

Université Abou Bekr Belkaid
Tlemcen Algérie



جامعة أبي بكر بلقايد

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID
TLEMCEN
FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE TELECOMMUNICATION



MEMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de
MASTER

Réseaux Mobiles et Services de Télécommunications

Réalisé par

Abdelhakim BOUARFA

THEME

Conception Et Implémentation d'un Système Li-Fi

Soutenu le 13 JUIN 2017 devant les Jurys :

Mr. FEHAME Mohammed	Prof.	Université de Tlemcen	Président
Mr. BOUACHA Abdelhafid	MCA	Université de Tlemcen	Examineur
Mr. SLIMANI Hicham	MCB	Université de Tlemcen	Encadreur

Année universitaire : 2016-2017

REMERCIEMENT

Je tiens à remercier tout d'abord DIEU le tout puissant qui m'a donné durant toutes ces années la santé, le courage et la foi.

Je tiens à remercier, monsieur Hicham SLIMANI, pour avoir accepté de m'encadrer, pour ses conseils judicieux et sa grande disponibilité. Je lui exprime ma profonde gratitude pour m'avoir fait profiter de ses connaissances, mais aussi de sa méthode de travail.

Je remercie également les membres de jury de m'avoir fait l'honneur en acceptant d'examiner et de juger mon travail.

Je tiens aussi à exprimer toute ma gratitude envers mes parents, mon frère et ma sœur pour leurs aide et leurs encouragement.

Je termine en remerciant tous les amis et les collègues qui ont aidé à l'accomplissement de ce travail.

Abdelhakim

RÉSUMÉ

Actuellement l'accès à internet sans fil est possible grâce à de nombreuses nouvelles technologies comme le WI-FI. Ce dernier est devenu un outil très courant et pratique pour accéder à l'internet sans fil dans différents endroits comme les cafés ou les salles de conférence. Cependant, Cette technologie ainsi que d'autres technologies sans fil sont confrontées à de nombreuses difficultés liées à la sécurité, la capacité et débits de données et surtout aux interférences sans oublier des effets "éventuels" sur la santé à cause des ondes électromagnétique.

Un physicien allemand Harald Hass a proposé une solution qu'il a appelée «données par l'éclairage» en envoyant des données à l'aide d'une ampoule à LED qui varie en intensité très rapidement sans être perçue par l'œil humain.

Cette technologie est appelée transmission Li-Fi qui signifie fidélité à la lumière. Elle peut produire un débit de données pouvant théoriquement atteindre plusieurs Giga bit par seconde, ce qui est plus rapide que la dernière génération de norme Wi-Fi (802.11ac).

Dans ce manuscrit nous allons réaliser la conception et l'implémentation d'un système LI-FI avec une carte ARDUINO. Nous allons également faire une comparaison entre les deux systèmes LI-FI et WI-FI.

MOTS CLÉS:

Li-Fi, Wi-Fi, LED, VLC, ARDUINO, Débit de données, Interférences.

ABSTRACT

Nowadays access to wireless internet is possible thanks to many new technologies like WI-FI. The latter has become a very common and convenient tool for accessing wireless internet in different places such as cafes or conference rooms. However, this technology as well as other wireless technologies are confronted with many difficulties related to security, data capacity and data rates and especially to interferences without forgetting "possible" effects on health due to electromagnetic waves.

One German physicist Harald Hass has come up with a solution which he names as "data through illumination" sending data through LED light bulb that varies in intensity faster than a human eye can see.

This technology is called Li-Fi transmission which means fidelity to light. It can produce data rates that theoretically can reach several Giga bit per second, which is faster than the latest generation Wi-Fi (802.11ac) standard.

In this manuscript we will realize the design and the implementation of a LI-FI system with an ARDUINO card. We will also make a comparison between the two systems LI-FI and WI-FI.

KEYWORDS:

Li-Fi, Wi-Fi, LED, VLC, ARDUINO, Data rates, Interferences.

ملخص

حاليا الإنترنت اللاسلكي صار ممكنا بفضل العديد من التقنيات الجديدة مثل واي فاي. وقد أصبح هذا الأخير أداة شائعة جدا ومريحة للوصول إلى الإنترنت لاسلكيا في أماكن مختلفة مثل المقاهي أو قاعات المؤتمرات. ومع ذلك، فإن هذه التكنولوجيا والتقنيات اللاسلكية الأخرى تواجه العديد من المشاكل ذات الصلة بشأن السعة و سرعة نقل البيانات وخاصة التداخلات المغناطيسية ناهيك عن الآثار " المحتملة " على الصحة بسبب الموجات الكهرومغناطيسية.

وقد توصل الفيزيائي الألماني هارالد إلى حل سماه ب "البيانات من خلال الإضاءة"، حيث يقوم بإرسال البيانات من خلال المصباح الكهربائي LED الذي يتفاوت في شدة أسرع من رؤية العين البشرية.

هذه التكنولوجيا تسمى لاي فاي. ويمكن أن تنتج سرعة نقل البيانات نظريا إلى عدة Gbps في الثانية، وهو أسرع من أحدث جيل من (WI-FI) واي فاي (ac802.11).

في هذه المخطوطة سنقوم بتنفيذ تصميم وتنفيذ نظام لاي فاي (LI-FI) عن طريق شريحة اردوينو (ARDUINO). وسنقوم أيضا إجراء مقارنة بين النظم LI-FI و WI-FI.

كلمات البحث:

Li-Fi، Wi-Fi، سرعات نقل البيانات، اتصالات الضوء المرئي، اردوينو، التدخلات

ACRONYMES

3G	troisième génération
4G	quatrième génération
5G	cinquième génération
AES	Advanced Encryption Standard
ANSI	American National Standards Institute
BPSK	Binary Phase de Modulation par shift
CAN	Convértesseur Anologique-Numérique
CD	Compact Disc
CDMA	Code Division Multiple Access
CMOS	Complementary metal Oxide Semiconductor
CNA	Convértesseur Numérique-Anologique
CPU	Central Processing Unit
CSK	Colour Shift Keying
CW	Continuous Wave
DAS	Débit d'absorption spécifique
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
EDF	Électricité et gaz De France
EPROM	Efasable Programmable Read-Only Memory
PROM	Programmable Read-Only Memory
PWM	Pulse With Modulation
GND	Gemeinsame Normdatei

GPS	Global Positioning System
HIFI	High Fidelity
IDE	Integrated Developpement Environement
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IrDA	Infrared Data Association
I/O	Input /Output
LASER	Light AmpLi-Fication by Stimulated Emission of Radiation
LI-FI	Light Fidelity
LED	Light-emitting diode
MAC	Medium Access Control
MIMO	Multiple Input Multiple Output
OOK	On-Off Keying
PDA	Personel Data Assistant
Phy	Couche Physique
POE	Power Over Ethernet
RAM	Random Access Memory
RF	Radio Frequency
ROM	Read-Only Memory
SNCF	Société Nationale des Chemains de Fer
SSID	Service Set IDentifier
TCP/IP	Transmission Controle Protocol/Internet Protocol
TKIP	Temporary Key Integrity Protocol
USB	Universal Serial Bus

UAL	Unité Arithmétique et Logique
VLC	Visible Light Communication
VLCC	Visible Light Communication Constructeur
VPPM	Variable Pulse Position Modulation
WECA	Wireless Ethernet Compatibility Alliance
WEP	Wired Equivalent Privacy
WI-FI	Wireless Fidelity
WLAN	Wireless Local Area Network
WPA	Wi-Fi Protected Access

TABLE DES MATIÈRES

Résumé.....	2
Abstract	3
ملخص.....	4
Acronymes.....	5
Table des matières	8
Introduction générale.....	12
I. CHAPITRE I: Le Wi-Fi.....	15
I.1. Introduction.....	15
I.2. Présentation de la norme Wi-Fi (802.11)	15
I.3. Capacité.....	16
I.3.1 Quelle vitesse chez soi et en laboratoire?	16
I.3.2 Efficience	17
I.4. Intégrations actuelles et leurs problèmes	18
I.4.1 Intégration privée/publique	18
I.5. La sécurité	19
I.5.1 Filtrer les adresses Mac	19
I.5.2 Cacher le SSID (Service Set Identifier)	19
I.5.3 Sécuriser avec une clé WEP (Wired Equivalency Privacy).....	19
I.5.4 Sécuriser avec une clé WPA/WPA2	19
I.6. Conclusion	20
II. CHAPITRE II: Le Li-Fi.....	22
II.1. Introduction.....	22
II.2. Histoire du Li-Fi.....	22
II.2.1 Communication basique.....	22
II.2.2 Communication en morse avec des lampes.....	22
II.2.3 Le photophone.....	23
II.2.4 Communication informatique avec ondes lumineuses	24
II.2.5 Présentation de la technologie au public par Harald Haas.....	24
II.3. Fonctionnement du Li-Fi.....	25
II.3.1 Principe.....	25
II.3.2 Fonctionnement	26
II.3.3 Standardisation	27

- II.4. Capacités et données techniques..... 28
 - II.4.1 Performances 28
 - II.4.2 Améliorations 28
 - II.4.3 Les LED : enjeu majeur..... 29
- II.5. Sécurité & Li-Fi..... 30
 - II.5.1 Sécurité humaine 30
 - II.5.2 Sécurité réseau 31
- II.6. Intégrations futures ou possibles du Li-Fi 31
 - II.6.1 La 5G 31
 - II.6.2 La géolocalisation 31
 - II.6.3 Les lieux sensibles 32
 - II.6.4 L'automobile..... 32
 - II.6.5 La communication aquatique 33
 - II.6.6 L'information ciblée dans les loisirs et le commerce..... 33
 - II.6.7 La ville connectée 33
- II.7. Les acteurs 34
 - II.7.1 Les entreprises 34
 - II.7.2 Solutions de "PureLi-Fi" 35
 - II.7.3 Les universités 36
- II.8. Conclusion 36
- III. CHAPITRE III: Le microcontrôleur 38
 - III.1. Introduction..... 38
 - III.2. Définition de microcontrôleur..... 38
 - III.3. Les composants internes d'un micro controlleur : 39
 - III.4. Langage de programmation d'un microcontrôleur: 40
 - III.5. Domaines d'applications des microcontrôleurs : 41
 - III.6. L'Arduino 42
 - III.6.1 L'historique de l'Arduino : 42
 - III.6.2 La composition d'une carte Arduino Uno : 43
 - III.6.3 Matériel arduino 43
 - III.6.4 Logiciel Arduino : 45
 - III.6.5 L'interface de logiciel: 46
 - III.6.6 Les avantages de l'arduino : 47
 - III.7. Conclusion : 48

IV. CHAPITRE IV: 50

Réalisation du system Li-fi..... 50

IV.1. Introduction..... 50

IV.2. Transmission d'un signal analogique par la lumière visible(VLC)..... 50

IV.2.1 Le but des expériences..... 50

IV.2.3 La première experience: 50

IV.2.3 Description de l'experience:..... 52

IV.2.4 La deuxième experience: 53

IV.2.5 Description de l'experience:..... 54

IV.3. Transmission d'un signal numérique par la lumière visible. 56

IV.3.1 Le but de l'expérience: 56

IV.3.2 Principe de fonctionnement : 57

IV.3.3 Modulation OOK:(La modulation par tout ou rien) 57

➤ Le shema du montage: 58

IV.3.4 Principe de fonctionnement : 58

IV.4. Conclusion 60

Conclusion générale 61

Bibliographies et Webographie 63

TABLE DES FIGURES

Figure 1: Tableau des différentes normes Wi-Fi	16
Figure 2: Logo Zone Wi-Fi.....	18
Figure 3: Dispositif d'émission du photophone	23
Figure 4 :Dispositif de réception du photophone	23
Figure 5: Le spectre électromagnétique.....	26
Figure 6: Tableau comparatif des différentes ampoules existantes	30
Figure 7: Solutions PureLi-Fi	35
Figure 8:Schéma des éléments principaux d'un microcontrôleur	38
Figure 9: Les appareils de communication.....	41
Figure 10:Appareil médical.....	41
Figure 11: Appareil de sécurité	42
Figure 12: Les appareils industriels	42
Figure 13: TV, vidéo, HIFI.....	42
Figure 14: Anatomie d'une carte arduino UNO.....	43
Figure 15:Différent types des capteurs pour l'arduino	44
Figure 16:Différents actionneurs pour l'arduino.....	44
Figure 17: Différent types des cartes arduino.....	45
Figure 18:L'interface de l'IDE Arduino en détail	46
Figure 19:La barre d'outils.....	46
Figure 20:circuit d'émission avec des LEDs	51
Figure 21: circuit de réception	52
Figure 22:dispositif d'émission par des LEDs	55
Figure 23:dispositif d'émission par LASER.....	55
Figure 24: dispositif de réception	56
Figure 25: dispositif d'émission.....	57
Figure 26: dispositif de reception.....	58
Figure 27:circuit Li-Fi réalisé avec l'Arduino.....	59
Figure 28: Réception des données codées.....	59
Figure 29 :interception du signal lumineux par un écran opaque	60

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Internet est aujourd'hui un outil incontournable, tant pour la recherche que pour une utilisation quotidienne. Les applications sont extrêmement variées et quasiment toute la planète y a aujourd'hui accès. Les enjeux sont donc énormes et les sommes mises en jeu pour la recherche d'améliorations ou de nouveautés sont colossales. Les différentes méthodes de transmission des données sont au cœur des sujets d'études, afin de répondre à la demande des consommateurs. Le Wi-Fi (Wireless-Fidelity) est une technologie fiable qui s'est imposée dans le monde entier, mais son utilisation est toujours controversée en raison des effets inconnus des ondes sur le corps humain. En outre, les débits obtenus ne sont pas très performants et les réseaux publics commencent à être surchargés. Comment pouvons-nous résoudre ces problèmes sans en provoquer de nouveaux ?

Selon les chercheurs, la Visible Light Communication (VLC : communication par la lumière visible) et plus particulièrement le Li-Fi (Light-Fidelity), pourrait être une bonne alternative au Wi-Fi.

En effet, les avantages du Li-Fi sont multiples à commencer par l'absence d'ondes, pouvant à terme être dangereuses pour l'organisme, mais aussi d'interférences. D'autre part, la bande Li-Fi est environ 10.000 fois plus large que pour le Wi-Fi, ce qui permet de connecter ensemble plus d'utilisateurs simultanément. Enfin, la lumière ne traversant pas les murs, cela signifie que la connexion ne peut pas se faire de manière automatique d'une pièce à l'autre. D'un autre côté, cela signifie aussi que tout piratage extérieur devient impossible.

En terme de débit, le Li-Fi promet énormément. Il pourrait ainsi théoriquement atteindre 1Gbps, ce qui est plus rapide que la dernière génération de norme Wi-Fi (802.11ac). Des chercheurs de l'Université d'Oxford (Angleterre) ont réussi à atteindre, en laboratoire, un débit de 224Gbps, un record qui n'est cependant pas près de devenir la norme à domicile.

D'un point de vue énergétique, le Li-Fi, selon les premières approximations et tests effectués, pourrait surpasser largement le Wi-Fi, sur la consommation et l'efficacité énergétiques. Cela est dû à l'arrivée sur le marché des lampes à LED, qui offrent un avantage considérable sur plusieurs points que nous détaillerons par la suite.

Nous avons donc compris que le Li-Fi sera un acteur majeur de l'internet de demain. Mais en faire une simple étude, sans point de comparaison n'aurait pas été réaliste. C'est pourquoi, nous avons choisi d'orienter notre sujet vers une comparaison avec le Wi-Fi. Comment fonctionnent ces technologies ? Quels sont les avantages et les inconvénients de chacune et quels sont leurs avenir respectifs ?

A noter que le Li-Fi est une technologie encore très récente, les informations relatives à ce sujet sont donc rares. La plupart des sites ne rentrent pas dans les détails, de même pour les articles de magazines ou de journaux.

Ce manuscrit est organisé comme suit :

Dans le premier chapitre nous allons parler de la technologie Wi-Fi en citant différentes capacités des différentes normes, son efficacité et les intégrations actuelles et leurs problèmes, ainsi que la question de sécurité.

Dans le deuxième chapitre nous allons présenter l'historique du système Li-Fi, son principe de fonctionnement, sa capacité et ses données techniques ainsi que sa sécurité et ses intégrations futures.

Dans le troisième chapitre nous aborderons le sujet des microcontrôleurs avec leurs composants internes, leurs langages de programmation ainsi que leurs domaines d'application. Nous allons également présenter l'Arduino, son historique ainsi que sa composition et son interface d'utilisation.

Dans le dernier chapitre nous allons réaliser un système Li-Fi en transmettant un signal analogique par des circuits composés, puis nous allons transmettre des données codées à travers des circuits contrôlés par l'Arduino préalablement programmé à cet effet.

Nous terminerons ce manuscrit par une conclusion générale.



CHAPITRE I: LE WI-FI

I. CHAPITRE I: LE WI-FI

I.1. Introduction

En 1997, l'élaboration du standard IEEE 802.11 (Institute of Electrical and Electronics Engineers) et son développement rapide fut un pas important dans l'évolution des réseaux locaux sans fil que se soit en entreprise ou chez les particuliers. Elle a ainsi permis de mettre à la portée de tous un vrai système de communication sans fil pour la mise en place des réseaux informatiques hertziens. Ce standard a été développé pour favoriser l'interopérabilité du matériel entre les différents fabricants. Ceci signifie que les clients peuvent mélanger des équipements de différents fabricants afin de satisfaire leurs besoins. De plus, cette standardisation permet d'obtenir des composants à bas coût, ce qui a permis un succès commercial considérable au standard 802.11.

La norme IEEE 802.11 est un standard international décrivant les caractéristiques d'un réseau local sans fil (WLAN). Le nom Wi-Fi (contraction de Wireless Fidelity) correspond initialement au nom donné à la certification délivrée par la Wi-Fi Alliance, anciennement WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance). Par abus de langage (et pour des raisons de marketing) le nom de la norme se confond aujourd'hui avec le nom de la certification. Ainsi un réseau Wi-Fi est en réalité un réseau répondant à la norme 802.11 Dans ce qui suit nous utiliserons le terme Wi-Fi.

Dans ce chapitre, nous allons parler de la technologie Wi-Fi en citant différentes capacités des différentes normes, son efficacité et les intégrations actuelles et leurs problèmes, ainsi que sa sécurité.

I.2. Présentation de la norme Wi-Fi (802.11)

La norme Wi-Fi est une technologie de réseau informatique qui décrit les couches physiques et MAC d'interfaces réseau radio et infrarouge. Elle offre des débits allant jusqu'à 54 Mbps (tout dépend du milieu) sur une distance de plusieurs centaines de mètres suivant les techniques et les éventuelles extensions de la norme employée. Dans la pratique, le Wi-Fi permet de relier des ordinateurs portables, des ordinateurs fixes, des assistants personnels PDA (Personnel Data Assistant) ou tout type de périphérique à une liaison haut débit (11 Mbps ou supérieur).

Le Wi-Fi cible deux contextes d'utilisation distincts, il s'agit du mode infrastructure et du mode ad hoc (sans infrastructure). Ces deux modes de fonctionnement permettent de définir la topologie du réseau sans fil. [1]

I.3. Capacité

I.3.1 Quelle vitesse chez soi et en laboratoire ?

Dans un réseau sans fil, ce que l'on cherche souvent à obtenir, c'est le débit le plus élevé possible. Il existe plusieurs catégories dans la norme 802.11 qui ont été créées au fur et à mesure que les technologies se sont développées. Ainsi, on trouve des appareils certifiés « Wi-Fi » 802.11r (infra rouge) 802.11a 802.11 b 802.11c 802.11d 802.11f.... Jusqu'au 802.11ac.

Chacune de ces normes apporte son lot de nouveautés souvent liées à la bande fréquence qu'elle utilise ainsi qu'au débit. On peut dresser un tableau des nouveautés entre les différentes normes :

Norme IEE	Débit théorique	Débit reel	Nouveauté
802.11a	54 Mbits/s	27 Mbits/s	Portée de 10 m
802.11 b	11 Mbits/s	6 Mbits/s	Portée de 300 m
802.11d	-	-	Internationalisation de la norme
802.11e	-	-	Amélioration du transfert pour l'audio et la video
802.11f	Mise en place de l'itinérance permettant à un utilisateur itinérant de changer de point d'accès de façon transparente lors d'un déplacement		
802.11 g	54 Mbit/s	25 Mbit/s	Bande de fréquence de 2.4 GHz tout en gardant la compatibilité avec les anciens équipements
802.11 h	-	-	Mise aux normes européennes
802.11i	-	-	Mise en place du WPA (voir partit sur la sécurité)
802.11n	300 Mbits/s	100 Mbits/s	Portée de 100 m
802.11ac	1300 Mbits/s	-	Norme ratifiée en janvier 2014 pour améliorer le débit et la couverture

Figure 1: Tableau des différentes normes Wi-Fi [1]

Toutes ces normes sont développées dans l'unique but d'obtenir plus de performance et de confort pour l'utilisateur tout en respectant les normes en termes d'émission d'ondes. (Au contact d'un équipement Wi-Fi, l'exposition aux ondes radio doit toujours être inférieure à la limite réglementaire de 2 W/kg). Une étude de l'école Supélec montre que, dans des conditions d'utilisation normales (matériel posé sur les genoux de l'utilisateur par exemple), les mesures de DAS effectuées sur huit modèles différents de cartes Wi-Fi, donnent des valeurs inférieures à 0,2 W/kg (DAS maximum sur 10 g), soit 10 fois moins que la valeur limite réglementaire.

L'avantage du sans-fil est qu'aucun câble n'est plus nécessaire entre le point d'accès et l'appareil. Seul un réseau filaire entre le fournisseur et le point d'accès est nécessaire. Ainsi, de plus en plus d'appareils connectés possèdent une compatibilité avec le Wi-Fi (smartphone,

tablette, caméras, etc.). Mais si dans chaque foyer un modem permet une connexion et une qualité de réseau corrects, il est difficile d'installer un point d'accès tous les 10 mètres dans une ville. Si l'on considère que pour maintenir une bonne qualité de service, un réseau doit se limiter à 5 utilisateurs, pour 100 personnes cela fait environ une vingtaine de points d'accès à installer. Chaque point devant être relié à une prise de courant 220V, ainsi qu'à un port Ethernet. [1]

I.3.2 Efficience

Le coût d'une infrastructure dépend donc du type d'utilisation que l'on veut en faire. En effet, un modem ne doit pas remplir les mêmes conditions qu'un spot Wi-Fi gratuit, le prix de revient ne sera pas le même.

Pour le routeur d'un particulier, l'infrastructure doit privilégier la vitesse et la stabilité du réseau par rapport au nombre d'utilisateurs.

On pourrait donc se poser la question d'augmenter la portée d'un émetteur plutôt que d'augmenter le nombre de ceux-ci. Augmenter la portée d'un émetteur est d'ores et déjà possible, mais cette option apporte son lot d'inconvénients :

- Pénétration du signal faible. En effet, les connexions 2.4 GHz sont limitées à leur « Vision » ou aux obstacles faibles.
- Beaucoup moins de portée, définis par l'accès multiple par division de temps (norme permettant l'accès à la borne par plusieurs personnes).
- Peu de support commercial.

D'autres technologies peuvent être utilisées, par exemple de nouvelles fréquences 5 et 10 MHz, ainsi qu'augmenter le nombre d'antennes par routeur. On appelle cela le MIMO (Multiple Input Multiple Output). Mais cette technologie est problématique car elle ne permet réellement une augmentation de débit que sur les courtes distances plutôt qu'une augmentation de portée. Un dernier exemple d'augmentation de la distance, est l'augmentation de la puissance de l'antenne grâce à un amplificateur (range extender ampLi-Fiers).

Le Wi-Fi longue portée est donc difficile à mettre en place, et ceci est dû à plusieurs facteurs :

- Interférences liées au terrain : les collines, bâtiments (etc.) sont les principales causes de difficultés dans l'installation de Wi-Fi longue distance.
- Les interférences dues à toutes les réflexions possibles du signal (eau calme, surface lisse).
- Interférences 2.4 GHz : Il y a beaucoup d'appareils fonctionnant sur la fréquence 2.4GHz tels que les téléphones portables, les baby-phones, caméras sans fil et même certains appareils Bluetooth émettant dans la bande des 2.4 GHz. [2]

I.4. Intégrations actuelles et leurs problèmes

I.4.1 Intégration privée/publique

L'intégration Wi-Fi chez un particulier est plutôt simple : l'opérateur internet fournit, souvent en location, un modem intégrant un émetteur Wi-Fi préconfiguré. L'utilisateur a juste à brancher le modem et à rentrer le mot de passe dans les appareils utilisant le Wi-Fi. L'installation peut être compliquée, lorsqu'il s'agit d'une maison ou d'un appartement plus grand ou possédant des murs diminuant fortement la portée du Wi-Fi.

Nous avons déjà parlé de l'intégration dans les villes de petits routeurs, ce qui est impossible. Mais, de plus en plus de magasins, restaurants, collectivités mettent en place du Wi-Fi gratuit en plus des spots installés par les villes.



Figure 2: Logo Zone Wi-Fi [25]

Le Wi-Fi peut poser un problème dans certains cas, en effet, l'utilisation d'ondes peut perturber l'activité principale du site. C'est pourquoi, dans les hôpitaux et les avions, le Wi-Fi est interdit afin d'empêcher toutes perturbations qui pourraient aboutir à de graves conséquences. Dans un hôpital, le Wi-Fi peut causer des interférences avec les appareils de radiographie, même si les lieux de radiographie sont eux-mêmes équipés de portes de protection contre la diffusion d'ondes et de radioactivité, et sont le plus souvent localisés dans les sous-sols loin des chambres réservées aux patients.

L'utilisation du Wi-Fi en avion est soumise à certaines règles définies par les compagnies sous le contrôle de l'aviation civile. Durant les phases de décollage ainsi que d'atterrissage, l'utilisation du Wi-Fi est interdite afin d'éviter toutes interférences avec l'électronique embarquée. Une fois au-dessus de 10.000 pieds, les utilisateurs ne peuvent avoir accès au Wi-Fi que si la compagnie le permet, en payant bien sûr. De plus, la sécurité des données est limitée puisque chaque utilisateur est connecté sur un seul routeur Wi-Fi rendant l'accès aux données privées (mot de passe, code de carte bancaire) plus « simple » qu'en temps normal. [2]

I.5. La sécurité

La sécurité a beaucoup évolué dans les dernières années. Il existe donc plusieurs sécurités qui protègent les données et l'accès à un réseau Wi-Fi.

Et voici les principales :

I.5.1 Filtrer les adresses Mac

Chaque périphérique connecté au réseau possède une adresse MAC (média Access Control). Le filtrage consiste à définir au sein de la borne Wi-Fi une liste « blanche » d'adresses MAC. Celles présentes sur la liste auront donc accès au réseau, les autres ne pourront pas communiquer avec la borne. Le problème majeur est qu'il faut manuellement ajouter les adresses Mac à la borne, ce qui est très peu pratique lors d'utilisations à grande échelle.

I.5.2 Cacher le SSID (Service Set Identifier)

Un réseau est identifié par un nom : le SSID. Il peut être caché dans les options. Ce système permet de cacher à la plupart des novices votre borne Wi-Fi, mais il est très facile pour quelqu'un d'initié d'obtenir ce nom. Ce n'est donc pas une très bonne sécurité. [3]

I.5.3 Sécuriser avec une clé WEP (Wired Equivalency Privacy)

Afin de restreindre l'accès à la borne Wi-Fi, on peut rendre les communications illisibles entre le client et la borne, on appelle cela le chiffrement. On définit un mot de passe connu de la borne et du client. Ce même mot de passe va être utilisé pour chiffrer les trames Wi-Fi pour les rendre illisibles pendant le transport dans les airs. Aujourd'hui, ce type de clef n'est plus utilisé, car il est devenu facile de la découvrir. [3]

I.5.4 Sécuriser avec une clé WPA/WPA2

La sécurisation WEP étant obsolète, les entreprises se sont tournées vers un autre moyen de crypter les données : le WPA/WPA2. Cette version de sécurisation est la même que pour le WEP, mais avec l'algorithme de chiffrement TKIP (Temporary Key Integrity Protocol), qui est plus robuste que celui du WEP. Il permet la génération aléatoire de clefs et offre la possibilité de modifier la clef de chiffrement plusieurs fois, pour une sécurité plus forte. La version 2 du WPA supporte en plus le chiffrement symétrique AES (Advanced Encryption Standard) beaucoup plus robuste que le TKIP.

La sécurité du Wi-Fi est donc un enjeu très important pour les utilisateurs. Le Li-Fi dans ce domaine peut être une solution, ainsi que dans d'autres posant problème dans le cas du Wi-Fi. C'est pour cela qu'il est en cours de développement dans plusieurs laboratoires et entreprises. [3]

I.6. Conclusion

Les réseaux sans fil en général, et le Wi-Fi en particulier sont des technologies intéressantes et très utilisées dans de divers domaines comme l'industrie, la santé et le domaine militaire. Cette diversification d'utilisation revient aux différents avantages qu'apportent ces technologies, comme la mobilité, la simplicité d'installation (absence de câblage), la disponibilité (aussi bien commerciale que dans les expériences).

Mais le problème d'interférences reste posé, Il y a beaucoup d'appareils fonctionnant sur la fréquence 2.4 GHz tels que les téléphones portables, les imprimantes, les caméras sans fil et même certains appareils Bluetooth émettant dans la bande des 2.4 GHz, Il est aussi perturbable par d'autres ondes, et peut créer des interférences avec d'autres appareils.

En plus La sécurité dans ce domaine reste un sujet très délicat, car depuis l'utilisation de ce type de réseaux plusieurs failles ont été détectées. La sécurité du Wi-Fi est donc un enjeu très important pour les utilisateurs. Par contre Le Li-Fi dans ce domaine peut être une solution. C'est pour cela qu'il est en cours de développement dans plusieurs laboratoires et entreprises à travers le monde.



CHAPITRE II: LE LI-FI

II. CHAPITRE II: LE LI-FI

II.1. Introduction

La communication était depuis longtemps un des soucis majeurs de l'homme. On peut classer les techniques de communications en deux grandes familles : les techniques filaires et les techniques sans fils. Le Li-Fi (abréviation des termes anglais Light Fidelity), à l'instar du Wi-Fi (wireless fidelity) appartient aux deuxièmes familles. Le Wi-Fi utilise des ondes hertziennes, Tandis que le Li-Fi utilise la lumière.

La technologie ainsi que les techniques du Li-Fi sont actuellement en phase de développement, mais à grande vitesse. Cette technologie qui est lancée ce siècle, présente une innovation qui peut faciliter la vie humaine. Elle doit être adaptée aux applications et aux besoins de la vie quotidienne. La technique du Li-Fi permet d'atteindre des vitesses de transmission qui dépassent de loin celles du Wi-Fi. Ce qui a orienté les travaux actuels vers l'exploitation du Li-Fi dans l'internet bidirectionnelle en très haut débit(>Gb/s).

II.2. Histoire du Li-Fi

La communication par la lumière visible est utilisée par l'Homme depuis plusieurs millénaires. Depuis les débuts de la recherche scientifique, les avancées de la science ont permis d'émettre de la lumière grâce à différents moyens, ainsi que de la diffuser dans différents canaux.

II.2.1 Communication basique

Les hommes ont vite compris que la communication via la lumière visible est très utile et pratique. La lumière voyageant vite et loin, c'est un bon moyen pour propager une information. Lors des premières communications avec la lumière, seul l'œil humain permettait d'interpréter le message envoyé.

On trouve ainsi des dispositifs comme les phares, pour communiquer la présence de la côte aux capitaines de navires.

L'héliographe a été utilisé au XIX et au XXe siècle. Ce dispositif permettait grâce à un miroir de renvoyer la lumière du soleil dans une direction pour communiquer en code Morse. [5]

II.2.2 Communication en morse avec des lampes

Depuis la fin du XIXe siècle jusqu'à aujourd'hui, les navires militaires utilisent des projecteurs (appelés lampes Aldis ou lampes à signaux) pour communiquer. Le signal lumineux est utilisé pour communiquer du code Morse entre différents navires. Utilisé à

l'origine comme seul moyen de communication entre bateaux, ce dispositif est aujourd'hui utilisé pour communiquer sans onde radio, évitant ainsi d'être capté par l'adversaire.

Ce genre de communication est aussi utilisé dans l'aviation pour communiquer entre la tour de contrôle d'un aéroport et un avion, lors de pannes radio. [5]

II.2.3 Le photophone

Inventé par Alexander Graham Bell, le photophone permettait de transmettre le son de la voix par communication lumineuse sans fil.

Grâce à un miroir, la lumière du soleil est redirigée d'un point à un autre. Ce miroir est déformable. Les ondes sonores de la voix sont envoyées sur ce miroir, qui est alors déformé. La lumière du soleil renvoyée par le miroir est donc modulée.

Une parabole est utilisée en réception. Elle est couplée à un dispositif permettant de convertir l'information lumineuse en électricité puis d'amplifier le signal. Le signal sert ensuite à émettre le son vers l'utilisateur.

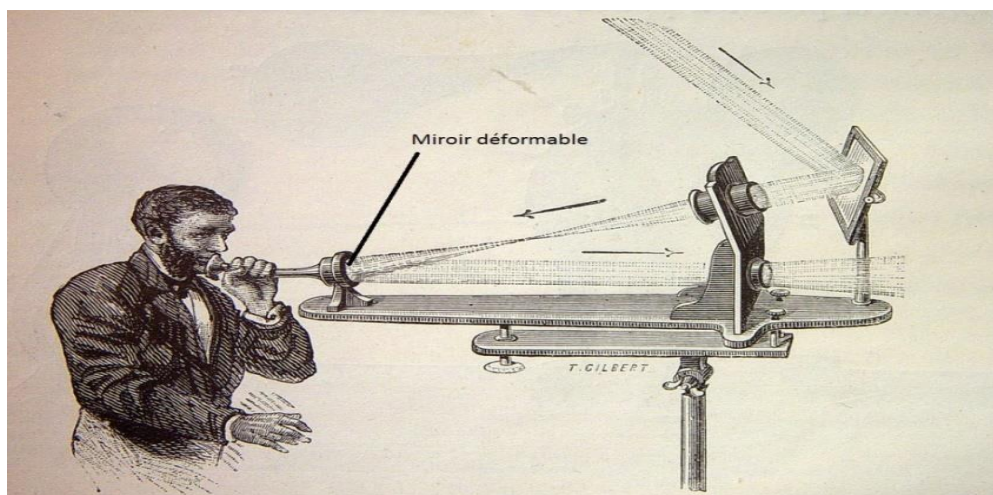


Figure 3: Dispositif d'émission du photophone [24]

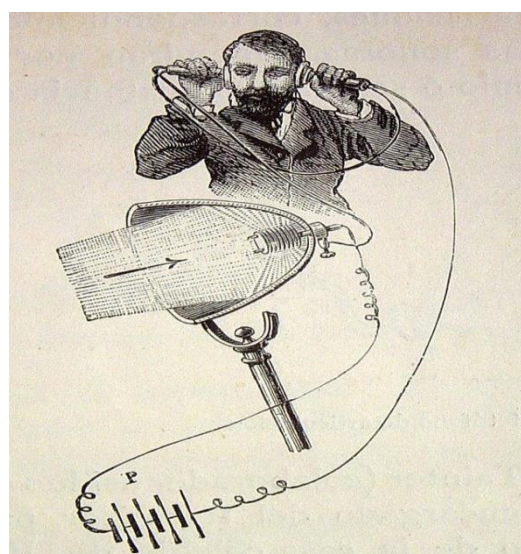


Figure 4: Dispositif de réception du photophone [24]

Bien que le photophone soit resté au stade de prototype fonctionnel, cette invention est la première utilisation complexe de la communication sans fil par lumière visible. [5]

II.2.4 Communication informatique avec ondes lumineuses

Depuis les années 80, le moyen de communication longue distance principal dans l'informatique est la fibre optique. L'information est communiquée sous forme d'ondes lumineuses (pas forcément visibles) modulées dans un canal filaire : une fibre en verre.

Ce moyen de communication offre des débits très élevés et une atténuation faible sur la distance. Cette avancée technologique a été rendue possible grâce à l'invention des LED et des LASER. En effet, ces technologies permettent d'envoyer un signal lumineux à haute fréquence (grâce au court temps de commutation), et de concentrer la puissance lumineuse en une petite surface, afin d'envoyer toute la puissance dans la fibre. Le principe technologique est donc proche de celui du Li-Fi, seul le canal de transmission est différent : une fibre en verre ou l'air ambiant. On transmet toujours des bits (0 ou 1) en modulant la puissance de la source lumineuse. [5]

II.2.5 Présentation de la technologie au public par Harald Haas

En Août 2011 lors d'une conférence TED, Harald Haas, professeur à l'université d'Edimbourg présenta ses recherches sur le Li-Fi, mettant en avant les avantages de la technologie.

Il oriente ses recherches vers différents aspects d'un bon moyen de communication : la capacité à transmettre beaucoup d'informations, le rendement énergétique, la disponibilité et la sécurité des transmissions.

Lors de la conférence, il parle des débits qu'il a réussi à mettre en place avec le Li-Fi et il promet une augmentation rapide de ces débits pour prouver la capacité de la technologie. Il insiste ensuite sur le fait que l'ampoule à LED permet le rendement et la disponibilité. Il présente aussi des applications où la sécurité est un avantage du Li-Fi : milieu hospitalier, aviation etc.

Cette conférence a été largement relayée par les médias scientifiques et technologiques, révélant au public l'existence de telles technologies.

Bien qu'Harald Haas ait présenté la technologie, de nombreuses entreprises et chercheurs travaillaient déjà sur la communication par lumière visible, sans pour autant communiquer publiquement. Le nom "Li-Fi" connu par le public est plus rarement utilisé dans l'industrie, où on parle plus de VLC (Visible Light Communication). [6]

II.3. Fonctionnement du Li-Fi

II.3.1 Principe

Le fonctionnement du Li-Fi repose sur deux axes majeurs : utiliser les technologies déjà présentes et utiliser les avantages de la lumière visible.

Technologies présentes

Tout d'abord, le Li-Fi repose sur la lumière déjà existante partout autour de nous, la lumière telle que nous l'utilisons tous chez nous pour pouvoir nous éclairer. Le but de cette technologie Li-Fi est de modifier cette utilisation afin de transmettre également des informations de façon numérique à très haut débit. Les informations communicantes étant très rapides, l'œil humain ne peut pas remarquer les fluctuations de la lumière, ce qui permet une utilisation invisible pour l'utilisateur. En effet, dans notre cas, la variation de la lumière visible est totalement transparente pour l'œil humain dans le sens où la lumière varie très faiblement et les vitesses de transmissions de données sont de l'ordre du MHz. Alors que la persistance rétinienne de notre œil est de seulement de l'ordre de la dizaine d'images par seconde. Pour ces importantes vitesses de communication, le Li-Fi utilise des LED, pour leur très grande capacité de commutation, leur robustesse et leur faible consommation. De plus, leur très grande durée de vie est un avantage indéniable. En effet, la durée de vie des LED est très largement supérieure à celle des traditionnelles lampes à incandescence. Ces dernières étant vouées à disparaître dans les prochaines années. [5]

Avantages de la lumière visible

La technologie VLC, pour visible light communication en anglais, regroupe toutes les technologies utilisant la lumière visible pour communiquer. Ainsi, le Li-Fi est une technologie VLC. Dans notre cas, l'utilisation de la lumière visible est très importante. En effet, le spectre du visible est aujourd'hui quasiment inutilisé en termes de communication, contrairement au spectre électromagnétique des ondes radios.

De nombreux systèmes utilisent déjà de très larges bandes passantes que ce soit pour la radio, la télévision, la téléphonie mobile... Le spectre du visible est également près de 10 000 fois plus grand que le spectre électromagnétique des ondes radios. De plus cette technologie présente d'importants avantages en terme de sécurité. En effet, la lumière ne traversant pas les murs, les informations envoyées sont donc très sécurisées. Elles sont donc inaccessibles pour une personne à l'extérieur de la pièce où est utilisé le système de communication Li-Fi. Enfin la technologie utilisée pour travailler avec des longueurs d'ondes du domaine visible est la technologie CMOS, une technologie déjà très largement maîtrisée aujourd'hui.[5]

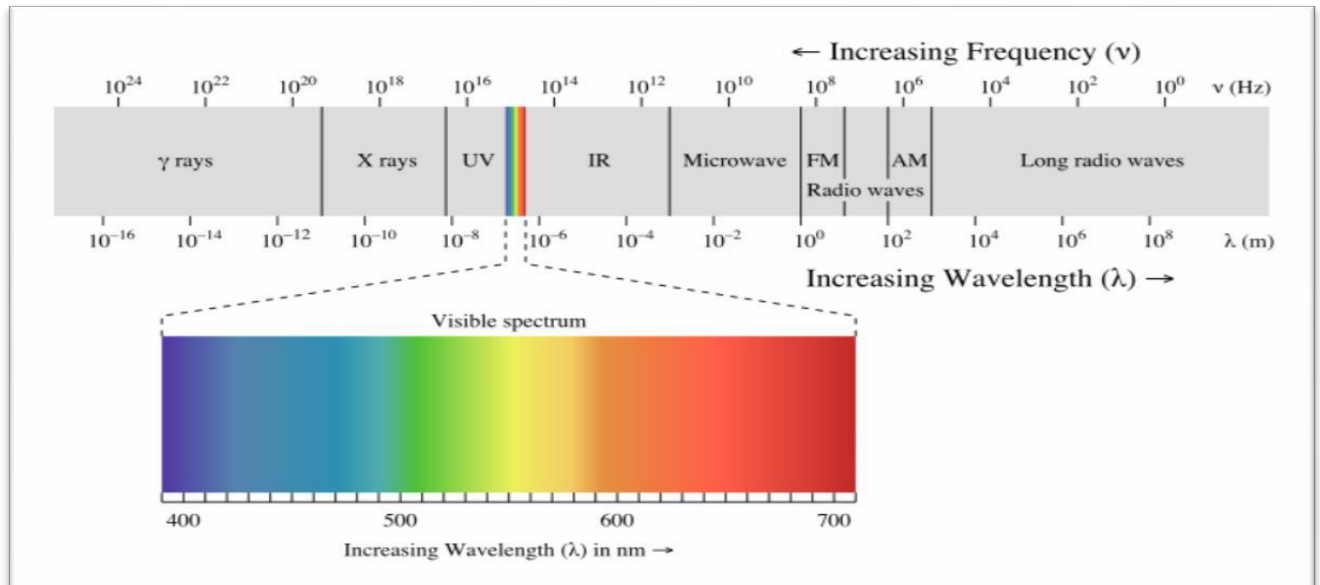


Figure 5: Le spectre électromagnétique [26]

II.3.2 Fonctionnement

Le Li-Fi (ou Light Fidelity) est une technologie de communication sans fil basée sur l'utilisation de la lumière visible comprise entre la radiation (400 nm de longueur d'onde, soit 700 THz) (perçue bleue) et la radiation (700 nm, soit 460 THz) (perçue rouge). Alors que le Wi-Fi utilise une partie radio du spectre électromagnétique hors du spectre visible, le Li-Fi utilise la partie visible (optique) du spectre électromagnétique. Le principe du Li-Fi repose sur le codage et l'envoi de données via la modulation d'amplitude des sources de lumière (scintillation imperceptible à l'œil), selon un protocole bien défini et standardisé.

Le Li-Fi se différencie de la communication par laser, par fibre optique et de l'IrDa par ses couches protocolaires. Les couches protocolaires du Li-Fi sont adaptées à des communications sans fil jusqu'à une dizaine de mètres, soit légèrement plus que Bluetooth basse puissance, et moins que Bluetooth haute puissance ou Wi-Fi.

Un système Li-Fi est composé de deux blocs principaux : un bloc d'émission et un bloc de réception entre lesquels s'intercale le canal optique. Le cheminement des données à transmettre est alors le suivant :

Les données numériques à transmettre sont d'abord encodées pour rendre la transmission plus robuste aux dégradations causées par le canal optique.

Ces données codées, alors sous forme de signal électrique sont converties en signal lumineux grâce à un circuit électronique pilotant une ou plusieurs LED. Plus précisément, ce circuit électronique permet de faire varier l'intensité lumineuse des LED en fonction des données à transmettre. La modulation utilisée est donc une modulation d'intensité, dont l'exemple le plus simple est la modulation On-Off Keying (OOK) où des 0 et des 1 logiques sont transmis selon le codage Manchester.

La lumière émise se propage ensuite dans l'environnement et subit des déformations dues par exemple aux obstacles, aux conditions météorologiques... Cet environnement et les déformations associées sont regroupés sous le terme de canal optique.

Le signal lumineux déformé est enfin reçu par un photorécepteur (photodiode, caméra...) qui le convertit en courant électrique. Le signal électrique résultant est traité puis démodulé et décodé pour récupérer les données transmises.

Dans la pratique, les modules d'émission et de réception peuvent être équipés de dispositifs optiques (lentilles, miroirs, filtres...) permettant d'améliorer la qualité de la transmission de données. [10]

II.3.3 Standardisation

L'organisme IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers Standards Association) régissant les standards (par exemple le 802.11 pour le Wi-Fi) développe le standard IEEE 802.15.7 pour les communications optiques sans fil. Différentes entreprises se réfèrent à ce standard pour leurs développements.

Ce standard définit la couche PHY et la couche MAC à adopter afin de développer des solutions compatibles à l'échelle mondiale. Le standard est capable de délivrer des débits suffisants pour transmettre de l'audio, de la vidéo et des services multimédia. Il tient également compte de la mobilité de la transmission optique, de sa compatibilité avec les éclairages artificiels présents dans l'infrastructure, des déficiences qui peuvent être causées par les interférences générées par l'éclairage ambiant. La couche MAC permet de réaliser la liaison avec les couches hautes plus communes comme celles utilisés dans les protocoles TCP/IP. Enfin, le standard se conforme à la réglementation en vigueur sur la sécurité oculaire des usagers.

Le standard définit trois couches PHY selon les débits envisagés. La couche PHY I a été établie pour des applications en extérieur. PHY I opère de 11,67 kb/s à 266,6 kb/s. La couche PHY II permet d'atteindre des débits de 1,25 Mb/s à 96 Mb/s. La couche PHY III est appropriée lorsqu'on utilise plusieurs sources émettrices suivant une méthode de modulation particulière appelée Color-Shift Keying (CSK). PHY III opère de 12 Mb/s à 96 Mb/s.

Les formats de modulation préconisés pour PHY I et PHY II sont les codages on-off keying (OOK) et variable pulse-position modulation (VPPM). Le codage Manchester utilisé pour les couches PHY I et PHY II englobe l'horloge dans les données transmises en représentant un 0 logique par un symbole OOK de « 01 » et un 1 logique par un symbole OOK de « 10 » avec une composante continue. Ce point est important car la composante continue permet d'éviter l'extinction de la lumière lors d'une suite prolongée de 0 logiques. [9]

II.4. Capacités et données techniques

II.4.1 Performances

L'intérêt premier de n'importe quelle connexion internet est le débit de cette connexion, Qu'elle soit via câble Ethernet par Wi-Fi ou encore grâce au Li-Fi, la première chose que l'on regarde en installant Internet chez soi c'est ce fameux débit. Une grosse partie des recherches concernant les améliorations du réseau consiste à trouver le moyen d'augmenter ce débit et d'avoir accès aux informations le plus rapidement possible.

C'est ici le premier avantage indéniable du Li-Fi. Avec les lampes à LED les premiers débits mesurés en laboratoires sont extrêmement prometteurs et s'élèvent à 1 gigabits/s. C'est dix fois supérieur aux meilleures connexions Wi-Fi existantes en débit réel et plus de deux fois supérieur aux meilleurs débits Wi-Fi mesurés en laboratoire alors que cela fait des années que les recherches sont colossales à ce sujet.

Les chercheurs de l'institut Fraunhofer Heinrich Hertz de Berlin sont parvenus à améliorer la technologie. Ils affirment avoir atteint un débit de 3Gb/s soit trente fois ce dont est capable le Wi-Fi domestique. Pour atteindre ce résultat ils auraient réussi à étendre la plage d'utilisation des trois fréquences de couleur dont disposent les LED. Ainsi, ils auraient réussi à passer de 30 MHz (mégahertz) actuellement exploités à 180 MHz.

On peut facilement comprendre qu'en orientant les recherches sur le Li-Fi, les performances de cette technique de transmission peuvent être vraiment intéressantes. Les enjeux sont donc énormes sachant que la place d'internet dans notre quotidien ne cesse d'augmenter et que les réseaux Wi-Fi commencent à être surchargés. Tous les grands fournisseurs d'accès à Internet sont aujourd'hui à la recherche d'alternatives et le Li-Fi pourrait bien en être une, très rentable et efficace. [4]

II.4.2 Améliorations

Si l'on compare les premiers débits réels du Wi-Fi à ceux d'aujourd'hui on peut remarquer qu'ils sont passés de 6Mb/s au début des années 2000 à environ 100Mb/s aujourd'hui. La progression est énorme. Même si aucune corrélation exacte entre les deux technologies ne peut être faite, on se rend tout de même compte que si le Li-Fi venait à susciter l'intérêt des grandes entreprises et des fabricants de devices (smartphone, tablettes, objets connectés...) ses performances pourraient alors être décuplées. Il n'est encore qu'au stade des essais et les débits atteints sont toujours meilleurs.

Quelles sont donc les limites potentielles de cette technologie ? Le spectre des ondes dans le domaine du visible est bien connu et avec l'utilisation de la lumière blanche, ce dernier est déjà exploité de façon très performante. Cependant on vient de voir dans le point précédent que les fréquences d'utilisation des trois couleurs sont de plus en plus élevées, mais on ne sait pas jusqu'où celles-ci pourront aller.

Un autre point qui peut lui aussi être amélioré : les lampes à LED. En effet, c'est une technologie encore assez récente. La transmission des données s'établit avec l'allumage et

l'extinction de la lampe. Plus il est rapide, plus les données transmises sont nombreuses. Même si les lampes à LED d'aujourd'hui sont d'ores et déjà très performantes, on peut penser que des améliorations sont possible afin de parfaire et d'exploiter leurs capacités.

Mais le plus gros intérêt de ces lampes est ailleurs. Nous pouvons en synchroniser plusieurs afin d'augmenter considérablement le débit. L'enjeu ici va être de réussir à optimiser le nombre de LED connectées avec la plage de bande passante qu'elles possèdent. Cela revient à essayer de trouver le juste milieu entre le coût de plusieurs lampes et le coût de chacune par rapport à leurs performances. En clair : faut-il mieux une lampe à LED très performante et très coûteuse ou bien 3 LED moins chères mais aussi moins performantes ? On comprend donc que les LED jouent un rôle majeur dans le futur du Li-Fi. [4]

II.4.3 Les LED : enjeu majeur

Le Li-Fi n'aurait pas pu se développer, ni même voir le jour si les lampes à LED n'avaient pas été inventées. Certes, cela fait maintenant plus d'un siècle que H.J. Round a mis au point son fonctionnement mais ce n'est que dans les années 90 que les travaux de deux japonais Shuji Nakamura et Takashi Mukai de Nichia ont permis de rendre cette invention fonctionnelle et donc de la commercialiser.

Aujourd'hui les ventes ne cessent de croître et ses applications sont diverses : éclairage ou encore tous types d'écrans (smartphones, télévisions, ordinateur...). Elles remplacent petit à petit les autres lampes, qu'elles soient à incandescence, halogènes ou encore fluorescentes. Depuis une dizaine d'années, leurs performances ne cessent d'être améliorées et les différents petits défauts qu'elles pouvaient présenter il y a quelques années sont en passe d'être résolus. C'est par exemple le cas de l'indice de rendu des couleurs qui n'était que de 80% et qui frôle désormais les 100%.



Technologie	Lampe incandescent	Lampe halogène	Lampe fluorescente	Lampe à LED
Rendement (Lumen/watt)	10 – 20	15 - 20	40 – 70	40 – 100
durée de vie moyenne (heures)	1 000 - 2 000	2 000 - 3 000	6 000 - 15 000	15 000 - 50 000
temps d'allumage	Lent	Lent	très lent	Immédiate
cycles de commutation	6 000	8 000	30 000	50 000
Indice de rendu des couleurs (IRC de 0 à100)	100	80	100	80-100
Temperature de fonctionnement (°C)	600	725	60	35
Recyclage	Pas recyclable peu polluant	Pas recyclable peu polluant	recyclable polluant	Recyclable Très peu polluant

Figure 6: Tableau comparatif des différentes ampoules existantes [5]

On voit immédiatement grâce au tableau que les lampes à LED sont très performantes à moindre consommation énergétique. Néanmoins, leur rendement est un peu plus faible si l'on prend en compte leur fabrication qui est plus énergivore que pour les autres lampes. Le point négatif des LED, étant donné que c'est encore une technologie récente, est évidemment son prix encore très élevé sur le marché. Ce dernier est tout de même en constante baisse. [5]

II.5. Sécurité & Li-Fi

Toute nouvelle technologie promise à un brillant avenir amène toutefois à se poser des questions quant à la sécurité humaine ou matérielle. Le Wi-Fi ayant quelques défauts dans ces deux domaines, nous sommes en droit de nous demander si le Li-Fi peut poser également de tels problèmes.

II.5.1 Sécurité humaine

S'agissant de la sécurité humaine et notamment des ondes néfastes, il ne semble pour le moment y avoir aucun problème avec le Li-Fi qui utilise les ondes lumineuses. La lumière existe depuis des années sans, pour autant, causer de tort à l'homme.

certaines personnes affirment qu'elles sont hypersensibles aux radiofréquences et recherchent une alternative. Li-Fi est une bonne solution à ce problème. [7]

II.5.2 Sécurité réseau

Du point de vu de la sécurité réseau, contrairement au Wi-Fi, le Li-Fi ne traverse pas les murs. Toute intrusion ne peut se faire qu'à l'intérieur d'une même pièce. De plus, la lumière est directionnelle donc c'est une technologie intéressante pour les secteurs d'activités et entreprises ayant besoin de sécuriser leurs informations et leurs communications. Mais pour le domaine public cela peut être un des inconvénients car dès lors qu'on ne se situe pas à proximité d'une lampe on perd le signal.

Par contre le Li-Fi ne peut pas être perturbé par d'autres spectres, car ceux-ci peuvent se superposer sans interférence. Ainsi à l'inverse du Wi-Fi on ne peut pas utiliser de brouilleur même lumineux. Un des derniers problèmes avec le Li-Fi est que, si quelqu'un éteint la lumière ou si le capteur est obstrué la connexion internet est perdue.

Nous pouvons donc constater que pour le moment il ne semble pas y avoir de risque aussi bien au niveau du réseau que de la santé. Comme avec chaque nouvelle technologie, c'est l'utilisation prolongée dans le temps du Li-Fi qui nous permettra d'identifier d'éventuels problèmes de sécurité. Pour le moment en tout cas, le Li-Fi reste une alternative viable au souci rencontré avec le Wi-Fi. [7]

II.6. Intégrations futures ou possibles du Li-Fi

De nos jours, les activités indoor représentent 70% des nouveaux services générés, alors que le Li-Fi s'utilise majoritairement en intérieur. De plus, une implémentation Li-Fi dans les smartphones est beaucoup moins onéreuse qu'une implémentation Wi-Fi. Enfin, les prévisions étant de 6,1 milliards de dollars pour le marché du Li-Fi d'ici 2020, on peut penser à diverses futures intégrations.

II.6.1 La 5G

L'utilisation principale à venir du Li-Fi semble être le soulagement des différents réseaux à savoir : 3G, 4G, Wi-Fi. Dans cette optique, il y a une technologie actuellement à l'étude : la 5G Cette technologie utilisera ces 4 sortes de réseaux afin de ne pas les encombrer.

Par exemple, si une personne captant le Wi-Fi ou le Li-Fi chez elle, sort et se déplace jusqu'à son lieu de travail, le réseau le plus puissant et le plus adapté prendra le relais. Dans ce cas, sûrement qu'une fois à l'extérieur elle captera le 3G ou 4G. [5]

II.6.2 La géolocalisation

Le Li-Fi peut être utilisé comme système de géolocalisation à l'intérieur des bâtiments. Il faut savoir que cette technologie permet une précision de 10 cm et un temps de

réponse de seulement 10 ms. Actuellement, la géolocalisation ne fonctionne qu'avec une précision de 1 à 3 m et avec un temps de réponse de l'ordre de quelques secondes. En fait, chaque lampe joue le rôle d'un pseudo-satellite qui envoie son identité et c'est ainsi qu'on est localisé dans un bâtiment.

Un projet a été lancé en 2012 entre la SNCF et OledComm afin d'équiper à l'avenir les gares de ce système de géolocalisation. Ainsi, les voyageurs pourront mieux s'orienter dans le bâtiment et trouver plus facilement leur train et même leur place dans celui-ci. On peut aussi imaginer une géolocalisation au sein d'une usine de production, de bâtiments administratifs afin de trouver un bureau spécifique, ou bien dans des supermarchés afin de trouver un produit particulier. On pourrait aussi faire voler des drones dans des entrepôts dans le but de récupérer plus rapidement et facilement un article. Ces utilisations sont et seraient un gain de temps énorme pour tout utilisateur. [5]

II.6.3 Les lieux sensibles

Un des gros avantages du Li-Fi est qu'on peut équiper cette solution dans certains lieux sensibles, soit vis-à-vis de la sécurité d'informations, soit vis-à-vis des problèmes d'interférences électriques avec les réseaux sans fils, comme par exemple : les hôpitaux ou les avions. Ainsi, ces infrastructures n'auront plus à se soucier des interférences que peuvent causer les ondes Wi-Fi. Car l'ennui avec le Wi-Fi, c'est que par exemple les appareils électroniques des hôpitaux fonctionnent avec une fréquence d'environ 2,4 GHz tout comme les clés Wi-Fi. Ce souci est moins important avec un smartphone car celui-ci utilise des fréquences de 800 MHz à 1,9 GHz.

Encore une fois, OledComm en collaboration avec un hôpital du sud de la France est en cours de test sur ce projet. Aussi, on peut penser à une utilité de ce réseau dans les usines de production, là où actuellement on privilégie les réseaux filaires plutôt que sans fil. [5]

II.6.4 L'automobile

A l'origine, le Li-Fi a vu le jour avec l'automobile. En effet, les chercheurs ont pensé faire communiquer les voitures entre elles par l'intermédiaire des phares à LED. L'objectif des constructeurs automobiles est de connecter la voiture à internet grâce par exemple au LED du plafonnier. Ils cherchent également à faire communiquer la voiture avec différents éléments routiers comme : les feux rouges ou les panneaux de signalisations, mais aussi avec les autres véhicules pour anticiper tout freinage et garder les distances de sécurité.

Si ce projet voit le jour, les conducteurs qui avaient tendance à être un peu trop brusque sur les pédales ou le levier de vitesse pourraient sûrement voir leur consommation énergétique ainsi que l'usure des pièces de leur voiture diminuée. Et pour cause, le véhicule anticipera le freinage et toute autre action comme : la régulation de vitesse, la gestion des virages. Ce projet est actuellement un projet d'études entre OledComm et PSA pour l'intégrer dans quelques temps dans ses nouveaux modèles électriques et hybrides. [5]

II.6.5 La communication aquatique

Le Li-Fi peut être intéressant en milieu aquatique car les réseaux sans fil actuels ne peuvent pas traverser l'eau. Le Li-Fi étant une communication par la lumière, une communication aquatique courte distance est tout à fait possible. Dans cette optique, les japonais se sont focalisés sur la communication en plongée sous-marine car les industries pétrolières sont fortement intéressées par ce procédé. Ainsi, deux plongeurs équipés de micros et de lampes torches pourront se parler sous l'eau, ce qui est une vraie révolution quand on sait qu'actuellement des plongeurs en intervention sont réduits à se parler avec les mains. [5]

II.6.6 L'information ciblée dans les loisirs et le commerce

Le Li-Fi va très certainement devenir dans quelques années un outil marketing phare. Intermarché et Luciom mettent en ce moment à l'essai, dans une grande surface de l'enseigne, un système Li-Fi. Ce système permet d'envoyer aux clients entrant dans un rayon, des alertes promotions sur celui-ci. Si cet essai est concluant, ce serait une vraie mine d'or pour les commerçants car les achats impulsifs représentent 30% des achats d'un client.

Les écrans LED peuvent aussi jouer un rôle important dans le domaine commercial ou des loisirs, car le backlight de ces écrans peut, comme les ampoules, transmettre des informations à nos smartphones. Ainsi, dans ce contexte, imaginons que nous voulions obtenir des informations sur une affiche d'un concert, il suffirait juste de sortir notre téléphone implémentant un système Li-Fi afin de récupérer l'heure et le prix.

Aussi, grâce à un partenariat avec OledComm, le musée Grand Curtius de Liège est équipé de système Li-Fi afin de proposer aux visiteurs une visite guidée numérique. Ils n'ont simplement qu'à se placer sous les lampes à LED, se trouvant à proximité des œuvres, pour en avoir le commentaire sur leur smartphone.

On voit donc que transmettre une information spécifique peut être utile dans de multiples activités de la vie quotidienne. [5]

II.6.7 La ville connectée

EDF et OledComm sont actuellement en partenariat sur un projet d'éco-quartier afin de rendre l'éclairage public Li-Fi. Ce projet aura pour but d'envoyer des informations touristiques, de maintenances, énergétiques à qui le veut. La ville connectée est pensée dans le but de faciliter les activités outdoor tels que la maintenance ou le transport, tout en se servant du réseau électrique de la ville.

On peut donc constater que le Li-Fi apporte de nouvelles applications que n'offrait pas le Wi-Fi. En effet, le Wi-Fi ne peut pas s'appliquer à certaines utilisations du Li-Fi pour plusieurs raisons :

→ Il est perturbable par d'autres ondes et peut créer des interférences avec d'autres appareils électroniques.

- Il est multidirectionnel donc facilement piratable.
- Il semble dangereux pour le corps humain
- Sa bande-passante commence à saturer avec tous les nouveaux objets connectés émergents.

Ainsi, nous pouvons constater que le Li-Fi peut s'utiliser dans un large panel de domaine et que ce réseau a semble-t-il de beaux jours devant lui. [5]

II.7. Les acteurs

Différents acteurs travaillent sur les technologies Li-Fi ou VLC. Pour des raisons de secret industriel, beaucoup de grandes entreprises ne communiquent pas sur leurs recherches mais travaillent bien sur ces technologies. De même, certaines universités travaillent sur le sujet, mais n'ont pas encore communiqué leurs résultats. La liste présentée ci-dessous ne prétend pas être exhaustive.

II.7.1 Les entreprises

De nombreuses entreprises travaillent également sur cette technologie, mais peu d'entre elles communiquent dessus. Des entreprises japonaises et coréennes se sont regroupées dans le Visible Light Communications Consortium (VLCC) mais ne parlent pas pour autant de leurs recherches.

Principales entreprises du VLCC :

- Sony, Toshiba, Samsung, Casio, NEC, Sharp

Et plus de vingt-cinq autres entreprises sont dans le VLCC. D'autres entreprises travaillent sur le Li-Fi ou VLC :

- En France, OledComm vend des kits de communication Li-Fi.
- Luciom développe des produits de géolocalisation intérieure et expérimente la technologie avec Intermarché.
- Au Royaume-Uni, l'entreprise PureLi-Fi (pour laquelle Harald Haas travaille) vend des solutions Li-Fi, comprenant des modules lampes/récepteurs à accrocher au plafond et à raccorder au réseau Ethernet et des modules émetteur/récepteur à brancher en USB sur un PC.

II.7.2 Solutions de 'PureLi-Fi'

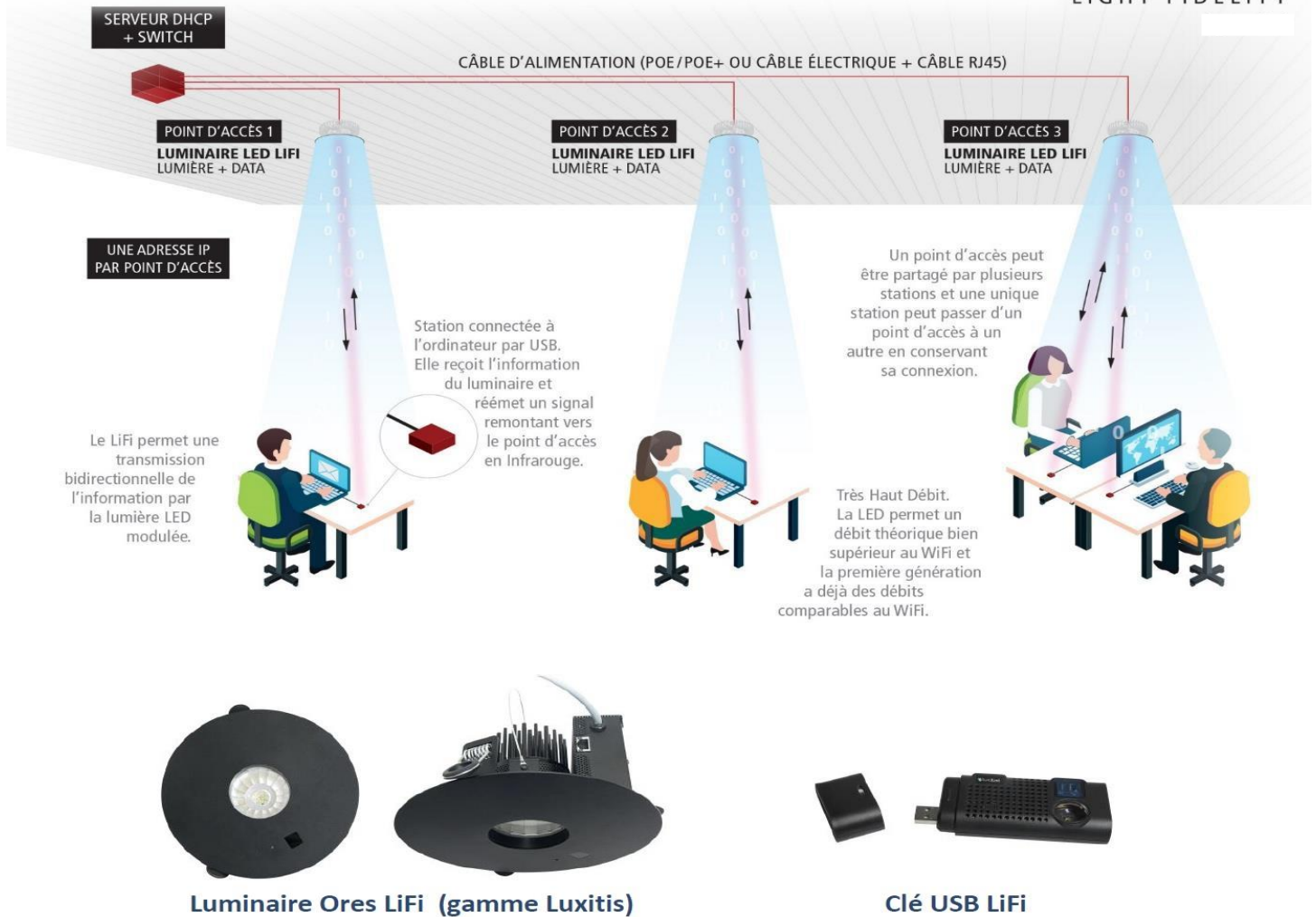


Figure 7: Solutions PureLi-Fi [27]

Cette solution permet le déploiement d'un réseau sans fil complet à travers une transmission bidirectionnelle de 42 Mbps. Ce système offre une connexion mobile au sein d'un réseau tout en prenant en charge l'accès multiple et le « handover ».

Chaque luminaire Li-Fi peut desservir plusieurs stations Li-Fi simultanément. La fonction handover permet automatiquement aux utilisateurs de disposer d'une connexion stable en passant d'un luminaire à un autre.

En plus d'une alimentation classique, le luminaire est sur option compatible POE / POE+ et High Power POE afin de minimiser le câblage nécessaire au déploiement d'une infrastructure réseau Li-Fi. [8]

II.7.3 Les universités

La technologie étant encore très récente, plusieurs universités effectuent des recherches sur la communication par lumière visible.

→ L'université d'Oxford travaille sur la transmission de musique avec une lampe de bureau, et sur la transmission de données avec une matrice de LED.

→ L'université d'Edimbourg travaille sur la diminution de la consommation et sur l'augmentation des débits de transmission.

→ L'université de Strathclyde travaille sur des matrices de LED miniaturisées pour augmenter les débits de transmission.

II.8. Conclusion

Les technologies de communication par lumière visible actuellement en développement peuvent palier à certains de ces défauts, et même créer de nouvelles opportunités. Les bases technologiques utilisées par ces nouveaux moyens de communication, comme la LED, arrivent à maturation. Cela permettra donc de bonnes performances techniques et énergétiques ainsi qu'un coût de déploiement contenu. De nombreuses applications sont possibles : du Li-Fi de la communication entre ordinateur à la géolocalisation en passant par la communication entre voitures.

Cependant, la technologie de communication par lumière visible semble pour l'instant être mieux adaptée à un usage professionnel de par le manque de matériel grand public compatible. La mise en place et la démocratisation du Li-Fi seront un réel défi, ses nombreux avantages en feront une technologie d'avenir, mais ses inconvénients n'en feront pas une technologie de remplacement total des systèmes de communication basés sur les ondes radio. Sa place sera donc à prendre parmi ces technologies radio pour des usages particuliers.



CHAPITRE III: LE MICROCONTRÔLEUR

III. CHAPITRE III: LE MICROCONTRÔLEUR

III.1. Introduction

Le terme micro-ordinateur est utilisé pour décrire un système qui comprend au moins un microprocesseur, une mémoire de programme(ROM), la mémoire de données (RAM), et une entrée-sortie (I/O) périphérique. Certains systèmes de micro-ordinateurs comprennent des composants supplémentaires tels que des Timers, des compteurs et des convertisseurs analogique-numérique. Ainsi, un système de micro-ordinateur peut exister sous plusieurs sortes à partir d'un gros ordinateur ayant disques durs, disquettes, imprimantes et à contrôleur intégré à puce unique.

Dans ce chapitre, nous allons considérer seulement le type de micro-ordinateurs qui se composent d'une seule puce de silicium. Ces systèmes de micro-ordinateurs sont aussi appelés microcontrôleurs, et ils sont utilisés dans de nombreux produits ménagers tels que les fours à micro-ondes, unités de contrôle à distance d'un TV, cuisinières, équipements HIFI, lecteurs CD, ordinateurs personnels, et les réfrigérateurs. De nombreux microcontrôleurs sont disponibles sur le marché.

III.2. Définition de microcontrôleur

Un microcontrôleur est un circuit hautement intégré qui rassemble, sur une puce, la plus part ou toutes les parties nécessaires d'un ordinateur. Le microcontrôleur comprend généralement: CPU (Central Processing Unit), la mémoire RAM (Random Access Memory), EPROM / PROM / ROM (programmable effaçable Read Only Memory), I / O (entrée / sortie), des timers.[11]

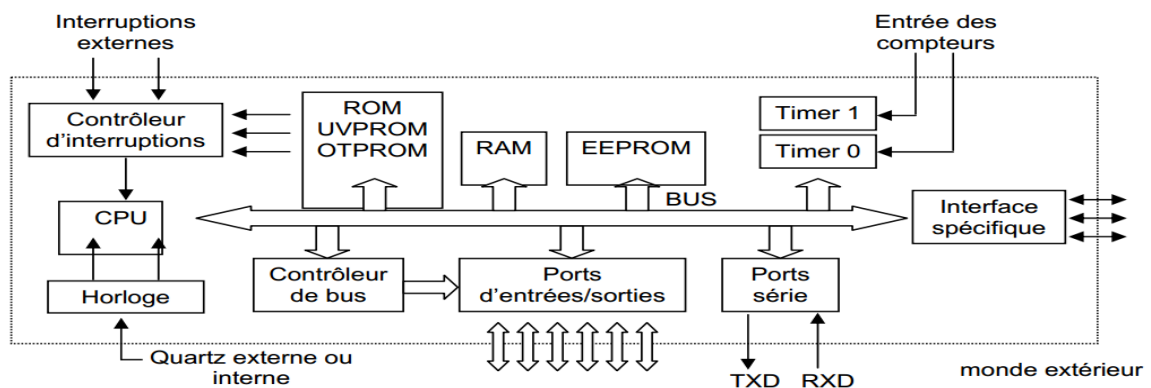


Figure 8:Schéma des éléments principaux d'un microcontrôleur [28]

III.3. Les composants internes d'un micro contrôleur :

Un microcontrôleur le plus simple qu'il soit, possède au minimum les éléments suivants:

- Une unité centrale qui est le coeur de système, également appelé CPU (Central Processing Unit) dans cette unité centrale nous retrouverons plusieurs éléments telle que l'unité arithmétique et logique (UAL).
- Une mémoire contenant le programme à exécuter par le microcontrôleur, généralement appelée mémoire morte ou ROM, mémoire à lecture seule. Cette mémoire a la particularité de sauvegarder en permanence les informations qu'elle contient, même en absence de tension (ce qui est primordial, sinon il faudrait reprogrammer le microcontrôleur à chaque remise sous tension !).
- Une mémoire vive (RAM), cette mémoire permet de sauvegarder temporairement des informations. Il est à noter que le contenu d'une RAM n'est sauvegardé que pendant la phase d'alimentation du circuit. Le microcontrôleur pourra utiliser cette mémoire pour stoker des variables temporaires ou faire des calculs intermédiaires.
- Un port d'entrées/sorties permettant au microcontrôleur de dialoguer avec l'extérieur pour par exemple prendre l'état d'un capteur, d'un interrupteur ou bien pour allumer une LED ou piloter un relais (via un transistor bien sur).
- Une base de temps : elle peut être assurée par un cristal de quartz externe, un oscillateur programmable, un résonateur céramique, ou d'une base de temps interne.[12]
- Des bus internes permettent la communication entre les différents éléments intégrés au microcontrôleur.
- Et pour certains microcontrôleurs les plus sophistiqués peuvent contenir des éléments supplémentaires, tels que :
 - Convertisseur analogique-numérique (CAN): un convertisseur analogique-numérique a une tension d'entrée analogique et produit une sortie binaire représentative de sa valeur. Dans un CAN linéaire, la plage de valeurs d'entrée analogiques est divisée en intervalles spatiaux de façon égale; dont chacune est affectée a un mot de code binaire.[13]
 - Un convertisseur numérique-analogique (CNA): un CNA accepte un mot d'entrée de n bits $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ en binaire et produit un signal proportionnel analogique à elles.

- Le PWM (Pulse With Modulation) : est une technique pour obtenir des résultats analogiques avec des moyens numériques. La commande numérique est utilisée pour créer une onde carrée, le signal varie entre 1 et 0. Par le changement de la durée du moment où le signal est en 1 et par rapport au périodes du signale carré on peut obtenir des tensions entre les deux valeurs 5 Volts et 0 Volts.[14]

III.4. Langage de programmation d'un microcontrôleur:

Le C : le c est un langage de programmation impératif conçu pour la programmation système. Inventé au début des années 1970 avec UNIX, le C est devenu un des langages les plus utilisés. De nombreux langage plus modernes comme C++, Java et PHP reprennent des aspects de C.

Toutefois, les professionnels placent le langage C en tête de liste pour plusieurs raisons :

- Il est souple et puissant.
- Lorsqu'une nouvelle architecture (nouveau processeur, nouveau système d'exploitation...) apparait, le premier langage disponible est généralement le C car contrairement à d'autres, il est facile porter. De plus, un compilateur est souvent disponible sur les ordinateurs.
- Avec la norme ANSI, le C est devenu un langage portable. Cela signifie qu'un programme C écrit pour un type d'ordinateur (un PC IBM, par exemple) peut être compilé pour tourner sur un autre système.
- Le langage C contient peu de mots.
- Le langage C est modulaire. Son code peut être écrit sous forme de sous programme appelés fonctions.[15]

Le C++ : dans les années 80 B. Stroustrup propose d'appeler C++ un nouveau langage, conçu non pas comme un remplaçant mais comme une amélioration du langage C. [16]

Comme le C, C++ adopte une vision très proche de la machine. Il à été destiné en premier lieu à l'écriture de systèmes d'exploitation mais ses caractéristiques lui ont ouvert d'autres perspectives.

Il est formé d'instructions très explicites, courtes, dont la durée d'exécution peut être prévue à l'avance, au moment de l'écriture du programme.

Son nombre d'instructions et de notations étant volontairement limité les interprétations des constructions sémantiques sont multiples et c'est sans doute ce que le concepteur du langage C++ désigne sous le terme d'expressivité. [17]

Le Java : Java est un langage de programmation informatique de haut niveau.

Les langages de haut niveau, comme Java, permettent aux programmeurs d'écrire des instructions en utilisant des commandes en anglais. Chaque instruction dans un langage de haut niveau correspond à de nombreuses instructions dans la langue de la machine. Java a été créé au début des années 1990 par une équipe de Sun Microsystems dirigée par James Gosling. Les concepteurs de Java ont commencé avec la syntaxe de base des langages comme C, C ++ et Smalltalk. Java a été initialement conçu pour une utilisation dans des dispositifs tels que les téléphones cellulaires, cependant, dans quelques années, Sun Microsystems a utilisé Java pour fournir l'animation et de l'interactivité sur le Web. IBM a adopté Java comme son principal langage de développement. De nombreuses interfaces de réseau et des serveurs Web sont maintenant basés sur Java. [15]

L'assembleur : Le langage assembleur est très proche du langage machine (c'est-à-dire le langage qu'utilise l'ordinateur : des informations en binaire, soit des 0 et des 1). Il dépend donc fortement du type de processeur. Ainsi il n'existe pas un langage assembleur, mais un langage assembleur par type de processeur.

III.5. Domaines d'applications des microcontrôleurs :

Système de communication: Les microcontrôleurs 8 bits sont souvent utilisés pour les téléphones portables simples et la téléphonie fixe alors que les microcontrôleurs 32 bits se retrouvent plutôt dans les Smartphones et les PDA.



Figure 9: Les appareils de communication

Technique médicale: Les instruments de mesure (par exemple mesure de la glycémie), les organes artificiels, etc.



Figure 10:Appareil médical

Les technologies de la sécurité: Les systèmes pour gérer la sécurité dans les moyes de transport (par exemple : les passages à niveau), dans les bâtiments (par exemple: alarme incendie, effractions) etc.



Figure 11: Appareil de sécurité

Mécatronique et automation industrielle : Installation pour la production de biens, pour la logistique, etc.



Figure 12: Les appareils industriels

Electronique de consommation: Appareil hifi, TV, vidéo, télécommande etc.



Figure 13: TV, vidéo, HIFI

III.6. L'Arduino

Il est considéré comme un grand équipement électronique pour les amateurs ainsi que les professionnels, l'Arduino est un puissant ordinateur à carte unique avec une utilisation facile à adapter. C'est une open source, ce qui signifie que vous devez payer son matériel et le logiciel requis est gratuit. Son logiciel est basé sur la puce ATmega. [18]

III.6.1 L'historique de l'Arduino :

Arduino a été créée en 2005 dans l'institut de Design Interaction d'Ivrea en Italie, comme une plate-forme open source. Les fondateurs du projet, Massimo Banzi et David Cuartielles. Hernando Barragan, pour sa thèse de fin d'études avait entrepris le développement

d'une carte électronique dénommée Wiring, accompagnée d'un environnement de programmation libre et ouvert. [19]

Pour ce travail, Hernando Barragan réutilisait les sources du projet Processing. Basée sur un langage de programmation facile d'accès et adaptée aux développements de projets de designers, la carte Wiring a donc inspiré le projet Arduino (2005). Comme pour Wiring, l'objectif était d'arriver à un dispositif simple à utiliser, dont les coûts seraient peu élevés, les codes et les plans « libres ».

III.6.2 La composition d'une carte Arduino Uno :

Voici un schéma qui explique la composition d'une carte Arduino Uno :

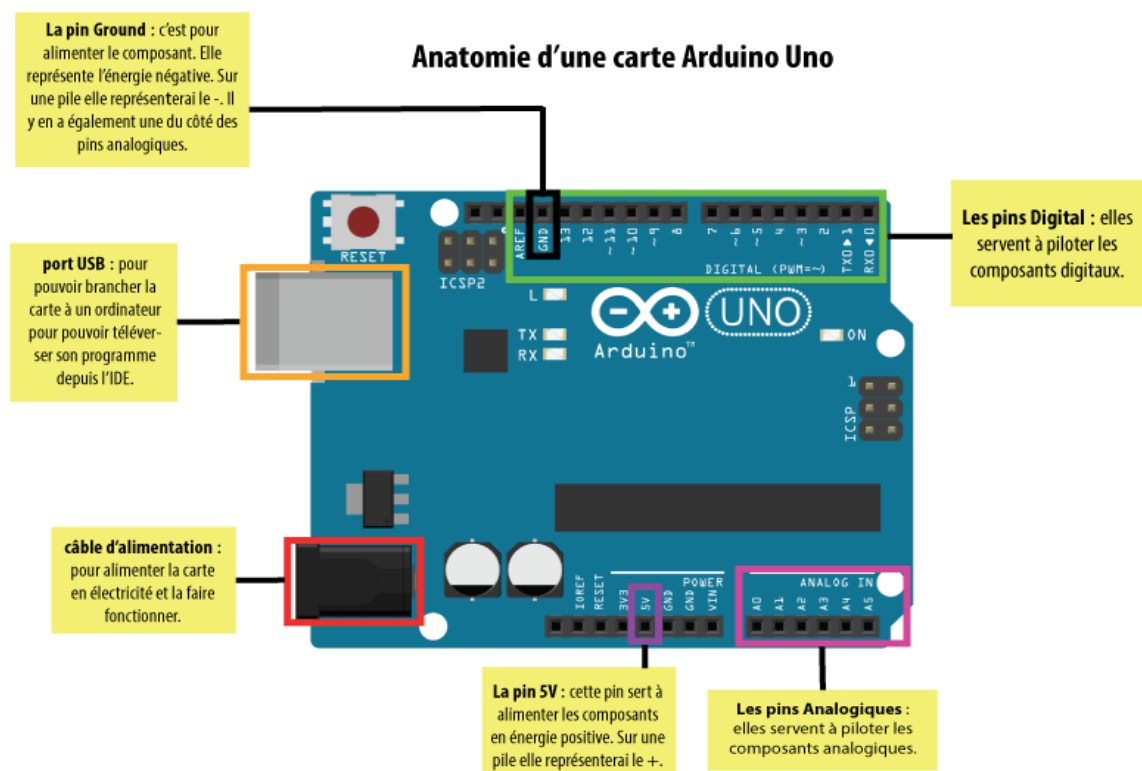


Figure 14: Anatomie d'une carte arduino UNO [29]

III.6.3 Matériel arduino

La carte Arduino repose sur un circuit intégré (un microcontrôleur) associée à des entrées et sorties qui permettent à l'utilisateur de brancher différents types d'éléments externes:

Côté entrées, des capteurs qui collectent des informations sur leur environnement comme la variation de température via une sonde thermique, le mouvement via un détecteur de présence ou un accéléromètre, le contact via un bouton-poussoir, etc...



Figure 17: Différent types des cartes arduino [29]

III.6.4 Logiciel Arduino :

Le logiciel arduino est gratuit (open source) et se télécharger sur le site officiel d'Arduino, à l'adresse <http://Arduino.cc/en/Main/Software>

Plusieurs fichiers différents vous sont proposés en téléchargement, vous devez faire votre choix en fonction du système d'exploitation de votre ordinateur : Windows, MacOS X, Linux. La dernière version officielle est généralement celle qu'il faut sélectionner, bien que pour les cartes les plus récents il faille parfois préférer les versions « beta » du logiciel, c'est-à-dire des versions non éprouvées et perfectibles, mais tout de même fonctionnelles. [20]

L'IDE (Integrated Development Environment) est un programme spécial exécutable sur votre ordinateur qui vous permet d'écrire des esquisses pour la carte Arduino dans un langage simple sur le modèle du langage de traitement. La magie se produit lorsque vous appuyez sur le bouton qui télécharge l'esquisse à la carte: le code que vous avez écrit est traduit dans la langue de C (qui est généralement assez difficile pour un débutant d'utiliser), et il est passé au compilateur avr-gcc, une pièce importante du logiciel open source qui fait la traduction finale dans la langue comprise par le microcontrôleur. Cette dernière étape est très importante, parce que c'est là où Arduino rend votre vie simple en cachant autant que possible, la complexité de la programmation des microcontrôleurs. [21]

III.6.5 L'interface de logiciel:

Double-click sur l'icone IDE Arduino est o0n obtien la fenetre vierge ci-dessous :

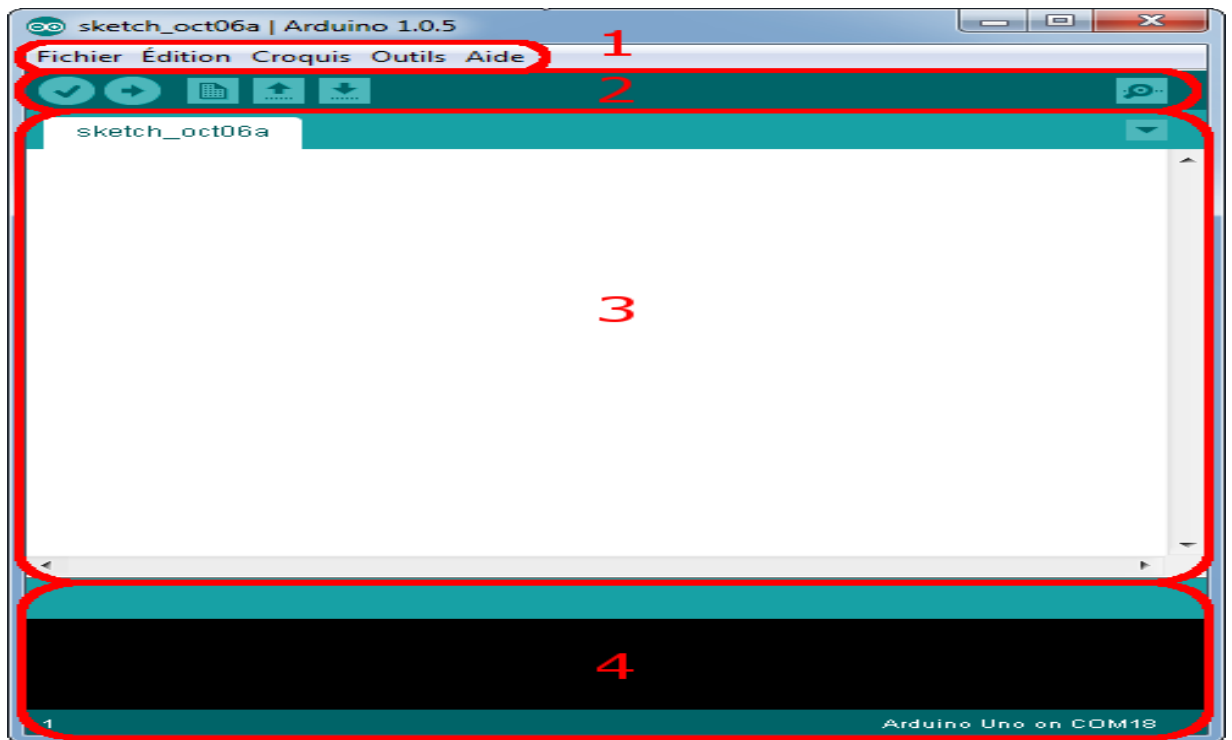


Figure 18:L'interface de l'IDE Arduino en détail

Ce qui saute aux yeux en premier, c'est la clarté de présentation du logiciel. On voit tout de suite son interface intuitive. Voyons comment se compose cette interface.

Correspondance:

- Le cadre numéro 1 : ce sont les options de configuration du logiciel
- Le cadre numéro 2 : il contient les boutons qui vont nous servir lorsque l'on va programmer nos cartes
- Le cadre numéro 3 : ce bloc va contenir le programme que nous allons créer.
- Le cadre numéro 4 : celui-ci est important, car il va nous aider à corriger les fautes dans notre programme. C'est le **débogueur**.

Les boutons:

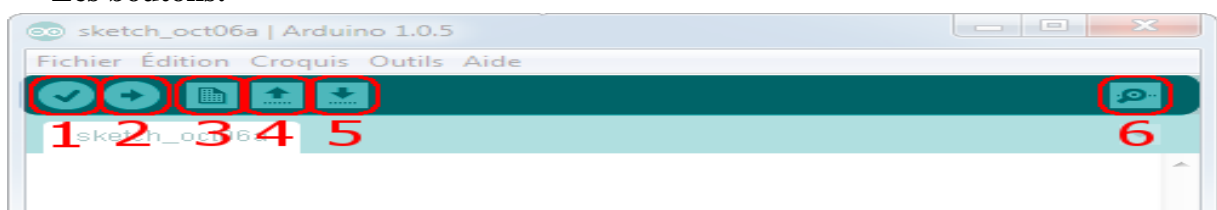


Figure 19:La barre d'outils

Correspondance:

- Bouton 1 : Ce bouton permet de vérifier le programme, il actionne un module qui cherche les erreurs dans votre programme
- Bouton 2 : Charge (téléverse) le programme dans la carte Arduino.
- Bouton 3 : Crée un nouveau fichier.
- Bouton 4 : Ouvre un fichier.
- Bouton 5 : Enregistre le fichier.
- Bouton 6 : Ouvre le moniteur série.

Cette fenêtre vide sera remplie de mots et de chiffres et d'autres textes. Cette fenêtre est comme tout autre logiciel que vous avez utilisé. Elle contient des menus, des boutons, des alertes spéciales, et toutes sortes de contrôles: Ouvrir, Enregistrer, et le bouton du moniteur de série à l'extrême droite.

Nouveau: crée une nouvelle esquisse.

Ouvert: présente un menu de tous les croquis dans votre dossier de croquis. Cliquez sur l'un va ouvrir dans la fenêtre actuelle.

Enregistrer: enregistre votre croquis.

Vérifiez: ce bouton vous permet de vous assurer que votre logiciel contient d'erreurs de syntaxe.

Envoyez: ce bouton peut à la fois vérifier et télécharger un croquis à l'Arduino si aucune erreur d'orthographe ou de mise en forme n'est trouvée.

Serial Monitor: ce bouton vous permet d'ouvrir le moniteur de série et d'afficher les informations en provenance du port série sur l'Arduino. Le moniteur de série est comme un outil pour "parler avec l'Arduino et vous l'utilisez pour voir les choses d'intérêt. [22]

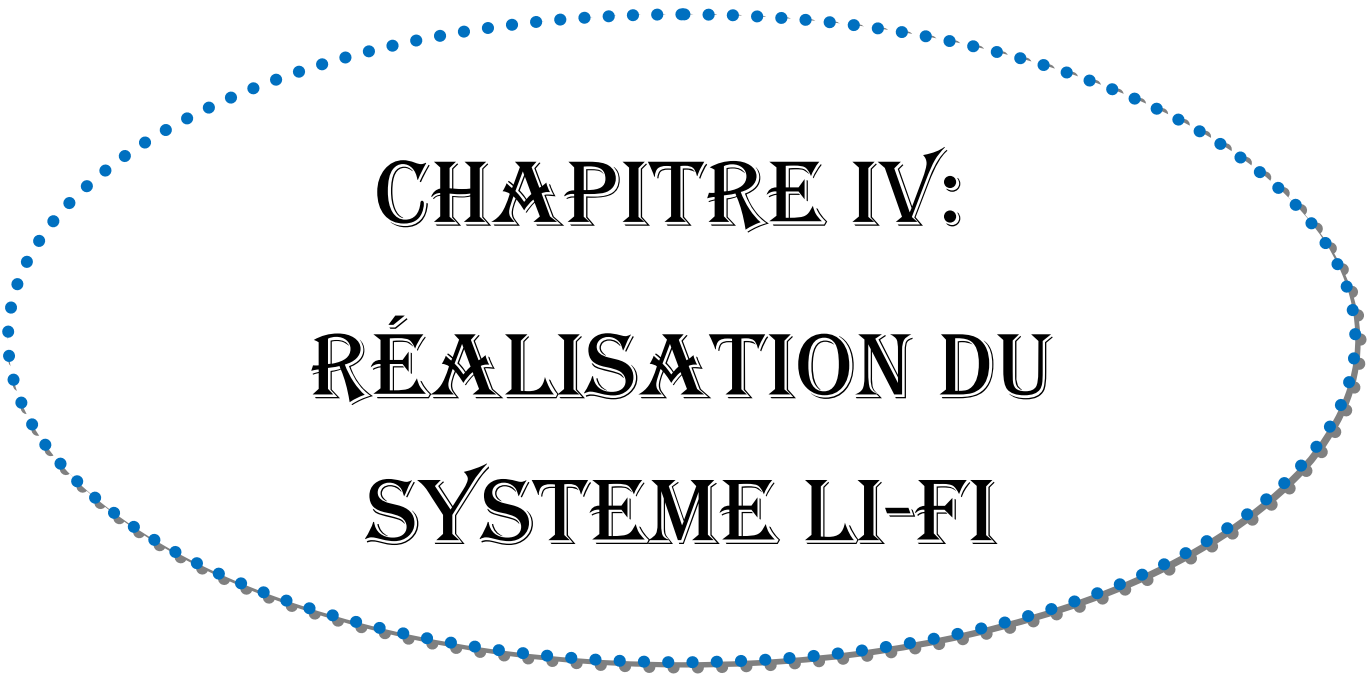
III.6.6 Les avantages de l'arduino :

- Elle n'est pas cher!
- Environnement de programmation clair et simple.
- Multiplateforme : tourne sous Windows, Macintosh et Linux.
- Nombreuses bibliothèques disponibles avec diverses fonctions implémentées.
- Logiciel et matériel open source et extensible.
- Nombreux conseils, tutoriaux et exemples en ligne (forums, site personnel etc...).
- Existence de « shield » : ce sont des cartes supplémentaires qui se connectent sur le module Arduino pour augmenter les possibilités comme par exemple : afficheur graphique couleur, interface ethernet, GPS, etc...

III.7. Conclusion :

À travers ce chapitre on peut dire que lors de la conception d'un circuit électronique, si celui-ci nécessite une unité de calcul, l'implantation de celle-ci est soit un assemblage de portes logiques, soit un microcontrôleur comme le cas de notre travail.

Les premiers ont un très faible coût de fabrication s'ils sont produits en très grande quantité. L'avantage des seconds est qu'ils sont de toute manière fabriqués en masse afin de les rendre le plus accessible possible en réduisant au maximum leur prix, et il suffit d'y embarquer un logiciel pour qu'ils puissent accomplir une tâche spécifique, l'un de ses logiciels est l'arduino, qui représente un logiciel de programmation par code basé sur des cartes électroniques a microcontrôleur open source, et qui peut être utilisé pour construire des objets interactifs indépendants (prototypage rapide), ou bien peut être connecté à un ordinateur pour communiquer et superviser en utilisant des logiciels de programmation (flash, labview, etc).



**CHAPITRE IV:
RÉALISATION DU
SYSTÈME LI-FI**

IV. CHAPITRE IV: RÉALISATION DU SYSTÈME LI-FI

IV.1. Introduction

Ce projet concerne la conception et la réalisation d'un système Li-Fi, qui se résume dans la transmission d'un signal analogique et numérique par la lumière visible.

Pour le signal analogique on va faire des circuits pour réaliser l'émission du son à travers la lumière par scintillements, ce signal est reçu par un autre circuit qui le convertit en son.

concernant le signal numérique on utilise une carte électronique "Arduino" adaptée pour pouvoir la relier à l'ordinateur avec les dispositifs d'émission et de réception après avoir développé le programme en logiciel Arduino.

IV.2. Transmission d'un signal analogique par la lumière visible(VLC).

IV.2.1 Le but des expériences

La transmission d'un signal sonore par le biais de la lumière.

IV.2.3 La première expérience:

Le circuit de l'émission contient les éléments suivants:

- Source d'audio(téléphone).
- 3.5mm audio jack.
- Batterie 9V.
- Des LEDs.

➤ **Le schema du montage:**

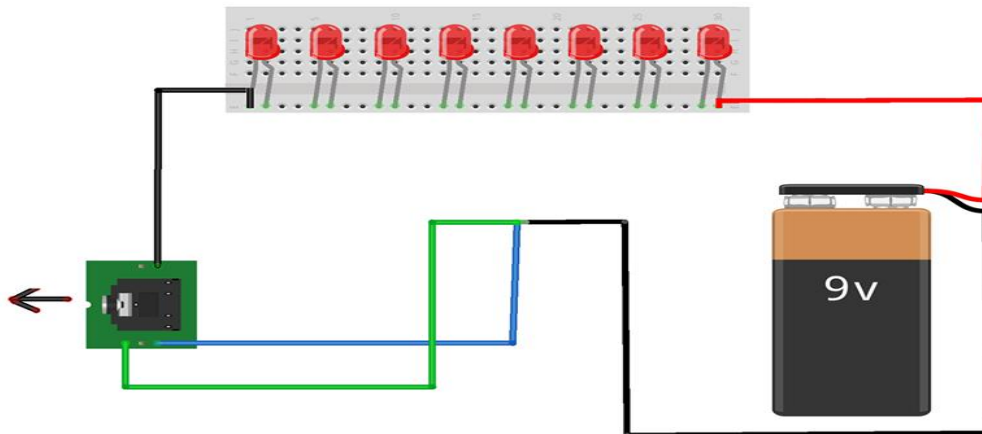


Figure 20:circuit d'émission avec des LEDs

On attache à la fois la gauche et la droite de la prise audio au GND de la batterie 9V. puis on attache le pôle positif de la batterie 9V avec les les LEDs. On branche la prise audio sur le téléphone. on relie les LED avec le câble de la prise audio.

On doit alors voir les LED s'allumer. Il s'agit simplement d'appliquer une alimentation au circuit, le circuit est fermé. Si on débranche la prise audio du téléphone, on verra les LED s'éteindre. Si on actionne la piste audio, on enverra effectivement les données à travers les LED, mais on n'a tout simplement pas le circuit de haut-parleur connecté, donc on n'a aucun moyen de vérifier qu'elle sont envoyées, car les LEDs se modulent trop vite pour l'oeil nu.

Le circuit de la reception contient les éléments suivants:

- panneau solaire
- haut parleur

➤ **Le schema du montage:**

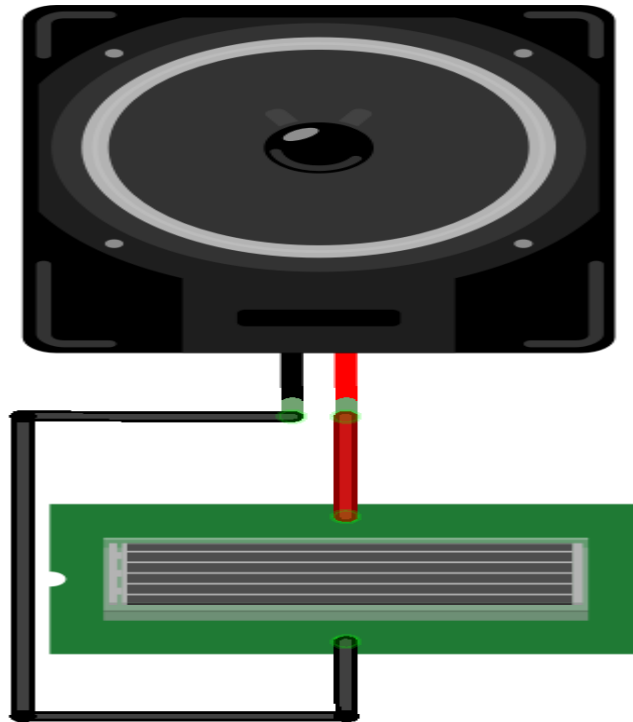


Figure 21: circuit de réception

Assurons-nous que le haut-parleur est sous tension, on relie une extrémité du haut-parleur au PWR de la cellule solaire, et l'autre extrémité est reliée au GND de la cellule solaire.

IV.2.3 Description de l'expérience:

Qu'est-ce qui se passe?

Quand nous prenons un fichier de musique numérique sur le téléphone, nous utilisons le convertisseur numérique-analogique intégré pour transférer la musique vers une prise audio. Cette dernière est connectée en série à une batterie de 9 V, alimentant une série de LEDs.

Au fur et à mesure que la sortie analogique de la chanson change, les LEDs modulent leur sortie (ils s'allument et s'éteignent très vite, plus rapidement que l'œil humain ne peut les voir. Il faut une caméra très lente pour les percevoir).

Le deuxième circuit est le haut-parleur et la cellule solaire. Nous utilisons la cellule solaire comme un récepteur pour ramasser les données de la chanson communiquées par les LEDs (cela pourrait également être fait avec n'importe quelle photo-diode ou photo-résistance). Ensuite, ce signal est traité par un haut-parleur ampLi-Fié, ce qui vous permet d'entendre la chanson transférée via les LEDs.

Pour éviter les interférences avec la lumière environnante on doit éteindre cette dernière.

Si vous pointez les LED directement sur la cellule solaire, vous entendrez le son le plus fort. Vous pouvez également pointer les LED à un angle loin de la cellule solaire, et on aura une qualité du son moindre, mais tant que la cellule solaire a la lumière des LEDs, elle continuera à jouer la chanson. Si on place notre main entre les LEDs et la cellule solaire, en les couvrant complètement, on ne pourra pas entendre la chanson, car le haut-parleur ne peut recevoir aucune des données transmises par les LEDs.

On a également utilisé une application de générateur de fréquence de tonalité simple sur notre téléphone, et l'envoi d'une fréquence de 10Hz permet effectivement à l'œil humain de voir les LEDs modulantes (elles scintillent), par contre les grandes fréquences, ne sont pas perceptibles par l'œil humain.

IV.2.4 La deuxième expérience:

Le circuit de l'émission contient les éléments suivants:

On reprend les mêmes composantes de la première expérience, sauf les LEDs ont été échangées par une LED laser.

➤ **Le schéma du montage:**

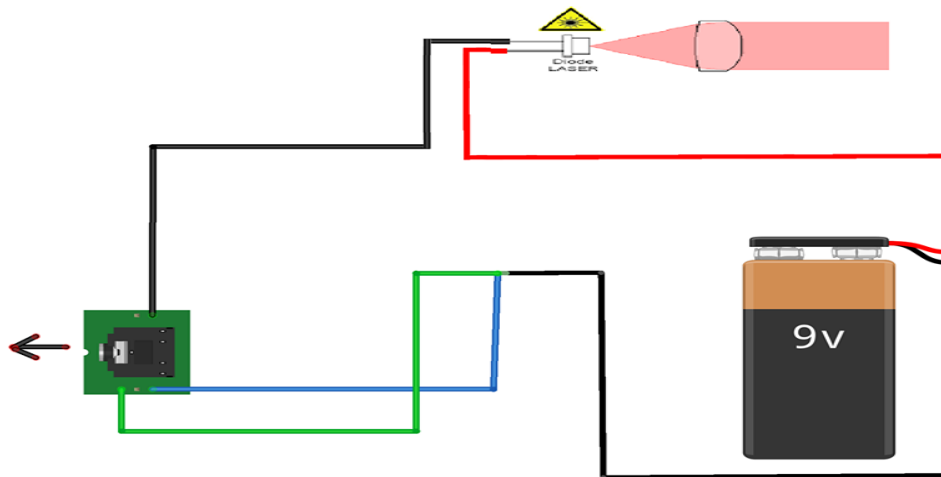


Figure 22: circuit d'émission avec LED LAZSR

Le circuit de la réception contient les éléments suivants:

- panneau solaire
- haut parleur

➤ **Le schema du montage:**

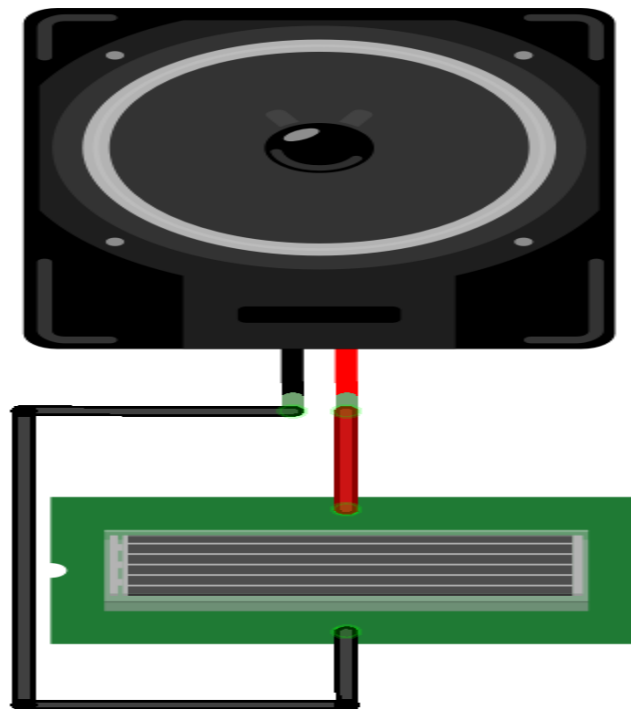


Figure 23 : circuit de réception

Assurons-nous que le haut-parleur est sous tension, on relie une extrémité du haut-parleur au PWR de la cellule solaire, et l'autre extrémité est reliée au GND de la cellule solaire.

IV.2.5 Description de l'expérience:

Qu'est-ce qui se passe?

La Quand nous prenons un fichier de musique numérique sur le téléphone, nous utilisons le convertisseur numérique-analogique intégré pour transférer la musique vers une prise audio. La prise audio est connectée en série à une batterie de 9V, alimente la LED laser.

Au fur et à mesure que la sortie analogique de la chanson change, la LED laser module sa sortie (elle s'allume et s'éteint très vite, plus rapidement que l'œil humain ne peut les voir). Il faut une caméra très lente pour les percevoir).

Le deuxième circuit est le haut-parleur et la cellule solaire. Nous utilisons la cellule solaire comme un récepteur pour ramasser les données de la chanson communiquées par la LED laser (cela pourrait également être fait avec n'importe quelle photo-diode ou photo-résistance). Ensuite, ce signal est traité par un haut-parleur ampLi-Fié, ce qui vous permet d'entendre la chanson transférée via la LED laser.

Les photo ci-dessous illustre les circuits des dispositifs utilisés ultérieurement.

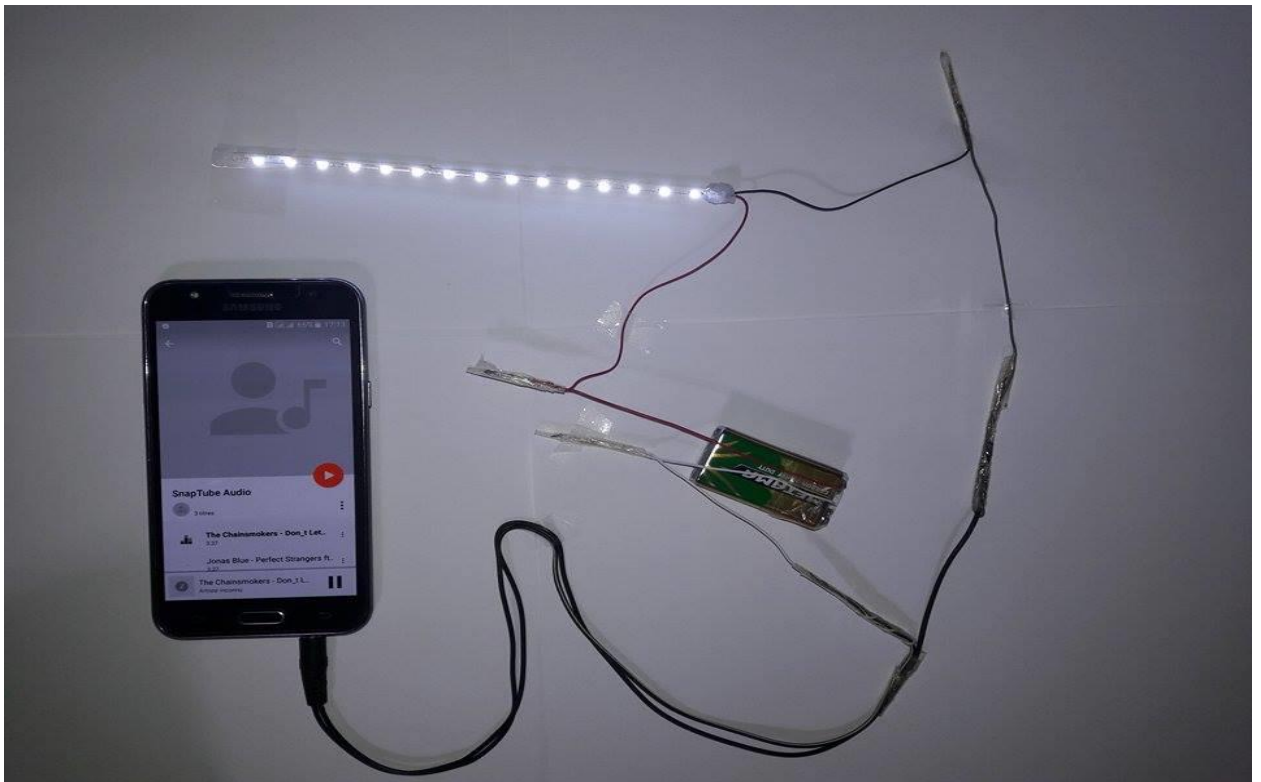


Figure 22:dispositif d'émission par des LEDs

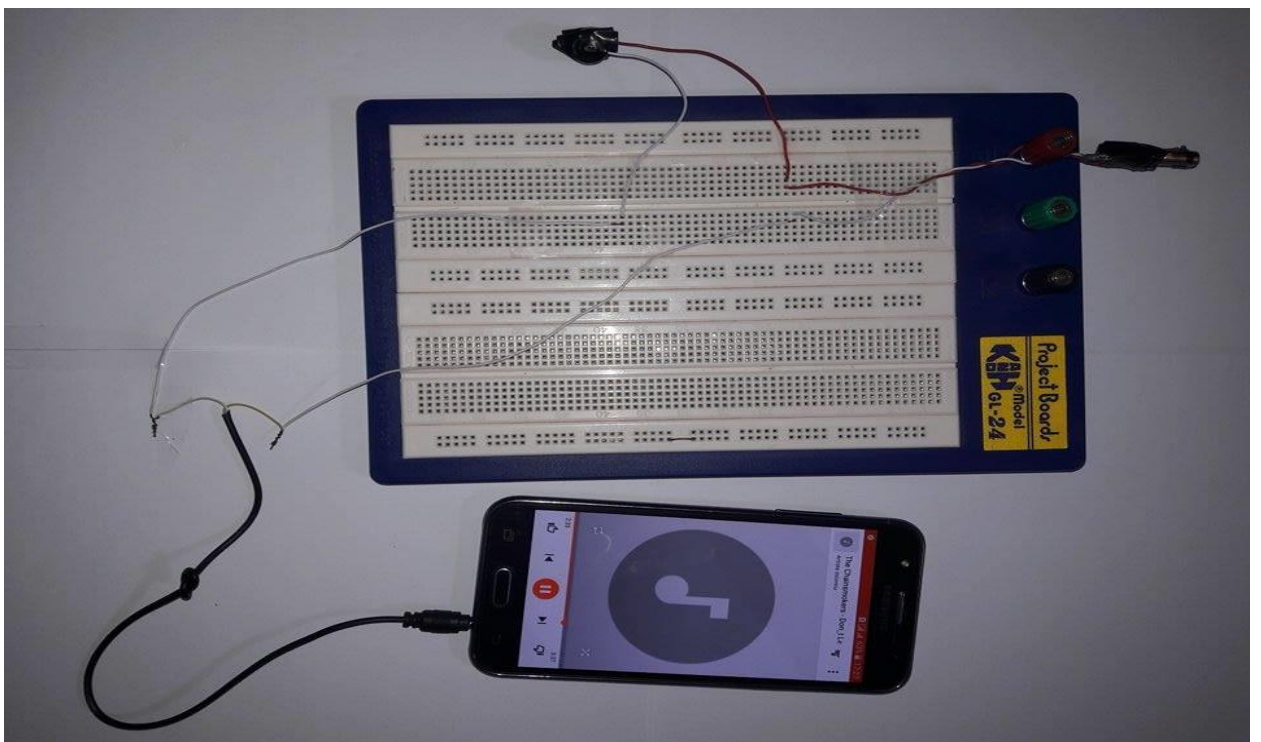


Figure 23:dispositif d'émission par LASER



Figure 24: dispositif de réception

IV.3. Transmission d'un signal numérique par la lumière visible.

IV.3.1 Le but de l'expérience:

il consiste à la transmission des données d'un ordinateur à un autre par le biais de la lumière visible on utilisant un microcontrôleur arduino.

Dans l'émission:

Le circuit de l'émission contient les éléments suivants:

- deux LEDs.
- deux résistance (10 Ohm).
- un microcontrôleur arduino.
- cable USB arduino.
- certains fils.
- une breadbord.

➤ **Le schéma du montage:**

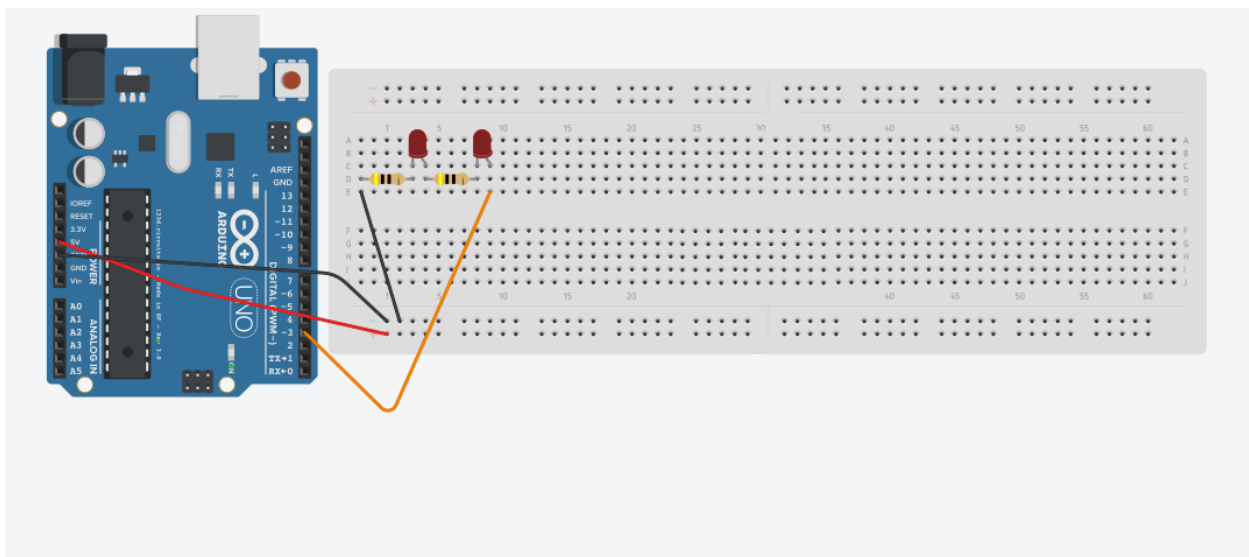


Figure 25: dispositif d'émission

Le montage ci-dessus comprend 2 LED en series précédée chacune d'une faible résistance pour les protéger. L'ensemble est relié d'un côté à la broche digital de l'arduino, et de l'autre côté il aboutit à la masse.

IV.3.2 Principe de fonctionnement :

Les deux lampes clignotent sous l'effet d'une tension variable, qui est maximale puis nulle par alternance on à utilisé une modulation on-off Keying.

IV.3.3 Modulation OOK:(La modulation par tout ou rien)

Un exemple de modulation d'amplitude est la modulation (binaire) par tout ou rien encore appelée par son abréviation anglaise: **OOK** pour "on off keying", dans ce cas, un seul bit est transmis par période T.

La modulation OOK est particulièrement simple à mettre en œuvre puisqu'il suffit de commander l'alimentation des lampes par le signal binaire à transmettre.

A la réception, cette modulation d'amplitude est démodulé par une détection d'enveloppe. [23]

Dans la réception:

Le circuit de la réception contient les éléments suivants:

- Photoresistance.
- Résistance(à la même valeur de la photorésistance).
- Certains fils.
- Une breadbord.
- Un microcontrôleur arduino.
- Cable USB arduino.

➤ Le shema du montage:

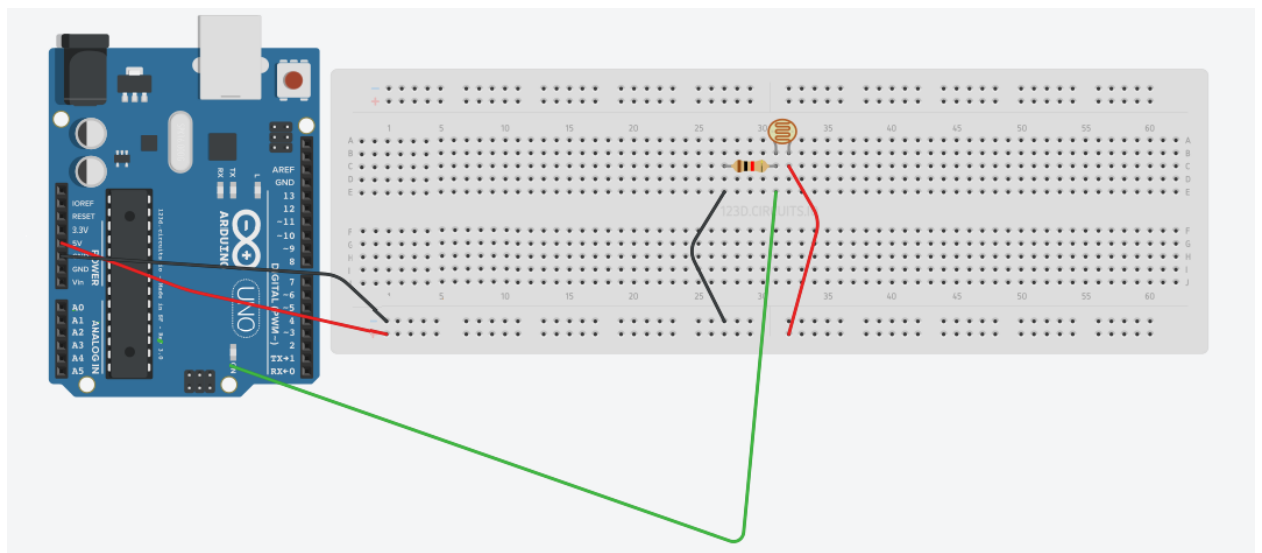


Figure 26: dispositif de reception.

IV.3.4 Principe de fonctionnement :

Nous allons réaliser un diviseur de tension de la broche 5V de l'arduino à la masse, en utilisant une résistance fixe et une photorésistance.

Le voltage entre ces deux résistances est lu par la broche analogique .Lorsque la lumière brille sur la photorésistance ,la valeur de sa résistance diminue,et la plus grande partie de 5V qui provient de l'arduino chute sous la valeur fixée de la résistance.

La photo ci-dessous nous illustre le circuit Li-Fi réalisé avec l'arduino comprenant l'émission et la réception :

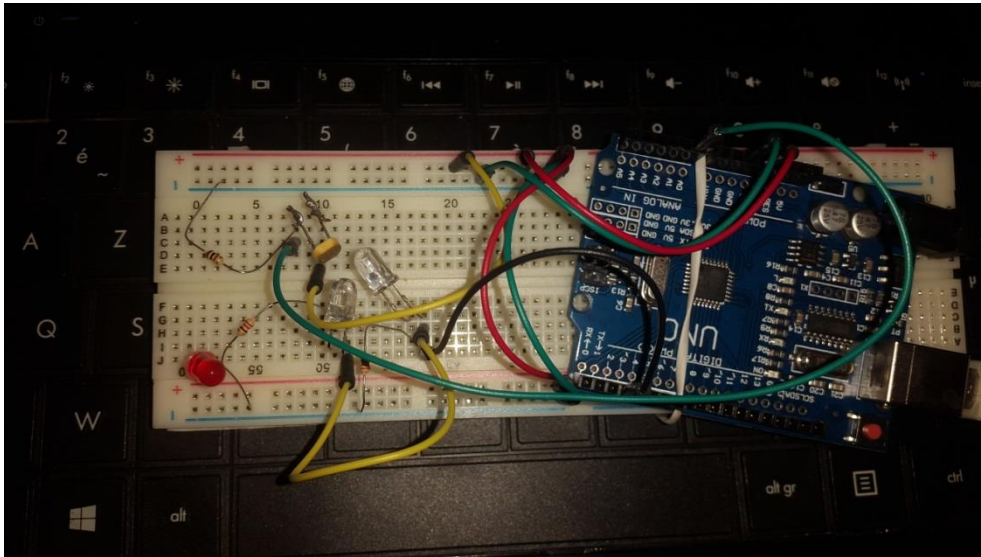


Figure 27: circuit Li-Fi réalisé avec l'Arduino

La photo ci-dessous nous illustre le Moniteur série de l'Arduino qui est connecté au circuit en marche avec le succès de l'envoi du signal lumineux code.

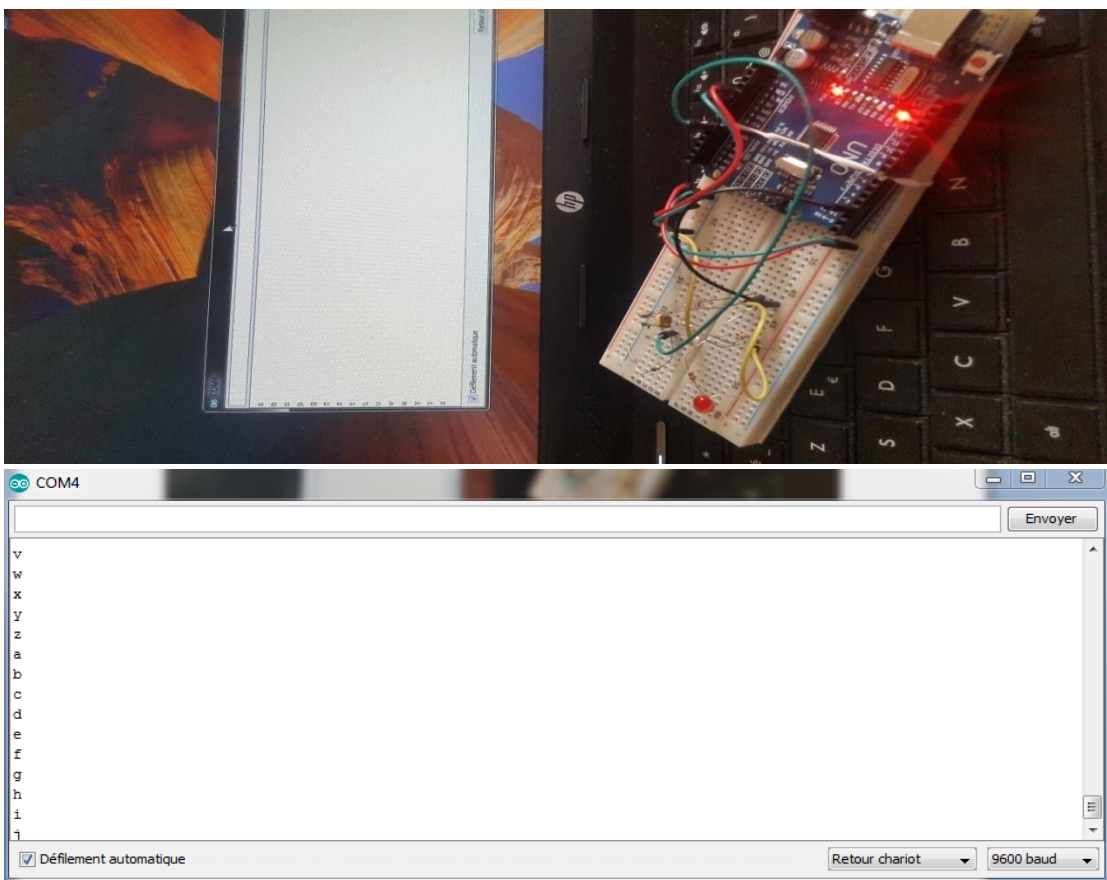


Figure 28: Réception des données codées

La photo ci-dessous nous illustre l'absence de réception des données par l'interposition d'une feuille de carton entre l'émetteur(les LEDs)et le récepteur(la photorésistance).

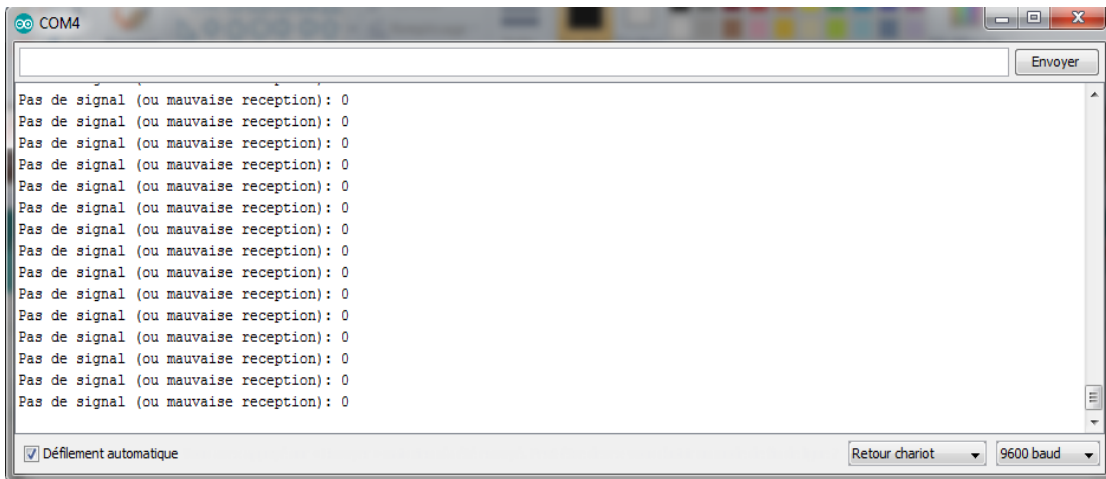
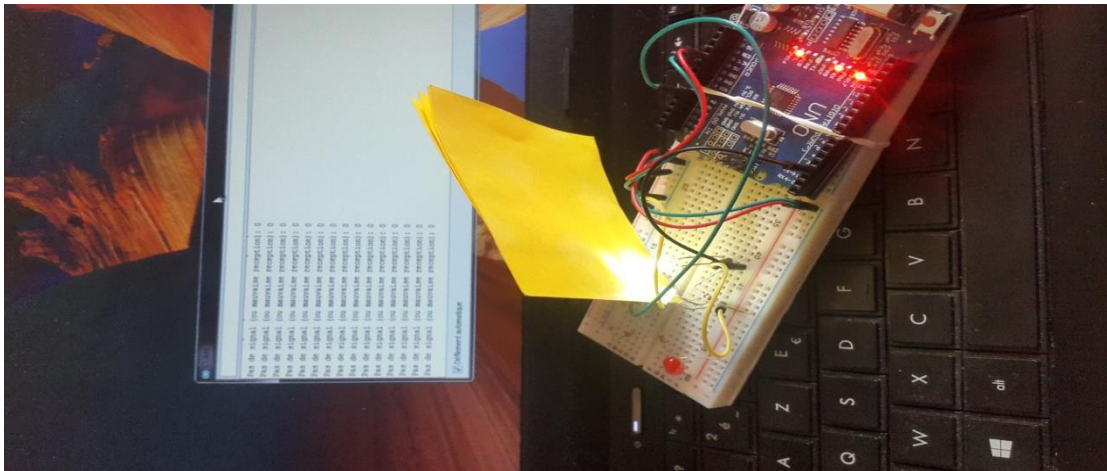


Figure 29 :Interception du signal lumineux par un écran opaque

IV.4. Conclusion

On a réussi à transmettre un signal analogique par la lumière visible. Lorsqu'on a utilisé les LEDs la distance, la lumière ambiante et l'angle d'incidence affecte la qualité du signal, par contre lorsqu'on a utilisé la LED laser ni la distance ni la lumière ambiante n'ont affecté la qualité du son, mais la LED laser doit être directe. la distance qui sépare la LED laser de la cellule solaire peut aller jusqu'à 150 mètres.

On a pu envoyer des données codées à l'aide de la lumière visible, dans la transmission Li-Fi la source lumineuse doit être sur un trajet rectiligne sans obstacle, si on interpose un écran opaque entre l'émetteur et le récepteur la lumière ne passera pas, donc absence de signal.

Plus on augmente la distance entre l'émetteur et le récepteur, les pertes d'information sont nombreuses, donc on doit respecter une distance optimale entre l'émetteur et le récepteur.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans une société de plus en plus connectée, de nouvelles technologies de communication sont développées. Cependant, les différentes technologies existantes ont quelques défauts. Par exemple, le Wi-Fi est souvent limité en débit et peut poser des problèmes de sécurité ou d'interférences.

Imaginez une technologie capable de vous connecter à internet avec un débit de 1Gbps, simplement grâce à des ampoules LED et sans ondes potentiellement néfastes à l'organisme. C'est précisément ce qu'offre le Li-Fi, une technologie en phase de développement, d'abord dans le cadre professionnel avant de se démocratiser dans les foyers. Le Li-Fi (pour "Light Fidelity") est une technologie de communication sans fil basée sur l'utilisation du spectre de lumière. Son principe repose sur l'échange de données via la modulation d'amplitude des sources de lumière, imperceptible à l'œil. C'est une technologie sûre et qui présente de nombreux avantages, comme nous l'avant vue dans ce manuscrit, par rapport à la technologie Wi-Fi.

D'autre part, cette technologie de communication par lumière visible, peut créer de nouvelles opportunités et permettra de bonnes performances techniques et énergétiques ainsi qu'un coût de déploiement très réduit. De nombreuses applications sont possibles : de la communication entre ordinateur à la géolocalisation en passant par la communication entre voitures.

Cependant, la technologie Li-Fi semble pour l'instant être mieux adaptée à un usage professionnel de par le manque de matériel grand public compatible.

L'une des conditions sine qua non pour que le Li-Fi se démocratise, c'est que l'ensemble de l'environnement (entreprises, lieux publics, habitations....) soit largement équipé en LEDs et que les terminaux mobiles disposent de capteurs compatibles avec cette nouvelle technologie.

Elle ne sera sans doute pas dans tous les foyers demain, mais elle a certainement un avenir prometteur. De nombreuses entreprises ont compris l'intérêt de la VLC et nul doute qu'on en entendra parler dans un futur proche.

A titre d'exemple, en France, plusieurs expériences de connexions en Li-Fi ont actuellement lieu, essentiellement en milieu professionnel et menées par des spécialistes comme Oledcomm ou Lucibel. De son côté, la start-up estonienne Velmenni a déjà effectué des tests domestiques.

BIBLIOGRAPHIES ET WEBOGRAPHIE

[1] D. Dominique. Etude du standard IEEE 802.11 dans le cadre des réseaux ad hoc de la simulation à l'expérimentation.

[2] F. DI GALLO. Wi-Fi l'essentiel qu'il faut savoir...

[3] Sean Convery, Darrin Miller et Sri Sundaralingam. Description détaillée de la sécurité pour les réseaux locaux sans fil. Cisco.

[4] Smart Lighting Engineering Centre, consulté le 14 mai 2017, disponible sur :

<http://www.bu.edu/smartlighting/>

[5] Monographie Li-Fi [en ligne], consulté le 14 mai 2017, disponible sur : <http://Li-Fi.insa-rennes.fr/wp-content/uploads/2015/04/Monographie-Li-Fi-Version-Finale1.pdf>

[6] Harald Haas, TED [en ligne], Wireless data from every light bulb, disponible sur :

http://www.ted.com/talks/harald_haas_wireless_data_from_every_light_bulb

[7] Oledcomm [en ligne], What is Li-Fi ?, consulté le 14 mai 2017, disponible sur:

http://www.oledcomm.com/?page_id=12818

[8] pureLi-Fi [en ligne], How does Li-Fi work? consulté le 05 mai 2017, disponible sur :

http://pureLi-Fi.com/what_is_li-fi/how-does-vlc-work/

[9] Et si l'on surfait sur Internet grâce à la lumière ? consulté le 05 mai 2017,

Disponible sur : http://www.batiactu.com/edito/et-si-on-surfait-sur-internet-grace-a-lumiere-42070.php?utm_source=news_actu&utm_medium=edito

[10] EN LI-FI, C'EST LA LUMIÈRE QUI TRANSPORTE L'INFORMATION, disponible sur : <https://www.abavala.com/en-li-fi-c-lumiere-transporte-l-informatio>

n/

[11] Microcontrollers: Features and Applications (Par D. S. Yadav, A. K. Singh); Auteur: D. S. Yadav, A. K. Singh.

[12] Microcontrollers Fundamentals for Engineers and Scientists (Par Steven Frank Barrett, Daniel J. Pack); Auteur: Steven Frank Barrett, Daniel J. Pack, First Edition.

[13] Embedded Systems Interfacing for Engineers Using the Freescale HCS08 ... (Par Douglas Summerville); Auteur: Douglas Summerville, ISBN9781608450053.

[14] Microprocessor & Microcontroller (Par A.P.Godse,D.A.Godse) ; Auteur : A.P.Godse,D.A.Godse,ISBN9788184317695.

[15] Le langage C (Par Peter Aitken, Bradley Jones); Auteur : Peter Aitken, Bradley Jones.

[16] Le langage C++ (Par Marius Vasiliu); Auteur : Marius Vasiliu,ISBN2-7440-7098-X.

[17] Langage C++ (Par Brice-Arnaud Guérin) ; Auteur : Brice-Arnaud Guérin, ISBN :2-7460-2611.

[18] Arduino: A Complete Guide (Par Tech Guru) ; Auteur : Tech Guru.

[19] Arduino and Kinect Projects: Design, Build, Blow Their Minds (Par Enrique Ramos Melgar, Ciriaco Castro Diez); Auteur: Enrique Ramos Melgar, Ciriaco Castro Diez.

[20] Projets créatifs avec Arduino (Par Bruno Affagard,Jean-Michel Géridan,Jean-Noël.Lafargue) ;Auteur : Bruno Affagard,Jean-Michel Géridan,Jean-Noël Lafargue,ISBN978-2-7440-2617-1

[21] Getting Started with Arduino (Par Massimo Banzi); Auteur: Massimo Banzi,ISBN978-1-449-309879,First Edition

[22] Arduino Adventures: Escape from Gemini Station (Par James Floyd Kelly,Harold Timmis); Auteur: James Floyd Kelly,Harold Timmis

[23] Simple Binary Modulation – One Bit at a Time! [en ligne], consulté le 14 mai 2017,disponible sur: https://www.st-andrews.ac.uk/~www_pa/Scots_Guide/RadCom/part19/page1.html

[23] La modulation d'amplitude ; consulté le 05 mai 2017,disponible sur: <http://www.taformation.com/cours/n-am.pdf>

[24] <https://passiontelecom.wordpress.com/> consulté le 14 mai 2017,

[25] <https://turbofuture.com/computers/How-to-Build-a-Large-Citywide-WiFi-HotspotZone> consulté le 14 mai 2017,

[26] <https://fr.khanacademy.org/science/physics/light-waves/introduction-to-light-waves/a/light-and-the-electromagnetic-spectrum> ,consulté le 14 mai 2017,

[27] <http://www.lucibel.com/lifi-haut-debit> , consulté le 05 mai 2017,

[28] <https://goniometrenumerique.wordpress.com/> ,consulté le 05 mai 2017,

[29] <https://openclassrooms.com/courses/animez-un-atelier-de-prototypage-avec-arduino/decouvrez-la-carte-arduino>, consulté le 14 mai 2017,