



**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE «Abbès LAGHROUR»
DE KHENCHELA**



FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

Département de Génie industriel

Mémoire de fin d'études
Pour l'obtention du diplôme de Master (L.M.D)

Spécialité : Génie électrique

Etude et réalisation d'une télécommande à courant porteur en ligne de plusieurs récepteurs sur PIC16F628

- Réalisé par :
 - MAAMRIA Djallal

Dirigé par :
- Dr H. BERKANI

Devant le jury :

Présidents	Professeur S. BOUDEN
Examineur	Dr F. ALLOUANI
Examineur	Dr A.MENADI

**Année universitaire :
2018-2019**

Remerciment

*Tenons à remercier le grande Dieu qui nous a permis
d'être là aujourd'hui et nous a donné la chance,
La volonté et la force d'exister et de faire ce travail.*

*Un spéciale remerciement pour le professeur M: H. BERKANI
l'encadreur qui a proposé ce sujet de recherche,
et qui nous a encadré et soutenu par ses conseils,
sa compréhension et encouragements*

*Nous remercions tous les membres de jury pour l'honneur
qu'ils nous ont accordé en jugeant le présent travail.*

*Enfin nous remercions toutes les personnes qui
nous ont aide de loin ou de près même
par le simple mot d'encouragement.*



Dédicace

Je dédie ce modeste travail:

*Aux deux êtres qui sont les plus chers pour moi,
qui ont fait que je sois aujourd'hui la présenter
A mes parents qui sont les plus chers de mon cœur,
qui m'ont donné tout les moyens et les supports l'attention,
le temps et l'effort que vous avez consacré pour moi,
vous n'avez jamais arrêté de croire en moi
aucun mot ne peut exprimer la profonde gratitude
que j'ai à votre égard. Que Dieu les protège
A mon très chère frères
A toute ma famille.*

*je remercie aussi tous mes amis et plus
particulièrement **BOUNEZRA MOURAD.***

*Nous tenons à remercier mes professeurs: H. BERKANI,
BOUDEN, ALLOUANI, MENADI
pour avoir acceptée de diriger notre travail.
Je voudrais le remercier beaucoup et m'excuser
pour son épuisement Avec nous dans ce travail.*

Djallal

Table des matières

Sommaire

Introduction générale	1
CHAPITRE I: Généralité sur les commandes à distance.	
I.1 Introduction	3
I.2. La télécommande par fils	3
I.3. La commande par le son.....	4
I.3.1. Commande par son audible	4
I.3.2. Commande par ultra-son	4
I.4. Commande à distance par la lumière	5
I.5 Commande à distance par fibres optiques.....	6
I.6. La télécommande par courant porteurs	8
I.7. Conclusion.....	8
CHAPITRE II: La technologie CPL	
II.1. Aperçu historique.....	9
II.2. Définition des CPL	10
II.3. Principe de fonctionnement et caractéristiques des CPL.....	10
II.4. Bande de fréquence.....	12
II.5. Applications et débits nécessaires.....	12
II.6. Cadre normatif et standards	13
II.7 Avantages et inconvénients des CPL.....	14
II.7.1 Avantages des courants porteurs.....	14
II.7.2. Inconvénients des courants porteurs	14
II.8. Les normes standards.....	15
II.8.1 Définition	15
II.8.2 Les type des normes standards.....	16
II.9.La concurrence.....	17
II.9.1. Concurrence avec wifi	17
II.9.2 Les Satellites	17
II.9.2.1. Les avantages des Satellites	18
II.9.2.2. Les inconvénients des Satellites	18
II.10 La modulation	19
II.10.1 Définition	19

II.10.2 Généralités sur les modulations QAM et multi porteuses	19
II.10.3 Principe des modulations multi porteuses	22
II.10.4 Classification des modulations multi porteuses.....	23
II.10.5 Modulation multi-porteuse OFDM.....	23
II.10.6 Condition d'orthogonalité.....	23
II.11. La démodulation	24
II.11.1. Le Courant Porteur.....	24
II.11.2. Principe de la démodulation	25
II.12.Conclusion	25

Chapitre III : Généralités sur les PIC

III.1. Les Microcontrôleurs.....	26
III.1.1 Utilisation	27
III.2.Les Microprocesseurs	27
III.2. Microprocesseur et microcontrôleur.....	28
III.2.1. Le processeur.....	29
III.2.1.1. Structure classique.....	29
III.2.2. Le choix d'un microcontrôleur.....	31
III.3. Généralités sur le PIC 16F628.....	32
III.3.1. Présentation du microcontrôleur.....	32
III.3.2. Caractéristiques du PIC 16F628	34
III.3.3. Fonctionnement du PIC 16F628.....	35
III.3.4. Avantages et inconvénients	38
III.4.Conclusion.....	39
IV.1. Introduction	40

CHAPITRE IV: Partie pratique Réalisation

IV.2. Le logiciel utilisé pour la simulation.....	41
IV.2.1.Initiation à Isis Proteus	41
IV.2.2. L'environnement de travail de PROTEUS.....	41
IV.3. Description du système	41
IV.4. Description de la trame émise sur les fils du secteur	43

IV.4.1. Alimentation du système	45
IV.5. L'émetteur	47
IV.5.1. Schéma électrique de l'émetteur	47
IV.5.2. Fonctionnement L'émetteur	47
IV.6. Le récepteur	48
IV.6.1. schéma électrique du récepteur	48
IV.6.2. Fonctionnement du récepteur	48
IV.7. Implantation des composants	49
IV.7.1. Emetteur	50
IV.7.2. Le récepteur	51
IV.8 Réalisation des circuits imprimés.....	51
IV.9. Circuit imprimé	52
IV.9.1. Le circuit imprimé de l'émetteur.....	52
IV.9.2. Le circuit imprimé du récepteur	52
IV.10. Conclusion.....	53
Conclusion générale	55

Liste des Figures :

Figure I.1: Télécommande.....	3
Figure I.2: Le spectre d'émission d'une télécommande de système sonore typique.....	4
Figure I.3: Détecteur d'obstacles et distance avec ultra-son	5
Figure I.4: Émetteur infrarouge	5
Figure I.5: Grande cellule photoélectrique CdS d'un lampadaire.....	6
Figure I.6: Principe d'une fibre optique.	7
Figure II.1: Principe de fonctionnement CPL	11
Figure II.2: Illustration du la superposition d'un signal 50 Hz à un signal plus haute fréquence	12
Figure II.3: Exemple de câblage CPL	15
Figure II.4: Association Symboles et Bits	19
Figure II.5: Diagramme de constellation 8-PSK et 14 –QAM.	20
Figure II.6 : Influence du bruit du canal de transmission sur la constellation.	21
Figure II.7: Réparation des données sur les sous porteuses.	22
Figure II.8 : Modulation OFDEM : orthogonalité des sous porteuses	23
Figure II.9: Principe de la démodulation QPSK.....	25
Figure III.1 Les Microcontrôleurs	26
Figure III.2 Logique câblée Microcontrôleur	27
Figure III.3 Les Microprocesseurs.....	28
Figure III.4 Le PIC 16F628	32
Figure III.5: L'architecture de Von Neumann.....	33
Figure III.6: L'architecture Harvard.....	34
Figure III.7: schéma PIC 16F628.	34
Figure III.8: Fonctionnement du PIC 16F628.	35
Figure IV.1 : exemple d'un émetteur.....	40
Figure IV.2 : Schéma synoptique globale du système.....	40
Figure IV.3 : La séquence des bits	44
Figure IV.4 : modulation d'amplitude à 100 KHz.....	44
Figure IV.5. Alimentation du système.....	45
Figure IV.6 : Photo de L'alimentation	46

Figure IV.7 : Bloc d'alimentation.....	46
Figure IV.8 : Schéma électrique d'émetteur.....	47
Figure IV.9 : Schéma électrique du récepteur	48
Figure IV.10 : Photo réalisation de l'émetteur	50
Figure IV.11 : Photo Réalisation de récepteur	51
Figure IV.12 : Circuit imprimé face cuivre de l'émetteur	52
Figure IV.13 : Circuit imprimé face cuivre de récepteur	52

Liste des Tableaux :

Tableau.III.1 : Caractéristiques de la mémoire flash.....	36
Tableau IV.1: Composants utilisées pour la réalisation	43

Introduction

générale

Introduction générale

Le début du 20^{ème} siècle est marqué par un boom technologique impressionnant notamment dans le domaine de l'électronique et de l'informatique ; l'homme commence peu à peu à voir l'intérêt de l'automatisation comme un outil très pratique de manipulation pouvant remplacer certaines tâches manuelles lorsqu'une rapidité et une fiabilité extrêmes sont recherchées. C'est ainsi qu'est né dans cette ordre d'évolution la commande à distance des processus.

La commande à distance est utilisée chaque fois que l'on ne veut pas ou que l'on ne peut pas manœuvrer directement un appareil. On y fait appel principalement si celui-ci (appareil) est loin, inaccessible ou mobile, ou encore si la manœuvre de commande ou les différentes actions appliquées en des points dispersés doivent être coordonnées. La commande à distance offre de plus la possibilité d'une transmission pour agir à distance et pour, simultanément, être toujours informé de la situation afin de prendre les décisions convenables.

Par ailleurs la croissance exponentielle des nouvelles techniques de l'information et de la communication (NTIC) est venue inspirer une nouvelle forme de commande : la commande par ordinateur des processus. La commande par ordinateur occupe un champ assez vaste dans la commande à distance des processus que ce soit dans l'industrie ou dans la domotique. En domotique elle intervient principalement dans l'automatisation des résidences (chauffage, climatisation, alarmes, éclairage, etc....)

Cependant bien que très répandue dans le monde, la commande à distance des processus est encore mal connue dans notre pays. Très peu d'organisme la mettent en œuvre. Dans le domaine de la domotique qui par ailleurs fait l'objet de notre attention, les applications sont très peu nombreuses, voir quasiment inexistantes dans les ménages, les rares applications qui sont mis sur le marché coûtent très cher, ne proposent pas un grand nombre de fonctionnalités et sont très souvent inaccessibles. C'est pourquoi, nous voulons à travers ce mémoire de fin d'études, mettre en œuvre télécommande CPL.

Pour atteindre nos objectifs, nous diviserons notre travail en quatre grandes parties :

La première partie intitulée « généralités sur les commandes à distance »;

La deuxième partie intitulée « La technologie CPL »

La troisième partie intitulée « Généralités sur les PIC »

La quatrième partie intitulée «Partie pratique Réalisation» présente la réalisation de l'émetteur et du récepteur, programmation des PIC, les tests et la simulation sur logiciel PROTEUS.

Enfin L'étude se termine par une conclusion générale comprenant un certain nombre de recommandations et les problèmes rencontrés lors de l réalisation.

CHAPITRE I :

généralité sur les commandes à distance.

I.1 Introduction

En électronique, une télécommande est un appareil électronique utilisé pour faire fonctionner l'appareil à distance, généralement sans fil. Par exemple, dans l'électronique grand public, une télécommande peut être utilisée pour faire fonctionner des appareils tels qu'un téléviseur, un lecteur DVD ou un autre appareil domestique, à une courte distance. Une télécommande est avant tout une fonction pratique pour l'utilisateur et peut permettre de faire fonctionner des appareils hors de portée pour une utilisation directe des commandes. L'accès à distance, la commande à distance ou encore le contrôle à distance sont des méthodes qui permettent, de prendre le contrôle en utilisant des ordres envoyés pour commander ce système distant ou des systèmes qui ne sont pas directement connectés à l'endroit à partir duquel on envoie l'ordre.



Figure I.1: Télécommande

I.2. La télécommande par fils

C'est une technique simple et facile à réaliser. Il s'agit d'un relais électromagnétique relié par des fils dans sa forme primitive d'interrupteur commandé à distance, avec lequel une charge de plusieurs centaines de watts peut être commutée à une distance considérable, et cela avec seulement quelques watts. [17]

I.3. La commande par le son

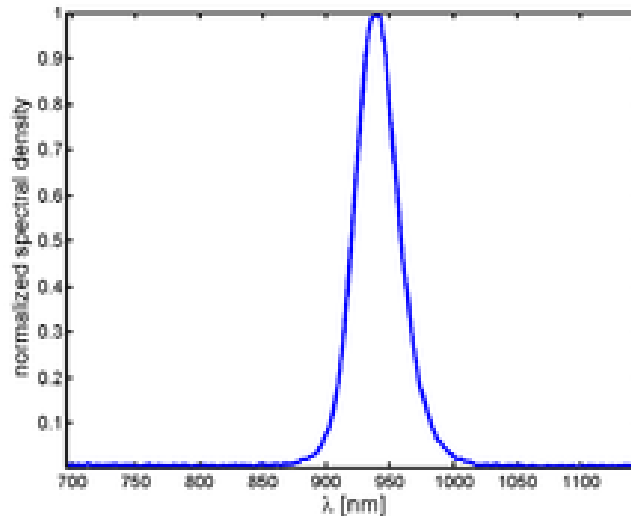


Figure I.2 : Le spectre d'émission d'une télécommande de système sonore typique

Deux types de commande à distance par le son

I.3.1. Commande par son audible

Le spectre audible est l'ensemble des fréquences sonores pouvant être perçues par un être humain. Conventionnellement, dans le domaine fréquentiel, il s'étend de 16 Hz à 16 kHz (16 000 Hz). Dans la pratique, le spectre réellement perçu par un individu peut en différer très sensiblement. la commande à distance domestique par bruit, élévation des voies ou claquement des doigts, en réception une première impulsion sonore le montage bascule et actionne le relais qui ferme ses contacts d'alimentation. La seconde impulsion provoque l'inverse. [15]

I.3.2. Commande par ultra-son

L'ultrason est une onde mécanique et élastique, qui se propage au travers de supports fluides, solides, gazeux ou liquides. La gamme de fréquences des ultrasons se situe entre 16 000 et 10 000 000 Hertz, trop élevées pour être perçues par l'oreille humaine. Les ultrasons sont utilisés dans l'industrie ainsi que dans le domaine médical.

Le récepteur comporte un transducteur qui reçoit les ultra-sons et après filtrage le signal capté passe par un étage d'amplification puis au circuit de commande. [17]

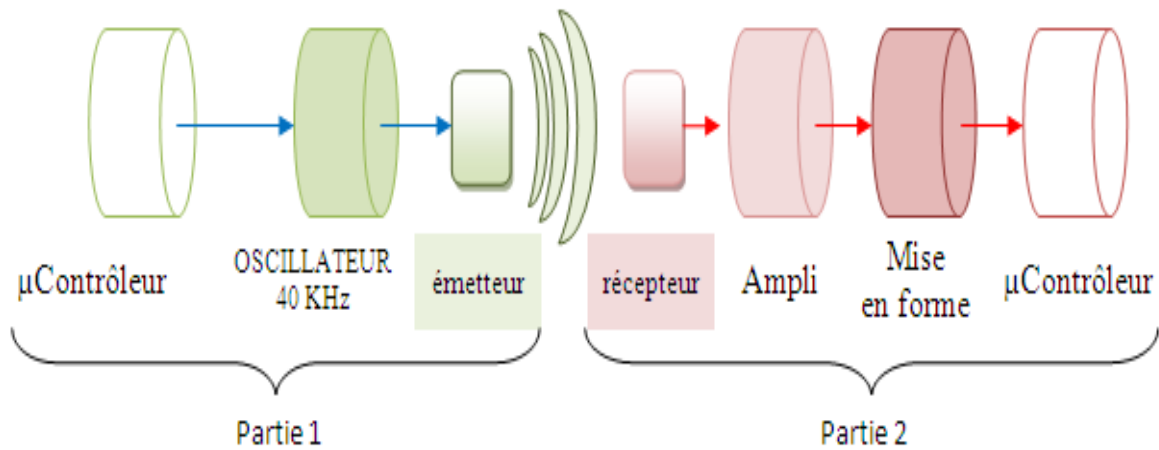


Figure I.3 : détecteur d'obstacles et distance avec ultra-son.

I.4. Commande à distance par la lumière

La commande à distance par la lumière peut se faire à l'aide de la lumière visible ou invisible (infrarouge).

Le dispositif de commande par la lumière visible peut se faire appel à une cellule photo-électrique (LDR : Light Dépendant Résistor) la résistance prend une valeur de plusieurs centaines de kilo oms si elle n'est pas éclairée, et de quelques centaines d'Homs lorsqu'elle est éclairée. Il suffi de braquer un faisceau lumineux sur cette cellule à l'aide de la lumière solaire. [16]

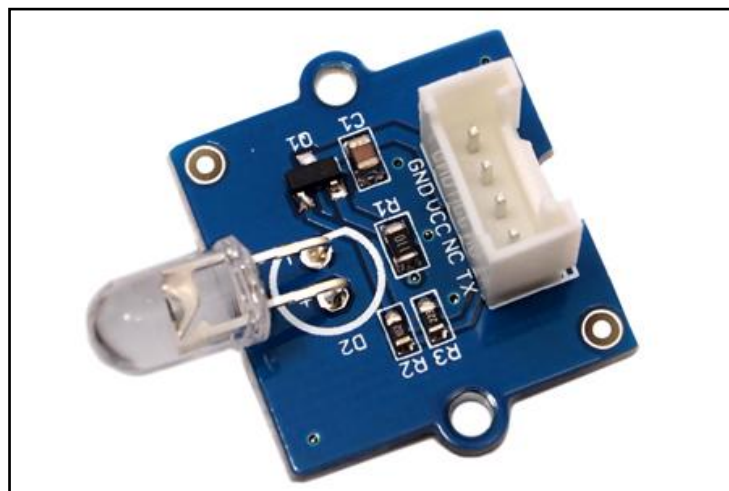


Figure I.4 Émetteur infrarouge.

La commande par infrarouge s'effectue grâce à une LED électroluminescent émettrice de rayon infrarouge.

Une LED infrarouge est comme n'importe quelle autre LED, sa couleur est d'environ 940nm. Nous pouvons utiliser un émetteur non seulement pour transmettre des données ou des commandes, mais aussi comme imitation d'une télécommande pour contrôler une application domestique avec Arduino. L'émetteur infrarouge transmet un signal jusqu'à environ 10 m. Passé 10 mètre le récepteur ne peut plus capter le signal. [16]



Figure I.5: Grande cellule photoélectrique CdS d'un lampadaire.

I.5 Commande à distance par fibres optiques

Une fibre optique est un fil en verre ou en plastique très fin qui a la propriété d'être un conducteur de la lumière et sert dans la transmission de données et de lumière. Elle offre un débit d'information nettement supérieur à celui des câbles coaxiaux et peut servir de support à un réseau « large bande » par lequel transitent aussi bien la télévision, le téléphone, la visioconférence ou les données informatiques.

Les télécommunications et la commande à distance par fibre optique vont se développer non seulement dans les applications de grande envergure mais très probablement aussi dans les petits systèmes industriels

La fibre optique est un guide d'onde qui exploite les propriétés réfractrices de la lumière. Elle est habituellement constituée d'un cœur entouré d'une gaine. Le cœur de la fibre a un indice de réfraction légèrement plus élevé que la gaine et peut donc confiner la lumière qui se trouve entièrement réfléchi de multiples fois à l'interface entre les deux matériaux. L'ensemble est généralement recouvert d'une gaine plastique de protection. [18]

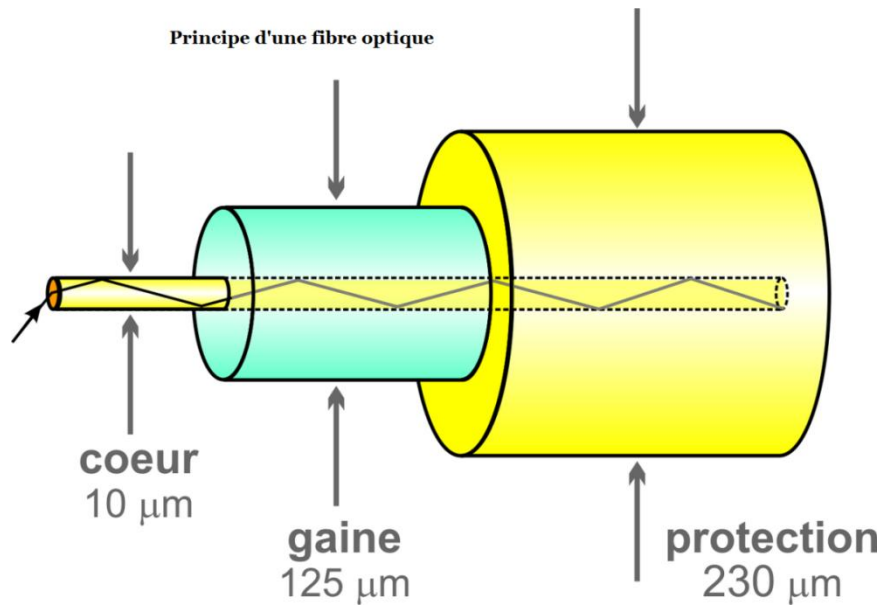


Figure I.6 : Principe d'une fibre optique.

Lorsqu'un rayon lumineux entre dans une fibre optique à l'une de ses extrémités avec un angle adéquat, il subit de multiples réflexions totales internes. Ce rayon se propage alors jusqu'à l'autre extrémité de la fibre optique sans perte, en empruntant un parcours en zigzag. La propagation de la lumière dans la fibre peut se faire avec très peu de pertes même lorsque la fibre est courbée.

Une fibre optique est souvent décrite selon deux paramètres :

- la différence d'indice normalisé, qui donne une mesure du saut d'indice entre le cœur et la gaine : $\Delta = \frac{n_c - n_g}{n_c}$, où n_c est l'indice de réfraction du cœur, et n_g celui de la gaine.

- l'ouverture numérique de la fibre ((en) numerical aperture), qui est concrètement le sinus de l'angle d'entrée maximal de la lumière dans la fibre pour que la lumière puisse être guidée sans perte, mesuré par rapport à l'axe de la fibre. L'ouverture numérique est égale

$$\text{à } \sin \theta_{\max} = \sqrt{n_c^2 - n_g^2}$$

I.6. La télécommande par courant porteurs

Le principe de fonctionnement utilise les fils du réseau de distribution public pour véhiculer des tensions en HF.

Cette technique qui est utilisée dans notre projet, est souvent utilisée dans l'industrie pour commander les différentes machines sans fils pilotes ou bien pour surveiller le bon fonctionnement d'une installation. [17]

I.7. Conclusion

Les différentes techniques de télécommande citées précédemment ont chacune des avantages et des inconvénients le choix d'une technique dépend essentiellement du domaine d'application, du prix qu'on est disposé à adopter le meilleur compromis.

CHAPITRE II :

La technologie CPL

II.1. Aperçu historique

La technologie CPL a été introduite pour la première fois en 1920, date à laquelle ont été déposés les premiers brevets sur la transmission de données sur des lignes à hautes tensions. Néanmoins, plusieurs essais et expériences ont été effectués avant cette date par Joseph Routin en 1897 et Chester Thoradson en 1905 qui ont essayé d'envoyer des signaux électriques pour le contrôle et l'acquisition de données. [1]

En 1920, l'utilisation de systèmes à fréquences porteuses 'Carrier Frequency Systems' (CFS) sur des lignes haute tension a permis de transmettre des consignes de commande et de faire du monitoring. A partir de 1930, la technologie 'Ripple Carrier Signaling' (RCS) utilisa les réseaux basses tensions et moyennes tensions pour la commande des systèmes. Elle consiste à superposer à la tension d'exploitation un signal basse fréquence (125 Hz – 3 kHz) modulé en amplitude. [1]

Néanmoins, cette technologie présente des inconvénients : le débit binaire est faible (40 bits/s) et la puissance nécessaire au transport de l'information doit être très élevée pour éviter les grandes atténuations dues aux désadaptations d'impédances. En outre, le coût élevé des émetteurs de RCS a impliqué une communication unidirectionnelle. En 1980, des recherches ont été menées afin de caractériser les propriétés du réseau électrique en tant que support pour le transfert de données. Le rapport signal sur bruit et l'atténuation du signal par le réseau électrique étaient les principales mesures réalisées. [1]

La technologie CPL a bien évolué durant ces quelques années. Différents essais ont été effectués afin de mettre en évidence la faisabilité de la technologie CPL dans les applications domestiques (accès internet, mise en réseau des appareils électriques...) et d'analyser les éventuels problèmes liés à la mise en œuvre de cette technologie.

En 2005, la technologie CPL est commercialisée dans le monde entier. On note l'arrivée de la norme HomePlug 1.1 turbo 85Mbits et le début de réglementation au niveau européen. En 2007, on trouve des modems à hauts débits arrivant jusqu'à 200 Mbits/s tel le HomePlug AV 200 Mbits/s. La technologie CPL présente de nouvelles fonctionnalités à prix abordable. [1]

II.2. Définition des CPL

L'idée des courants porteurs en ligne paraît à première vue incroyable, car il s'agit tout simplement d'acheminer des données numériques via le réseau électrique. Chaque prise électrique dans un bâtiment devient alors un accès potentiel au réseau Internet haut débit. [4]

Les CPL (courants porteurs en ligne) sont une technologie d'accès à haut débit, qui utilise le réseau électrique moyenne et basse tension pour fournir des services de télécommunications. Producteurs et distributeurs d'énergie électrique ont depuis longtemps utilisé le réseau électrique pour contrôler le réseau et le piloter à distance à bas débit. De nos jours, un producteur ou un distributeur d'électricité ne peut ignorer la normalisation. Il est intéressant de remarquer que c'est en raison du déploiement des réseaux électriques, de leur interconnexion et du nombre sans cesse croissant d'appareils électriques, que les premiers organismes de normalisation réseau sont apparus, à l'image de la CEI (Commission électrotechnique internationale. [2]

Les courants porteurs en ligne se retrouvent sous plusieurs mots-clés différents :

- CPL (Courants porteurs en ligne)
- PLC (Powerline Communications)
- PLT (Powerline Telecommunication)
- PPC (Power Plus Communications) [3]

II.3. Principe de fonctionnement et caractéristiques des CPL

On retient sous l'appellation CPL toute technologie qui vise à faire passer de l'information à bas ou haut débit sur les lignes électriques en utilisant des techniques de modulations avancées. Selon les pays, les institutions et les sociétés, les CPL se retrouvent sous plusieurs appellations différentes : 'Powerline Communications' (PLC), 'Powerline Telecommunications' (PLT).

Le principe des CPL consiste à superposer au signal électrique sinusoïdal de fréquence 50 Hz un signal d'information de faible énergie mais à une fréquence plus élevée, comme le montre la figure II.1. Ce signal information se propage sur l'installation électrique et peut être reçu et décodé à distance. Ainsi, il est reçu par tout récepteur CPL qui se trouve sur le même réseau électrique. [1]

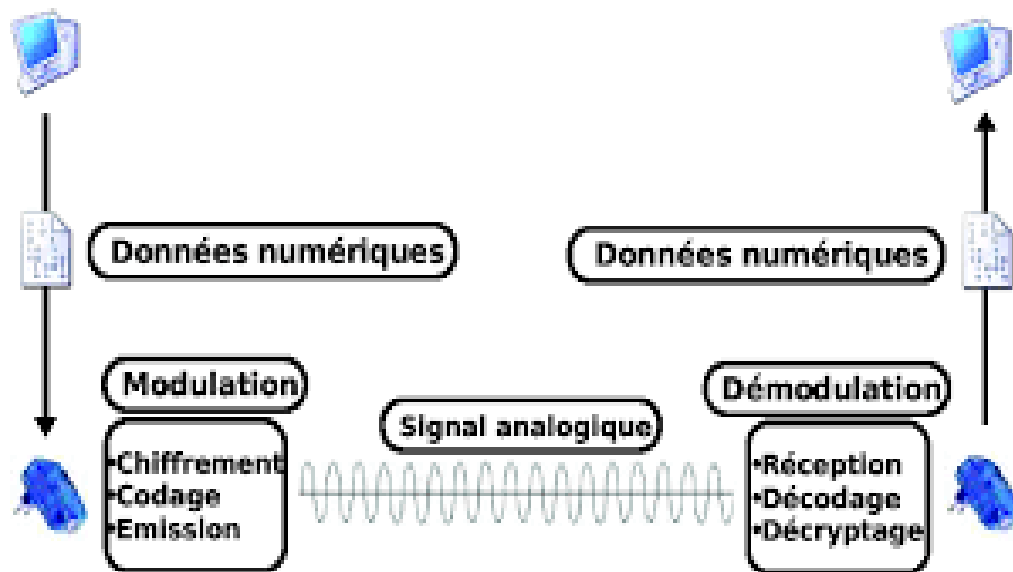


Figure II.1. : Principe de fonctionnement CPL.

La superposition est obtenue par une opération de couplage inductif ou capacitif qui permet le transfert de l'information sur les lignes d'énergie. Le coupleur assure une isolation galvanique entre les lignes électriques et les appareils de communication et permet en réception de filtrer le signal électrique basse fréquence afin de récupérer l'information haute fréquence. [1]

Le Courant Porteur en Ligne (CPL) permet la transmission de données numériques et vocales, par les câbles électriques, et offre ainsi des services de bande large (sur une bande de fréquence de 1 à 30 MHz), en utilisant les infrastructures existantes.

Les moyennes et basses tensions servent aux boucles locales et aux réseaux domestiques. Ainsi, le CPL concerne tout autant les services de transmission à distance que les réseaux internes aux habitats ou aux entreprises. Après avoir raccordé un master, sorte de point d'accès partagé, sur une transformatrice basse tension (150 à 250 utilisateurs), il suffit de brancher un modem spécifique sur n'importe quelle prise électrique pour pouvoir accéder au réseau haut débit. Les débits proposés sont performants, puisque des offres à 4, 5, 10, voir 45 Mbit/s sont déjà disponibles et, en théorie, les 100 Mbit/s seront accessibles. Le premier avantage de cette technologie est de recourir à un réseau - le réseau électrique - déployé sur tous les territoires et apte à atteindre tous les consommateurs où qu'ils soient, en utilisant des infrastructures déjà mises en place. [4]

Un coupleur intégré en entrée des récepteurs CPL élimine la composante basse fréquence avant le traitement du signal. [5]

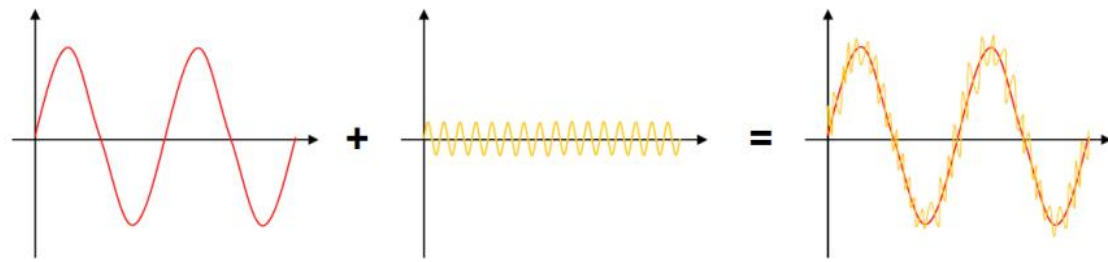


Figure II.2 : illustration de la superposition d'un signal 50 Hz à un signal plus haute fréquence.

II.4. Bande de fréquence

La bande de fréquence utilisée dans les réseaux de distributions électriques basses tensions peut être classée en deux catégories en fonction du débit offert. Pour les systèmes à bas débit de l'ordre de quelques Kbits/s, les CPL utilisent des techniques de modulations monoporteuses et fonctionnent dans la bande de fréquence [3 kHz - 148,5 kHz] dite bande de CENELEC. Pour les systèmes à hauts débits dépassant les quelques Mbits/s, les CPL utilisent des modulations multiporteuses de type 'Orthogonal Frequency Division Multiplex' (OFDM) dans la bande de fréquence [2 MHz - 30MHz]. [1]

II.5. Applications et débits nécessaires

Les systèmes CPL peuvent être répartis en trois grandes catégories en fonction de l'application, du débit et de la bande passante occupée.

La première catégorie correspond aux applications à bas débits inférieures à 20 Kbits/s. Ce sont essentiellement des applications domotiques ou d'autres applications spécifiques comme la relève automatique de compteur électrique. L'installation dite « indoor » cantonnée à un espace privé. Les boîtiers CPL de faible puissance limitent en général la portée des signaux à 300 mètres environ. L'installation dite « outdoor » est conçue pour les communications sur de plus longues distances en empruntant le réseau électrique EDF extérieur.

Les applications à débits moyens allant jusqu'à quelques centaines de Kbits/s sont utilisées pour la collecte d'informations, la gestion de l'énergie, la commande d'éclairage public et certaines applications de contrôles automobiles et industrielles.

Pour les applications à bas et moyens débits, les techniques de modulation à bande étroite sont utilisées. Les informations sont transmises sur une seule porteuse par modulation

d'amplitude et/ou de fréquence. Les solutions bas débit sont préférées pour les applications domestiques telles que les commandes d'éclairage, de convecteurs, de volets roulants, ou encore les commandes centralisées d'électroménager. Le standard EHS/Konnex (KNX) exploite une fréquence porteuse de valeur voisine à 132 kHz, pour un débit de 2,4Kb/s.

La troisième catégorie est celle des applications à hauts débits pouvant être supérieurs à quelques dizaines de Mbits/s. Ces débits concernent les applications de type multimédia (transmission d'images, voix et données) et pour l'accès Internet haut débit. Ces applications requièrent de larges bandes de fréquences. Les techniques de modulation mises en œuvre pour occuper toute la bande disponible sont essentiellement des techniques à étalement de spectre et des techniques multi porteuses. Les solutions haut débit (standard Homeplug ou DS2) sont essentiellement utilisées pour les réseaux informatiques. Le débit privilégié est de 200 Mb/s.

[1] [6]

II.6. Cadre normatif et standards

Les réseaux CPL sont à la fois des réseaux électriques et des réseaux de télécommunication.

Le cadre juridique est alors mal défini. De ce fait, il n'existe pas encore de réglementation précise pour les équipements et les réseaux CPL, notamment ceux à haut débit. Notons qu'il existe deux types de courant porteur, le CPL en intérieur (indoor) et le CPL en extérieur (outdoor). Le CPL indoor est celui que l'on utilise dans une maison pour relier des ordinateurs entre eux. Le signal reste confiné à l'intérieur du domicile et ne dépasse pas le compteur électrique. Il est utilisé pour relier des appareils entre eux afin qu'ils puissent communiquer.

Le CPL outdoor est utilisé à l'échelle d'un quartier. Il permet notamment de fournir un accès Internet haut débit dans des zones qui ne sont pas couvertes ni par l'ADSL ni par le câble.

Devant l'absence de normes, de standards et de réglementations pour les équipements et les réseaux CPL, les associations d'industriels ont proposé leurs propres standards. Actuellement, on dénombre principalement deux standards :

- Le standard HomePlug (réseau indoor uniquement)
- Le standard Opera (réseaux indoor et outdoor) [1]

II.7 Avantages et inconvénients des CPL**II.7.1 Avantages des courants porteurs**

Le principal avantage de cette technique de communication est qu'elle évite des rajouts de câbles habituellement nécessaires pour les signaux de commandes. Concrètement cette technique peut éviter la pose de câbles pour un réseau informatique, elle peut éviter la pose de fils pilotes, mais aussi éviter la pose de fils électriques en domotique.

La multiplication des fréquences porteuses, associée à plusieurs systèmes de modulation, permet des débits élevés ainsi que la cohabitation de plusieurs systèmes communicants par CPL. [6]

- Mobilité
- Souplesse
- Simplicité de mise en œuvre en indoor
- Stabilité de fonctionnement
- Complémentaire aux solutions filaires et sans-fils.

II.7.2. Inconvénients des courants porteurs

Bien que la technique CPL semble assez séduisante, plusieurs arguments plaident contre le développement d'installations CPL.

La transmission de données avec cette technologie peut gêner considérablement la réception d'autres systèmes (radiodiffusion, radioamateurs, militaires, ambassades, signaux horaires, télémesures...).

Inversement, toute source haute fréquence située dans la gamme des ondes courtes est susceptible aussi de brouiller le trafic CPL. En général, le système de transport des signaux

CPL n'est pas blindé et rayonne à l'extérieur d'un appartement. La confidentialité du trafic n'est alors pas garantie si les informations envoyées ne sont pas cryptées.

Enfin, Il n'existe pas de normes définitives concernant les CPL. Il n'est ainsi pas rare de trouver des modems dont les rayonnements vont bien au-delà des normes de la compatibilité électromagnétique (CEM) imposées aux autres matériels. [1]

1. Il existe des boîtiers CPL dont le rayonnement a une portée au-delà de celle tolérée par les normes de CEM (compatibilité électromagnétique) imposées aux autres matériels.

2. Les communications CPL peuvent charger le réseau électrique du secteur de bruits et de distorsions indésirables. Cette technique n'est pas admise dans les milieux sensibles, comme les hôpitaux par exemple. Cependant si la densité de fréquences porteuses est faible, les risques de perturber le voisinage restent faibles. [6]

Il existe d'autre inconvénient aussi :

- Mise en œuvre et bon fonctionnement dépendant de l'architecture du réseau électrique
- Manque de standardisation et de normes
- Problème d'interopérabilité entre les différents équipements
- Prix à ce jour, marché à développer [3]



Figure II.3 : Exemple de câblage CPL.

II.8. Les normes standards

II.8.1 Définition

Dans le domaine des réseaux informatiques, la technologie utilisée, qu'elle soit Home Plug ou non, doit pouvoir assurer le passage des données dans un environnement très perturbé. Contrairement aux réseaux sur paires torsadées, le comportement des réseaux électriques est très imprévisible. Pour permettre une utilisation efficace de ce support, la modulation de type OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) est la plus répandue. Elle fait partie des spécifications Power Packet établies par le fabricant Intellon et reprises par le consortium Home Plug Alliance.

D'autres fabricants, comme DS2 par exemple, recourent à cette technologie. Utilisée dans la norme de communication sans fil 802.11a, la modulation OFDM est une technique permettant de composer avec des environnements difficiles, incluant des obstacles entre l'émetteur et le récepteur. Pour ce faire, elle répartit les trames binaires haut débit en une multitude de trains, ou canaux, modulés à bas débit. En clair, le système émet un même signal sur plusieurs fréquences à la fois. Si le signal rencontre un obstacle sur une des fréquences, il suffit qu'il

réussisse à passer sur une autre, et même s'il est affaibli, le récepteur peut parvenir à reconstituer le message complet. [4]

II.8.2 Les type des normes standards

A. Le Home Plug

Le protocole de transmission de Home Plug est de type CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) similaire au 802.11, auquel ont été ajoutées des classes de priorités et le contrôle de la latence. Les bandes de fréquences utilisées vont de 4,3 MHz à 20,9 MHz pour un taux de transfert de 14 Mbits/s théoriques, dont environ 6 Mbits/s utiles. Plus la distance est importante entre émetteur et récepteur, moins le signal est bon. Ainsi, la distance de communication maximale est estimée à environ 200 mètres, mais c'est là encore une donnée théorique.

En effet, la distance de communication et le taux de transfert sont proportionnels au rapport signal/bruit (SNR) et tributaires de la qualité des connexions sur le réseau. Donc, tout ce qui affecte le rapport signal/bruit (alimentations à découpages, lampes halogènes...) ou modifie l'impédance du réseau (rallonges, multiprises. ..) est susceptible d'affecter les distances de communication et le taux de transfert. Ces caractéristiques du réseau électrique incitent à la prudence, et il vaut mieux évaluer la qualité du réseau avant toute décision, pour vérifier si le débit obtenu est exploitable ou non. Cela permet de vérifier si l'investissement est à la hauteur du service promis. Dans les pires conditions, le risque est de plafonner à un débit de l'ordre du mégabit par seconde. Inexploitable, même pour un petit réseau. [4]

B. Le Home Plug AV

La prochaine version, le Home Plug AV (audio et vidéo), devrait porter le débit théorique à 100 Mbits/s. Destinée, comme son nom l'indique, au transport des flux multimédias, cette version s'appuiera sur des protocoles assurant une meilleure qualité de service. C'est une condition nécessaire pour transporter les flux audio et vidéo. L'adoption de ce standard ne devrait pas avoir lieu avant la fin 2004 pour des produits disponibles début 2005. Cette situation pose un problème de pérennité de la technologie, notamment en entreprise. En effet, le Home Plug AV, clairement destiné au marché domestique, se disqualifie pour occuper le créneau des réseaux d'entreprise sur courant porteur. De plus, le

cycle annoncé pour le développement de cette prochaine version est trop long pour un marché qui démarre et qui ne peut attendre aussi longtemps.. [4]

C. Les concurrents

L'industrie, comme la nature, ayant horreur du vide, l'European Telecommunications Standards Institute a constitué un comité pour désigner un successeur au Home Plug pour l'entreprise. L'Espagnol DS2 propose une technologie plus rapide (45 Mbits/s) et la société française Spidcom Technologies une solution encore plus performante (80 Mbits/s). Baptisé Flip pour Flexible Powerline, le jeu de composants de Spidcom intègre une modulation de type OFDM. Les alternatives au Home Plug sont donc européennes et performantes mais rien ne permet de dire laquelle prévaudra. Une incertitude qui risque de retarder la généralisation du CPL au profit d'autres technologies comme, par exemple, le Wi-Fi. [4]

II.9.La concurrence

Les CPL ne sont pas la seule technologie alternative aux réseaux haut débit classiques et la concurrence promet d'être rude.

II.9.1. Concurrence avec wifi

Les CPL ne sont pas la seule technologie alternative aux réseaux haut débit classiques et la concurrence promet d'être rude. [4]

Très à la mode ces derniers temps, la technologie Wi-Fi de transmission de données numériques sans fil présente aussi de nombreux avantages. À partir d'une antenne relais, il est possible de se connecter à un réseau haut débit sans fil dans un rayon de 500 mètres. Le confort d'utilisation est donc très important avec cette technologie ; les débits proposés sont proches de ceux atteints avec les CPL pour un coût peu élevé. Cependant le Wi-Fi a aussi des inconvénients car il connaît des problèmes de transmission à l'intérieur des bâtiments (mur épais, poutres en aciers...), et l'impact des ondes électromagnétiques sur la santé est encore mal connu. [4]

II.9.2 Les Satellites

Les satellites bidirectionnels permettent la connexion immédiate des sites reculés ainsi que l'utilisation simultanée par un grand nombre d'utilisateurs, mais leur coût d'installation risque de dissuader un grand nombre de collectivités locales. En effet, la mise en orbite d'un

satellite n'est certainement pas à la portée de tout le monde, même si la parabole réceptrice est relativement bon marché. [4]

II.9.2.1. Les avantages des Satellites

Utiliser le réseau électrique pour transporter des données dispense de câbler les locaux concernés. La facilité de l'installation ainsi que le prix réduit du déploiement d'un tel réseau sont aussi des atouts en sa faveur. En matière de qualité de service, le Power Packet, technologie sur laquelle est basé le Home Plug, adapte les taux et les temps de transmission en forçant la segmentation des trames qui excèdent une certaine durée pour offrir la meilleure qualité de service (QoS). Le mécanisme de sécurité crée un réseau logique où chaque station partage une clé de cryptage commune à un même groupe. Chaque trame est codée par l'algorithme DES 56 bits. Ainsi, en utilisant plusieurs clés différentes, on peut réaliser plusieurs réseaux logiques sécurisés par cryptage et indépendants les uns des autres, pour allier sécurité et qualité de service. [4]

II.9.2.2. Les inconvénients des Satellites

En l'état actuel de la technologie, l'usage d'un réseau CPL en entreprise ne peut être limité à quelques situations. Le débit de la norme Home Plug, 14 Mbits/s en théorie, mais plutôt 6 Mbits/s en pratique, la disqualifie pour un réseau d'entreprise, à moins que celle-ci ne soit de petite taille et n'ait des besoins limités. Dans certaines entreprises, le CPL peut permettre à un petit nombre d'utilisateurs de partager un accès à Internet en complément d'un réseau traditionnel. En outre, une incertitude plane sur le standard Home Plug. Rien ne garantit sa pérennité, même pas le futur Home Plug AV prévu pour 2005. [4]

Des concurrents arrivent, comme le DS2 qui propose une technologie atteignant 45 Mbits/s ou le Spidcom avec un débit de 80 Mbits/s. Le courant porteur évolue dans un environnement perturbé. Les perturbations peuvent avoir des causes multiples. Les bruits, ou fréquences parasites, induits par l'utilisation d'appareils électriques sont l'ennemi numéro un des données transitant sur le réseau. Les alimentations à découpage sont également de gros émetteurs de parasites. Tous les ordinateurs, écrans, photocopieurs, imprimantes, TV et autres appareils du même type polluent donc de manière importante le réseau d'alimentation. [4]

II.10 La modulation**II.10.1 Définition**

Dans cette partie est créée la porteuse du signal à moduler ainsi que l'injection dans le réseau électrique. Pour la génération de la porteuse nous avons choisi un montage très simple et facile à gérer, il est basé sur un circuit à base de porte logique « NAND », en utilisant le circuit CMOS 4011. Le montage ainsi obtenu constitue un oscillateur commandé par le signal à transmettre T_x , donc si : $T_x=1$ implique la génération de la porteuse. $T_x=0$ implique non la génération de porteuse. On réalise ainsi une modulation des plus simples qui est appelée « modulation tout ou rien ». La fréquence de la porteuse dépend des valeurs de la capacité et de la résistance ainsi que du temps de propagation des portes logiques qui constituent l'oscillateur. En raison des moyens disponibles et de la puissance mise en jeu, nous avons choisi comme la fréquence de la porteuse d'une valeur d'environ 140 kHz, ceci pour limiter le courant injecté dans le réseau, et donc ne pas avoir à utiliser des composants supportant un courant important (transformateur, transistor, etc..) donc, nous avons utilisé la bobine de fréquence CENELEC D. [2]

Pour l'injection du signal modulé dans le réseau électrique nous utilisons un montage à base de transistor bipolaire montés de sorte à former un Darlington. Les signaux délivrés par le modulateur sont fortement amplifiés, par ce montage, dont les collecteurs sont reliés à travers une résistance à l'armature positive du condensateur de filtrage $C1$ de la figure II.7, où est présente une tension légèrement ondulée de 20V environ. Ces signaux sont injectés en suite dans le réseau à travers des condensateurs de couplage, qui réalisent par la même une isolation galvanique du montage. [2]

II.10.2 Généralités sur les modulations QAM et multi porteuses

Modulations QAM et représentation graphique : constellation Le débit est un des facteurs les plus importants lors d'une étude de transmission de données. Dans le cas d'une modulation numérique, il est défini en fonction du nombre de bits ou de symboles transmis par seconde. Rappelons qu'un symbole est formé par plusieurs bits rassemblés comme indiqué à la figure II.4. Le nombre de bits dépend du type de modulation utilisé. [1]

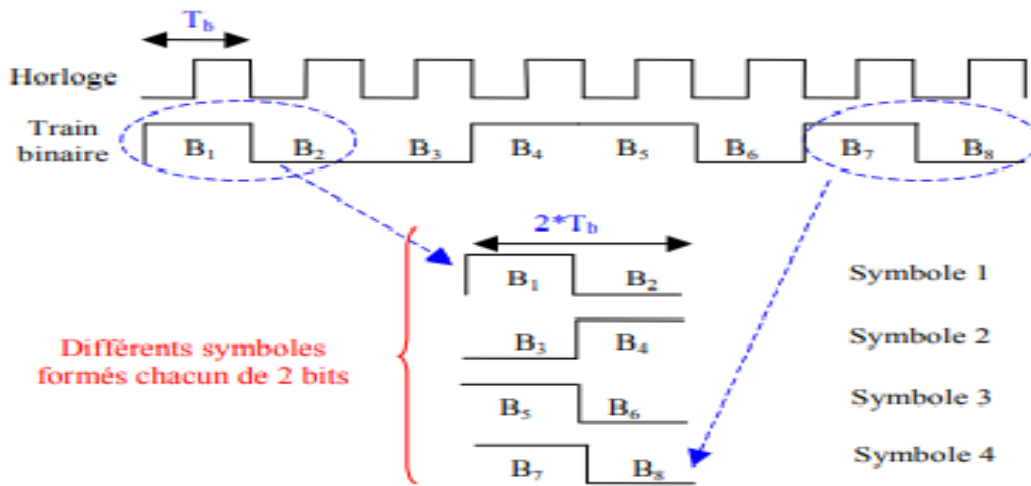


Figure II.4 Association Symboles et Bits.

Le diagramme de constellation permet de représenter les différents symboles dans un diagramme bidimensionnel dont les axes délimitent le plan complexe aux instants d'échantillonnage des symboles. L'axe des abscisses 'I' correspond à la composante réelle et celui des ordonnées 'Q' correspond à la composante imaginaire du symbole transmis. La façon de disposer ces symboles dépend du type de modulation de base que ce soit une Modulation d'Amplitude en Quadrature (QAM) ou une modulation par sauts de phase (PSK). Le principe des différentes modulations monoporteuses est largement détaillé dans la littérature. La figure 1.5 montre un exemple de constellation pour deux types de modulations différentes. On note que le nombre de points sur le diagramme augmente lorsque le nombre de symboles augmente. [1]

Pour la modulation 8-PSK, on remarque que les points sont à égales distances du centre et que leur phase varie. Pour la modulation 16-QAM, l'amplitude et la phase des différents points varient conformément au principe de cette modulation. [1]

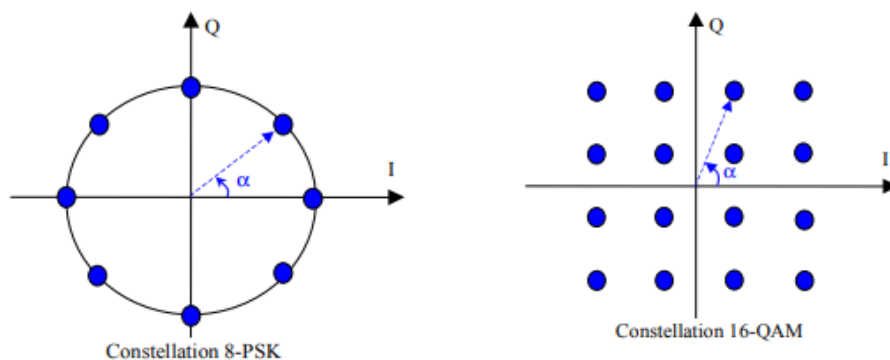


Figure II.5 Diagramme de constellation 8-PSK et 14 -QAM.

Le nombre de point sur la constellation représente le nombre de symboles différents pouvant être transmis. Toutefois, on remarque que pour une puissance donnée fixe, les symboles émis seront de plus en plus proches sur la constellation lorsque leur nombre augmente. La figure II.6 montre qu'à cause du bruit, il sera plus difficile au niveau du récepteur de différencier entre eux deux symboles. Ainsi, si le nombre de symboles augmente sur une constellation, les performances du système en seront alors affectées à cause du bruit du canal de transmission. Par conséquent, un compromis est nécessaire entre le débit symboles et le taux d'erreur. [1]

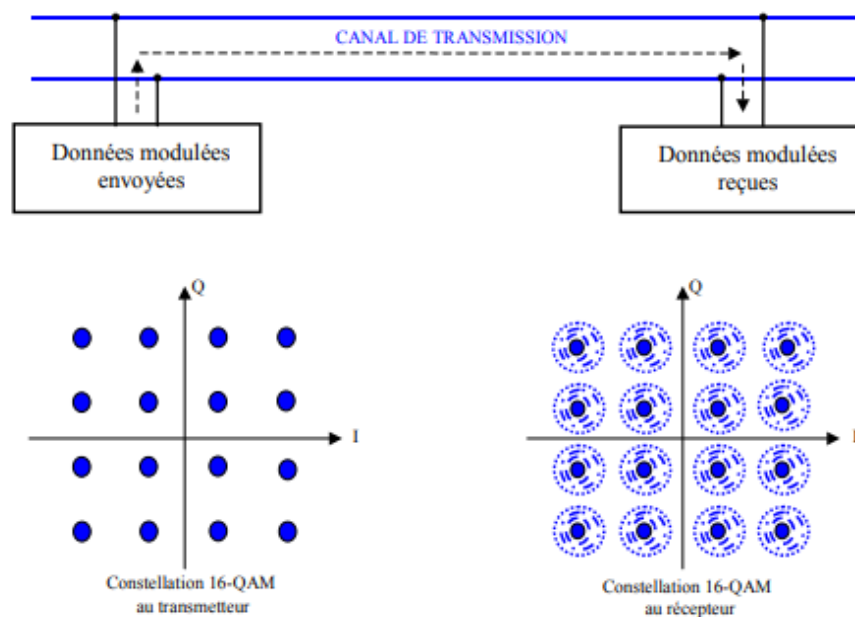


Figure II.6 Influence du bruit du canal de transmission sur la constellation.

Le canal de transmission dans notre cas n'est autre que le réseau électrique. La réponse fréquentielle de ce canal n'est pas plate. Ainsi, à certaines fréquences le signal émis sera fortement atténué. Les zéros de transmission liés à la désadaptation condamneront même certaines fréquences. Un tel canal est dit sélectif. En d'autres termes, ce phénomène apparaît si le signal possède une bande de fréquence plus large que la bande de cohérence du canal de propagation. De même, les problèmes de réflexions et de multi chemins entraînent des problèmes d'interférences entre symboles ce qui peut encore dégrader la qualité de la transmission. Afin de pallier à ces problèmes des techniques de modulations multiporteuses 'Multi Carrier Modulation' (MCM) ont vues le jour. [1]

II.10.3 Principe des modulations multi porteuses

Le principe des modulations multiporteuses consiste à placer l'information dans une fenêtre « temps-fréquence » telle que sa durée soit bien plus grande que le temps de propagation 'Delay Spread' du canal. En effet, en modulant sur 'n' porteuses, il est possible d'utiliser des symboles 'n' fois plus longs tout en conservant le même débit qu'avec une modulation monoporteuse. En choisissant une valeur assez grande pour 'n', la durée des symboles devient grande devant l'étalement des retards, et les perturbations liées aux échos deviennent négligeables. La figure II.7 montre la répartition des données sur quatre sous porteuses et sa répercussion sur le débit. [1]

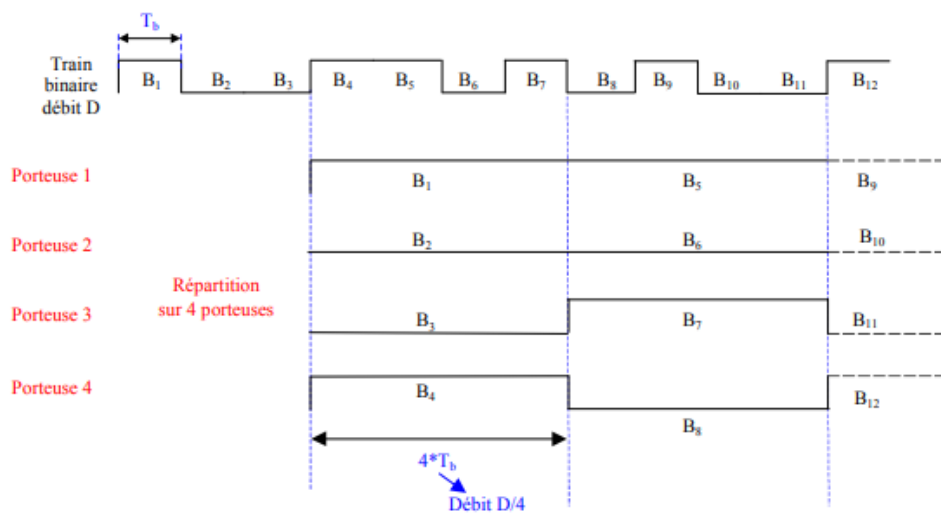


Figure II.7: Répartition des données sur les sous porteuses.

La fonction de transfert du canal montre que celui-ci comporte des atténuations qui dépendent de la fréquence. La modulation multiporteuses consiste à transmettre l'information sur n porteuses sinusoïdales de fréquence f_i ($i = 1, \dots, n$). Durant son trajet, l'information modulée sera déformée et atténuée d'un certain gain G qui est fonction de la fréquence f_i de la porteuse. Si une information portée à une certaine fréquence est totalement atténuée due à la sélectivité du canal, ce ne sera pas forcément le cas pour les informations portées aux autres fréquences.

L'information envoyée sur les différentes fréquences ne sera pas totalement perdue ce qui nous permettra de la récupérer lors de la démodulation. Chaque sous canal peut être alors considéré comme une transmission mono trajet dotée de son propre rapport signal sur bruit (fonction de l'atténuation) et de largeur Δf . Cette stratégie rend les modulations multi

porteuses moins sensibles au bruit impulsif que les transmissions mono porteuses puisque chaque sous canal est traité indépendamment. Le débit de chaque sous porteuse est égal au débit initial divisé par le nombre total des sous porteuses. [1]

II.10.4 Classification des modulations multi porteuses

Plusieurs modulations multiporteuses existent. On peut citer les modulations ‘Orthogonal Frequency Division Multiplexing’ (OFDM) et ‘Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing’ (COFDM) qui sont basées sur le principe de multiplexage des fréquences. Il existe aussi les modulations ‘Code Division Multiple Access’ (CDMA) et ‘Direct Sequence Spread Spectrum’ (DS-SS) qui sont basées sur le principe de l’étalement de.

Transmission de données par CPL sur réseaux MLI 29 L'utilisation conjointe de l'OFDM et de l'étalement de spectre peut donner lieu à un grand nombre de variantes, regroupées sous l'appellation générique ‘Multi Carrier Spread Spectrum’ (MC-SS). Certaines modulations introduisent les techniques de codage (Reed Salomon (3,7), BCH (21,31), ...) afin d’augmenter la robustesse et la fiabilité de la transmission comme la modulation COFDM. Les modulations à porteuses orthogonales se distinguent des autres du faite qu’elles permettent de résoudre les problèmes liés à l’évanouissement sans toute fois entraîner une augmentation spectrale. Par la suite, on limitera notre étude à la modulation OFDM qui est largement utilisée dans les applications CPL et adoptée par les standards HomePlug. [1]

II.10.5 Modulation multi-porteuse OFDM

L’intérêt de la modulation OFDM réside dans l’amélioration apportée au niveau de l’occupation spectrale en orthogonalisant les porteuses. De plus, l’implémentation de la modulation et de la démodulation est très répandue avec des circuits spécialisés de Transformée de Fourier Rapide (Fast Fourier Transform). Le multiplexage en fréquence est bénéfique pour les transmissions dans des canaux sélectifs en fréquence qui comportent des trajets multiples. Le principe de cette modulation est basé sur deux points principaux: La condition d’orthogonalité et la transformée de Fourier. [1]

II.10.6 Condition d’orthogonalité

La notion d’orthogonalité signifie que les sous-porteuses OFDM sont alignées de telle sorte que les valeurs nulles du spectre d’une sous porteuse coïncident avec les maximums des sous porteuses adjacentes, ce qui entraîne un chevauchement spectral partiel. Le

chevauchement partiel des signaux des sous-porteuses permet de réduire la bande occupée sur le canal. Grâce à cette orthogonalité, il n'y aura pas d'interférence entre les sous porteuses.

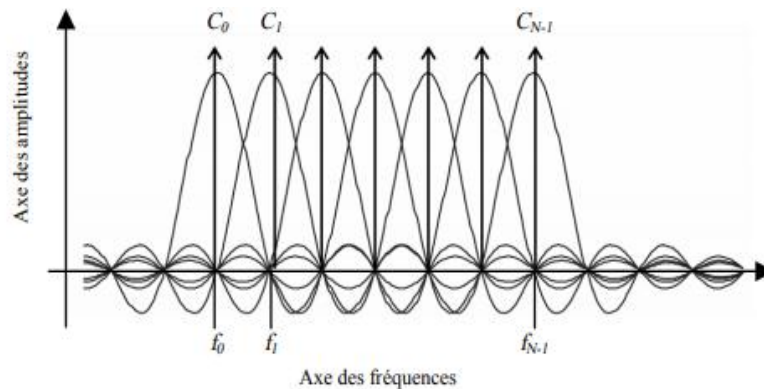


Figure II.8 : Modulation OFDEM : orthogonalité des sous porteuses

II.11. La démodulation

Lorsque l'on souhaite ajouter de nouvelles fonctions à une installation électrique, on est souvent confronté au problème du passage des câbles de commande, que ce soit pour de l'éclairage ou des appareils domestiques. Les courants porteurs offrent des solutions de plus en plus attractives pour réaliser des fonctions de télécommande sur des lignes électriques existantes. Nous vous proposons ici un module universel utilisant le TDA5051A, le tout nouveau MODEM courant Porteur de PHILIPS Semiconductors. [1]

II.11.1. Le Courant Porteur

Rappel du principe La technique des courants porteurs est plus ancienne et plus répandue qu'on ne l'imagine bien souvent. L'application la plus largement utilisée en France est sans doute la transmission par EDF des ordres de tarification chez l'abonné (changement Heure pleine/Heure creuse mais aussi tarifs EJP et TEMPO). Le principe est assez simple: on utilise une ligne d'alimentation de puissance, transportant un courant basse fréquence, sur laquelle on «injecte» une composante sinusoïdale de fréquence supérieure (porteuse), mais d'amplitude beaucoup plus faible.

Cette porteuse est modulée en amplitude (ASK) ou en fréquence (FSK) par un dispositif de codage, de façon à matérialiser des ordres de commande. La réception de la porteuse et sa démodulation permet la reconstitution de l'ordre afin d'actionner un commutateur de puissance. Un des principaux problèmes de ce type de commande est le voisinage, toujours délicat, de l'électronique « sensible » avec les tensions élevées et les

nombreuses perturbations que peut transporter une ligne électrique domestique. Il y a quelques années, devant la prolifération quelque peu anarchique des dispositifs à courant porteur (Interphones, transmission de signal audio, télécommande...), une norme a été établie et fixe très rigoureusement les domaines réservés aux installations domestiques et les caractéristiques des modems qui y sont utilisés. [1]

II.11.2. Principe de la démodulation

Le principe du démodulateur est représenté à la figure II.12.

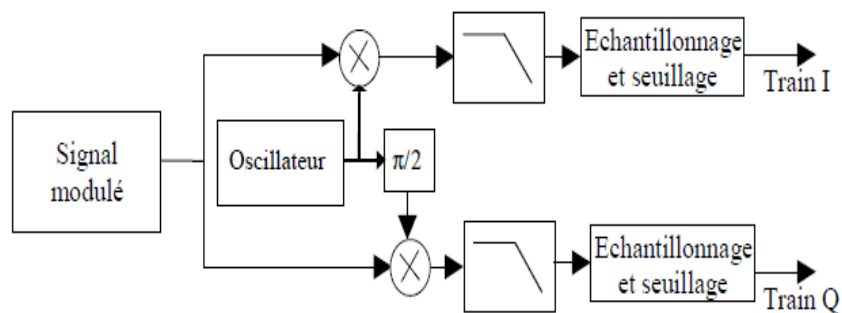


Figure II.9: Principe de la démodulation QPSK

A la réception, un oscillateur local synchrone et un déphaseur permettent de créer deux signaux sinusoïdaux en quadrature de fréquence f_0 . Le signal reçu est alors multiplié par ces deux porteuses. [1]

II.12. Conclusion

De manière générale les réseaux électriques appartiennent aux collectivités locales qui n'ont pas la possibilité de devenir opérateur de télécommunication. Pour autant certaines collectivités rurales s'intéressent à cette technologie, notamment pour mettre des réseaux haut débit à la disposition des opérateurs. Dans l'hypothèse d'un développement des CPL sur un territoire, les conditions de leur utilisation et de leur partage par des opérateurs de télécommunications resteraient à définir

Le CPL s'apparente aussi aux technologies câblées. Le courant porteur en ligne assure une sécurité étendue sur le réseau, n'émet pas de rayonnement, et reste très simple d'utilisation (transparent pour les utilisateurs finaux). Le CPL est une solution simple, efficace et économique au service des particuliers, des bâtiments d'entreprise, d'usine, des musées, des écoles et tout bâtiment nécessitant la mise en place d'un réseau informatique et/ou d'un accès Internet.

CHAPITRE III :

Généralités sur les PIC

III.1. Les Microcontrôleurs

Un système minimal, pour fonctionner, a besoin :

- D'une Unité Centrale (Processeur).
- De Mémoire morte, pour le programme (PROM, EPROM, ...).
- De Mémoire vive, pour les calculs, pour stocker les données.
- De circuits Interfaces, pour connecter les périphériques qui vont permettre la communication avec l'extérieur. [7]

Les microcontrôleurs sont des circuits logiques qui permettent l'exécution d'un programme dont les actions dépendent de l'état des variables d'environnement du système. Ces circuits intégrés à bas prix (quelques euros) sont de véritables ordinateurs miniatures autonomes utilisés dans les voitures (ordinateurs de bords, airbags, freins ABS...), les lecteurs DVD, les fours à micro-ondes, etc. .. On peut définir un microcontrôleur comme une unité de traitement de l'information de type microprocesseur à laquelle on a ajouté des périphériques internes permettant de réaliser des montages sans nécessiter l'ajout de composants externes.



Figure III.1 Les Microcontrôleurs.

III.1.1 Utilisation

Toutes les solutions à base de composants programmables ont pour but de réduire le nombre de composants sur le circuit électronique et donc fiabiliser le circuit. Le microcontrôleur est en concurrence avec d'autres technologies. Suivant les applications: types de technologies :

A. >Logique câblée



Figure III.2 Logique câblée Microcontrôleur

- très rapide, fonctions réalisées par une voie matérielle.
- non programmable, peu économique quand l'application est complexe peu de souplesse : durée d'étude prohibitif et circuit difficilement modifiable.

B =>Réseaux de logique programmables (PAL, LCA,..):

- rapide, adapté au traitement de signaux complexes.
- prix élevé et langage de programmation non standard. [7]

III.2. Les Microprocesseurs

Apparus dès la création des premiers circuits intégrés numériques, au début des années 1970, les microprocesseurs constituent le cœur de presque toutes les réalisations électroniques; on en trouve dans tous les domaines, notamment : l'informatique (de la calculatrice à l'ordinateur), l'automobile (ABS, injection, ...), l'automatique (automates programmables, contrôle de processus, ...), l'électronique domestique (thermomètre, télécommande, carte à puce, ...). Les performances des microprocesseurs sont liées aux possibilités offertes par la technologie, en terme de capacité (nombre de portes logiques intégrées) et de vitesse, et au choix d'architectures adaptées (ou imposées pour cause de

compatibilité ascendante); à l'heure actuelle, on trouve sur le marché des microprocesseurs intégrant des millions de transistors, fonctionnant à plus de 300 MHz et disposés dans des boîtiers de plusieurs centaines de broches, ils sont issus de différentes approches architecturales : CISC, RISC, DSP et VLIW. [7]



Figure III.3 Les Microprocesseurs.

III.2. Microprocesseur et microcontrôleur

Comme nous l'avons dit précédemment, un microcontrôleur est un composant réunissant sur un seul et même silicium un microprocesseur, divers dispositifs d'entrées/sorties et de contrôle d'interruptions ainsi que de la mémoire, notamment pour stocker le programme d'application. Il intègre également un certain nombre de périphériques spécifiques des domaines ciblés (bus série, interface parallèle, convertisseur analogique numérique, ...). Les microcontrôleurs améliorent donc l'intégration et le coût (lié à la conception et à la réalisation) d'un système à base de microprocesseur en rassemblant les éléments essentiels d'un tel système dans un seul circuit intégré. On parle alors de "système sur une puce" (en anglais : "System On chip").

Il existe plusieurs familles de microcontrôleurs, se différenciant par la vitesse de leur processeur et par le nombre de périphériques qui les composent. Toutes ces familles ont un point commun c'est de réunir tous les éléments essentiels d'une structure à base de microprocesseur sur une même puce. Un processeur (C.P.U.), Des bus, De la mémoire de donnée (RAM et EEPROM), De la mémoire programme (ROM, OTPROM, UVPROM ou

EEPROM) Des interfaces parallèles pour la connexion des entrées / sorties, Des interfaces séries (synchrone ou asynchrone) pour le dialogue avec d'autres unités, Des timers pour générer ou mesurer des signaux avec une grande précision temporelle. Le microcontrôleur apparaît donc comme un système extrêmement complet et performant, capable d'accomplir une ou plusieurs tâches très spécifiques, pour lesquelles il a été programmé.

Ces tâches peuvent être très diverses, si bien qu'on trouve aujourd'hui des microcontrôleurs presque partout: dans les appareils électroménagers (réfrigérateurs, fours à micro-ondes...), les téléviseurs et Microprocesseurs et Microcontrôleurs Les microcontrôleurs magnétoscopes, les téléphones sans fil, les périphériques informatiques (imprimantes, scanners...), les voitures (airbags, climatisation, ordinateur de bord, alarme...), les avions et vaisseaux spatiaux, les appareils de mesure ou de contrôle des processus industriels, ... La force du microcontrôleur, qui lui a permis de s'imposer de manière si envahissante en si peu de temps, c'est sa spécialisation, sa très grande fiabilité et son coût assez faible (pour les modèles produits en grande série, notamment pour l'industrie automobile). L'objectif premier est d'offrir le plus de performances et de services pour un prix minimal de la puce.

Or aujourd'hui un cœur de processeur de 16 ou 32 bits représente une augmentation de la surface occupée sur le silicium de seulement quelques pour-cent par rapport à un circuit en 8 bits. Opter pour un cœur de processeur en 16 ou en 32 bits, c'est permettre entre autres des exécutions parallèles, un espace mémoire élargi, des interfaces de communications ou encore le remplacement de fonctions analogiques par des traitements numériques. Actuellement, une version 16 bits, voire 32 bits, a un coût comparable à un 8 bits. Les modèles 8 bits ont encore leur lot d'applications mais, trop souvent poussés à leur limite sans oublier l'espace mémoire qui reste inexorablement plafonné à 64 Ko. [8]

III.2.1. Le processeur

III.2.1.1. Structure classique.

Il est clair que la puissance d'un microcontrôleur est directement liée au processeur qu'il intègre. Ce processeur est surtout caractérisé par la famille à laquelle il appartient (CISC, RISC, VLIW, DSP). Il est constitué par un certain nombre d'éléments similaires à ce que l'on trouve dans un microprocesseur. Voici ce qu'on trouve à l'intérieur.

Une Unité Arithmétique et Logique (UAL, en anglais Arithmetic and Logical Unit - ALU), qui prend en charge les calculs arithmétiques élémentaires et les tests.

- Une Unité de Contrôle
- Des registres

Qui sont des mémoires de petite taille (quelques octets), suffisamment rapides pour que l'UAL puisse manipuler leur contenu à chaque cycle de l'horloge. Un certain nombre de registres sont communs à la plupart des proc

- Compteur d'instructions :

Ce registre contient l'adresse mémoire de l'instruction en cours d'exécution.

- Accumulateur :

Ce registre est utilisé pour stocker les données en cours de traitement par l'UAL.

- Registre d'adresses :

Il contient toujours l'adresse de la prochaine information à lire par l'UAL, soit la suite de l'instruction en cours, soit la prochaine instruction.

- Registre d'instructions :

Il contient l'instruction en cours de traitement

- Registre d'état :

Il sert à stocker le contexte du processeur, ce qui veut dire que les différents bits de ce registre sont des drapeaux (flags) servant à stocker des informations concernant le résultat de la dernière instruction exécutée.

- Pointeurs de pile :

Ce type de registre, dont le nombre varie en fonction du type de processeur, contient l'adresse du sommet de la pile (ou des piles).

- Registres généraux :

Ces registres sont disponibles pour les calculs.

- Un séquenceur,

qui permet de synchroniser les différents éléments du processeur. En particulier, il initialise les registres lors du démarrage de la machine et il gère les interruptions.

- Une horloge

Qui synchronise toutes les actions de l'unité centrale. Elle est présente dans les processeurs synchrones, et absente des processeurs asynchrones et des processeurs autosynchrones

- Une unité d'entrée-sortie

Qui prend en charge la communication avec la mémoire de l'ordinateur ou la transmission des ordres destinés à piloter ses processeurs spécialisés, permettant au processeur d'accéder aux périphériques de l'ordinateur. [8]

III.2.2. Le choix d'un microcontrôleur

Nous n'avons pour l'instant évoqué que des généralités applicables à tous les microcontrôleurs du marché, sans citer de marque précise. En effet, toute la difficulté du choix d'un microcontrôleur pour une application donnée réside dans la sélection du "bon" circuit adapté pour cette application. Le choix du microcontrôleur est surtout dicté par deux critères principaux :

- l'adaptation de son architecture interne aux besoins de l'application (présence de convertisseurs A/N par exemple ou d'un timer disposant d'un mode particulier, ...)
- le fait de posséder déjà ou non un système de développement.

En effet, si l'on ne possède rien, on peut se laisser guider par le premier critère en comparant toutefois les investissements de développement à prévoir. Si l'on est déjà équipé, mieux vaut choisir un circuit un peu moins bien adapté, quitte à lui adjoindre des circuits externes, que le circuit qui va bien mais qui impose un changement de système. Pour simplifier un peu ce deuxième dilemme, les fabricants ont essayé de développer non pas des microcontrôleurs isolés mais des familles de circuits, plus ou moins compatibles entre eux tant au niveau de l'architecture qu'au niveau de la programmation et des outils de développement. Il existe plusieurs familles de microcontrôleurs dont les plus connues sont :

La famille Atmel AT91

La famille Atmel AVR

Le C167 de Siemens/Infineon

La famille Hitachi H8

La famille Intel 8051, qui ne cesse de grandir ; de plus, certains processeurs récents utilisent un cœur 8051, qui est complété par divers périphériques (ports d'E/S, compteurs/temporisateurs, convertisseurs A/N et N/A, chien de garde, superviseur de tension...)

L'Intel 8085, à l'origine conçu pour être un microprocesseur, a en pratique souvent été utilisé en tant que microcontrôleur. [8]

III.3. Généralités sur le PIC 16F628

III.3.1. Présentation du microcontrôleur



Figure III.4 Le PIC 16F628

Le PIC 16F628, que nous appellerons 628 par commodité, est souvent présenté et à juste titre, comme le successeur du PIC 16F84.

En effet, le 628 est compatible patte à patte avec le 16F84. De plus, au niveau programmation, seul un léger rajout, au niveau de l'initialisation des différents registres est nécessaire. De ce fait, avec un prix encore plus bas que le PIC 16F84, il est indéniable, que le 628 finisse par s'imposer. Il ne faut surtout pas confondre les microcontrôleurs et les microprocesseurs. Pour résumer, on peut dire qu'un microcontrôleur est un ordinateur extrêmement miniaturisé et possédant donc assez peu de mémoire, et dont le processeur est relativement simple, alors qu'un microprocesseur ne fait qu'exécuter des instructions qui lui sont communiquées, puis renvoie les résultats.

Les principaux problèmes des microcontrôleurs sont la taille de leur mémoire et le nombre limité de périphériques qu'ils peuvent recevoir en même temps. Cependant, le nombre de ces derniers peut parfois être augmenté en associant, sur les mêmes pattes un périphérique

d'entrée et un de sortie, permettant alors de doubler le nombre de périphériques connectables...

Un microcontrôleur se décompose en diverses parties : la mémoire de programme, la mémoire de données, le processeur, les ressources auxiliaires.

Jusqu'à une certaine époque, les microcontrôleurs respectaient l'architecture Von Neumann, inventeur de l'ENIAC, premier ordinateur au monde. Cependant, celle-ci présente des inconvénients. En effet, la vitesse d'exécution est limitée, les instructions et les données transitaient par le même bus. Pour résumer, son principal défaut était le fait qu'elle ne possédait qu'un bus pour, simultanément, la mémoire programme et la mémoire donnée. [9]

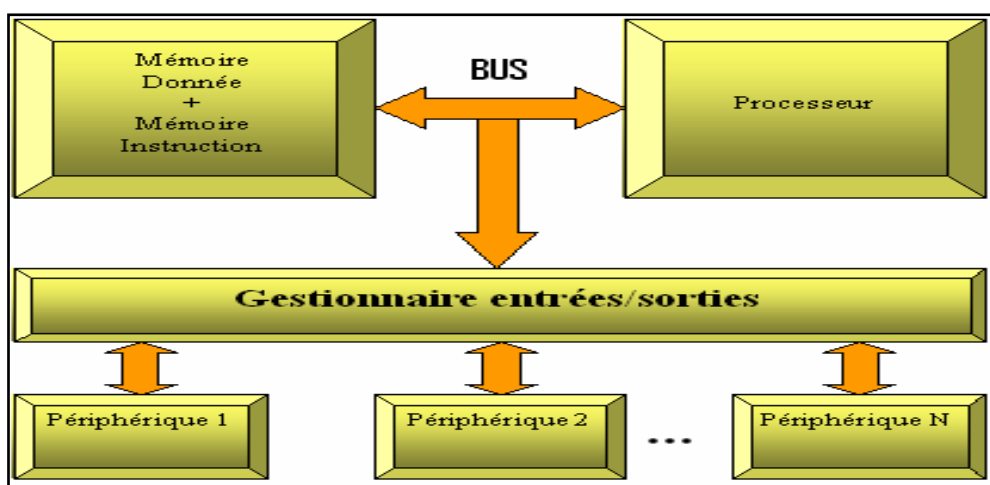


Figure III.5 : L'architecture de Von Neumann

D'où l'architecture Harvard, utilisée maintenant par les PIC. Sa particularité tient dans le fait qu'il y a deux mémoires accessibles en même temps par le processeur, par l'intermédiaire de deux bus spécifiques.

L'un sert pour les données, et l'autre pour les instructions. De ce fait, les deux peuvent être accessibles en même temps, d'où un gain de vitesse, au niveau exécution. [9]

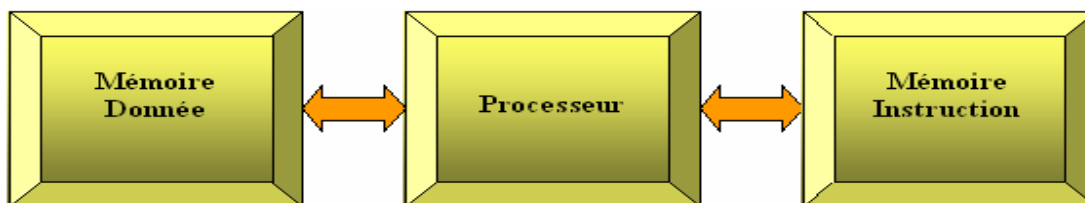


Figure III.6 : L'architecture Harvard

Ceci aidant, il existe depuis quelques années, un nouveau type de mémoires dites « flash », avec écriture et effacement électrique des données dans la mémoire. Elle est de type RAM, mais est associée à une mémoire E²PROM pour des données auxiliaires. [9]

III.3.2. Caractéristiques du PIC 16F628

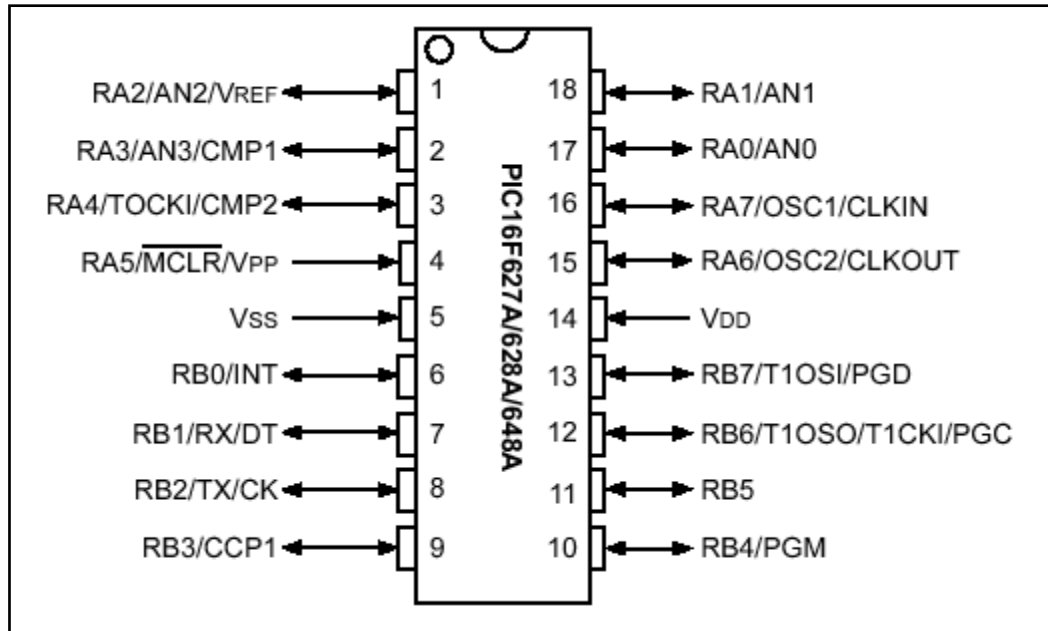


Figure III.7 : schéma PIC 16F628.

Le 628 possède 13 pattes d'E/S, tout comme le 16F84, nombre qui peut monter jusqu'à 16 E/S, selon les configurations. Ces E/S sont, tout comme chez le 16F84, réparties sur deux ports (A et B).

Voici enfin, les caractéristiques générales du PIC 16F628 fourni par Microchip :

- _ Mémoire de programme : 2KO, type Flash
- _ Mémoire de données RAM : 224 octets
- _ Mémoire de données E²PROM : 128 octets
- _ Cause d'interruption : 10
- _ Fréquence max de travail : 20 MHz (horloge interne de 4 MHz)
- _ Lignes E/S numérique : de 13 à 16 (attention, RA5 n'est qu'une entrée)
- _ Temporisateur : 3 pour l'utilisateur, un pour le Watchdog
- _ Tension d'alimentation : 3 à 5,5 V continu
- _ Tension de programmation : 12 à 14 V continu (compatible 16F84)
- _ Boîtier : DIL 18.

III.3.3. Fonctionnement du PIC 16F628

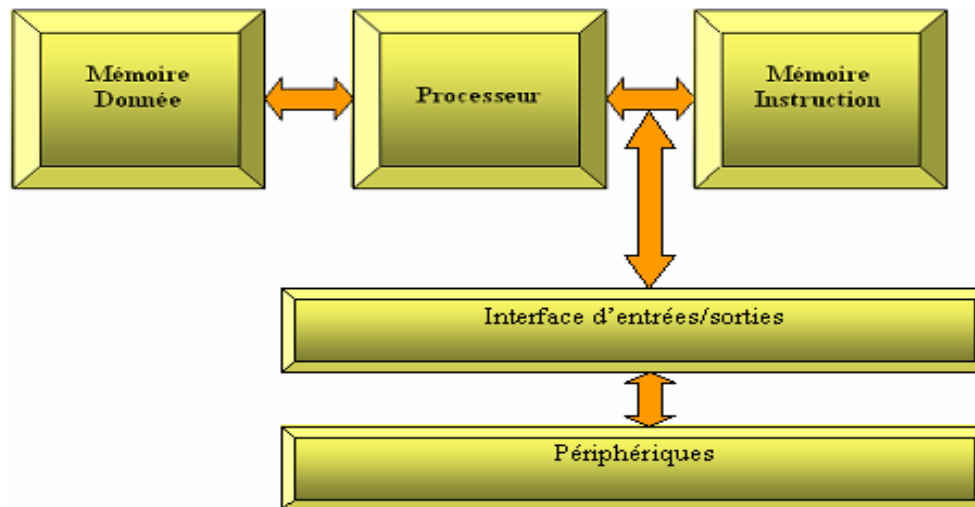


Figure III.8 Fonctionnement du PIC 16F628.

Dans cette partie, nous allons voir les différentes possibilités de chaque patte, en les désignant par leur numéro. A noter, qu'une seule fonction est disponible à la fois, par patte. Chaque valeur issue d'un CAN peut être comparée (dans les comparateurs) avec la tension de référence interne. [9]

dans cette partie, nous allons voir les différents modes d'horloge. On peut les dénombrer aux nombres de 6. Le mode de fonctionnement se fait sous ICPROG, dans la fenêtre oscillateur. Nous précisons entre parenthèse les broches utilisées pour l'horloge. Dans le cas d'un quartz (mode1), vous pourrez choisir à la programmation ou horloge XT (jusqu'à 4 Mhz), ou HS (jusqu'à 20 MHz).

Le reset sur le 628 peut être de deux types. Classique, comme sur le 16F84, ou bien automatique (case BODEN à cocher sous ICprog, pour la surveillance watchdog et case PWRT pour un reset au démarrage).

La mémoire l'E²PROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) est une mémoire interne au Pic. Il s'agit d'une mémoire non volatile dans laquelle le PIC peut stocker des données, comme par exemple les résultats d'une acquisition. [9]

La mémoire flash est le nouveau type de mémoire E²PROM. Bien plus souple que les premières générations de ces dernières, la mémoire flash permet une écriture/effacement de toute la mémoire ou que d'une partie au choix. Ce type de mémoire possède beaucoup de caractéristiques intéressantes. [9]

Caractéristiques de la mémoire Flash
1-Pas de différence significative entre les différents types de mémoires existantes sur le marché
2-Utilisation simplifiée par rapport aux autres mémoires EPROM
3-Faible coût des outils de développement
4-Simplification du débogage
5-Possibilité de mise à jour du Firmware
6- Grande plage de tension de programmation.

Tab.III.1 : Caractéristiques de la mémoire flash.

Les interruptions passent ici au nombre de 10. Nous allons ici voir la liste des interruptions possibles :

- _ Externe : RB0
- _ Débordement du timer 0
- _ Changement d'état des broches RB4 à RB7
- _ Modules de comparaison
- _ USART
- _ Module CCP (pour la modulation PWM)
- _ Débordement du timer 1
- _ Timer 2

Les TIMERS Chez le 628, ils sont au nombre de 3.

Le premier (timer 0) est identique à celui du 16F84 (8 bits).

Le second (timer 1) est sur 16 bits, permettant ainsi d'étendre les possibilités.

Le troisième (timer 2), lui sur 8 bits, possède un pré et un post-diviseur, permettant ainsi de générer un signal PWM.

Timer0 : Il s'agit d'un temporisateur interne de 8 bits, qui peut être initialisé à une valeur donnée. A chaque passage de FF à 00 (en hexa), le bit de débordement est activé. Il faut alors le remettre à zéro, pour pouvoir détecter un autre débordement (non automatique).

Il possède deux modes de fonctionnement possible, dont le choix s'effectue par la mise à 1 ou à 0 du bit TOSC (voir chap. nécessaire à la programmation), l'entrée horloge devenant alors la patte RA4, en mode dit « TOCKI ».

Ces deux modes sont :

- _ Temporisateur interne (peut alors servir pour des fonctions de temps)

_ Compteur d'évènements (peut servir pour compter des évènements extérieurs par l'intermédiaire de RA4)

L'USART Sous ce nom un peu barbare se cache en fait la possibilité de communiquer avec un autre système ou microcontrôleur de façon asynchrone ou synchrone.

La tension de référence, le 628 possède une source de tension de référence interne. Nous pouvons ainsi sur la patte 1 avoir, pour une tension d'alimentation de 5 V, une tension de référence comprise entre 0 et 3,6 V. Pour choisir cette tension, on utilise le registre VRCON :

VREN	VROE	VRR		VR3	VR2	VR1	VR0
------	------	-----	--	-----	-----	-----	-----

Le bit VREN sert à la mise en marche (niveau 1) ou non (niveau 0) de la tension de référence (la patte 1 du 628 sert alors de tension de référence externe). Le bit VROE, lui sert à appliquer cette Vref à l'entrée du comparateur (niveau 1) ou non (niveau 0). Le VRR, lui sert à choisir deux intervalles de tensions possibles (VR3.0 désignera la valeur décimale codée sous forme binaire dans VR3, VR2, VR1 et VR0) :

VRR=0 :

$$V_{ref} = V_{lim} / 4 + (VR3.0 / 32) * V_{lim}$$

Nous obtenons ici une gamme allant de 1.25 à 3.59 V

VRR=1 :

$$V_{ref} = (VR3.0 / 24) * V_{lim}$$

Ici, la gamme va de 0 à 3.13V

Toutes ces tensions sont obtenues, pour informations, par l'intermédiaire d'un réseau de résistance.

Les comparateurs

Le 628 possède deux comparateurs intégrés. Deux états de sorties sont possibles : niveau 1 si $V_+ > V_-$, niveau 0 si $V_+ < V_C'$ est le registre CMCON qui sert à configurer les comparateurs:

C2OUT	C1OUT	C2INV	C1INV	CIS	CM2	CM1	CM0
-------	-------	-------	-------	-----	-----	-----	-----

C2OUT : image de sortie du comparateur 2 (non écrivable)

C1OUT : image de sortie du comparateur 1 (non écrivable)

C2INV : inversion de la sortie du comparateur 2

C1INV : inversion de la sortie du comparateur 1

CIS : multiplexage d'entrées

CM2, CM1, CM0 : permettent de définir un mode de fonctionnement des Comparateurs

Le Watchdog littéralement le « chien de garde », le Watchdog est un système de surveillance du bon déroulement du programme. Il s'agit d'un compteur, qui est réinitialisé régulièrement dans le cas d'un fonctionnement normal.

Mais dans le cas d'un dysfonctionnement, le compteur va jusqu'au bout et déclenche alors un reset interne, par débordement, réinitialisant le Pic. [9]

Le RTCC s'agit d'une horloge interne destinée au fonctionnement du timer 0 (TMR0) dans le cas d'un fonctionnement de ce dernier sur horloge interne. [9]

III.3.4. Avantages et inconvénients

Une réalisation logicielle est toujours plus lente qu'une réalisation en logique câblée : le microprocesseur exécute une instruction à la fois.

Les µcontrôleurs = avantage des µprocesseurs mais limités aux applications ne nécessitant pas trop de puissance de calcul, nombre de composant très réduit, mais souvent surdimensionnement devant les besoins de l'application. [10]

A. =>Les avantages des microcontrôleurs

- Diminution de l'encombrement du matériel et du circuit imprimé.
- Simplification du tracé du circuit imprimé (plus besoin de tracer de bus !).
- Augmentation de la fiabilité du système
 - nombre de composants.
 - connexions composants/supports et composant circuit imprimé.
- Intégration en technologie MOS, CMOS, ou HCMOS.
 - diminution de la consommation.
- Le microcontrôleur contribue à réduire les coûts à plusieurs niveaux:
 - moins cher que les composants qu'il remplace
 - Diminution des coûts de main d'œuvre (conception et montage).
 - Environnement de programmation et de simulation évolués. [10]

B. Les inconvénients des microcontrôleurs

- Diminution de l'encombrement du matériel et du circuit imprimé.
- Simplification du tracé du circuit imprimé (plus besoin de tracer de bus !).
- Augmentation de la fiabilité du système
 - Nombre de composants.
 - Connexions composants/supports et composant circuit imprimé.
- Intégration en technologie MOS, CMOS, ou HCMOS.
 - >diminution de la consommation.

Le microcontrôleur contribue à réduire les coûts à plusieurs niveaux:

- Moins cher que les composants qu'il remplace.
 - Diminution des coûts de main d'œuvre (conception et montage).
- Environnement de programmation et de simulation évolués. [10]

III.4.Conclusion

Dans ce troisième chapitre nous avons donné une description globale du microcontrôleur 16F628 de son brochage, de ses périphériques ainsi que de ses modes d'adressage, et quelques composants tels que NE567 et MOC 3014 ce qui nous facilitera son utilisation lors de la réalisation de notre système

Le microcontrôleur est l'élément le plus important dans ce projet. C'est pourquoi on l'étudie profondément pour faciliter ensuite la partie de la programmation

CHAPITRE IV :

Partie pratique

Réalisation

IV.1. Introduction

L’objectif étant de pouvoir utiliser le réseau électrique dans les domiciles comme un support de communication pour pouvoir commander à distance un appareil électrique, on a réalisé deux cartes électroniques : un émetteur et un récepteur.

L’émetteur génère un courant de fréquence élevée (100 kHz) qui sera superposé au courant véhiculé par les fils du secteur (de fréquence 50Hz). Le récepteur, en détectant ce courant, fournira une tension de 230 V aux bornes de la charge ou éliminera cette alimentation en fonction de la commande générée. [11]



Figure IV.1 : exemple d’un émetteur

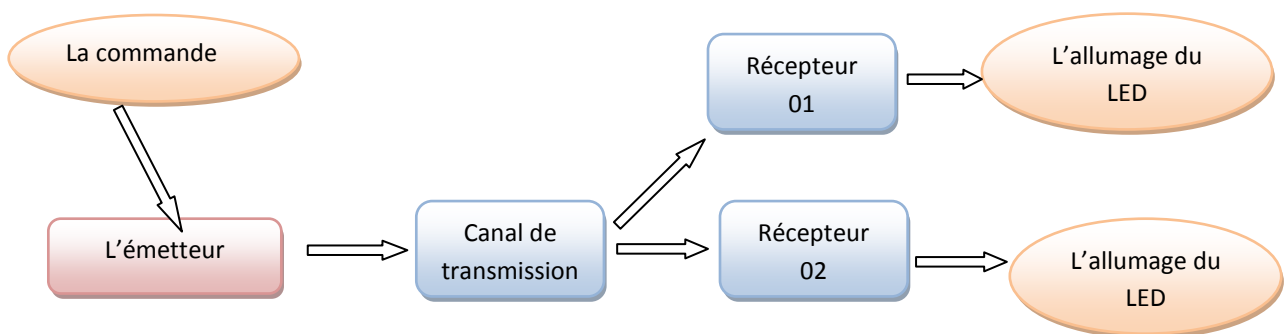


Figure IV.2 : Schéma synoptique globale du système

IV.2. Le logiciel utilisé pour la simulation

Pour la simplicité et la facilité de l'étude de circuit on a choisi un logiciel (PROTEUS ISIS). Proteus est une suite logicielle destinée à l'électronique. Développé par la société Labcenter Electronics, les logiciels inclus dans Proteus permettent la CAO dans le domaine électronique. Deux logiciels principaux composent cette suite logicielle: ISIS, ARES. [14]

IV.2.1. Initiation à Isis Proteus

ISIS : Intelligent Schematic Input System

Isis Proteus est un logiciel de développement et de simulation d'application via un environnement graphique simple et interactif. Le logiciel ISIS de Proteus est principalement connu pour éditer des schémas électriques. Par ailleurs, le logiciel permet également de simuler ces schémas ce qui permet de déceler certaines erreurs dès l'étape de conception.

Indirectement, les circuits électriques conçus grâce à ce logiciel peuvent être utilisés dans des documentations car le logiciel permet de contrôler la majorité de l'aspect graphique des circuits. [14]

IV.2.2. L'environnement de travail de PROTEUS

Le lancement de PROTEUS donne un environnement classique de type Windows, constitué d'une fenêtre principale voir figure, et d'un ensemble de barres d'outils. Outre le menu classique permettant la gestion des fichiers, de l'affichage, et des options des projets, la fenêtre principale comprend une Zone de travail destinée au développement des circuits à simuler et à tester.

Une Bibliothèque d'objets affiche la liste des objets (circuits électriques, électroniques,...) utilisés dans l'application en cours. Les différentes Touches magnéto-scope constituent des raccourcis permettant le lancement de la simulation, ainsi que la mise en pause, l'exécution pas à pas, et l'arrêt de la simulation. [14]

IV.3. Description du système

Avant d'aborder les schémas électriques, il reste encore quelques précisions à apporter pour terminer la présentation générale de cet ensemble de télécommande. Le principe de notre télécommande à courants porteurs consiste à superposer un courant de fréquence élevée, ici

100 kHz, au courant de fréquence 50 Hz véhiculé par les fils du secteur. Le module émetteur sera donc chargé de produire le courant HE et le module récepteur sera chargé de détecter ce courant HE. La liaison entre ces modules et le secteur est réalisée par un couplage simple capacitif qui possède la caractéristique de présenter une impédance élevée pour la basse fréquence du secteur mais une impédance faible pour le 100 kHz. Le nombre maximal de récepteurs a été fixé à 16 et chaque récepteur a une « adresse réseau fixée par la position de 4 mini-interrupteurs.

Chacun de ces récepteurs peut être commandé par un ou plusieurs émetteurs : les émetteurs sont en effet, de façon semblable, munis de 4 mini-interrupteurs permettant de désigner le récepteur à qui l'ordre est envoyé. Chaque récepteur commande un triac permettant l'alimentation de la charge à commander. Ces schémas sont un peu frustrants car ils ne montrent pas l'essentiel, à savoir le programme contenu dans les microcontrôleurs. Le programme mémorisé dans le PIC de l'émetteur doit en particulier générer une porteuse à 100 kHz, porteuse modulée en amplitude par les données à transmettre : adresse du récepteur et ordre d'extinction ou d'allumage. Le programme mémorisé dans le PIC du récepteur doit lui faire l'opération contraire : décoder l'adresse et l'ordre reçus afin de commander ou non le triac.

l'émetteur	Le récepteur
R1 : 1 K Ω	C1 : 100 pF
R2 : 200 Ω	C2 : 10 pF
R3 : 50 Ω /0,5 W	C3 : 100 nF
R4 : 430 Ω	C4 a C7, C10 : 10 nF/400 V MKT
C1 : 100 pF	C8 : 1,5 nF
C2 : 10 pF	C9 : 22 pF
C3 : 100 nF	C11 : 22 nF
C4, C5 : 100 nF/250 V MKT	C12 : 10 nF
C6, C7 : 22 pF	C13 : 4,7 nF
T : 2N2222	C14, C15 : 22 pF
CI : PIC16F628	R1 : 100 K Ω
Q : quart 4 MHz	R2, R4, R6 : 10 Ω
L : LED	R3, R5, R11, R14 : 1 k Ω
RED : régulateur 7805	R7 a R10, R12 : 22 K Ω
Pont : Pont de diodes moulé 1 A	R13 : 430 Ω
DZ1, DZ2 : diodes Zeners 5,1 V	R15 a R17 : 330 Ω
BP1, BP2 : boutons-poussoirs	R18 : 39 Ω
SW : interrupteur DIL 4 pôles	AJ : ajustable multi-tours 2,2 k Ω
TR : transformateur 220 V / 2 x 9 11/2,5 VA	T : 2N2907A
FUS : porte-fusible+fusible	C11 : PIC16F628

K1: connecteur d'alimentation 1 support 18 broches	CI2 : MC1458 CI3 : NE567 CI4 : M0C3041 Q : quartz 4 MHz L : LED RED : régulateur 7805 TRIAC: BTA08-600 Pont : Pont de diodes moulé 1 A SW : interrupteur DIL 4 pôles TR : transformateur 220 V / 2 x 9 V/2,5 VA FUS : porte-fusible+fusible K1, K2 : connecteurs d'alimentation 1 support 18 broches 2 supports 13 broches 1 support 6 broches
---	--

Tableau IV.1: Composants utilisées pour la réalisation.

IV.4. Description de la trame émise sur les fils du secteur

L'appui sur un des 2 boutons-poussoirs BP1 ou BP2 (ARRET ou MARCHE) de l'émetteur entraîne une génération de données à transmettre sur les fils du secteur. Les données transmises sont semblables à celles qu'envoie n'importe quelle télécommande de matériel audiovisuel.

L'ensemble de ces données constitue une trame de bits, continuellement répétée tant qu'est maintenu l'appui sur le bouton. Dans l'ordre précisé sur le schéma de la figure 3, ces 7 bits sont d'abord le bit de démarrage toujours à 1, destiné à réveiller le récepteur et lui dire qu'une trame arrive, les 4 bits désignant l'adresse du récepteur à commander et les 2 bits de données DO et D1 qui codent l'ordre MARCHE ou ARRET. A l'issue du dernier bit, une impulsion de 1 ms est envoyée. Si on laisse son doigt appuyé sur le bouton, la même trame est envoyée environ 40 ms plus tard. Les 4 bits d'adresse AO à A3 sont Minis par la position des 4 mini-interrupteurs de l'émetteur. Les 2 bits de données DO et D1 sont tous deux égaux à 0 en cas d'appui sur BP2 (bouton MARCHE) et tous deux égaux à 1 en cas d'appui sur BP1 (bouton ARRET).

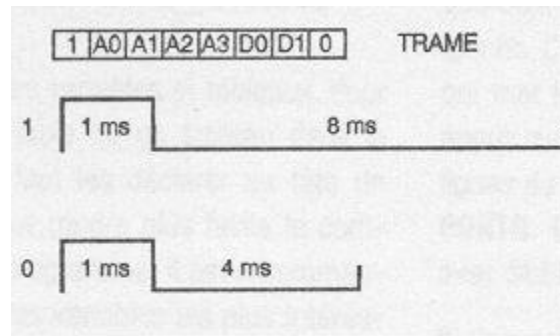


Figure IV.3 : La séquence des bits

L'envoi d'un bit a 1 correspond a ('envoi d'une impulsion de 1 ms suivie par un état bas de 8 ms et ('envoi d'un bit a 0 correspond a ('envoi d'une impulsion de 1 ms suivie par un état bas de 4 ms. La figure 4 est une loupe sur ('impulsion de 1 ms. On remarque qu'en réalité, chaque impulsion de 1 ms est constituée de 100 impulsions de 5 μ s espacées de 5 μ s : notre impulsion de 1 ms module une porteuse de fréquence 100 kHz. [12]

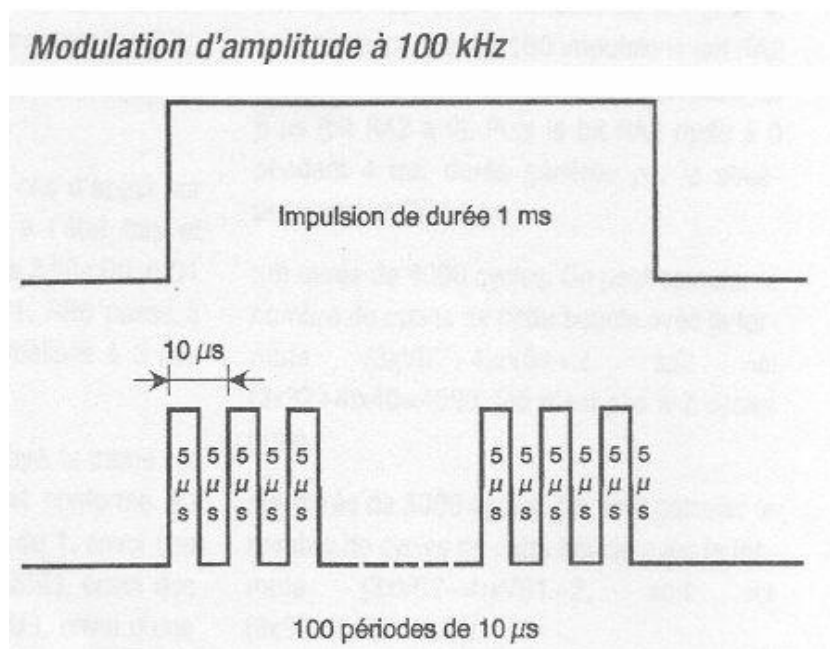


Figure IV.4 : modulation d'amplitude à 100 KHz.

IV.4.1. Alimentation du système

La grande majorité des équipements électroniques a besoin d'une source de courant continu. Le rôle d'une alimentation continue est de fournir les tensions et les courants nécessaires au fonctionnement des circuits électronique avec le minimum d'ondulation résiduelle est la meilleur régulation possible, de plus elle doit limiter le courant fourni en cas de surcharge et d'éviter les surtensions, afin de protéger les composants fragiles.

Ceci peut ce décomposer en plusieurs étapes.

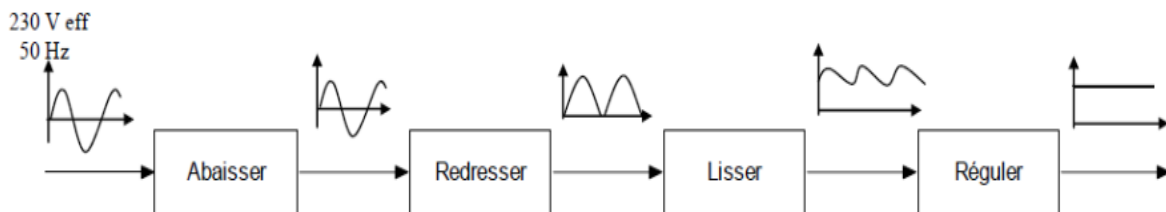


Figure IV.5. Alimentation du système.

- **Abaisser** : permet de passer d'une tension sinusoïdale de valeur élevée à une tension de même forme mais de valeur plus faible (transformateur).
- **Redresser** : ne garde que la partie positive (ou négative) de la sinusoïde d'entrée (pont de diode).
- **Filtrer (Lisser)** : cette fonction a pour rôle de maintenir la tension de sortie supérieure à une certaine valeur (condensateur).
- **Réguler** : La tension de sortie de cette fonction doit être constante quelque soit le courant demandé (régulateur). [13]

La carte réalisée contient :

- Un transformateur abaisseur de tension 220-5V.
- Un pont de diode a redressement double alternance.
- Trois condensateurs de filtrage de tension.
- Un régulateur de tension : 5V. [13]



Figure IV.6 : Photo de L'alimentation.

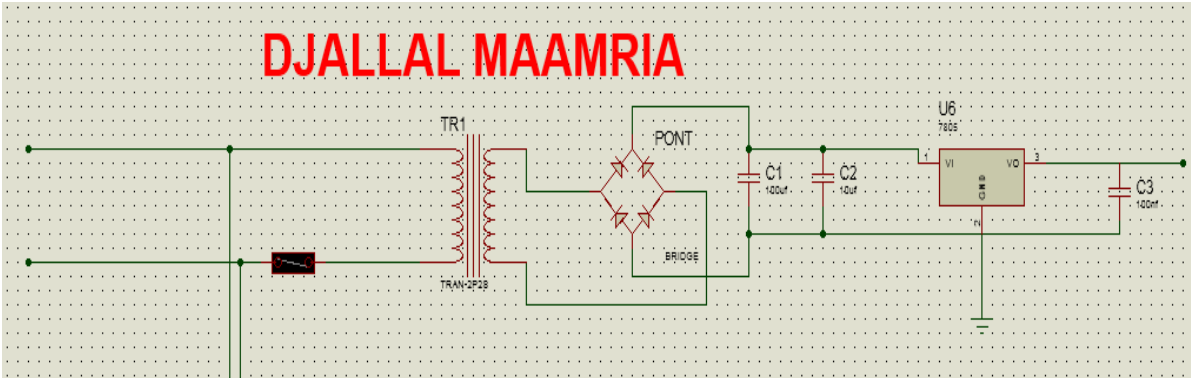


Figure IV.7 : Bloc d'alimentation.

IV.6. Le récepteur

IV.6.1. schéma électrique du récepteur

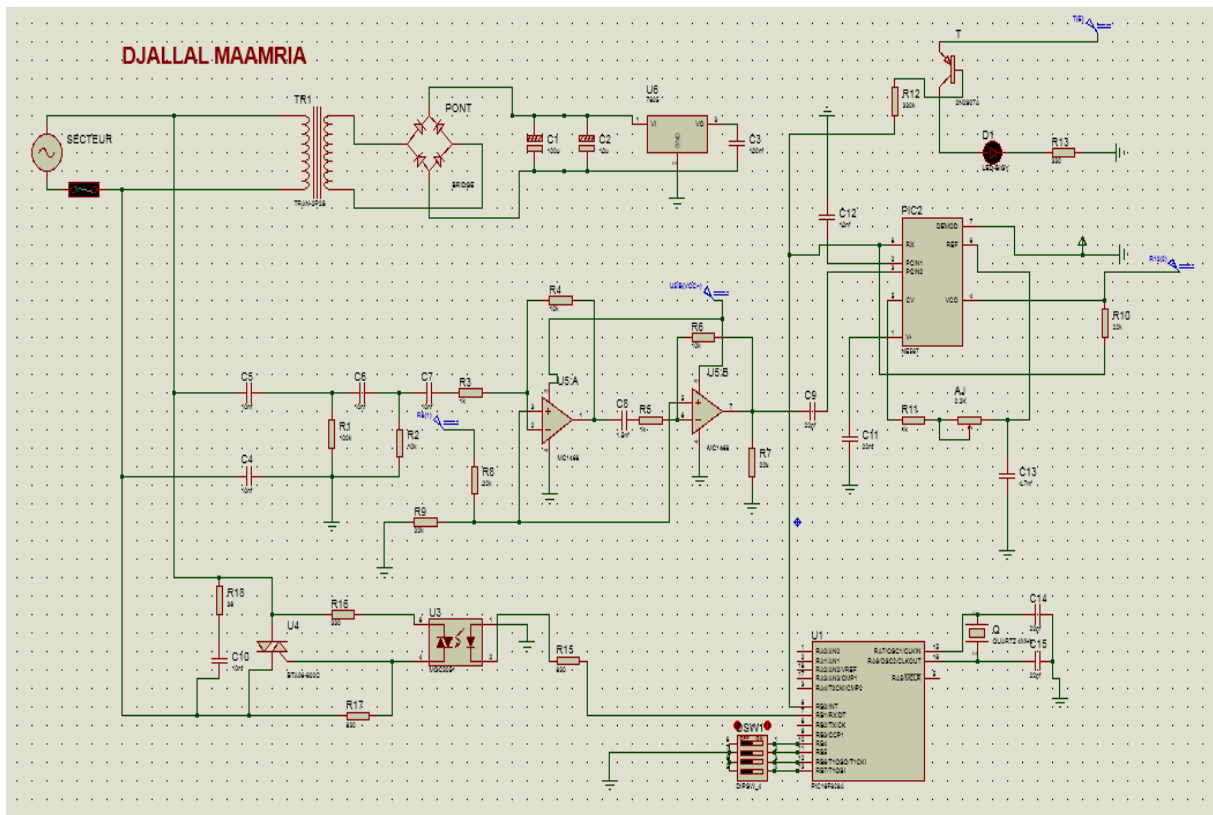


Figure IV.9 : Schéma électrique du récepteur.

IV.6.2. Fonctionnement du récepteur

Le récepteur a trois missions à accomplir : detector les signaux de fréquence 100 kHz provenant de l'émetteur, décoder ces signaux puis exécuter l'ordre commandé.

Tous les signaux provenant du secteur sont d'abord filtrés par les condensateurs C4 à C7 et les résistances R1 et R2. Les signaux HF qui ont réussi le passage de ces filtres sont ensuite amplifiés par 100 a ('aide de deux amplificateurs opérationnels montes en série. Ces ampli-ops de type 1458 ne peuvent amplifier chacun que d'un facteur 10, un signal a une fréquence de 100 kHz. En sortie du second ampli-op, le signal est envoyé au NE567, décodeur de fréquence à PLL. Les composants C13, R11 et AJ sont choisis et réglés pour qu'en présence du 100 kHz sur la broche 3, la broche 8 normalement a l'état haut, passe a l'état bas. Dans notre cas, lors de la réception d'une trame émise par notre émetteur, on observera sur la sortie 8 des états bas de 1 ms séparés par des états hauts de 4 ou 8 ms.

La sortie 8 est ensuite connectée d'une part au PIC qui sera chargé de décoder ces signaux et d'autre part à une LED qui servira de témoin de réglage et de réception. Après décodage, si l'adresse envoyée correspond à l'adresse affichée sur les mini-interrupteurs connectés de RB4 à RB7, l'ordre reçu est exécuté. Le triac est activé par l'intermédiaire du MOC3041 en portant la broche RBI à l'état haut ou désactivée en la plaçant à l'état bas.

Le MOC3041 est un petit circuit intégré d'interface, spécialement conçu pour commander des triacs à partir de systèmes fournissant des signaux logiques. Ce circuit construit autour d'un optocoupleur et d'un détecteur de passage à zéro de la tension secteur offre une isolation galvanique de 7500 V et ne génère pas de parasite. Le triac référencé dans la liste des composants est du type BTA 08-600 qui peut fonctionner sous une tension de 600 V et débiter 8 A.

IV.7. Implantation des composants

D'une manière générale, nous avons implanté en premier lieu les différents straps de Liaison, ensuite, les diodes, les résistances et les capacités, par la suite, nous avons implanté les circuits intégrés.

Lors de l'implantation des circuits intégrés, nous avons surtout aménagé un temps de refroidissement suffisant entre deux soudures consécutives sur un même boîtier les ajustables sont montés avec le curseur placé en position médiane.

Nous avons fait attention aux polarités de l'alimentation. En utilisant le fil souple isolé de couleur rouge pour plus, et un fil noir pour le (moins).

IV.7.1. Emetteur

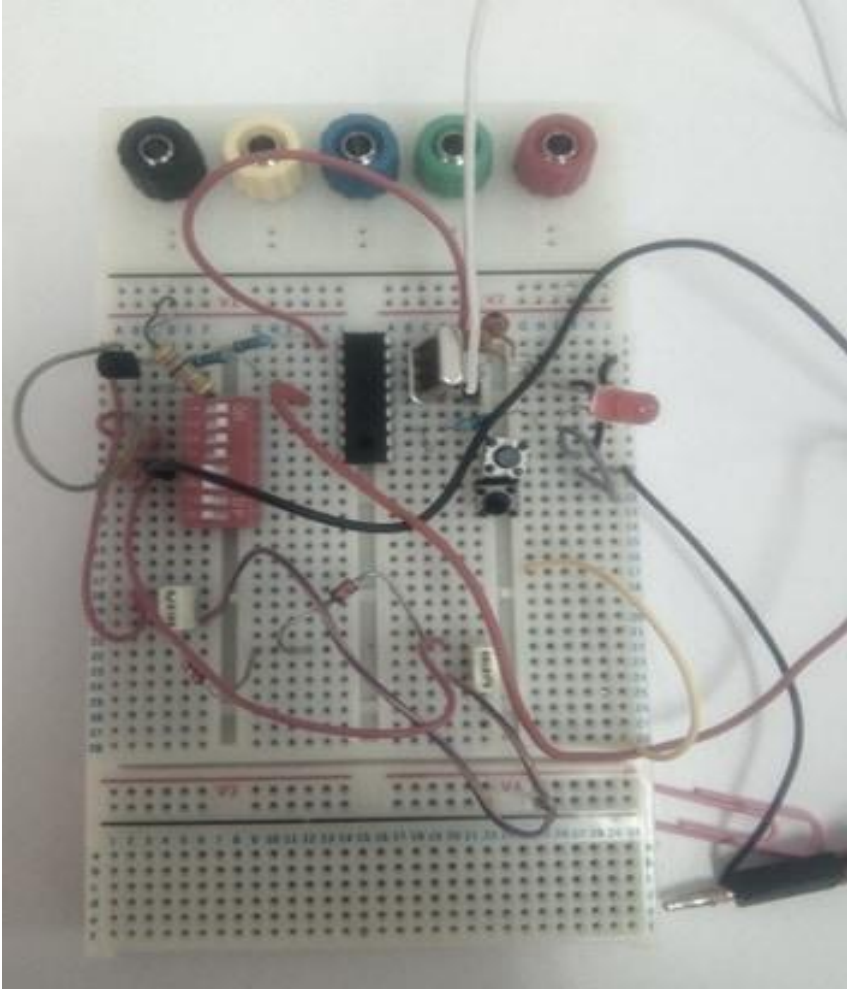


Figure IV.10 : Photo réalisation de l'émetteur.

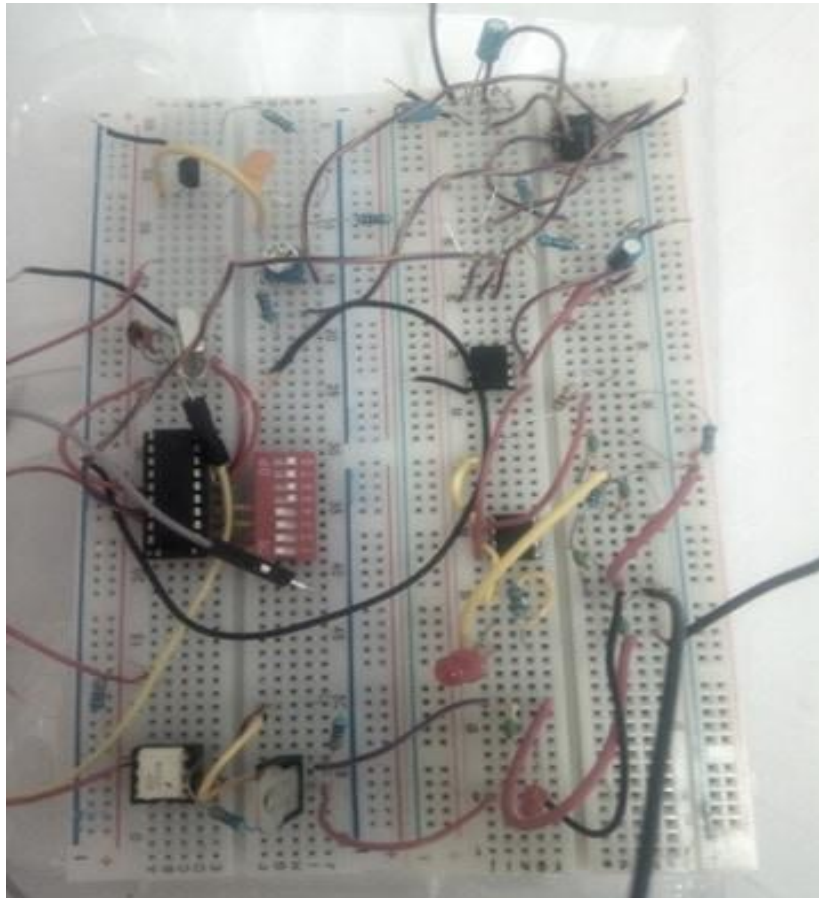
IV.7.2. Le récepteur

Figure IV.11 : Photo Réalisation de récepteur.

IV.8 Réalisation des circuits imprimés

La réalisation des circuits imprimé n'est pousser aucun problème nous avons utilisés la plaque de cuivre photo sensible.

Après avoir tracé notre circuit imprimé en utilisant le logicielle ARES on à imprimé la face cuivre sur papier transparent. Le circuit est scannée pour l'adapter au model de plaque utilisée dont on se servira pour l'exposition aux produits de transfert pour la plaque. Nous avons étamé le circuit imprimé directement.

Après perçage et contrôle des pistes pour éviter les éventuels défauts de contacts accidentels (entre les pistes voisines).

IV.9. Circuit imprimé

IV.9.1. Le circuit imprimé de l'émetteur

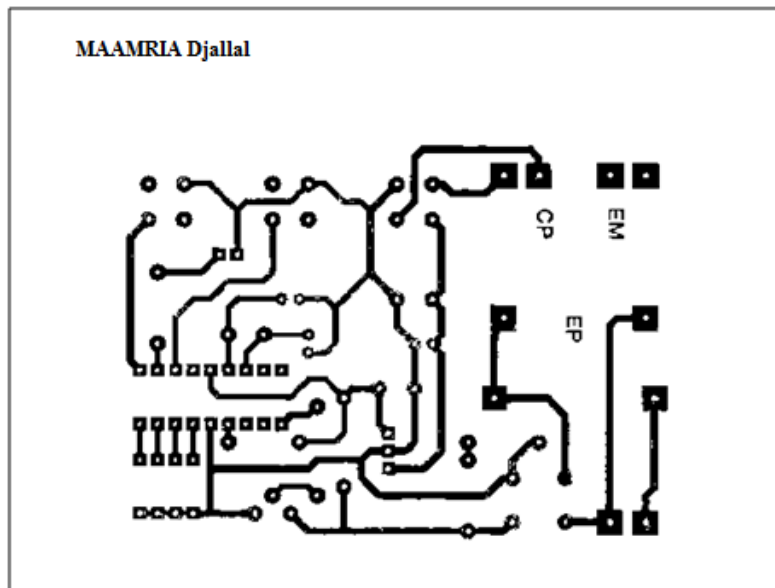


Figure IV.12 : Circuit imprimé face cuivre de l'émetteur.

IV.9.2. Le circuit imprimé du récepteur

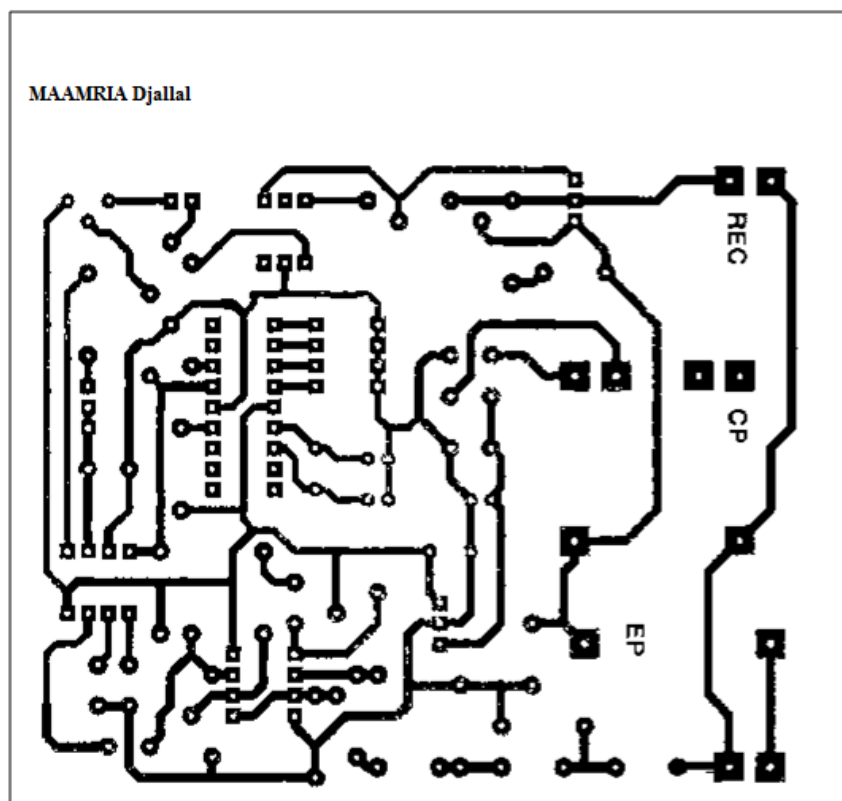


Figure IV.13 : Circuit imprimé face cuivre de récepteur.

IV.10. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons détaillé de chaque bloc de notre montage, le fonctionnement de notre réalisation.

Notre travail de fin d'étude serait mieux réaliser si nous n'avons pas rencontré quelques obstacles qui nous ont empêchées d'atteindre nos objectifs.

Nous citons le plus important qui est le manque des composants essentiels comme l'amplificateur opérationnel MC1458 et MC1468 et les résistances $R_{50\Omega}$ (remplacé par 330Ω), 39Ω (remplacé par 330Ω), 430Ω (remplacé par 470Ω), la résistance ajustable remplacée par une résistance variable différente de celle du schéma et MOC3041 qui devrait être remplacées par des circuits équivalents, malgré tous ces obstacles ont à réussir de faire fonctionner l'émetteur et non pas le récepteur.

Le manque des produits ans le notre laboratoire nous ont empêchés de réaliser les circuits imprimées.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le courant porteur en ligne est une technologie assez simple basée sur le transport de données en utilisant les câbles électriques. La mise en place d'un réseau est facile et rapide et permet d'obtenir un accès à Internet (dans le cas où le réseau est connecté à Internet) depuis n'importe quelle pièce de la maison grâce à des distances pouvant aller jusqu'à 200 mètres.

Au terme de notre étude, il convient de dire que, le CPL est une nouvelle technologie qui peut avantageusement compléter les réseaux informatiques existants.

Encore peu connue, cette technologie est pourtant utilisée depuis des dizaines d'années par des entreprises pour gérer le basculement des compteurs électriques des tarifs de jour vers ceux de nuit. L'usage le plus évident est le partage de connexion internet entre quelque utilisateur.

Nous sommes conscients que ce travail est loin d'attendre la perfection mais pourrait être tremplin pour toute autre projet scientifique ayant le même thème.

Références bibliographiques

- [1] : Marc-Anthony MANNAH, « *Transmission de données par Courants Porteurs en Ligne sur un réseau Modulé en Largeur d'Impulsion* », thèse de doctorat, 2010.
- [2] : Abdelkarim AMIRA, « *Conception et réalisation d'un compteur d'énergie électrique consultable à distance et accès local par carte à puce* », mémoire magister, 2011.
- [3] : Françoise Cacciaguerra, « *Courants porteurs en ligne - CPL – Introduction* », 2003, [En ligne] <https://sitelec.org/download.php>.
- [4]: DI GALLO Frédéric, « *C.P.L. L'essentiel qu'il faut savoir...* », 2003, [En ligne] <http://fdigallo.online.fr/cours>.
- [5] : M Boughezala, « *Etude et simulation d'un coupleur de signaux HF pour réseaux d'énergie électrique* », thèse de doctorat, 2013.
- [6]: Louis Armand, « *Approche générale de la technique des courants porteurs en ligne (C.P.L.)* », 2006, [En ligne] <http://ww2.ac-poitiers.fr/>.
- [7]: P. Eugé, « *Les Microcontrôleurs PIC* », 2018, cours [En ligne] www.electronique-mixte.fr
- [8]: J. Khaled, « *Microprocesseurs et Microcontrôleurs Les microcontrôleurs* », 2016, cours [En ligne] www.uvt.rnu.tn/resources-uvt.
- [9]: A. GALODÉ, « *Le PIC16F84 : L'essentiel* », 2005 , livre.
- [10]: J. VICENTE, « *Les microcontrôleurs* », 2006, cours [En ligne] www.electronique-mixte.fr
- [11]: A. CHEIKHROUHOU, « *réalisation d'un système de communication et de contrôle par courant porteur* », 2013, cours [En ligne] www.bh-automation.fr/
- [12]: Jean-Pierre VENTILLARD, « *domotique intelligente télécommande a courant porteur et PIC* », 2005, magazine.
- [13]: J. EDOH, « *Etude d'une alimentation à courant continu* », 2015, cours [En ligne] <https://studylibfr.com>

Webographie :

[14]: www.elektronique.fr/logiciels/proteus.php

[15]: www.entraide-videastes.com

[16]: <http://wiki.seedstudio.com/>

[17]: fr.wikipedia.org

[18] www.ceso-gto.com