

# Projet de réalisation technique

---

SYSTEME DE COMMANDE POUR CINEMA INTERACTIF

## Table des matières

Introduction.....	1
Présentation du projet .....	1
Cahier des charges.....	3
Choix techniques .....	4
Fonctionnement général.....	5
Détails techniques .....	6
Réseau Zigbee et carte Xbee .....	6
Arduino mini pro .....	8
Alimentation.....	9
Coûts.....	10
Boîtier .....	10

## Introduction

En tant qu'élèves ingénieurs en 4<sup>ième</sup> année de Génie Electrique à l'INSA de Lyon, nous sommes amenés à réaliser un Projet de Réalisation Technique durant un semestre. Ce projet est une rampe vers le monde de l'ingénierie puisqu'il permet de travailler sur une réalisation concrète répondant à un réel besoin. Nous sommes donc amenés à utiliser nos compétences acquises lors de notre cursus et d'en acquérir de nouvelles.

Nous avons donc choisi le sujet concernant le boîtier de commande pour cinéma interactif. Notre tuteur technique de l'INSA est Mr Florin Hutu, spécialiste en télécommunications du laboratoire CITI. Nous avons également travaillé le cahier des charges avec les instigateurs du projet, à savoir Tiffany Vernet et Swann Meralli.

En effet, ce projet rentre dans le cadre d'une réalisation plus globale, une projection cinématographique un petit peu inhabituelle que nous allons décrire maintenant.

## Présentation du projet

Le projet technique en lui-même est commandité par l'association lyonnaise Entre les Mailles dans le cadre d'un projet de long métrage transmedia, interactif et collectif intitulé "Une histoire simple". Ce projet vaste de par ses ambitions et sa complexité, nécessite la création de solutions techniques particulières. C'est ici que nous rentrons en jeu.

Le film, qui sera projeté tout d'abord en plein air, comporte une composante interactive forte. En effet, à certains moments, le film s'arrêtera et des choix déterminant la suite de l'histoire devront être pris par le public, à l'aide d'un dispositif de commande. Des séquences de jeux vidéo seront

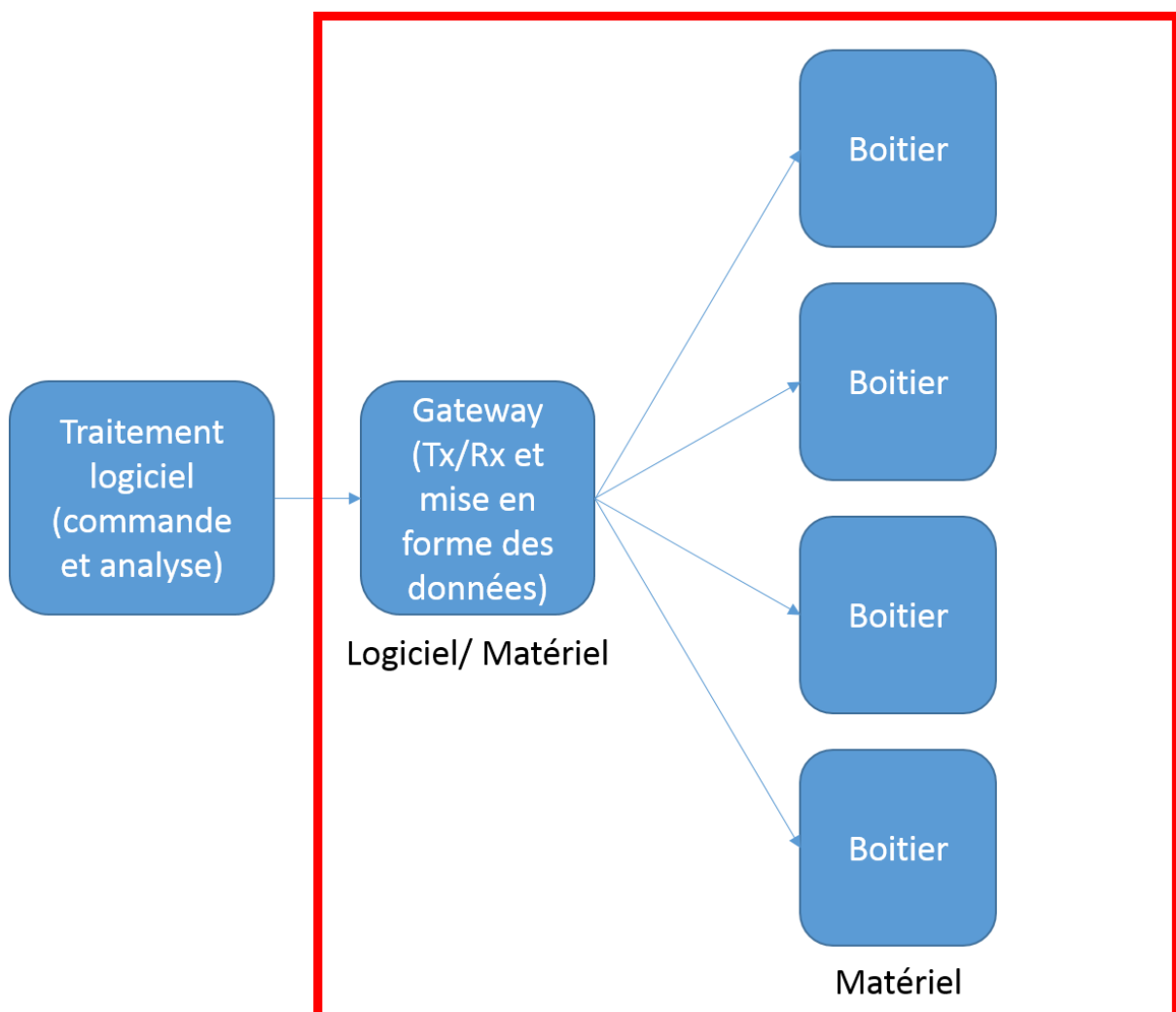
également insérées dans le long métrage et seront également contrôlées par ce dispositif. Concrètement, des tables seront installées en face de l'écran avec un boîtier de commande à disposition sur chacune d'entre elles (un boîtier pour 4 5 personnes, pour favoriser les échanges).

Notre travail consiste en la réalisation de ces boitiers et du système de commande associé comme nous allons le décrire maintenant.

## Cahier des charges

Le boîtier sera un module comportant 5 boutons (4 directions, 1 bouton d'action) et devra être sans fil, tant en alimentation qu'en communication. Cela implique un dispositif fonctionnant avec pile ou batterie et communiquant en RF. Un dispositif lumineux devra indiquer si le boîtier est actif. Tous les boîtiers pourront être actifs en même temps (cas d'un vote pour choisir la suite du film) ou bien un seul à la fois (cas d'une séquence vidéo ludique). Un ordinateur central en régie récupérera les données des boîtiers et pourra envoyer des instructions grâce à une Gateway (passerelle entre le réseau de boîtiers et l'ordinateur). Nous nous intéresserons ici qu'à la partie boîtier de commande et Gateway dans sa problématique réseau et commande. Nous tâcherons de faire en sorte que les données soient mises en forme de manière simple afin de faciliter un futur développement logiciel. 20 boîtiers devront pouvoir être actifs en même temps.

Le cadre technique du projet est ici encadré en rouge sur le schéma de principe de l'application.



Le boîtier doit avoir une prise en main simple et rapide et ne doit pas susciter « l'envie » de l'emporter avec soi : la projection étant publique et en plein air, il ne sera pas possible de prévenir un quelconque vol.

## Choix techniques

Dans un premier temps, il a fallu évaluer quelles solutions étaient les plus adaptés afin de répondre au cahier des charges. Plusieurs choix s'offrent à nous concernant plusieurs mises en œuvre :

- Choix du protocole radio.
- Choix de la solution d'alimentation.
- Choix du de la solution de commande.
- Choix du traitement logiciel.

Concernant le protocole radio, nous avons choisi le protocole Zigbee : celui-ci permet d'avoir une portée suffisante et une consommation réduite, et ce pour une somme réduite. La mise en œuvre est également plus simple qu'un réseau bluetooth. Nous utiliserons plus précisément les modules Xbee S2 basé sur ce protocole. Leur mise en œuvre est simple et leur consommation est négligeable.



Figure 1: un module Xbee S2

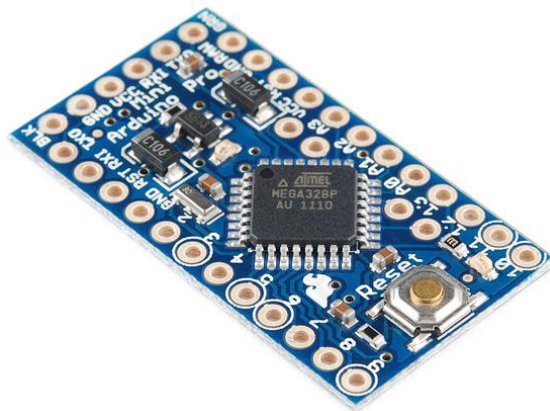
Nous avons choisi une alimentation par pile pour les télécommandes, l'alimentation par batterie étant inadaptée à l'utilisation très parcellaire des boîtiers et au nombre de ceux-ci. La mise en œuvre est également plus simple pour l'utilisateur. Nous avons choisi la pile 9V, qui, bien qu'elle ne soit pas à la tension de travail des composants, possède une capacité suffisante pour l'application.



Figure 2 : pile 9V utilisée dans le boîtier

La commande se fera à travers un microcontrôleur gérant les entrées et les sorties de la télécommande. La « gateway » branchée à l'ordinateur se chargera d'envoyer des données que le microcontrôleur pourra décoder et inversement. Nous avons choisi la solution arduino, là aussi simple de mise en œuvre, pour piloter nos entrées-sorties et gérer les communications côté

télécommande. Afin d’être dans notre cahier des charges en terme de prix et de dimensionner correctement notre système, nous avons choisi la carte Arduino mini pro 3.3V, qui possède juste ce qu’il nous faut en terme d’entrées-sorties ou de capacité de calcul et de mémoire.



*Figure 3: Arduino mini pro distribuée par Sparkfun*

Le traitement logiciel se fera en deux parties : un serveur prendra en charge la communication avec les boîtiers, tandis qu’une application liera les commandes boîtiers à des événements MIDI, afin de coller au mieux au monde des professionnels du spectacle. La solution choisie pour le serveur est le protocole Telnet. Les futures applications développées pourront communiquer en lignes de textes avec le serveur distant.



*Figure 4 : le protocole MIDI, une référence du monde du spectacle*

## Fonctionnement général

Connaissant ces choix techniques, il peut être intéressant de redéfinir le fonctionnement général de notre système.

Du côté passerelle, nous aurons une carte **Xbee coordinatrice** reliée grâce à un adaptateur USB à un ordinateur. Celui-ci, à travers la solution logicielle, gère la connexion avec les cartes **Xbee** des télécommandes, l’envoi et la réception des données, et la transcription en événements MIDI.

Côté boîtier, des LEDs seront pilotés par la carte **Arduino**, à partir des données reçues par la carte **Xbee terminal**, et de même un appui sur un bouton sera traité par l’Arduino et envoyé par la **Xbee** vers la carte **coordinatrice**. Le système peut supporter 20 télécommandes différentes. Le principe de base peut donc se schématiser comme ceci :

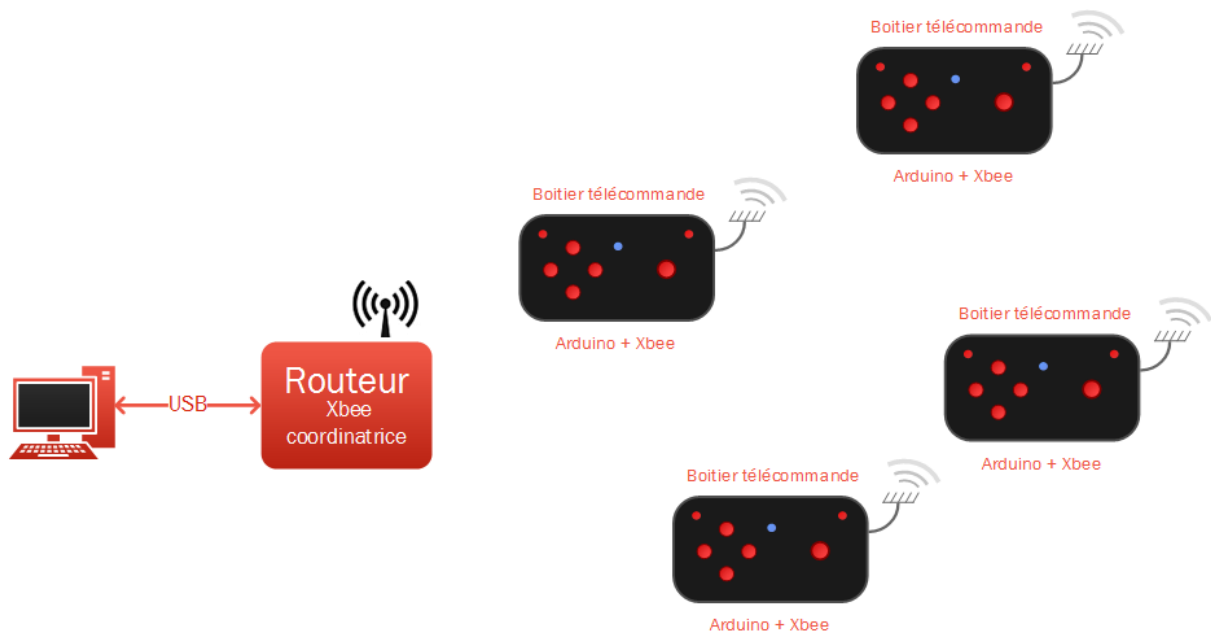


Figure 5 : Une carte coordinatrice gère l'ensemble des boitiers.

## Détails techniques

Ce chapitre présente les principaux aspects techniques utilisés lors de la réalisation de notre projet. C'est un zoom sur certains protocoles ou principes impliqués dans la réalisation.

### Réseau Zigbee et carte Xbee

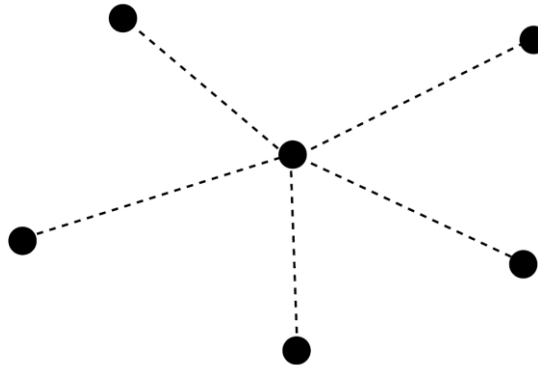
#### Aspect réseau

Notre carte **Xbee** peut être utilisée dans une configuration réseau de type **Zigbee** basé sur le protocole standardisé IEEE 802.15.4, ce qui veut dire que celui-ci aura les caractéristiques théoriques suivantes :

- Transfert de données maximum à 250 kbps.
- Fréquence de fonctionnement à 2.4 GHz.
- Portée en intérieur de 30m. C'est également la portée théorique en milieu extérieur dit urbain. En effet les bâtiments ou les obstacles divers perturbent la transmission de par les absorptions et réflexions de signaux qu'ils induisent.
- Portée en extérieur (espace dégagé) de 100m.
- Puissance en transmission : 1 mW (0 dBm).
- Adressage avec PAN ID et 64-bit IEEE MAC : le PAN ID (pour Personal Area Network Identifier) est un numéro d'identification du réseau. Chaque réseau est défini par un unique PAN ID, donc cet identifiant est partagé par tous les membres du même réseau. Ainsi, dans notre cas, toutes les Xbee auront le même PAN ID. Le MAC est une adresse unique à chaque télécommande, non modifiable.

- 1 canal : le réseau ZigBee opérera sur 1 seul canal de communication autour de 2.4 GHz grâce à une modulation à étalement de spectre DSSS

La topologie du réseau ZigBee sera dite « en étoile », c'est-à-dire qu'une seule Xbee dite « coordinator » sera reliée à chaque Xbee de boîtier (appelées « end device ») comme ceci :



*Figure 6: réseau en étoile : le « coordinator » est au centre*

On devine aisément que notre Xbee coordinatrice reliée à l'ordinateur jouera le rôle de « coordinator » dans l'implémentation. Le réseau peut également supporter la présence de routeurs, qui sont des nœuds intermédiaires reliés d'un côté au coordinateur et de l'autre à de multiples « end devices ». Ces éléments ne seront toutefois pas utilisés dans notre implémentation.

### Communication

Autre point important, la communication de la carte Xbee avec les autres éléments, que sont l'ordinateur et la carte Arduino. Celle-ci se fait grâce à une interface de communication série UART CMOS en 3.3V. C'est pour cela d'ailleurs que nous avons choisi un modèle d'Arduino mini pro communiquant lui aussi en UART 3.3V, assurant la compatibilité. Pour ce qui est de la communication avec l'ordinateur, nous avons donc besoin d'un adaptateur UART/USB pour fonctionner, comme celui-ci :



*Figure 7: adaptateur Xbee/USB microbot*

Cette communication série permet de transférer des données vers ou de la Xbee pour transmettre ou recevoir sans-fil, ainsi que configurer la carte.



## Configuration

Le principal avantage de ces cartes Xbee est l'utilisation d'un logiciel appelé XCTU, permettant de configurer et tester facilement les cartes Xbee.

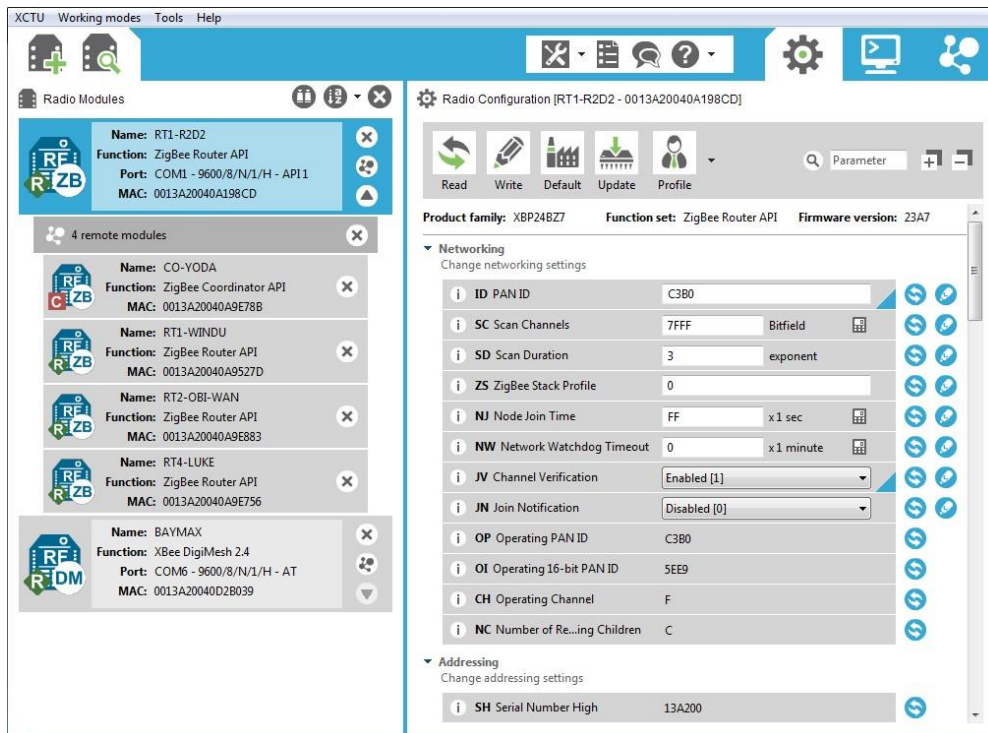


Figure 8 : XCTU en action

D'ici, il est possible de configurer de nombreux paramètres de la carte Xbee, du comportement en veille au PAN ID.

## Arduino mini pro

La carte Arduino mini pro présente dans le boîtier télécommande gère les entrées/sorties du système. C'est l'unité nécessaire au contrôle de l'application. Elle est programmable à travers l'utilisation de plusieurs éléments :

- Le programme de programmation Arduino, qui permet de créer du code en C simplifié régissant le comportement du microcontrôleur.
- Un câble FTDI, qui permet de relier un ordinateur à la carte pour transférer le code vers celle-ci.



Figure 10 : le programme Arduino



Figure 9 : câble FTDI

Concrètement, il est nécessaire de souder des « pins headers » sur la carte arduino afin de pouvoir avoir accès aux entrées et sorties de la carte. Les pins situés sur la largeur de la carte sont destinés à la communication avec l'ordinateur à travers le câble FTDI, comme on peut le voir figure 11. Ainsi, le code généré par le logiciel peut être transféré vers la carte.

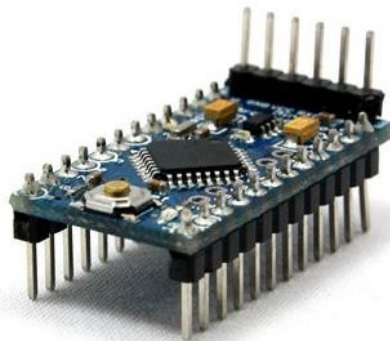


Figure 11 : Arduino mini pro munie de ses headers

Ensuite, les pins restants sont destinés aux entrées sorties du système en lui-même : tous ne peuvent être utilisés de la même façon. Nous verrons plus tard quels pins nous utilisons et pourquoi.

## Alimentation

Nos composants sont alimentés en 3.3V, or nous alimentons l'ensemble du système en 9V grâce à la pile. Il est donc nécessaire d'abaisser la tension grâce à un régulateur. Pour que celui-ci soit efficace en termes de consommation électrique, nous avons choisi un régulateur de type hacheur buck.

## Coûts

Ce chapitre récapitule l'ensemble des composants nécessaire à l'élaboration du système ainsi qu'une estimation du prix de chaque composant. Parfois, le choix est donné concernant le matériel : cela sera précisé dans ce cas.

### Boîtier

Nous essaierons ici de donner une estimation du prix par boîtier. Lors de notre conception, nous avons des restrictions en termes de fournisseurs : nous avons donc indiqués ici les composants que nous avons achetés chez ces fournisseurs, mais il est possible de trouver des prix plus intéressants ailleurs. De plus certains composants comme les boutons peuvent être choisis autrement (par esthétique par exemple) ce qui peut amener une réduction du prix. Ces composants seront grisés dans le tableau.

Composant	Prix (HT)	Référence	Fournisseur
Régulateur de tension	<1€	TEXAS INSTRUMENTS TL2575-33IKTTR Régulateur à découpage Buck (Step Down), Fixe, 4.75V-40V In, 3.3V et 1A Out, TO-263-5	Farnell
Pile	1€<5€	Pile 9V	Divers
Adaptateur pile	7.74€ / 10 (paquet de 10)	MULTICOMP 440006P CONNECTEUR BATT PP3 TYP2 150MM PQT 10	Farnell
Résistances, fils	<< 1€		Divers
Interrupteur			
Arduino Mini Pro*	5.42€ OU 16.32€	Carte Microcontrôleur Pro Mini haut 3.3V qualité 8MHz ATmega328P -AU avec Broches Pour Arduino OU Arduino Pro Mini 328 - 3.3V/8MHz	Amazon
Xbee S2	20.82 €	DIGI INTERNATIONAL XB24-BWIT-004 MODULE ZIGBEE XBEE ZNET 2.5 1MW	Farnell
Boutons directionnels	1.66€ * 4	MULTICOMP R13-502A-05-R Commutateur à bouton-poussoir, SPST, Off-(On), 125 V, 3 A, A souder	Farnell
Bouton d'action	2.9€	RAFI 1.10.001.151/0301 Commutateur à bouton-poussoir, SPST-NC, Off-(On), 250 V, 700 mA, Vis	Farnell
LEDs	<< 1€	Ex : (rouge) LUMEX SSL-LX3044IC. LED, RED, T-1 (3MM), 125MCD, 635NM	Farnell
Boitier	9.06 €	HAMMOND 1591DBK Boîtier, Retardateur de flammes, UL94V-0,	Farnell

		IP54, Multi-usage, 150 mm, 80 mm, 50 mm	
--	--	--------------------------------------------	--

\*l'Arduino mini pro a ceci de particulier que plusieurs fabricants peuvent fabriquer la carte : c'est pourquoi les prix diffèrent du simple au quadruple en fonction du fait que l'on achète la version « officielle » ou une version sans marque. Après essai dans notre application, il semble qu'il n'y a pas de problème majeur empêchant l'utilisation de la carte à bas prix.