

## Faculté Polytechnique



### Rapport de projet d'ingénieur *Transmission de données par la "lampe torche" d'un téléphone portable*

Victor DELVIGNE et Chloé PONSART



Sous la direction de  
Monsieur Sebastien BETTE

Année académique 2016-2017

## Résumé

Le monde actuel utilise de plus en plus internet. Ce luxe de la communication sans fil est devenu un besoin nécessaire à notre société. Le nombre d'utilisateurs étant de plus en plus grandissant dans des endroits restreints, il est intéressant de s'axer sur une autre possibilité de transmission d'informations que le WIFI.

Le LIFI ou Light Fidelity est une nouvelle technologie qui permettrait de transmettre une information à l'aide d'impulsions lumineuses. Ces variations d'intensité lumineuse seraient d'une fréquence assez importante pour que celles-ci ne soient pas perceptible par l'oeil humain.

Ce projet s'axe sur une transmission à caractère LIFI entre deux Smartphone. Le but étant de prouver que cette technologie peut être utilisée de façon beaucoup plus simple et beaucoup plus accessible qu'il n'y paraît. En effet, qui ne possède pas de Smartphone à l'heure actuelle ?

Cette transmission a donc été effectuée grâce à la création d'une application Android utilisant la lampe de poche du Smartphone au niveau de l'émission et le capteur d'intensité lumineuse au niveau de la réception. C'est un avantage très important que de ne devoir disposer que de deux Smartphone pour effectuer cette transmission. En effet celle-ci est 100% portable et accessible à tous. Elle ne nécessite pas de carte spéciale, de branchements ni de connaissance en électronique.

Avec notre projet, nous offrons la possibilité de transmettre, de smartphone à smartphone, un fichier, une image, un son, sans nécessité d'une connexion internet. Et beaucoup plus rapidement que le Bluetooth. De plus, ce dernier ne permet d'envoyer que d'un smartphone vers un autre tandis que notre application permet d'envoyer d'un dispositif (smartphone) vers une salle entière qui peut réceptionner l'information. Imaginons par exemple lors d'une conférence. Avec une centaine de personnes, tout le monde doit utiliser le WIFI du bâtiment pour télécharger la pièce jointe nécessaire, cela va prendre un temps fou. Avec notre dispositif, toute personne peut récupérer l'information, et ne ralentit en aucun cas la réception pour les autres. Chaque canal est "individuel" : c'est un rayon de lumière.

A l'aboutissement du projet, nous n'avons été capable de transmettre une information à une fréquence de seulement quelques Hertz. Cette transmission a vite été limitée par les accès auxquels nous avons droit sur le Smartphone. Les constructeurs ne laissent

paraître que peu d'informations sur les composants, notamment au sujet du capteur d'intensité lumineuse.

Un moyen d'améliorer la transmission serait donc de pouvoir accéder plus en profondeur aux caractéristiques du Smartphone en codant par un langage plus proche de la machine, par exemple le C.

Ce projet est un excellent moyen ludique de comprendre facilement le fonctionnement d'une transmission numérique en visualisant facilement la transmission telle qu'elle. Nous savons que le LIFI possède énormément d'avantage et a un grand futur devant lui pour les années à venir.

# Remerciements

Nous aimerions tout d'abord remercier nos promoteurs M. Sébastien Bette et M. Aurelien Van Laere qui nous ont accompagné tout au long de ce projet. Il nous ont permis d'avancer en répondant à nos questions et nous ont aidé à mettre correctement en pratiques les aspects théoriques du cours de Télécommunication Numériques. De plus, ils nous ont aidé à réaliser certains tests pratiques sur les appareils de laboratoire. Nous aimerions également les remercier pour leur disponibilité jusqu'à la fin de ce projet.

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Mise en place du projet</b>	<b>7</b>
2.1	Schéma bloc de la transmission . . . . .	8
	Données . . . . .	8
	Transformation binaire . . . . .	8
	Codage de l'information . . . . .	8
	Modulation . . . . .	9
	Emission des données . . . . .	10
	Réception . . . . .	11
	Démodulation . . . . .	11
	Décodage de l'information . . . . .	11
	Reconversion des données et mise en forme . . . . .	11
2.2	Transmission de l'information . . . . .	11
2.2.1	Les différentes transmissions utilisables . . . . .	12
	Clignotement de la lampe de poche du Smartphone . . . . .	12
	Transmission par le son . . . . .	12
	Transmission par l'écran du Smartphone . . . . .	13
2.3	Réception de l'information . . . . .	13
2.3.1	Les différents moyens de réception . . . . .	13
	Capteur d'intensité lumineuse . . . . .	13
	Microphone . . . . .	14
	Caméra du Smartphone . . . . .	14
2.4	Caractéristiques générales de la transmission . . . . .	14
2.4.1	Débit maximum de transmission de l'information . . . . .	14
	Emission . . . . .	15
	Réception . . . . .	17
2.4.2	Taille maximum du fichier transmis . . . . .	18
2.4.3	Saturation du Capteur de luminosité . . . . .	18

<b>3</b>	<b>Fonctionnement</b>	<b>20</b>
3.1	Fonctionnement de l'application . . . . .	21
3.1.1	Pour l'émission . . . . .	21
3.1.2	Pour la réception . . . . .	22
3.2	La gestion du temps dans l'application dualité réception-émission . . . . .	23
3.2.1	Réception : utilisation du <code>currentTimeMillis()</code> . . . . .	24
3.2.2	Emission : utilisation du <code>wait()</code> . . . . .	24
3.2.3	Comparaison . . . . .	24
<b>4</b>	<b>Conclusion</b>	<b>25</b>

# Table des figures

2.1	Transmission numérique . . . . .	7
2.2	Schéma Bloc de la transmission d'une information numérique par la Lampe Torche . . . . .	8
2.3	Différents codage courants. Images issues de [1] . . . . .	9
2.4	Caméra et flash du Smartphone . . . . .	12
2.5	Haut parleur du Smartphone . . . . .	12
2.6	Ecran du Smartphone . . . . .	13
2.7	Capteur d'intensité lumineuse, renvoyant une valeur en lux . . . . .	13
2.8	LED permettant de tester la réception . . . . .	15
2.9	Photodiode permettant de tester l'émission . . . . .	15
2.10	Détection des limites de calcul de notre dispositif . . . . .	16
2.11	Fréquences d'émissions observées au laboratoire . . . . .	16
2.12	Codage original de la transmission . . . . .	17
2.13	Spectre de la lampe de poche . . . . .	18
3.1	Page d'accueil de l'application . . . . .	20
3.2	Capture de l'application permettant l'émission de l'information . . . . .	21
3.3	Capture de l'écran permettant la réception du signal . . . . .	22

# Chapitre 1

## Introduction

Il s'agit d'un projet d'ingénieur en 3ème Bachelier à la Faculté Polytechnique de Mons en orientation électricité. L'objectif est de réaliser une transmission d'une donnée d'une Smartphone à un autre. Dans ce rapport, il sera décrit les différentes étapes qui ont mené au choix des moyens d'émission et réceptions utilisés.

Ce projet a nécessité certaines compétences acquises au cours de Télécommunication Numériques donné dans le cadre de l'orientation électricité. Ces connaissances ont effectivement permis l'appréhension du problème et l'application des différentes étapes de transmission théoriques à la transmission réelle présentée ici. Il a été également nécessaire de développer certaines compétence en codage JAVA.

Le but primordial du projet est la transmission des données de manière ludique et intuitive, en plus de démontrer la possibilité d'utiliser une telle technologie. La partie ludique est relevée par l'utilisation de la lumière (visible) et du son (audible). Il est donc plus facile, avec ce support, d'expliquer à une personne étrangère aux télécommunications comment fonctionne le monde qui l'entoure. Elle peut visualier directement la donnée passant d'un téléphone à un autre.

La partie utile est en liaison direct avec le LIFI. Bien que certains diront que cette technologie n'est que du vaporware, et qu'elle ne verra jamais le jour, il faut bien se rendre compte qu'elle offre une possibilité de transmission extrêmement rapide et assez efficace. Comme il sera présenté dans ce projet, cette transmission est assez peu limitée et ne l'a été dans notre cas que d'un point de vue d'accès. En effet, les Smartphone actuels ne nous permettaient pas d'accéder aux caractéristiques internes ni de débloquent certains paramètres bloqués par le constructeur.

Le LIFI pourrait s'avérer assez utile dans certaines situations scientifiques ou spatiales et pourrait assez vite trouver sa place dans notre civilisation.



Ce rapport est structuré selon les étapes qui ont été suivie au fur et à mesure de la réalisation du projet. Nous avons donc commencé par appliquer la transmission numérique théorique vue au cours à notre transmission en analysant et caractérisant chaque étape. Cette démarche nous a permis d'orienter nos choix sur les moyens utilisés pour la transmission, car le Smartphone offrait différentes possibilités(son, image,...). Par la suite, nous avons donc cherché à caractérisé les éléments choisis pour notre transmission et les limites qui encadrent ces éléments tel que le débit de transmission, la taille des fichiers,... Pour finir, il sera décrit l'implémentation en tant que tel du projet. Ceci passe donc par l'explication de l'application créée et la justification des différents moyens utilisés pour la transmission (tel que le codage et la modulation.

# Chapitre 2

## Mise en place du projet

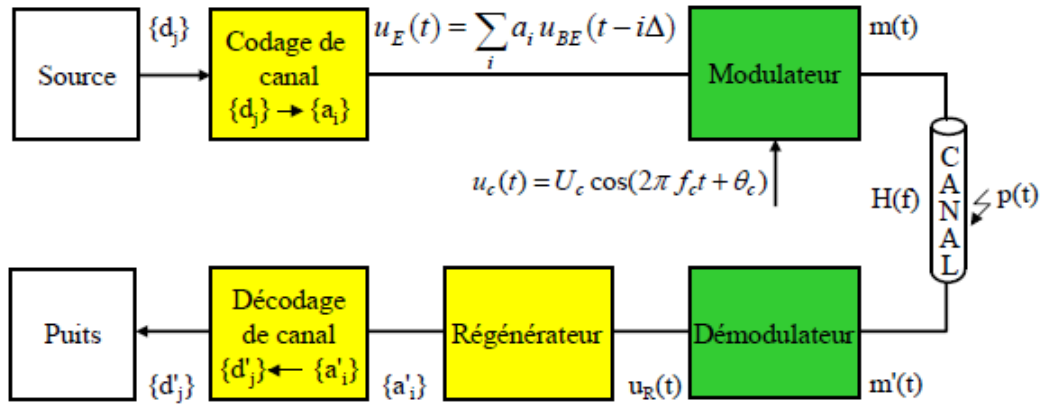


FIGURE 2.1 – Transmission numérique

Avant de se lancer dans la réalisation, il est important de détailler les différentes étapes nécessaires à la transmission d'une communication numérique. Le but étant toujours de transmettre un maximum d'informations comportant le moins d'erreurs possible. La Figure 2.1 représente le schéma général de la transmission. L'information transmise est une information discrète  $d_j$ . Les données numériques sont envoyées depuis la source, celles-ci sont ensuite codées et modulées pour s'adapter au canal de transmission, dans notre cas la lumière. La nouvelle suite binaire  $a_i$  vient s'ajouter à une porteuse afin de créer un signal continu qui sera transmis sur le canal (l'air). A la réception, le signal est démodulé et décodé, pour retrouver à la fin une suite  $d'_j$  la plus proche possible de la suite  $d_j$  à l'émission.

Dans cette transmission, le régénérateur possède un rôle important. En effet, il s'occupe entre autre de la récupération d'hologe.

## 2.1 Schéma bloc de la transmission

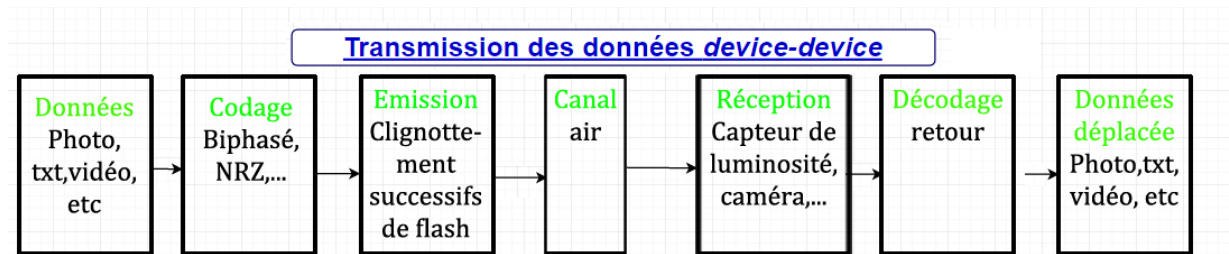


FIGURE 2.2 – Schéma Bloc de la transmission d'une information numérique par la Lampe Torche

La figure 2.2 applique le schéma de transmission général à la transmission de notre projet. Les différentes étapes seront décrites ci-dessous.

### Données

Dans le cas d'une communication numérique, la source est une source discrète. Elle envoie donc une suite de bits qui forme le fichier à transmettre.

Les données considérées émises par la source sont des données déjà présentes au sein du téléphone (le transfert d'un potentiel support externe vers le téléphone n'est pas pris en considération dans le schéma).

La taille des fichiers peut aller de quelques octets (txt) jusqu'à un ou deux giga (peut-être) dans le cas de vidéos de courte ou longue durée.

Néanmoins cette étape devra prendre en compte un facteur primordial : le fractionnement des données en paquets utiles pour la transmission (tout n'est pas envoyé en une fois mais on envoie pas bit par bit non plus!).

### Transformation binaire

L'ensemble des données existant à ce jour peuvent être vu sous sa forme la plus primitive : les bits (suite '1' '0').

### Codage de l'information

Il faut savoir qu'il existe une quantité infinie de codage. En effet, il y a des codages utilisés fréquemment, mais chacun peut créer le codage nécessaire afin de s'adapter au canal de transmission.

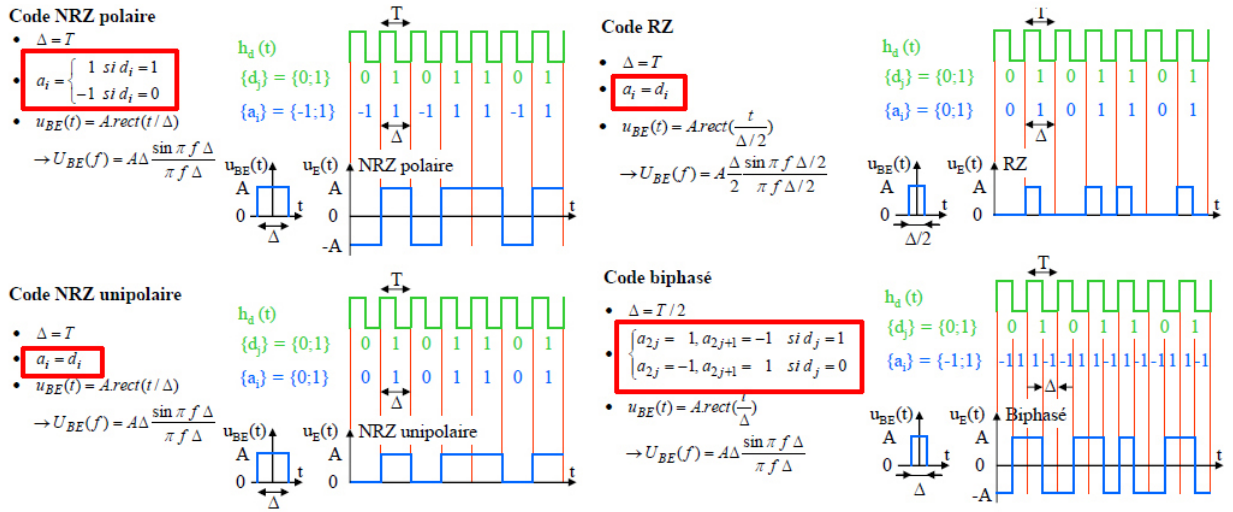


FIGURE 2.3 – Différents codage courants. Images issues de [1]

Dans notre réflexion deux codages différents reviennent plus souvent : le NRZ ou le code Biphase (Manchester). Ceux-ci peuvent être facilement mis en place et correspondent assez bien à la transmission d'impulsions lumineuses.

Il a donc été choisis de mettre en place un codage NRZ unipolaire. *Non Return Zero Unipolar* : ce codage figure parmi les plus simple. Son fonctionnement consiste en la présence d'un '1' comme symbole (respectivement un '0') durant une période d'horloge complète, lorsque le bit considéré est '1' (respectivement un '0'). Dans notre cas, nous mesurerons donc le temps durant lequel le téléphone reçoit un ou zéro.

## Modulation

De manière générale, lors de la transmission de données dans le domaine des télécommunications, l'information n'est jamais envoyée directement. L'un des exemples les plus parlant est la transmission de la radio FM : les radios n'émettent pas en plaçant d'énormes haut-parleurs sur leurs toits.

Dans le cas de la transmission numérique, les bits à envoyer sont tout d'abord « codé » (cf. point précédent), après on doit adapter le signal codé au canal de transmission, comme par exemple dans le cas des ondes modulées en fréquence car on ne peut directement transmettre le son. On peut dans d'autre cas vouloir optimiser le code afin de raccourcir la taille du signal à transmettre ou même pour limiter les erreurs qu'on pourrait commettre.

Ainsi il existe donc différents types de modulation :

- La modulation OOK, *On Off Keying* : plus simple de toutes les modulations, elle signifie que le signal modulé ne sera effectif (ne prendra une valeur différente de

zéro) que dans le cas où le symbole sera différent de zéro.

- La modulation MPSK, *Phase Shift Keying* : cette modulation permet de transmettre l'information binaire par le biais de la phase d'un signal de référence (correspondant à la porteuse).
- La modulation QAM *Quadrature Amplitude Modulation* : dans ce cas, l'information est transmise par le biais de la phase mais aussi par l'amplitude du signal de référence.
- Enfin, il existe d'autres types de modulations étant soit simplement des combinaisons de celles-ci-dessus où utilisant la fréquence de la porteuse par exemple. Néanmoins leur étude n'est pas primordiale dans le cadre de la compréhension de notre projet.

Avant toutes choses, étant donné que nous voulions transmettre des données de type String (c'est-à-dire des chaînes de lettres ou mot). Ainsi, notre application lira ces chaînes de lettres une à une, ensuite elle les convertira de l'ascii vers le binaire dans un tableau d'entier. Lors de cette étape de « précodage » le téléphone reçoit un mot et en ressort une suite 0 et 1. Il nous reste ensuite à transmettre cette suite binaire.

La modulation choisie a été la modulation OOK.

Cette combinaison codage-modulation présente donc certains avantages :

- Détection d'erreur assez compliqué (par rapport à un codage biphase).
- Besoin d'une fiabilité maximale du téléphone au niveau de la réception (lors de la mesure du temps, une erreur se répercuterait sur le reste de la transmission).

Mais également certains inconvénients :

- Utilisation de la fréquence maximum utilisable pour la transmission de données (étant donné que les transmissions sont assez lente et qu'utiliser différents niveaux de lumière est quasiment impossible sans rentrer dans les composants du téléphone, il est plus simple de les minimiser au possible).
- Simple à mettre en œuvre.
- Intuitif au niveau explicatif pour tout un chacun (même les plus jeunes).

## Emission des données

Grace aux différentes étapes ci-dessus, nous avons entre nos mains de longues trames constituées de '1' et de '0'. Il ne nous reste plus qu'à les transmettre par le biais de la lampe de poche de l'appareil photo ('1' correspond à 'allumé' et '0' à 'éteint').

L'information est transportée sur le canal sous la forme d'une onde électromagnétique (continue) qui est la lumière. Le canal est donc l'air.

## Réception

Avant de rentrer dans le vif du sujet, il faut d'abord savoir où l'information sera mesurée. À ce jour, de nombreux fabricants font bénéficier à leur smartphone d'une nouvelle technologie : « light sensor for automatic brightness ». Pour faire simple un petit capteur sur la face avant du téléphone permet la mesure de la luminosité ambiante (en lux) afin d'adapter le rétro éclairage du téléphone, de stabiliser le contraste d'une photo, ... Ce petit capteur pourrait nous être utile lors de la transmission de l'information.

## Démodulation

Dans cette étape, il s'agit donc de récupérer le signal utile que nous avons précédemment modulé (si l'on reprend l'exemple des ondes FM : le son n'est pas perceptible au-delà de 20Khz, il faut donc redescendre la fréquence pour qu'elle soit audible).

Il existe autant de démodulation qu'il y a de modulation. Alors que pour la modulation OOK il suffit simplement de « lire » le signal reçu, la modulation de phase ou QAM peuvent se démoduler par multiplication.

Cette étape est donc très importante afin de récupérer notre signal utile.

## Décodage de l'information

L'étape inverse du codage correspond donc à un décodage et un désembrouillage.

## Reconversion des données et mise en forme

Effectue l'opération inverse du codage de canal, afin de retrouver dans le cas d'une information numérique la suite de bits initiale après avoir récupéré les symboles en sortie de régénérateur.

On repasse des différentes suites binaires à une donnée utile de base (jpg, txt, mp3, ...) afin de pouvoir la stocker dans le téléphone.

## 2.2 Transmission de l'information

Nous avons dès le début analysé l'ensemble des possibilités de transmissions que nous avons.

## 2.2.1 Les différentes transmissions utilisables

### Clignotement de la lampe de poche du Smartphone

Nous nous sommes d'abord basé sur la transmission par flash lumineux. Cette méthode nous semblait plus facile à mettre en place pour commencer, et assez pédagogique. Elle permet en effet de "visualiser" la transmission numérique de façon assez claire, et de cette façon permet de mieux la comprendre.

Nous savons cependant qu'il existe d'autres solutions de transmissions plus ou moins facilement réalisable et plus ou moins efficaces.

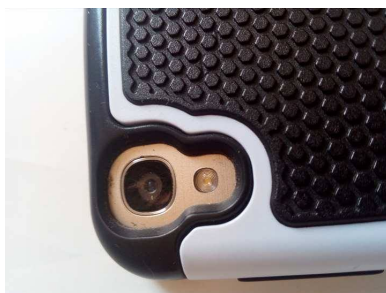


FIGURE 2.4 – Caméra et flash du Smartphone

### Transmission par le son

La complexité de cette transmission est quasiment identique à la méthode du flash. En effet l'accès au haut parleur du Smartphone se gère plus ou moins de la même façon que l'accès à la lampe de poche. De plus, comme pour le flash, une impulsion sonore signifie "1" et un blanc signifie "0".

Cependant, nous ne nous sommes pas dirigés vers cette méthode car nous la trouvions invasive. La transmission serait accompagnée d'un bip constant qui, dans le cadre d'une transmission à grande échelle, pourrait vite devenir dérangerant. De plus, afin de ne pas être perturbé par le bruit ambiant, il est de manière générale conseillé de filtrer ce dernier en ne laissant passer que les fréquences au-dessus de 1500 Hz. Or pour avoir un bruit audible (entre 20 Hz et 20kHz) mais n'interférant pas trop avec le bruit, il nous faut donc un son dont la fréquence se trouve entre 2kHz et 20kHz ce qui n'est pas agréable à entendre.



FIGURE 2.5 – Haut parleur du Smartphone

## Transmission par l'écran du Smartphone

Comme nous avons à notre disposition un Smartphone équipé d'un écran couleurs, haute résolution, nous pouvons trouver là une autre solution de transmission efficace et intéressante.

Le but serait de faire varier l'information des pixels du Smartphone. Cependant, nous nous sommes très vite rendu compte que cette méthode était assez complexe à mettre en place. De plus, du point de vue pédagogique, celle-ci est moins parlante que les deux méthodes de transmission précédentes.

Enfin, la transmission à grande échelle semblait beaucoup moins faisable avec l'écran.



FIGURE 2.6 – Ecran du Smartphone

## 2.3 Réception de l'information

### 2.3.1 Les différents moyens de réception

#### Capteur d'intensité lumineuse

Ce capteur, présent dans la plupart des smartphone actuels, nous renvoie directement une information en "lux" utilisable dans notre programme. Celui-ci étant assez sensible, et facile d'accès, il était une des meilleures solution de réception pour notre projet.



FIGURE 2.7 – Capteur d'intensité lumineuse, renvoyant une valeur en lux



## Microphone

Il est très dépendant des parasites (plus que la lumière, car l'intensité lumineuse peut être assez forte, sans éblouir, tandis que le son devra être assez fort pour dépasser le bruit ambiant d'une salle remplie).

## Caméra du Smartphone

L'appareil photo/caméra du smartphone renvoie énormément de données (Figure 2.4). En effet la plupart des appareils photos actuels ont une qualité d'une dizaine de Megapixel (soit 10 000 000 pixels). Or à chaque bit envoyé, il faudrait analyser l'ensemble des pixels, afin de voir si la majorité retourne 1 ou plutôt zéro. Ce qui induit un temps énorme de traitement, une grande complexité, et donc une diminution de la rapidité.

Une solution serait de prendre un cadre plus petit sur le capteur, mais là aussi, il y a une question ; où prendre le cadre (de par exemple 16x16) ? Au centre ? Sur une extrémité ? De façon aléatoire ? Et dans ce cadre, il faudrait rechercher le maximum d'intensité, ce qui est assez fastidieux alors que nous avons directement à notre portée un capteur d'intensité lumineuse.

## 2.4 Caractéristiques générales de la transmission

A ce stade du projet, il est intéressant de caractériser notre transmission. En effet, il faut savoir à quel point le transfert sera limité, si la connexion sera rapide, et quelle sera l'influence de l'environnement.

### 2.4.1 Débit maximum de transmission de l'information

Il a donc été réalisé un certain nombre de tests au laboratoire au niveau de l'émission et la réception. Le dispositif utilisé est décrit ci-dessous.

Pour tester la transmission, une photo diode est utilisée. Celle-ci est branchée de manière à transmettre le courant une fois qu'elle capte une certaine intensité lumineuse, et de le bloquer en dessous de celle-ci. En premier lieu, il est nécessaire de vérifier les limites de détection de notre dispositif grâce à la LED de la deuxième partie du dispositif. En faisant évoluer la fréquence de la LED, on obtient la figure 2.10 qui indique et confirme que le dispositif est utilisable jusqu'à 1kHz. En effet, jusqu'à cette fréquence limite, la fréquence d'oscillation est observable sur l'oscilloscope sous forme d'une onde triangulaire.

Le dispositif pour tester la réception est illustré ci-dessous. Celui-ci est composé d'une LED dont la fréquence peut être imposée grâce à un petit programme. En faisant

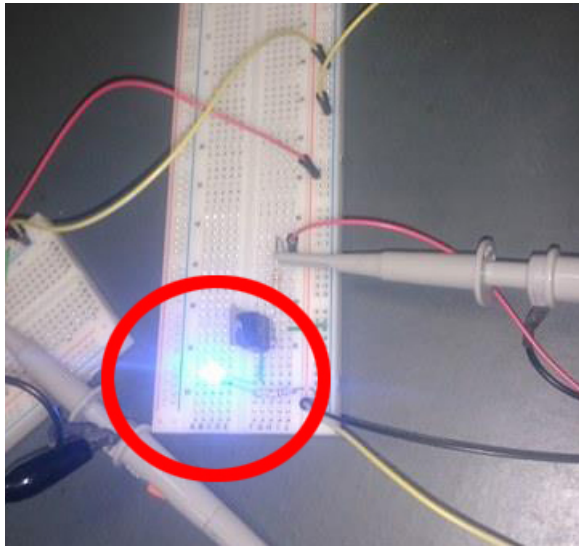


FIGURE 2.8 – LED permettant de tester la réception

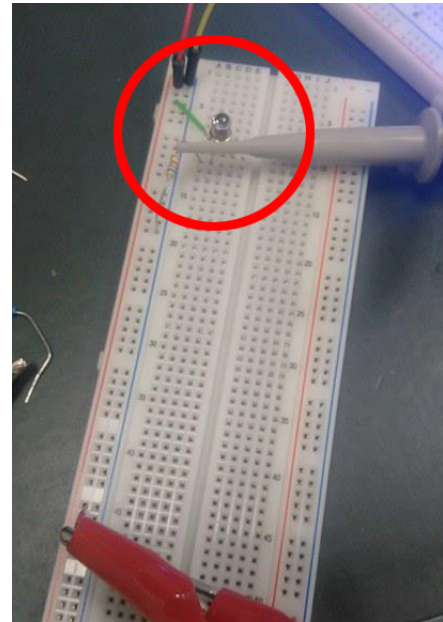


FIGURE 2.9 – Photodiode permettant de tester l'émission

de nouveau évoluer la fréquence de la LED, et en utilisant la partie réception de notre application <sup>1</sup> il est possible de déterminer les limites du capteur.

## Emission

Afin de déterminer le débit de l'émission, la fréquence de clignotement de la lampe de poche va être augmentée au fur et à mesure. Grâce à l'affichage sur l'oscilloscope il est donc possible de déterminer la limite de transmission.

---

1. Voir section Fonctionnement

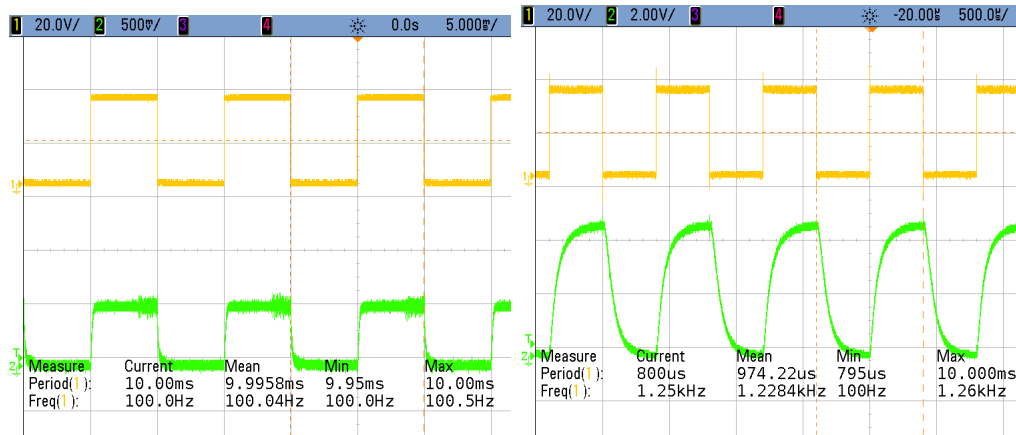


FIGURE 2.10 – Détection des limites de calcul de notre dispositif

Fréquence imposée	Fréquence réelle	Oscilloscope	Observations
2Hz	1,83 Hz		
50Hz			Le flanc haut présente une durée de 10 ms et le flanc bas de 40ms. Le gitter est très important
12,5Hz	8Hz		Le flanc haut et le flanc bas présentent une durée d'environ 60ms (au lieu de 40ms prévu). Le gitter est important
10Hz	6,6Hz		La durée du flanc haut est environ 61ms et du flanc bas 80ms

FIGURE 2.11 – Fréquences d'émissions observées au laboratoire

Il est observé de façon générale que la limitation est au niveau de la partie basse du signal. Une première supposition faite est que le flash possède un certain temps de recharge avant de pouvoir se relancer. Une autre possibilité est la composition internet du téléphone. L'indication qui impose à la LED de s'allumer peut dépendre de capacités internes. Ce temps de réponse peut être testé avec l'application JAVA.

Une possibilité pour palier à ce problème est réalisable au niveau du codage. Nous pouvons imaginer un codage original se basant sur les flancs montants et le calcul de la durée du signal à '1'.

Dans le tableau ci-dessous nous avons donc un exemple de type de codage spécial, dont les durées pourraient être adaptées en fonction de nos données.

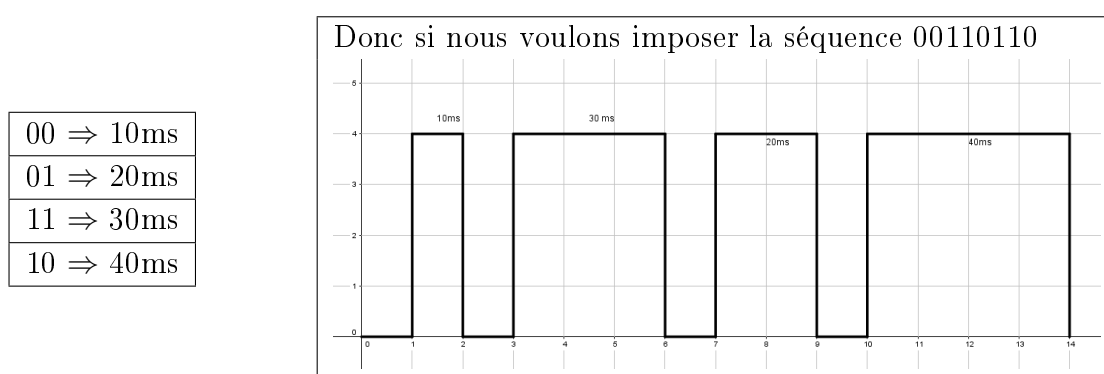


FIGURE 2.12 – Codage original de la transmission

Ce codage est assez intéressant dans le sens où il résout le soucis du temps de partie basse.

Cependant, il est d'abord intéressant de calculer les limitation au niveau de la réception afin de voir si ce codage est vraiment nécessaire. Car si le capteur limite la transmission à une fréquence où la LED est capable de suivre, il n'est pas nécessaire d'effectuer ce codage.

## Réception

Afin de tester la réception, il était nécessaire d'être capable d'interroger le capteur d'intensité lumineuse du téléphone. Cette démarche est expliquée dans la partie Fonctionnement. Dans un premier temps, la réception de l'information était récupérée de manière périodique. Par exemple si la transmission émettait à une fréquence de 2Hz, le capteur était rafraîchi à une fréquence de 1000Hz et affichait la valeur reçue à l'écran. Cependant un premier problème est apparu. Même en modifiant la fréquence de rafraîchissement, où en ralentissant la transmission, des erreurs de mesures arrivaient dans l'application. Toutes les 4-5 mesures, la réception sautait une mesure (en prenait 1 au

lieu de 2). Pour palier à ce problème, il était donc nécessaire de modifier le codage.

Tout d'abord, il est intéressant de remarquer que le Smartphone possède une horloge et que celle-ci est précise à la milliseconde près. Au lieu de demander la valeur du capteur de façon périodique, il est possible de recevoir une information de celui-ci à chaque fois qu'il reçoit un flanc montant. Une fois ce flanc détecté, on regarde tant que la mesure est haute. Une fois que celle-ci retombe, le temps est de nouveau demandé à l'horloge du téléphone. La différence entre les deux temps donne facilement la durée du '1' détecté. Et donc en fonction de la fréquence de transmission choisie, il est possible de savoir le nombre de 1 reçus. Le même raisonnement peut être effectué pour le nombre de '0'.

Une autre solution est de récupérer le codage présenté précédemment (2.12) pour palier le problème de la transmission.

## 2.4.2 Taille maximum du fichier transmis

De manière théorique, il n'y a aucune limitation à ce sujet. En effet il est possible d'envoyer des bits de façon infinie et de recevoir ceux-ci. La seule limitation sera alors la capacité de stockage du Smartphone.

## 2.4.3 Saturation du Capteur de luminosité

Ce facteur est assez important à déterminer. En effet il faut savoir si l'application peut être utilisée en plein soleil ou s'il faut absolument être dans le noir. Afin de poser une borne à ce paramètre, une analyse du spectre de la lampe de poche à été effectuée. Cette analyse a révélé le spectre suivant :

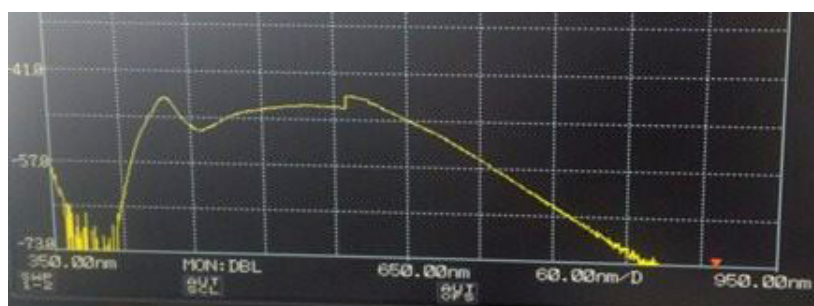


FIGURE 2.13 – Spectre de la lampe de poche

Le capteur de luminosité capte par rapport à une luminosité ambiante. Il récupère une information en lux<sup>2</sup>. De plus,  $lumen = candela * angle$  et un candela sert à mesure

---

2.  $lux = lumen/m^2$

l'intensité lumineuse que l'oeil peut percevoir, donc uniquement le spectre visible. Le spectre led quant à lui est bien dans le visible.

Après plusieurs tests en interrogeant ce capteur, nous observons que celui-ci est assez sensible. En effet, même dans une pièce éclairée, la luminosité reçue varie avec les flash d'intensité. La limitation est donc lorsque l'intensité lumineuse de la pièce est supérieure ou égale à celle de la LED. Car le seuil qui détecte un '1' ou un '0' pourra toujours être modifié. Une amélioration possible de l'application serait alors de proposer un calcul dynamique de l'intensité lumineuse ambiante lors de la transmission, et donc de modifier le seuil de façon dynamique. A noter que la valeur de l'intensité lumineuse de la lampe de poche variera également en fonction de la distance entre le capteur et la LED.

# Chapitre 3

## Fonctionnement

Tout d'abord lorsque l'utilisateur ouvre l'application il se trouve face à une page d'accueil lui proposant de choisir s'il utilise son téléphone en tant qu'émission ou réception.

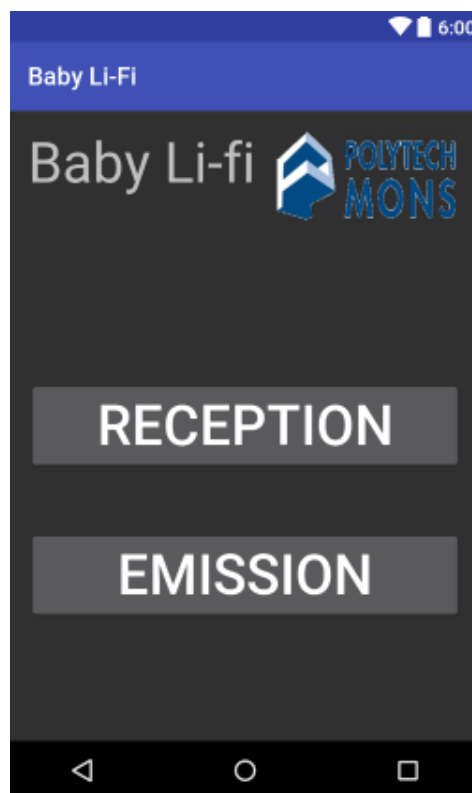


FIGURE 3.1 – Page d'accueil de l'application

## 3.1 Fonctionnement de l'application

### 3.1.1 Pour l'émission

Dans le cas où l'utilisateur choisit donc d'émettre (ou d'envoyer) un signal vers un autre téléphone<sup>1</sup>, ou un autre device pouvant exécuter l'application.

Ainsi, il est donc demandé à ce dernier d'entrer un mot composé des caractères figurant dans les tables ascii8. Une fois ceci exécuté, en appuyant sur la touche Execute la transmission se lancera.

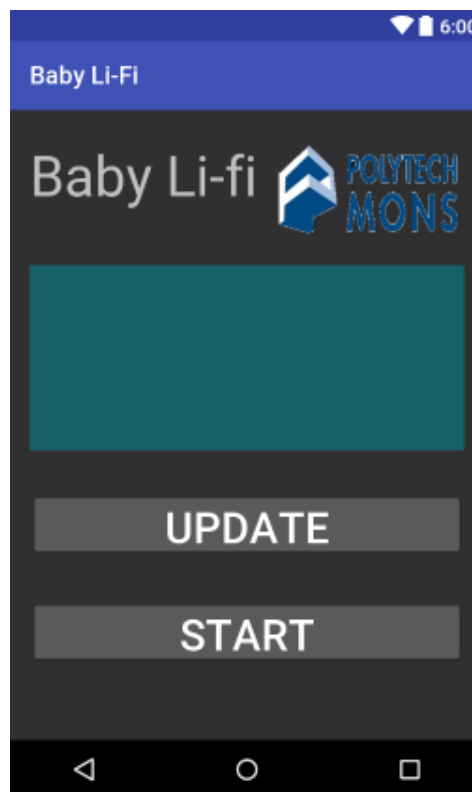


FIGURE 3.2 – Capture de l'application permettant l'émission de l'information

Derrière cette courte description se cache une suite de fonction et de procédures. Pour commencer, la partie de l'application liée à l'émission se lance. Il est directement demandé d'entrer le mot à transmettre. Le mot est donc enregistré et passe par une fonction qui le traduira et retourne un tableau de 8 x (le nombre de lettres) bits. Après, lorsque le bouton execute est enclenché, c'est une autre fonction qui est appelée. Cette dernière va commencer par envoyer un signal de départ (Choisis judicieusement

---

1. Il est à noter que le système de transmission développé n'est pas uniquement réservé aux téléphones, une simple carte raspberry avec une photo résistance et une diode peut exactement faire la même chose



pour ne pas figurer dans la table ascii une fois traduit), ensuite cette fonction passe en revue chacune des cases du tableau et émet un flash de la période choisie si la valeur est '1' ou une extinction également de la même période (le téléphone reste éteint) si la valeur est '0'. Enfin à la fin du mot à transmettre le téléphone émet un signal correspondant au retour chariot en ascii (c'est le 13 dans la table), ce dernier clôturant l'émission.

Cette partie de la transmission est la plus fiable des deux, car nous avons un pouvoir plus grand sur la gestion du temps d'éclairage/extinction et la luminosité du flash par rapport à celui du capteur de luminosité (voir point suivant).

### 3.1.2 Pour la réception

Dans le cas où l'utilisateur choisit donc de recevoir le signal lumineux d'un téléphone, ou un autre device pouvant exécuter l'application.

Avant de lancer la réception, il est important de mettre à jour le seuil de luminosité du téléphone<sup>2</sup> en appuyant sur Update.

Ensuite, il suffit d'appuyer sur Start, et le téléphone lit le signal reçu, le traduit et affiche directement le résultat sur l'écran de réception.

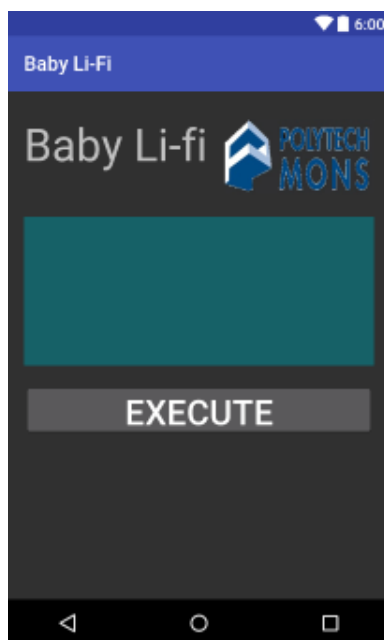


FIGURE 3.3 – Capture de l'écran permettant la réception du signal

Ce que l'application fait derrière ces quelques commandes est beaucoup plus com-

---

2. Doit être mis à jour à chaque nouvelle émission/réception

plexe que ce qui a été fait au niveau de l'émission. Tout d'abord en enfonceant le bouton Update, l'utilisateur permet au téléphone de prendre une moyenne de la valeur de la luminosité ambiante afin de calculer un seuil qui servira par la suite.

Lorsqu'ensuite on exécute la touche Start, le téléphone observe les mesures qu'il fait et « se tient prêt ». A partir du moment où l'entête de démarrage est reçue (cf. signal de départ au point précédent) la réception peut commencer.

Le téléphone prend donc une mesure dès que la valeur du capteur change, cette dernière peut changer lors des transitions mais également lors du changement de luminosité ambiant (passage voiture, nuage, ...). Il observe ensuite si la valeur est supérieure (correspond à '1') ou inférieure (correspond '0') au seuil mesuré par l'étalonnage effectué au début. Il enregistre alors à cet instant l'heure donnée par le téléphone qui correspond au temps  $t$ . L'application suit son cours, si on observe une transition le téléphone reprend une mesure du temps  $t'$  et fait la différence avec le temps  $t$ . Cette différence est divisée par la durée d'un symbole et nous en déduisons directement le nombre de '1' (respectivement de '0') successifs, si la valeur de la luminosité est supérieure (respectivement inférieure) au seuil. L'ensemble des '0' et '1' sont stockés dans un tableau de binaires.

Pour finir, le téléphone retraduit le tableau de '0' et de '1' pour les retransformer en caractères et donc reformer le mot initialement envoyé.

Comme dit précédemment cette partie de la transmission est légèrement moins fiables que l'émission et ce pour différentes raisons :

- L'accès au capteur est plus fastidieux.
- La qualité du capteur est indépendante du téléphone (le but n'est pas de créer un appareil de mesure pour le fabricant mais simplement que son téléphone puisse détecter certains seuils).
- La gestion des timers et prises de temps se fait parfois de manière décalée.

## 3.2 La gestion du temps dans l'application dualité réception-émission

Comme vu précédemment, l'application doit faire face à un problème de taille : le temps.

Voilà donc comment nous avons géré ça pour les deux pôles de la transmission.

### 3.2.1 Réception : utilisation du `currentTimeMillis()`

Pour ce qui est de la réception, il a été décidé de ne pas faire les mesures de manière régulière car cela pouvait utiliser une trop grande partie des capacités du téléphone, et que ce n'était pas spécialement utile.

Nous nous sommes donc concentrés sur les transitions  $0 \iff 1$ . Ainsi, chaque fois qu'une transition de ce type est faite, la variable `Time` est rafraîchie et prend une nouvelle valeur (en réalité la valeur est le temps passé entre le rafraîchissement et le 1er janvier 1970 en millisecondes). Par la suite, le programme continue à tourner et fera la différence de temps entre deux rafraîchissements : si l'on a un flanc montant (respectivement descendant) on sait pendant combien de temps le téléphone a mesuré des '0' (respectivement des '1') et il suffit de diviser ce temps par le temps d'émission d'un bit pour obtenir directement le nombre de '0' ou de '1'.

### 3.2.2 Emission : utilisation du `wait()`

Pour ce qui est de l'émission, vu qu'il était nécessaire d'émettre le flash durant un temps donné et que celui-ci doit être le plus précis possible, il a fallu revoir la vision du timing de manière totalement différemment. Ainsi dans ce cas, il « suffit » de placer un `wait` après avoir demandé au téléphone de s'éteindre ou de s'allumer avec un temps et ce dernier exécute la dite commande durant le temps demandé. Ce qui permet d'émettre des suites de '1' et '0' avec une durée de 0.5 sec exactement par bit, par exemple.

### 3.2.3 Comparaison

Comme dit ci-dessus l'utilisation d'un timing ou d'un autre est bien-sûr dépendant de ce dont nous avons besoin. Ensuite, toutes les commandes ne se combinent pas forcément directement avec les capteurs par exemple le capteur de téléphone ne peut pas gérer une prise de mesure simultanée avec l'exécution d'un `wait`.

Nous avons donc au cours de ce projet tâtonné pour trouver le meilleur compromis entre performance et pratique.

# Chapitre 4

## Conclusion

Au cours de ce projet, nous avons donc développé une application Android sur Smartphone permettant d'envoyer une suite de bit en faisant clignoter la lampe de poche, et une autre application permettant de réceptionner ces impulsions et de les interpréter. Les différents paramètres caractérisants cette transmission et les limitations ont été présentés. Ceux-ci nous permettant d'imaginer facilement un futur et une application concrète à ce projet. Il serait assez facile d'améliorer les caractéristiques de transmission si l'accès aux caractéristiques du téléphone n'étaient pas limité. Ceci peut assez facilement se palier, en utilisant un langage plus proche de celui de la machine (par exemple le C). De plus, l'application pouvant être appliquée à d'autres supports, les caractéristiques de transmission pourront évoluer facilement avec celui-ci. Et pourquoi pas créer un support spécialement pour la transmission LIFI.

Etre capable de transmettre des informations par la lumière offre un panel de possibilité quasi infinie. La vitesse de la lumière étant très élevée, cette transmission pourrait par exemple permettre de communiquer dans l'espace de façon quasiment instantanée. L'envoi de données entre différents supports ne serait l'histoire que de quelques millisecondes de transmission.

# Bibliographie

- [1] M. LAMQUIN. *Télécommunication numérique*. Service d'Electromagnétisme et de Télécommunication.
- [2] Young-chang Kang Kil-Sung Park, Sun-Hyung Kim. *Development of tranceiver using Flashlight and camera in VLWC*. Department of Information and Communication Engineering, Soonchunhyang University, Asan, Chungnam 336-745, Republic of Korea, Gachon University, Seongnam, Gyeonggi 461-701, 2014.
- [3] ROHM semiconductor, [http://rohms.rohm.com/en/products/databook/datasheet/ic/sensor/light\\_e.pdf](http://rohms.rohm.com/en/products/databook/datasheet/ic/sensor/light_e.pdf). *Analog Current Output Type Ambient Light Sensor IC BH1603FVC*.