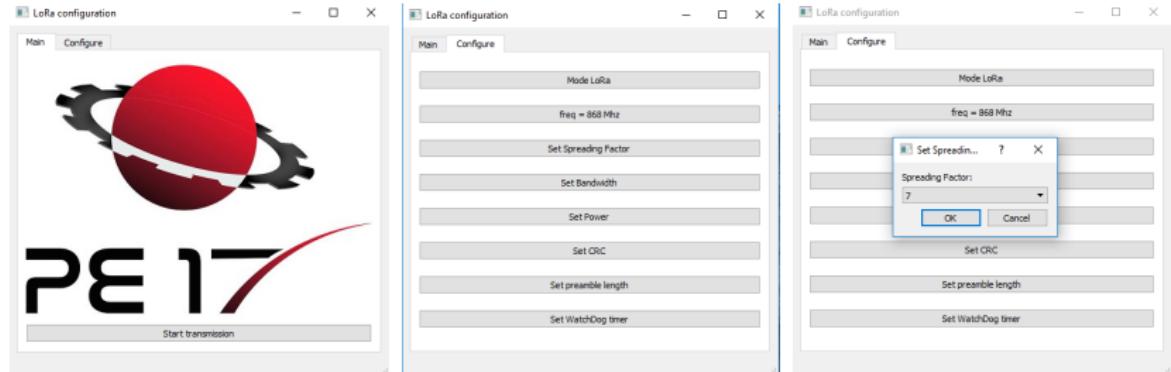


FIGURE 16: Interface du logiciel de réception.

# Plan

1 Introduction

2 Fusée expérimentale et  
schémas électroniques

3 Études informatiques

4 Conclusion

- Bilan
- Questions

# Planète-Sciences et C'Space

2 rendez-vous avec  
Planète-Sciences :

- Justification des choix ;
- Contrôle d'avancement ;
- Conseils.

Campagne de lancement au C'Space

- Derniers réglages ;
- Validation de la fusée ;
- Lancement de la fusée.

# Bilan

## Problèmes rencontrés et solutions

- Adaptation aux logiciels ⇒ temps d'adaptation ;
- Retards ⇒ parallélisation des tâches.

## Points positifs :

- Faible coût ;
- Pas de gros retards ;
- Pérennisation prometteuse.

## Bilan des compétences au terme du PE

Compétences acquises par l'équipe :

- Logiciel de CAO ;
- Maîtrise d'un nouveau langage de programmation (C) ;
- Adaptabilité ;
- Gestion de projet ;
- Communication autour du PE.

# Questions



Merci pour votre attention !