

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة محمد بوضياف المسيلة

UNIVERSITÉ MOHAMMED BOUDHIAF DE M'SILA

كلية التكنولوجيا

FACULTE DE TECHNOLOGIE

قسم الإلكترونيك

DEPARTEMENT D'ÉLECTRONIQUE



## MÉMOIRE DE MASTER

DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIE

FILIERE : ÉLECTRONIQUE

OPTION : MICRO-ÉLECTRONIQUE

## THÈME

**Etude et réalisation d'un capteur d'ensoleillement**

**"solarimètre" à base d'une photodiode BPW21**

***Proposé et dirigé par :***

M. Dr. Bouchama Idris

***Réalisé par :***

Melouki abdelaziz

N° d'ordre : 2016/ME03/89/385

PROMOTION JUIN 2016

# Remerciement

*Je tiens tout d'abord à remercier ALLAH le tout puissant et miséricordieux, qui m'a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.*

*En second lieu, Je tiens à remercier particulièrement mes parents ; mon succès demeure de loin le fruit de leurs longues années de sacrifices et de patience.*

*Mon vifs remerciements, accompagnés de toute mon gratitude, vont tout d'abord à mon encadreur DR. BOUCHAMA Idris, pour m'avoir proposé ce sujet et dirigé mon travail, pour toute son aide, Je suis ravi d'avoir travaillé en sa compagnie car outre son appui scientifique, il a toujours été là pour me soutenir et me conseiller au cours de l'élaboration de ce mémoire. Les conseils qu'il m'a prodigué, la patience, la confiance qu'il m'a témoignés ont été déterminants dans la réalisation de ce travail de recherche.*

*J'exprime ma reconnaissance aux membres de jury pour bien vouloir accepter de présider et examiner ce travail.*

*Nos remerciements s'étendent également à tous, nos enseignants durant les années des études.*

*Enfin, je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin, pour Leurs soutiens moraux ou matériels, dans la réalisation de ce projet.*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste et mémorable travail, plus particulièrement à mes aimables et respectueux parents qui m'ont accompagné dans toute ma vie, s'inquiétant énormément pour m'offrir une vie meilleure. Je tiens la parole pour leur dire : « Voilà les fruits de vos sacrifices ! ». Que Dieu vous protège !*

*À mon frère, mes sœurs ;*

*À Toute La famille MELOUKI et MIHOUBI;*

*À mes amis, et toute la promotion d'électronique et spécialement le groupe d'option ME;*

*Ainsi qu'à toutes les personnes qui m'a aidé à la réalisation de ce travail.*

## **Résumé**

Nous nous intéressons dans cette étude à la conversion de l'énergie solaire électromagnétique (rayonnement) en énergie électrique qui est la conversion photovoltaïque.

Le but de ce travail est l'étude et la réalisation d'un solarimètre « capteur d'ensoleillement ». Ce capteur est constitué principalement par une photodiode BPW21 qui fait partie d'une carte d'acquisition. La photodiode génère une tension proportionnelle à la quantité de photons qu'elle capte. La carte d'acquisition constituée d'un PIC 18F4550 est reliée au microordinateur pour afficher les valeurs transférées de l'intensité lumineuse sur écran. Le transfert des données via le port USB est assuré par une fenêtre graphique de l'environnement LabVIEW. Le teste de ce module a été effectué par des mesures de l'intensité lumineuse pendant une journée.

**Mots clé** : photodiode BPW21, intensité lumineuse, PIC 18F4550, Port USB

# Table des Matières

Remerciement .....	ii
Dédicaces.....	iii
Résumé.....	iv
Liste des figures.....	ix
Liste des tableaux.....	xii
<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I : Généralités sur les capteurs et les chaines de mesure</b>	
Introduction.....	4
I.1 Capteurs solaires.....	4
I.1.1 Généralités.....	4
I.2 Différents types des capteurs solaires .....	4
I.2.1 Capteurs solaires thermiques.....	4
I.2.1.1 Types des capteurs solaires thermiques.....	5
I.2.1.2 Fonctionnement des capteurs thermiques.....	5
I.3. Panneaux photovoltaïques.....	7
I.3.1 Rentabilité et rendement.....	8
I.3.1.1 Cas des capteurs thermiques.....	8
I.3.1.2 Cas des panneaux solaires photovoltaïques.....	8
I.3.2 Rendement des panneaux solaires photovoltaïques.....	8
I.4. Masse d'air.....	9
I.5 Généralités Sur les capteurs.....	11
I.5.1 Définition.....	11
I.5.2 Nature de l'information fournie par un capteur.....	11
I.5.3 Paramètres caractéristiques d'un capteur.....	13
I.6. Capteurs optiques.....	13
I.7. Notion de chaine de mesure.....	14
I.7.1 Chaine de mesure analogique.....	15
I.7.2 Chaine de mesure numérique.....	16

I.7.3 Structure générale d'un système de mesure.....	17
I.7.4 Structure d'une chaîne d'acquisition numérique.....	17
I.8 Conclusion.....	18

**CHAPITRE II : Etude de la carte d'acquisition**

II. Introduction.....	20
II.1 Présentation des microcontrôleurs.....	20
II.1.1 Définition d'un microcontrôleur.....	20
II.1.2 Différentes familles des PICs.....	21
II.1.3 Identification des PICs.....	21
II.1.3.1 Choix d'un PIC.....	21
II.1.3.2 Caractéristiques principales du PIC 18F4550.....	22
II.1.4. Brochage du PIC 18F4550.....	23
II.1.5 Horloges système du PIC 18F4550.....	24
II.1.6 Bouton RESET.....	25
II.1.7 Ports d'entrée/sortie.....	26
II.1.8 Architecture interne du PIC 18F4550.....	26
II.1.9 Organisation de la mémoire.....	27
II.1.9.1 Mémoire de programme .....	28
II.1.9.2 Mémoire de données.....	28
II.1.9.3 □Mémoire RAM.....	28
II.1.10 Convertisseurs Analogique/Numérique.....	28
II.1.10.1 Registre ADCON0.....	30
II.1.10.2 Registre ADCON1.....	31
II.1.10.3 Registre ADCON2.....	32
II.2 Présentation de la norme USB.....	33
II.2.1 USB 1 (Full ou Low speed) .....	34
II.2.2 USB 2.0 (High Speed) .....	34
II.2.3 USB 3.0 (Super Speed) .....	35
II.2.4 Connectique.....	35
II.2.4.1 Description du Câble USB.....	35
II.2.4.2 Composition du câble USB.....	36

II.2.4.3 Séries des connecteurs USB.....	37
II.2.4.4 Caractéristiques électriques des connecteurs USB.....	38
II.2.4.5 Architecture d'un système de connexion USB.....	41
II.2.5 Microcontrôleur PIC et USB.....	42
II.3 Langage de programmation graphique LabVIEW.....	44
II.3.1 Introduction à la programmation graphique.....	44
II.3.2 Programmation du flot de contrôle.....	44
II.3.2.1 Programmation flot de données.....	44
II.3.3 Environnement LabVIEW.....	45
II.3.3.1 Palette d'outils.....	45
II.3.3.2 Palette de commandes.....	45
II.3.4 Structure de données dans LabVIEW.....	46
II.3.5 Structures de programmation.....	47
II.3.5.1 Structure de séquencé.....	47
II.3.5.2 Structures itératives.....	47
II.3.5.3 Structure de choix.....	49
II.3.6 Traitement numérique.....	49
II.3.6.1 Fonctions prédéfinies.....	49
II.3.6.2 Boîtes à outils mathématique.....	50
II.3.7 Bibliothèques de commande.....	50
II.4 Conclusion.....	51

### **CHAPITRE III : Conception et réalisation de la carte d'acquisition**

III.1 Introduction.....	53
III.2 Schéma bloc du système à réaliser.....	53
III.3 Structure de la chaîne d'acquisition.....	54
III.4 Conception de la chaîne d'acquisition.....	54
III.4.1 Capteur de lumière BPW21.....	54
III.4.1.1 Description générale de la photodiode BPW21.....	54
III.4.1.2 Principales caractéristiques de la photodiode BPW21.....	55
III.4.1.3 Schéma électrique simplifié à base de la photodiode BPW21.....	55
III.4.2. Amplificateur LM358N.....	57

III.4.3 Diviseur de tension.....	58
III.4.4 Filtrage.....	59
III.4.5 Conversion analogique/numérique.....	59
III.5 Fonctionnement générale du système.....	60
a) Mesure de l'intensité de la lumière.....	60
b) Envoi des données via le port USB.....	61
c) Fenêtre d'affichage des données mesurées.....	61
d) Schéma électrique complet de la carte d'acquisition à réaliser.....	62
e) Composants électroniques de la carte d'acquisition.....	63
III.6. Programmation et interfaçage PIC-PC.....	63
a) Définition de la carte ou LabVIEW.....	63
b) Installation de la carte d'acquisition dans l'environnement.....	66
III.7 Conclusion.....	70
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>72</b>
<b>REFERENCES .....</b>	<b>73</b>

# Liste des figures

## CHAPITRE I : Généralités sur les capteurs et les chaines de mesure

Figure I.1.Fonctionnement du panneau thermique.....	7
Figure I.2. Capteur solaire à base des panneaux solaires.....	8
Figure I.3. Normes de mesures du spectre d'énergie lumineuse émis par le soleil, notion de la convention AM.....	9
Figure I.4. Schéma indiquant le nombre d'air masse AM en fonction de la position géographique.....	9
Figure I. 5. Représentation graphique des spectres AM0 et AM1.5G et D.....	10
Figure I.6. Rôle général d'un capteur.....	11
Figure I.7. Exemple d'un capteur TOR.....	12
Figure I.8. Exemple d'un capteur analogique de température.....	12
Figure I.9. Exemple de capteur numérique de la souris.....	13
Figure I.10. Capteur lumière BPW21.....	14
Figure I.11.schéma synoptique générale de la carte d'acquisition.....	14
Figure I.12. Chaîne de mesure analogique.....	15
Figure I.13. Chaîne de mesure numérique.....	16
Figure I.14. Eléments et variantes systèmes d'acquisition.....	17
Figure I.15. Structure de la chaîne de restitution.....	18
Figure I.16. Structure de l'acquisition numérique.....	18

## CHAPITRE II : Etude de la carte d'acquisition

Figure II.1. Exemple de l'identification PIC18F4550.....	21
Figure II.2. Brochage du PIC 18F4550.....	24
Figure II.3. Oscillateur à Quartz/Céramique.....	25
Figure II.4. Architecture interne du PIC 18F4550.....	27
Figure II.5. Synoptique général du CAN pour le PIC 18F4550.....	30
Figure II.6. Registre ADCON0.....	31
Figure II.7. Registre ADCON1.....	32
Figure II.8.Registre ADCON2.....	33
Figure II.9. Logo de l'USB 1.....	34
Figure II.10. Logo de l'USB 2.....	35
Figure II.11. Logo de l'USB 3.....	35

Figure II.12. Câble USB .....	36
Figure II.14. Composition d'un câble USB .....	36
Figure II.15. Séries du connecteurs USB.....	38
Figure II.16. Connecteurs USB type A et B .....	38
Figure II.17. Full Speed Connections .....	39
Figure II.18. Low Speed Connections.....	39
Figure II.19. Exemple de Circuit de sortie .....	40
Figure II.20. Code NRZI.....	41
Figure II.21. Logo de l'icône USB.....	42
Figure II.22. Architecture d'un système USB avec Hub.....	43
Figure II.23. Architecture interne du PIC 18F4550.....	44
Figure II.25. Exemple de diagramme de flot de données.....	45
Figure II.26. Fenêtre de l'environnement de développement sur LabVIEW Face avant (à droite) et Diagramme (à gauche).....	46
Figure II.27. Palette d'outils dans LabVIEW.....	46
Figure II.28. Palettes de fonctions dans LabVIEW.....	47
Figure II.29 Différents types de structures de données dans LabVIEW.....	47
Figure II.30 Exemple d'utilisation de la structure de séquencé.....	48
Figure II.31 Exemple d'utilisation de la structure itérative "pour".....	49
Figure II.32 Exemple d'utilisation de la structure itérative "tant que".....	49
Figure II.33 Exemple d'utilisation des registres à décalage dans une boucle "Pour".....	50
Figure II.34 Exemple d'utilisation de structure de choix.....	50
Figure II.35 Quelques instructions de traitement de données numérique dans.....	51
Figure II.36 Exemple de boite de calcul mathématique dans LabVIEW.....	51
Figure II.37 Exemple de fenêtre d'aide offrant la description d'une fonction.....	52

### **CHAPITRE III : Conception et réalisation de la carte d'acquisition**

Figure III.1. Schéma bloc du système à réaliser.....	53
Figure III.2 Schéma synoptique de la chaîne d'acquisition.....	54
Figure III.3. Capteur lumière BPW21.....	55
Figure III.4. Montage de base du capteur à base de BPW21.....	56
Figure III.5. Schéma électrique à base d'un capteur BPW21.....	57
Figure III.6. Schéma de brochage et le boîtier des circuits LM358N.....	58
Figure III.7. Schéma de principe du diviseur de tension utilisé.....	58

---

Figure III.8. Etage de filtrage.....	59
Figure III.9. Schéma électrique de la partie de mesure de lumière à base de capteur BPW21.....	60
Figure III.10. Schéma électrique du microcontrôleur 18F4550 et de connecteur USB.....	61
Figure III.11. Fenêtre de LabVIEW qui affiche en temps réel les valeurs de la lumière mesurées en Lux.....	62
Figure III.12. Schéma électrique complet de la carte d'acquisition à réaliser.....	62
Figure III.13. Le logiciel de reconnaissance du périphérique connecté avec LabVIEW.....	64
Figure III.14. Choisir le mode USB.....	64
Figure III.15. Sélection du Vendor ID et Product ID.....	65
Figure III.16. Sélection du dossier d'enregistrement.....	65
Figure III.17. Nouveau périphérique détecté dans le gestionnaire périphérique.....	66
Figure III.18. Exemple d'affichage des données numériques transférées via le port USB.....	67
Figure III.19. Courbe de la variation de l'intensité de la lumière pendant une journée.....	69
Figure III.20. Face cuivrée de la carte d'acquisition réalisée.....	69
Figure III.21. Carte est réalisé.....	70

# Liste des tableaux

## Chapitre I : Etude de la carte d'acquisition

---

Tableau II-1 Caractéristiques générales de PIC 18F4550.....	23
Tableau II-2 Brochage des connecteurs USB [24].....	38

## Chapitre I : Conception et réalisation de la carte d'acquisition

---

Tableau III-1 la mesure de l'intensité de lumière.....	68
--	----

# **Introduction générale**

# Introduction générale

Le soleil est plus qu'une source de lumière pour la terre. Il conditionne presque toutes les formes de vie sur notre planète. C'est pourquoi il influence notre vie sociale et le cours de nos journées depuis des millénaires. De mémoire d'homme, l'astre central de notre système planétaire a toujours joué un rôle culturel important en tant que symbole de la vie sur notre planète [1].

Le soleil envoie des quantités gigantesques d'énergie dans l'espace et en particulier dans la direction de la terre. Son rayonnement est de l'ordre d'environ 60.000 kW par m<sup>2</sup> de surface solaire. Donc, 20 m<sup>2</sup> correspondent déjà à la puissance d'une centrale électrique moderne de grandes dimensions. Bien que la puissance moyenne du rayonnement atteignant la surface terrestre ne soit plus qu'une fraction de cette valeur initiale, elle s'élève quand même à environ 1000 W/m<sup>2</sup>. Il s'agit ici de l'irradiante globale. On distingue en outre le rayonnement direct, par ciel clair, et le rayonnement diffus, par ciel couvert [1].

La lumière est un phénomène physique, elle transporte l'énergie sans transporter de la matière. Dans son acception générale de lumière visible, elle est constituée de l'ensemble des ondes électromagnétiques perçues par la vision humaine, c'est-à-dire dont les longueurs d'onde, dans le vide, sont comprises entre 380 nm (violet) et 780 nm (rouge). Par un effet d'adaptation des espèces vivantes à leur environnement, cette région du spectre électromagnétique recoupe celle où l'éclairement énergétique solaire est maximal à la surface de la terre [2].

La mesure de l'intensité lumineuse est importante au moment de concevoir l'éclairage d'une pièce ou lorsque l'on se prépare pour une séance photo et même pour connaître les conditions météo d'un site. Le terme d'intensité peut prendre des sens multiples, alors prenez le temps d'apprendre quelles unités de mesure et quelles méthodes correspondent à vos objectifs. Un luxmètre simple est un photomètre d'intensité lumineux qui permet de mesurer et de comparer les différences d'intensité lumineuse entre plusieurs sources.

La mesure des grandeurs physiques (lumière, humidité, température, etc...) est un problème rencontré quotidiennement par tous les techniciens que ce soit des électriciens, des électrotechniciens ou des électroniciens.

Pour effectuer des mesures de l'intensité lumineuse, l'électronicien doit connaître toutes les méthodes de mesure et maîtriser parfaitement les appareils de mesure afin d'obtenir des

## Introduction générale

---

valeurs précises. L'utilisation des photodiodes et des phototransistors pour mesurer l'intensité lumineuse reste la méthode la plus efficace pour des calculs précis.

Les microcontrôleurs (les PICs) actuels peuvent se connecter avec des photodiodes pour réaliser des carte d'acquisition afin de mesurer l'intensité lumineuse. Le but est de traiter le signal analogique venant du capteur et pour l'analyser numériquement dans le PIC et le transférer au micro-ordinateur (PC) pour qu'il puisse afficher sur écran. L'utilisateur peut vouloir utiliser les données affichées immédiatement ou les stocker pour les utiliser ultérieurement.

L'objectif de notre travail est de réaliser une carte d'acquisition (Solarimètre) à base de la photodiode BPW21 pour mesurer l'intensité lumineuse. Le traitement du signal analogique fourni par le capteur solaire se fait par un microcontrôleur ajouté à la carte d'acquisition. Le microcontrôleur 18F4550 est utilisé dans notre travail, il comprend des modules d'acquisition, numérisation, transmission vers l'ordinateur.

Pour communiquer notre système au microordinateur on peut utiliser plusieurs techniques telles que : le bus ISA, le bus PCI, le port parallèle, le port série, le port IEEE 488, le port USB, ...etc. Dans notre travail on va utiliser la norme USB [3].

Après une introduction générale, ce mémoire s'articule autour de trois chapitres :

- Le premier chapitre nous apprenons sur les capteurs de façon générale et les capteurs solaires de façon particulière. et la constitution des chaînes de mesures et les chaînes d'acquisition.

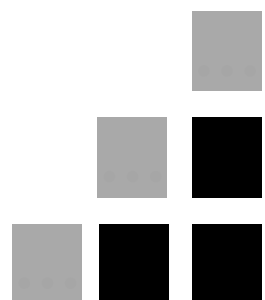
- le deuxième chapitre se compose de trois parties différentes, En premier lieu on présente quelques détails concernant la composition et le fonctionnement du microcontrôleur PIC 18f4450. La deuxième partie est une simple présentation de la norme USB utilisé comme interface de communication entre la carte d'acquisition et le PC. La troisième partie de ce chapitre offre quelques explications sur le programme utilisé pour l'interfaçage, c.-à-d. la communication entre le PIC18f4450 et le PC.

- Dans le troisième chapitre on va parler de la conception et la réalisation de la carte d'acquisition des signaux analogique de Solarimètre pour les visualiser sur le PC, l'installation de la carte d'acquisition connectée au PC via le port USB.

Enfin, nous terminons notre mémoire par une conclusion générale et les perspectives.



**Généralités sur les capteurs et les  
chaines de mesure**



## I. Introduction

Dans l'électronique pratique, la qualité d'une mesure ne dépend pas uniquement d'un seul capteur, elle est conditionnée par des équipements complémentaires indispensables qui forment ce qu'on appelle une chaîne de mesure (amplificateur, filtrage conditionneur ...etc.).

Toute mesure d'une grandeur physique requiert la mise en place d'un ensemble de modules de nature électrique ou électronique appelé chaîne d'acquisition. Elle a pour but de mesurer effectivement la grandeur physique désirée et de rapatrier cette mesure vers un organe de traitement typique.

Dans ce chapitre, nous apprenons sur les capteurs de façon générale et les capteurs solaires de façon particulière. Nous allons introduire un aperçu plus général sur la constitution des chaînes de mesures et les chaînes d'acquisition.

### I.1 Capteurs solaires

#### I.1.1 Généralités

Les économies d'énergie et l'utilisation des énergies renouvelables sont aujourd'hui une préoccupation de premier ordre et l'un des enjeux majeurs de notre époque. L'énergie solaire est inépuisable et peu polluante. Ecologiquement en tirant le meilleur parti du climat. L'objectif est de prévoir une installation la plus rentable possible en production d'énergie tout en préservant l'environnement bâti et paysagé [4].

### I.2 Différents types des capteurs solaires

#### I.2.1 Capteurs solaires thermiques

Un capteur solaire thermique (ou capteur héliothermique ou collecteur solaire ou simplement capteur solaire) est un dispositif conçu pour recueillir l'énergie solaire transmise par rayonnement et la communiquer à un fluide caloporteur (gaz ou liquide) sous forme de chaleur. Cette énergie calorifique peut ensuite être utilisée pour le chauffage de bâtiments, pour la production d'eau chaude sanitaire ou encore dans divers procédés industriels.

Cette technologie est parfois confondue avec les panneaux photovoltaïques, qui eux transforment la lumière (les photons) en électricité [5].

### I.2.1.1 Types des capteurs solaires thermiques

Il existe différents types de capteurs solaires thermiques selon le type d'application considéré, l'autre de l'élément caloporteur utilisé et le niveau de température qu'ils permettent d'atteindre [5].

Le type d'application peut aller du chauffage d'une piscine avec un capteur léger, à une centrale solaire thermodynamique produisant de l'électricité. Le fluide caloporteur peut être de l'air, de l'eau, un mélange antigél, un fluide à changement de phase, ou encore une huile possédant une température de vaporisation élevée pour les applications nécessitant de hautes températures [5].

À travers le monde, la grande majorité des installations sont utilisées pour produire de l'eau chaude sanitaire pour des maisons individuelles. Fin 2012, 78% des installations en services étaient dédiées à cet usage. Les capteurs solaires sont aussi utilisés pour des systèmes combinés (eau chaude sanitaire et chauffage de bâtiment), pour le chauffage de piscines, pour des centrales de chauffage solaire, pour des procédés industriels ou encore pour de la climatisation solaire [5].

Les capteurs à fluide caloporteur liquide (aussi appelé abusivement capteurs à eau) se répartissent en trois familles :

- Les capteurs à tubes sous vide.
- Les capteurs plans vitrés.
- Les capteurs non-vitrés.

### I.2.1.2 Fonctionnement des capteurs thermiques

Dans les capteurs thermiques, le liquide circule dans des tubes soudés sur une plaque noire appelée absorbeur. Pour obtenir un meilleur rendement, l'ensemble est placé dans une boîte vitrée isolante afin d'obtenir une couche d'air isolante. Avec un bon ensoleillement, et si la température ambiante n'est pas trop basse, un simple réseau de tubes à ailettes peut constituer un panneau avec un bon rendement. L'absorbeur est chauffé par le rayonnement solaire et transmet sa chaleur à l'eau qui circule dans les tubes [5].

Les premiers absorbeurs étaient peints en noir mate afin de capter un maximum d'énergie lumineuse. Mais la peinture noire mate a souvent l'inconvénient d'avoir une émissivité importante dans l'infrarouge. Ce qui provoque un rayonnement plus élevé

depuis l'absorbeur. Ce rayonnement réchauffe la vitre, qui dissipe une partie de cette énergie à l'extérieur, par convection et rayonnement. Ce phénomène augmente les déperditions et nuit au rendement. C'est pourquoi il est intéressant d'utiliser des absorbeurs traités au chrome (par exemple), qui émettent un rayonnement infra-rouge beaucoup plus faible. On parle de surfaces sélectives, elles absorbent bien le rayonnement visible où se situe la grande partie de l'énergie provenant du Soleil (un corps noir à haute température), mais réémettent peu dans l'infrarouge (rayonnement de l'absorbeur, corps à relativement basse température).

Si l'eau ne circule pas, la température interne au capteur monte jusqu'à ce que les déperditions soient égales à l'énergie reçue, ce qui peut entraîner l'ébullition de l'eau. Cette température peut être très élevée en été, l'après-midi, quand les besoins de chauffage sont déjà couverts. On appelle température de stagnation la température de l'absorbeur dans cette situation [5].

De nombreuses autres innovations techniques ont permis d'augmenter le rendement des panneaux thermiques, telles que :

- des vitres ayant une faible teneur en fer pour améliorer la transparence (de 85 % à 95 %, si on y ajoute un traitement antireflet);
- des soudures entre la plaque absorbante et le réseau de tuyauterie réalisées par impacts lasers au lieu de sonotrodes (soudure ultrason);

Les capteurs solaires à eau sont utilisés pour le chauffage et/ou pour produire de l'eau chaude sanitaire (ECS) dans un chauffe-eau solaire.

Dans les capteurs thermiques à air, c'est de l'air qui circule et qui s'échauffe au contact des absorbeurs. L'air ainsi chauffé est ensuite ventilé dans les habitats pour le chauffage ou dans des hangars agricoles pour le séchage des produits [5].



**Figure I.1.** Constitution du panneau thermique [6].

### I.3. Panneaux photovoltaïques

Les panneaux photovoltaïques permettent la production d'électricité pour l'éclairage et pour les appareils électroménagers. Ils sont déconseillés pour le chauffage électrique trop gourmand en énergie par rapport à ce que les capteurs peuvent produire.

On peut utiliser des panneaux photovoltaïques, des capteurs photovoltaïques souples, des vitrages mixtes ou encore des tuiles photovoltaïques esthétiquement plus discrètes [4].

On distingue trois types de panneaux solaires :

- les panneaux solaires thermiques, appelés *capteurs solaires thermiques*, collecteurs solaires ou simplement capteurs solaires, qui piègent la chaleur du rayonnement solaire et la transfèrent à un fluide caloporteur ;
- les panneaux solaires photovoltaïques, appelés *modules photovoltaïques* ou simplement panneaux solaires, qui convertissent le rayonnement solaire en électricité. Le solaire photovoltaïque est communément appelé PV ;
- les panneaux photovoltaïques thermiques qui produisent à la fois de l'électricité et de la chaleur tout en améliorant le rendement des panneaux solaires photovoltaïques en évitant la surchauffe des modules. La combinaison de ces deux technologies peut être considérée comme une technologie de la cogénération [7].

Dans les trois cas, les panneaux sont habituellement plats, d'une surface approchant plus ou moins le m<sup>2</sup> pour faciliter et optimiser la pose. Les panneaux solaires sont les composants de base de la plupart des équipements de production d'énergie solaire.

### I.3.1 Rentabilité et rendement

#### I.3.1.1 Cas des capteurs thermiques

Sont rentables dans les régions très ensoleillées même sous des latitudes élevées.

#### I.3.1.2 Cas des panneaux solaires photovoltaïques

Les panneaux solaires photovoltaïques sont plus rentables dans les régions très ensoleillées ou lorsque l'état subventionne ce type d'installation. Ceci explique l'engouement des pays du sud de l'Europe (Italie, Portugal, etc.) ou du nord de l'Afrique (Algérie, Tunisie, Maroc, etc.), à la fois grands consommateurs et grands producteurs potentiels, pour l'installation de grande centrales.

### I.3.2 Rendement des panneaux solaires photovoltaïques

Le rendement des panneaux photovoltaïques est défini comme la part du rayonnement solaire transformée en électricité. Il varie de 6 à 8% pour les panneaux en silicium amorphe, à 46% pour la technologie actuellement la plus performante. La moyenne se situe actuellement à 14,5% [7].



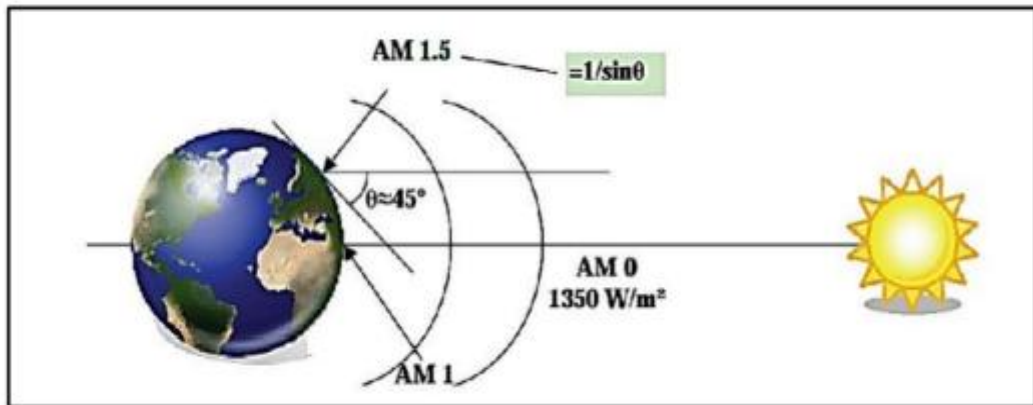
**Figure I.2.** Capteur solaire à base des panneaux solaires [8].

### I.4. Masse d'air

La masse est la longueur du trajet de lumière à travers l'atmosphère normalisée par rapport à la longueur du trajet le plus court possible. La masse d'air est définie suit :

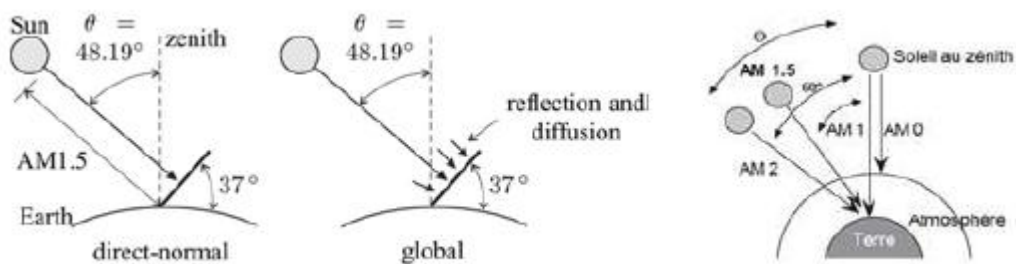
$$AM = 1 / \cos(\Theta) \tag{1}$$

Où  $\Theta$  est l'angle de la verticale. Lorsque le soleil est au zénith, la masse d'air est de 1 [10].



**Figure I.3.** Normes de mesures du spectre d'énergie lumineuse émis par le soleil, notion de la convention AM [10].

- AM0 : hors atmosphère (application spatiales).  $P = 1.36 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$ .
- AM1 : le soleil est au zénith du lieu d'observation (à l'équateur).
- AM1.5G : spectre standard, le soleil est à  $45^\circ$ .  $P = 1 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$ .

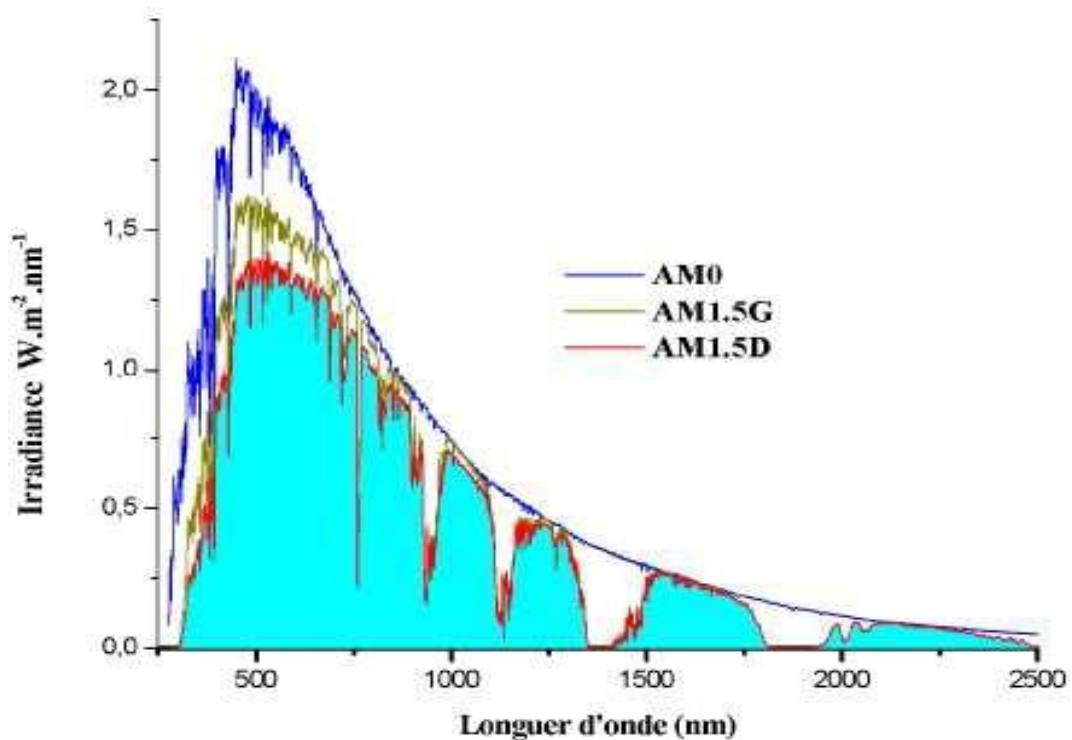


**Figure I.4.** Schéma indiquant le nombre d'air masse AM en fonction de la position géographique [10].

Si le soleil est au zénith du lieu d'observation,  $\theta = 0^\circ$ ,  $AM = 1$  : la notation utilisée est AM1.

AM0 correspond à l'irradiante hors atmosphère, et est surtout utilisée pour prédire le comportement des cellules pour applications spatiales. Le spectre standard le plus étudié est AM1.5G, G signifiant "global" car il tient compte à la fois des radiations directes et diffuses, par opposition à AM1.5D qui ne tient compte que des radiations directes. AM1.5G donne une radiation de  $970 \text{ W/m}^2$ , mais a été arrondi à  $1 \text{ kW/m}^2$  [10].

L'intensité  $I_d$  reçue à la surface de la terre peut être calculée grâce à la formule empirique suivante:  $I_d = 1,353 \cdot (0.7^{a_m})^{0.678}$ , Avec  $I_d$  en  $\text{kW/m}^2$ , pour une surface perpendiculaire aux rayons incidents. Les spectres AM0 et AM1.5 sont représentés sur la figure I.5.



**Figure I. 5.** Représentation graphique des spectres AM0 et AM1.5G et D [10].

Il apparaît que la partie la plus importante du spectre solaire à la surface de la terre concerne le domaine du visible et du proche infrarouge.

Les irradiantes définies par le nombre AM ne tiennent toutefois pas compte de la variété des conditions climatiques, et de l'altitude du lieu. La terre présente ainsi de grandes disparités dans la répartition de la puissance solaire.

Les pays du Maghreb ont un potentiel solaire élevé. Les taux d'irradiation solaire effectués par satellites par l'Agence Spatiale Allemande (DLR), montrent des niveaux

d'ensoleillement exceptionnels de l'ordre de 1200 kWh/m<sup>2</sup>/an dans le Nord du Grand Sahara. Par contre, les meilleurs taux d'irradiation solaire en Europe sont de l'ordre de 800 kWh/m<sup>2</sup>/an limités à la partie sud de l'Europe.

Suite à une évaluation par satellites, l'Agence Spatiale Allemande (ASA) a conclu, que l'Algérie représente le potentiel solaire le plus important de tout le bassin méditerranéen, soit: 169.000 TWh/an pour le solaire thermique, 13,9 TWh/an pour le solaire photovoltaïque et 35 TWh/an pour l'éolien.

## I.5 Généralités Sur les capteurs

### I.5.1 Définition

Un capteur est un composant technique qui détecte un événement physique se rapportant au fonctionnement du système (présence d'une pièce, Lumière du soleil, température, etc.) et traduit cet événement en un signal exploitable par le PC de ce système. Ce signal est généralement électrique sous forme d'un signal basse tension. La figure I.6 illustre le rôle général d'un capteur [9].

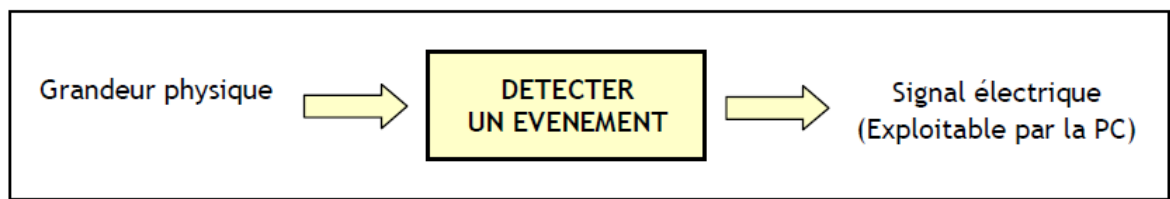


Figure I.6. Rôle général d'un capteur [9].

L'information détectée par un capteur peut être d'une grande variété, ce qui implique une grande variété de besoins en capteurs. On cite parmi les plus connus et fréquents, les capteurs de position, de vitesse, de température et de niveau. Nous nous concentrons sur notre sujet sur le capteur de lumière [9].

### I.5.2 Nature de l'information fournie par un capteur

Suivant son type, l'information qu'un capteur fournit au PC peut être :

- **Logique** : L'information ne peut prendre que les valeurs 1 ou 0 ; on parle alors d'un capteur Tout ou Rien (TOR). La figure I.7 montre la caractéristique d'un capteur de position :

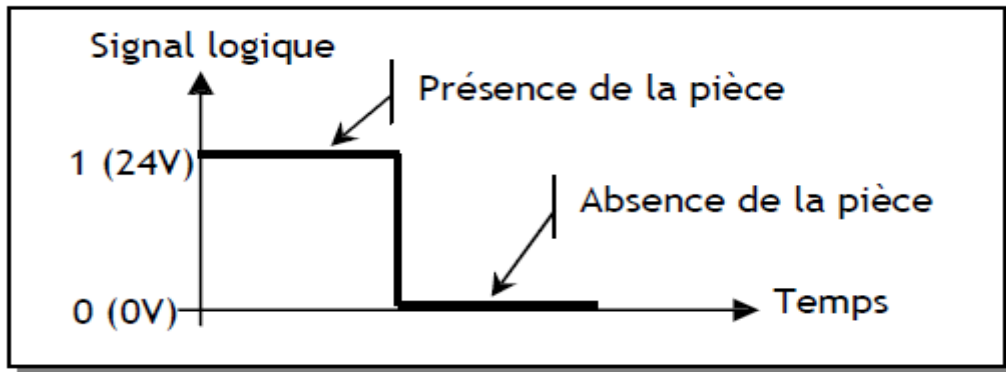


Figure I.7. Exemple d'un capteur TOR [9].

- **Analogique** : L'information peut prendre toutes les valeurs possibles entre 2 certaines valeurs limites ; on parle alors d'un capteur analogique. La figure I.8 montre la caractéristique d'un capteur de température.

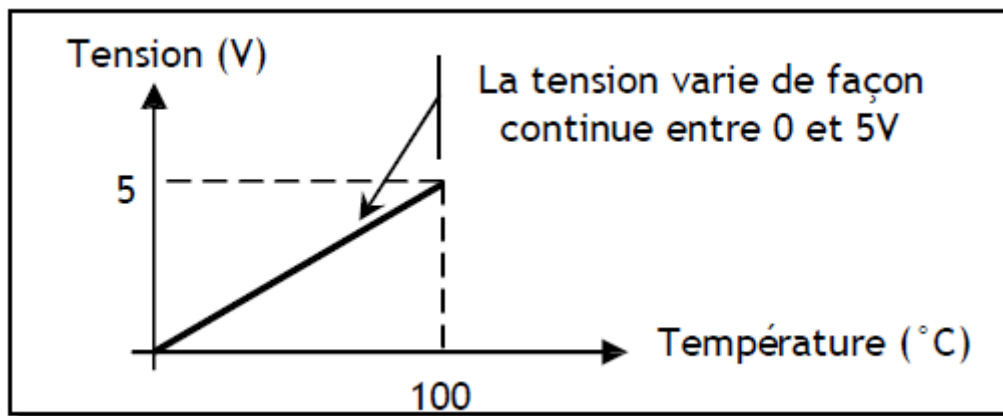


Figure I.8. Exemple d'un capteur analogique de température [9].

- **Numérique** : L'information fournie par le capteur permet au PC d'en déduire un nombre binaire sur n bits ; on parle alors d'un capteur numérique. La figure I.9 montre en titre d'exemple le principe de fonctionnement de la souris :

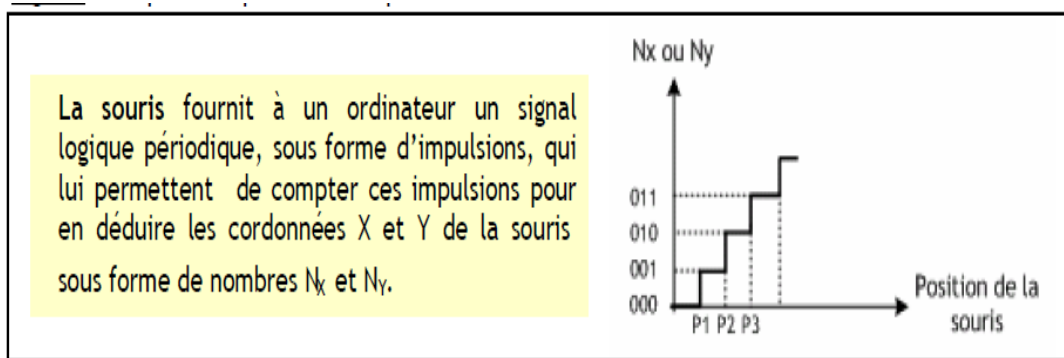


Figure I.9. Exemple de capteur numérique de la souris [9].

### I.5.3 Paramètres caractéristiques d'un capteur

Certains paramètres sont communs à tous les capteurs. Ils caractérisent les contraintes de mise en œuvre et permettent le choix d'un capteur :

- **L'étendue de la mesure** : c'est la différence entre le plus petit signal détecté et le plus grand perceptible sans risque de destruction pour le capteur.
- **La sensibilité** : ce paramètre caractérise la capacité du capteur à détecter la plus petite variation de la grandeur à mesurer. C'est le rapport entre la variation  $\Delta V$  du signal électrique de sortie pour une variation donnée  $\Delta Y$  de la grandeur physique d'entrée :

$$S = \Delta V / \Delta Y.$$

- **La fidélité** : Un capteur est dit fidèle si le signal qu'il délivre en sortie ne varie pas dans le temps pour une série de mesures concernant la même valeur de la grandeur physique  $Y$  d'entrée. Il caractérise l'influence du vieillissement.
- **Le temps de réponse** : c'est le temps de réaction d'un capteur entre la variation de la grandeur physique qu'il mesure et l'instant où l'information est prise en compte par la partie commande [9].

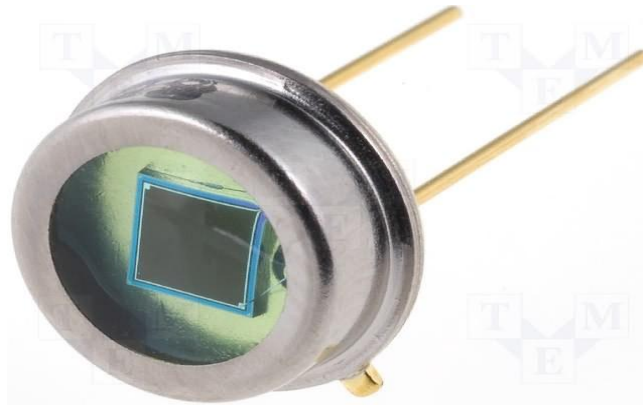
### I.6. Capteurs optiques

Utilisés dans des domaines aussi divers que la photographie, l'imagerie spatiale, la reconnaissance de forme, la mesure de lumière et de déformation à distance, les capteurs optiques sont des capteurs qui convertissent le signal des ondes lumineuses et de longueurs d'ondes voisines (ultraviolet et infrarouge) en signal électrique [10].

Les capteurs optiques sont divisés en trois grandes classes d'applications :

- Les capteurs lumière (exemple : capteurs BPW21, photodiode,...) utilisés pour mesurer la lumière.
- Les capteurs industriels (exemple : capteurs photorésistance, photomultiplicateur...) dans les domaines techniques qui correspondent au besoin notamment de l'automatisation des procédés.
- Les capteurs d'images (exemple : capteurs CCD, CMOS,...) dans les domaines de la photographie et de la vidéographie [10].

Dont notre travail on va utiliser une photodiode BPW21. Ce capteur est un capteur de lumière présenté à la **figure I.10** :

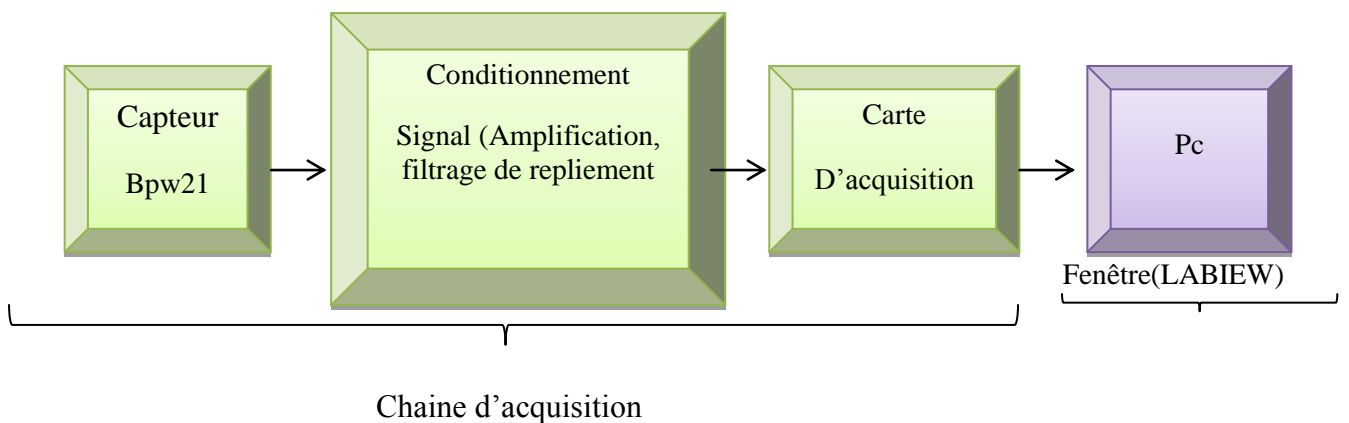


**Figure I.10.** Capteur lumière BPW21.

### I.7. Notion de chaîne de mesure

Les procédés électroniques mis en œuvre dans les mesures varient en fonction des éléments constituant la chaîne et qui dépend étroitement de la forme d'expression et de la finalité de la mesure.

Le schéma ci-dessous illustre la synoptique générale d'une carte d'acquisition (voir **figure I.11**).

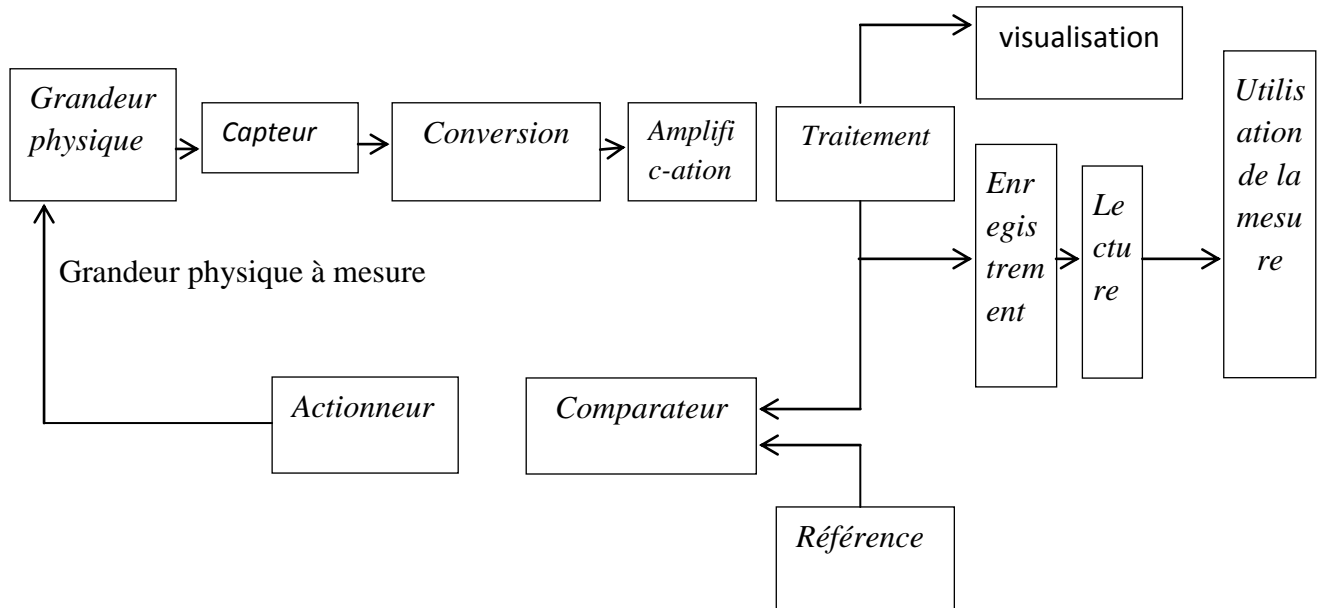


**Figure I.11.**schéma synoptique générale de la carte d'acquisition [11].

Les chaînes de mesures sont divisées en deux types :

#### I.7.1 Chaîne de mesure analogique

Dans les méthodes analogiques, le signal porteur de l'information issue du capteur circule le long de la chaîne et est liée à mesurer par une loi continue (**figure. I.12**).



**Figure I.12.** Chaîne de mesure analogique [11].

Le signal délivré par le capteur subit une série de transformation comprenant généralement :

- Le convertisseur de mesure qui modifie la structure de signal afin de rendre mieux adaptée à la transmission :
- L'amplification qui accroît l'intensité du signal ;
- Un ou plusieurs dispositifs de traitement du signal obtenu. Ce traitement peut être un filtrage modifiant la forme temporelle du signal (écrêtage, émission en forme..) pour éliminer certains parasites non désirés. Il peut aussi avoir pour but d'obtenir un résultat « corrigé et adapté » à son utilisation ; cette opération peut être très simple : linéarisation, conversion en valeur absolue, en valeur efficace... ; elle peut aussi être complexe et variée : détection d'un signal noyé dans le bruit, corrélation entre deux signaux, convolution, ondelettes....etc.

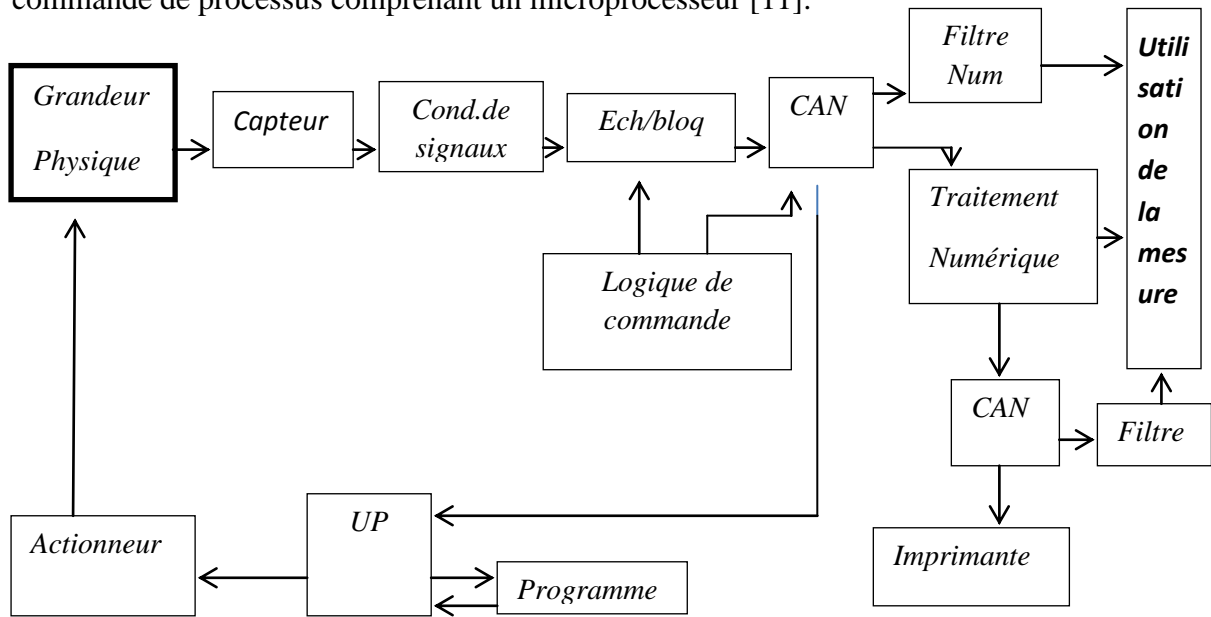
Généralement l'amplitude de la grandeur de sortie reçue par le manipulateur suit les variations de l'amplitude de la grandeur à mesurer [11].

### I.7.2 Chaîne de mesure numérique

Les progrès de l'électronique numérique et de l'informatique se répercutent inévitablement dans le domaine de mesure.

La première finalité des méthodes numériques est bien sûr l'obtention d'un nombre, et dans les chaînes de mesures numériques, ce nombre apparaît au sein de la chaîne. la figure

I.13 représente la chaîne de mesure numérique. Cette dernière peut être munie d'une commande de processus comprenant un microprocesseur [11].



**Figure I.13.** Chaîne de mesure numérique [11]

Le conditionneur de signaux est analogue à celui d'une chaîne analogique. Le signal analogique fourni par le conditionneur est reçu par un échantillonneur bloqueur dont le rôle est de prélever des valeurs instantanées et de les maintenir à l'entrée du convertisseur analogique-numérique (CAN) au moins pendant le temps nécessaire à une conversion. Ces deux modules sont commandés par un système logique qui, aux choisis, donne l'ordre d'échantillonnage "fige" le signal à l'entrée du convertisseur et "gère" le fonctionnement de ce dernier. Cette fonction peut être réalisée par un système logique simple ou par un microprocesseur.

La sortie numérique du CAN peut être, Soit traitée par un organe numérique pouvant comprendre un ordinateur (calcul de la valeur moyenne dans le temps ou dans l'espace, calcul du gradient, calcul de valeurs efficaces...), soit mémorisée pour une analyse ultérieure de l'évolution du grandeur, soit reconstituée sous sa forme analogique initiale par un convertisseur numérique-analogique (CAN) et exploitée pour le contrôle de processus (contrôle médical, contrôle de qualité et de production, mesuré la lumière..... etc.) [11].

### I.7.3 Structure générale d'un système de mesure

Le schéma ci-dessous indique les diverses variantes habituellement rencontrées dans les dispositifs d'acquisition. Elle est souvent associée à une chaîne de restitution (figure I-14) :

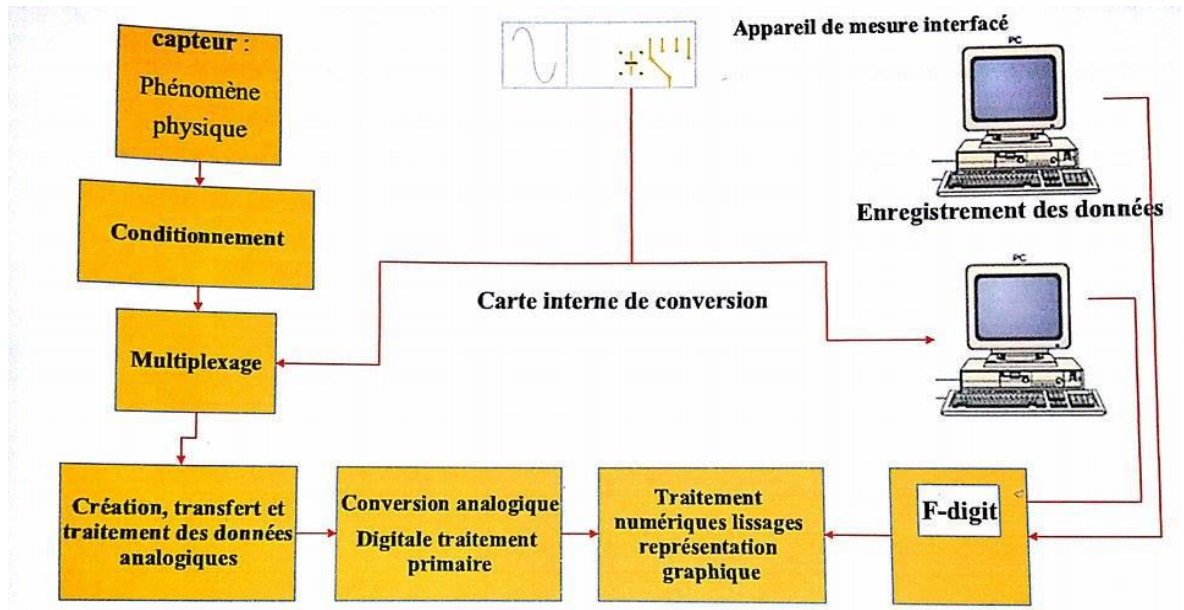


Figure I.14. Eléments et variantes systèmes d'acquisition [11].



Figure I.5. Structure de la chaîne de restitution [11].

### I.7.4 Structure d'une chaîne d'acquisition numérique

La figure ci-dessous représente une chaîne d'acquisition numérique formée d'un capteur pour la conversion de la grandeur physique en grandeur électrique (courant, tension, . . etc.), un amplificateur qui sert à amplifier les faibles signaux, un système de filtrage pour le débruitage puis la conversion analogique numérique via l'échantillonneur bloqueur.

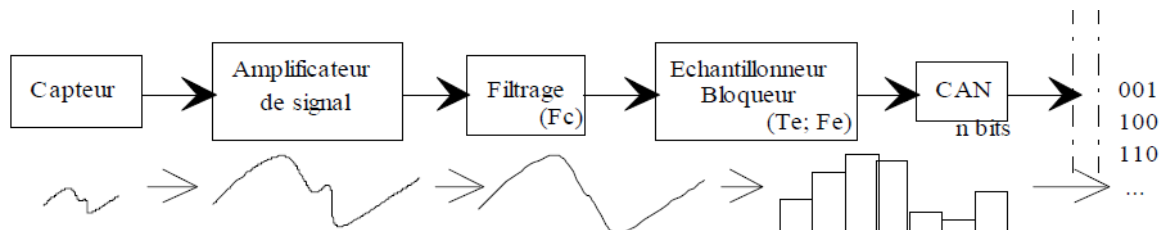


Figure I.16. Structure de l'acquisition numérique.

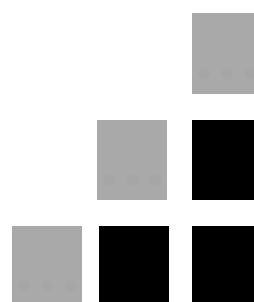
## **I.8 Conclusion**

Nous avons identifié dans ce chapitre les différents types des capteurs (thermique, solaire, solaire photovoltaïque ...) ainsi que les conditions de travail de ces capteurs. Ensuite on apprend sur la constitution et le rôle des chaînes de mesures et des chaînes d'acquisitions.

Dans le chapitre qui suit on va donner une explication détaillée sur la constitution de notre carte d'acquisition et comment se connecter à l'ordinateur.



**Etude de la carte d'acquisition**



## II. Introduction

Ce chapitre est dédié à la présentation des éléments importants constituant la carte d'acquisition à réaliser. En premier lieu on présente quelques détails concernant la composition et le fonctionnement du microcontrôleur PIC 18f4450. Ce dernier est exploité pour convertir le signal analogique en un signal numérique ensuite il permet d'assurer la liaison à la norme HID USB. La deuxième partie de ce chapitre est une simple présentation norme USB utilisé comme interface de communication entre la carte et le PC.

La troisième partie de ce chapitre offre quelques explications sur le programme utilisé pour l'interfaçage et la communication entre le PIC18f4450 et le PC.

### II.1 Présentation des microcontrôleurs

Les microcontrôleurs sont très utilisés dans le monde de l'industrie, notamment dans les systèmes embarqués. On pourra donc les retrouver dans l'aéronautique, l'aérospatial, l'automobile, l'électronique grand publique. Leur polyvalence et leur taille les rendent intéressants pour des modules de traitement de données numériques et aussi analogiques. Ils sont certes peu puissant comparés à des processeurs dédiés, mais ils les compensent par leur prix mais surtout leur taille : un microcontrôleur peut être comparé à une carte mère d'ordinateur. Dans cette partie nous présentons une description détaillée sur les microcontrôleurs (PICs de Micro chip).

#### II.1.1 Définition d'un microcontrôleur

Un microcontrôleur est un composant électronique qui rassemble tous les éléments d'un "Mini-ordinateur" et qui se présente sous la forme d'un circuit intégré. Un microcontrôleur permet de réaliser des systèmes et des montages électroniques programmés. Cela veut dire que l'on pourra, avec le même montage, réaliser des fonctions très différentes qui dépendront du programme qui aura été programmé dans le microprocesseur [12].

Un PIC (Programmable Interface Contrôler) est une unité de traitement de l'information de type microprocesseur à laquelle on a ajouté des périphériques internes permettant de faciliter l'interfaçage avec le monde extérieur sans nécessiter l'ajout de composants externes.

Les PICs sont des composant dits RISC (Reduced Instructions Set Computer), ou encore composant à jeu d'instruction réduit. Le microcontrôleur se trouve, dans plusieurs

appareils telle que : les Téléphones portables, machines à laver, télévisions vidéos ... etc. [13].

### II.1.2 Différentes familles des PICs

Les PICs sont subdivisés en 3 grandes familles [13] :

- La famille Base-Line, qui utilise des mots d'instructions de 12 bits.
- la famille Mid-Range, qui utilise des mots de 14 bits (et dont font partie les 16F84 et 16F876) .
- la famille High-End, qui utilise des mots de 16 bits.

### II.1.3 Identification des PICs

Un PIC est généralement identifié par une référence de la forme suivante :

**xx(L)XXyy-zz** [14].

**xx** : famille du composant, actuellement « 12, 14, 16, 17 et 18 ».

**L** : tolérance plus importante de la plage de tension.

**XX** : type de mémoire programme.

**C** : EPROM ou EEPROM.

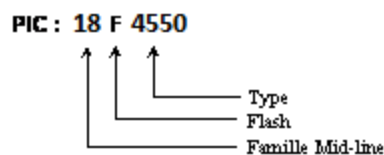
**CR** : PROM.

**F** : Flash.

**yy** : Identificateur.

**zz** : vitesse maximale du quartz de pilotage.

**Exemple :**



**Figure II.1.** Exemple de l'identification PIC18F4550.

### II.1.3 Choix d'un PIC

Le choix d'un PIC est directement lié à l'application envisagée [13] :

- Il faut dans un premier temps déterminer le nombre d'entrées/sorties nécessaires pour l'application. Ce nombre d'entrées/sorties nous donne une idée sur la famille du PIC.
- Il faut ensuite déterminer si l'application nécessite un convertisseur Analogique/Numérique ce qui va centrer un peu plus vers le choix du PIC.
- La rapidité d'exécution est un élément important, il faut consulter les DATA-BOOK pour vérifier la compatibilité entre la vitesse maximale du PIC choisi et la vitesse max nécessaire au montage.
- La taille de la RAM interne et la présence ou nom d'une EEPROM pour mémoriser des données est également important pour l'application souhaitée.
- La longueur de programme de l'application détermine la taille de la mémoire programme du PIC recherché.

Afin de choisir un PIC adéquat à notre projet, nous avons décidés d'utiliser PIC 18F4550.

### II.1.3 Caractéristiques principales du PIC 18F4550

Les caractéristiques principales du 18F4550 sont résumées comme suit :

- 35 lignes d'entrées/sorties, répartis comme suit :
  - Un port de 7 lignes (port A);
  - Un port de 8 lignes (port B);
  - Un port de 8 lignes (port C);
  - Un port de 8 lignes (port D);
  - Un port de 4 lignes (port E);
- Alimentation sous 5 Volts;
- Une mémoire de programme de type flash (32Ko (32768 Octets) mots de 16 bits);
- Une mémoire RAM utilisateur de 2048 Octets;
- Une mémoire EEPROM de 256 Octets emplacements;
- Une interface I2 C pour la gestion d'un bus à 2 fils;
- Facilité de programmation comme tous les PICs;

Le tableau **II.1** présente tous les caractéristiques générales de PIC 18F4550 [15].

La caractéristique	Valeur
Fréquence horloge MHZ	48 MHZ
Mémoire programme FLASH	32 KO
Mémoire donnée (RAM)	2048 octets
Mémoire EEPROM	256 octets
Interruptions	20
Ports parallèles (nombre des lignes)	A(7).B(8) C(8).D(8). E(4)
Timers	4(3×16bit + 1×8bit)
Can 10-bit	13
Instruction	75
Vitesse du CPU (MIPS)	12
Périphérique de communication numérique	1-A/E/USART. 1-MSSP (SPI/I2C)
Capture /comparateur /périphériques / PWM comparateurs	1 CCP. 1 ECCP 2
USB (canaux. Vitesse. Respect)	1. Full speed .USB 2.0
Plage de tension de fonctionnement(v)	De 2 à 5.5
Température	-40 A 85

Tableau II.1. Caractéristiques générales de PIC 18F4550.

II.1.4. Brochage du PIC 18F4550

40-Pin PDIP

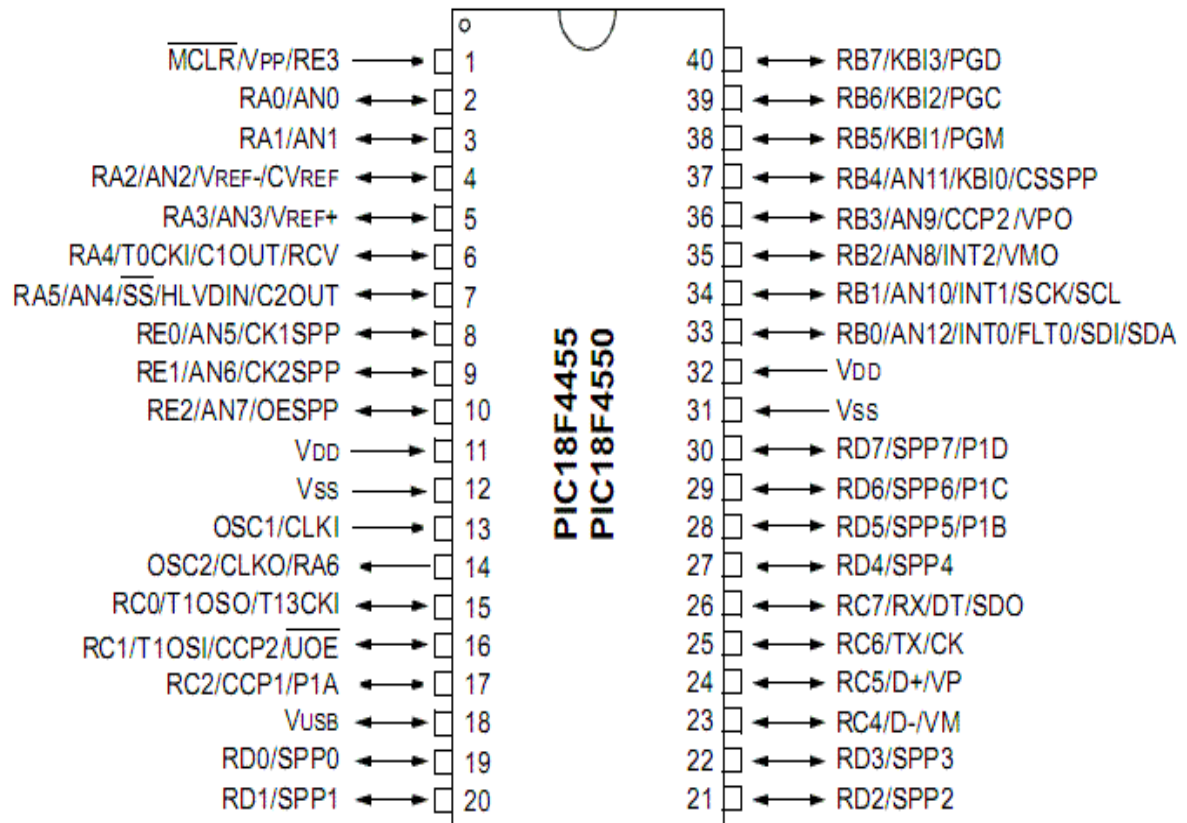


Figure II.2. Brochage du PIC 18F4550 [15].

On peut distinguer le schéma de la figure II.2. le suivant :

- L'alimentation : VDD (+5V) et Vss (0V);
- Les bornes du quartz (oscillateur a quartz) : OSC1 et OSC2;
- L'entrée RESET (MCLR : Master CLearR);
- Les différents ports d'Entrées/Sorties : RAx, RBx, RCx, RDx, Rex;

### II.1.5 Horloges système du PIC 18F4550

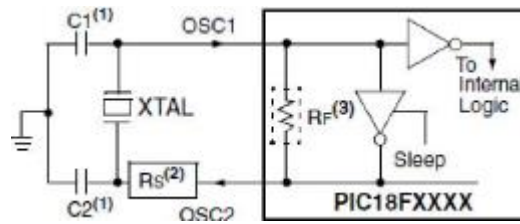
Comme la grande majorité des systèmes numériques à l'heure actuelle, les microcontrôleurs sont des composants synchrones, c'est-à-dire que toutes les opérations y sont synchronisées par une horloge commune. Dans le cas d'un microcontrôleur, le nombre d'instructions par seconde exécutées par le processeur est directement proportionnel à la fréquence de l'horloge. Ainsi il est logique de penser que l'idéal est d'utiliser l'horloge la plus élevée possible, car les performances seront ainsi maximisées. Ce raisonnement est juste, mais pose un autre problème, car un autre facteur qui est directement proportionnel à la fréquence d'horloge est la consommation électrique du composant.

Dans le PIC 18F4550, en plus d'une horloge système, qui cadencera le cœur du microcontrôleur, on peut aussi avoir à fournir une horloge à certains périphériques tels que le contrôleur USB ou les TIMERS.

Le PIC 18F4550 peut utiliser 4 types d'horloge comme horloge système :

- -XT : Oscillateur à résonateur céramique ou à cristal (quartz) externe, jusqu'à 4 MHz. Il est nécessaire dans ce mode d'ajouter entre les pattes OSC1 et OSC2 du composant un quartz, ainsi que deux condensateurs adaptés entre chacune de ces deux broches et la masse.
- -HS : Même fonctionnement que le précédent, mais pour des fréquences supérieures à 4MHz.

Dans modèles d'oscillateurs HS, HSPLL, XT et XTPLL, un oscillateur en quartz ou en céramique est reliée à la OSC1 et OSC2 repères pour établir oscillation. La **Figure II.3** illustre le brochage au OSC1 et OSC2.



**Figure II.3.** Oscillateur à Quartz/Céramique [15].

- EC : Dans ce mode, il faut directement apporter à la broche OSC1 un signal d'horloge (carré) généré par un oscillateur totalement externe.
- INT : Le PIC 18F4550 possède un oscillateur interne de fréquence réglable entre 31kHz et 8MHz.

Le choix de l'oscillateur se fait par des registres particuliers, les registres de configuration. CES registres ont la particularité de ne pouvoir être écrits que lors de la programmation [13]. Pour les régler on peut soit utiliser la directive par MikroC.

### II.1.6 Bouton RESET

Le Reset d'un microcontrôleur peut être déclenché selon plusieurs événements. Ces événements peuvent être d'origine physique, tel que l'appui sur le bouton Reset du montage (Broche MCLR) ou encore être dus à une baisse de tension d'alimentation. Un Reset peut également être déclenché suite à un état logiciel tel que le débordement (ou saturation) de la pile (PIC 18). Pour résumer, un Reset peut être déclenché par [16] :

- un appui sur le bouton Reset du montage (Broche MCLR = 0).
- une instruction logicielle Reset (PIC 18).
- une saturation ou un débordement inférieur de la pile (PIC 18).
- un dépassement de la temporisation du chien de garde (WDT).
- une atteinte du seuil mini de l'alimentation.

### II.1.7 Ports d'entrée/sortie

La plupart des broches du PIC 18F4550 sont accessibles en entrée et en sortie tout-ou-rien, c'est-à-dire qu'il peut en entrer ou en sortir un état haut logique (+VCC) ou un état bas logique (0V).

Les broches sont regroupées suivant les différents ports, chaque port pouvant contenir jusqu'à 8 broches. Il est possible d'utiliser chaque patte indépendamment en entrée, en sortie ou pour d'autres fonctions. Pour localiser les broches correspondant aux différents ports, il faut se reporter au brochage du composant dans la (Figure II.2). Sur la plupart des broches, le premier élément de la description est de la forme Rxy, avec x une lettre, correspondant au port auquel appartient la broche, et y le numéro de la broche dans le port. Par exemple la broche 6 du composant correspond à RA4, c'est-à-dire au bit 4 du port A.

Cependant sur les broches 1 et 14 la description sous forme de port n'est pas en premier dans la liste, mais en dernier. C'est parce que ces broches ont des affectations spéciales prioritaires sur les ports. La broche 1 est par défaut la broche de RESET (MCLR), on peut l'utiliser comme RE3 en inhibant le RESET externe grâce à un bit de configuration (comme pour configurer l'horloge). La broche 14 peut être utilisée comme RA6 dans les modes d'horloge qui n'utilisent pas un résonateur externe [16].

### II.1.8 Architecture interne du PIC 18F4550

La figure II.4 présente l'architecture interne du circuit. Il est constitué par les éléments suivants [15] :

- Quatre ports d'entrées/sorties;
- Une unité arithmétique et logique (ALU);
- Quatre compteurs (Timers) Timer0, Timer1, Timer2, Timer3;
- Un compteur de programme (program counter);
- Une mémoire RAM, 2048 octets;
- Une mémoire EEPROM de 256 octets de données;
- Un registre contenant le code de l'instruction à exécuter (IR);
- Convertisseur analogique numérique 13 canaux 10bit;

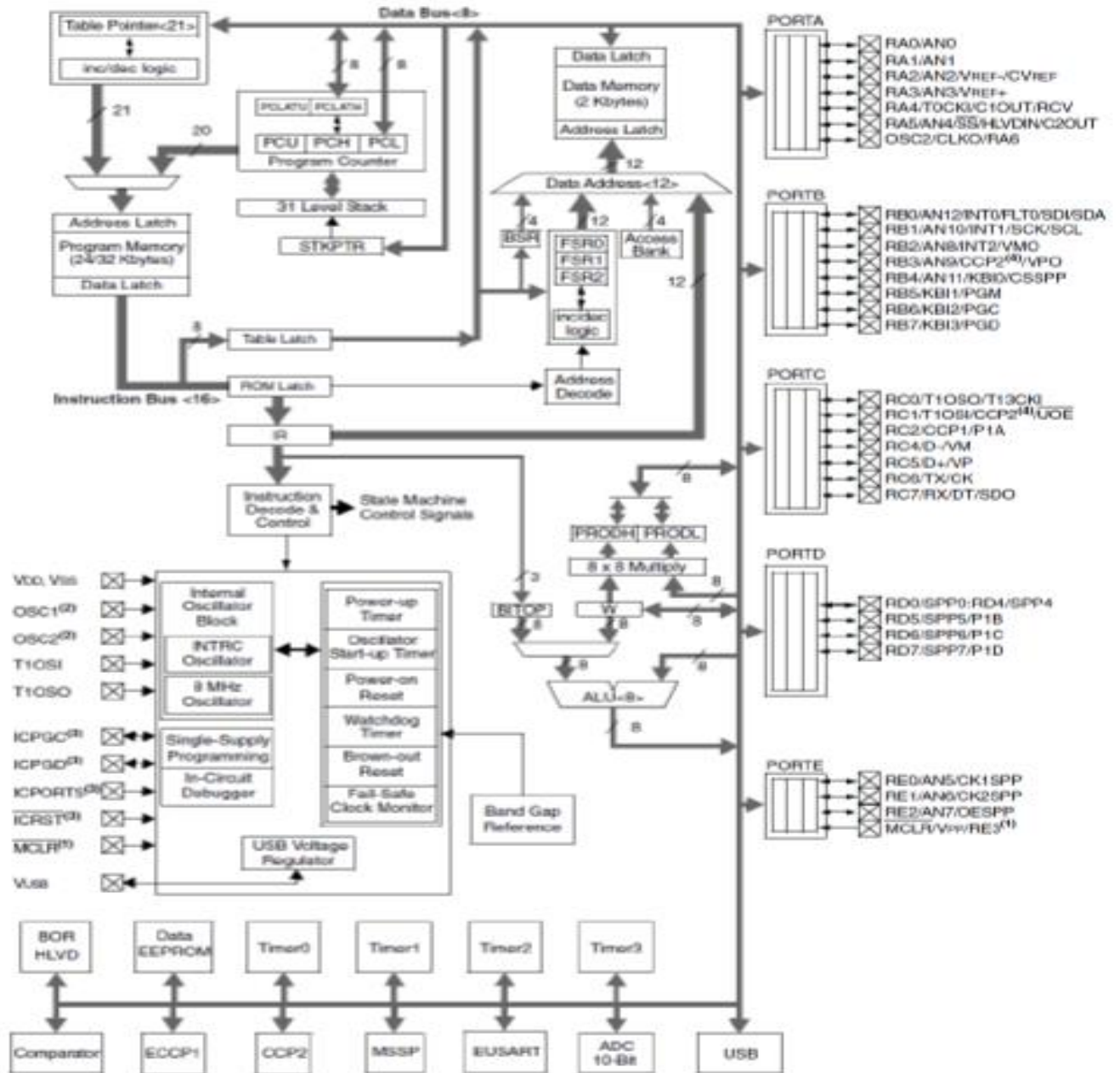


Figure II.4. Architecture interne du PIC 18F4550 [15].

### II.1.9 Organisation de la mémoire

Le microcontrôleur PIC 18F4550 dispose de deux types de mémoires séparées [17] :

- Une mémoire de programme de 32 ko (mémoire FLASH).
- Une mémoire de données de 2048 octets.

### II.1.9.1 Mémoire de programme

La capacité de la mémoire de programme est de 32 ko (kilo-octets). Cependant, chaque instruction est codée sur 16 bits, ce qui signifie que chaque instruction occupera 2 octets.

Ainsi, la mémoire de programme ne pourra stocker que jusqu'à 16384 instructions au maximum [17].

### II.1.9.2 Mémoire de données

Elle se décompose en deux parties une RAM et une zone EEPROM

### II.1.9.3 Mémoire RAM

La mémoire RAM (Random Access Memory) appelée mémoire vive, ce type de mémoire perd toutes ses informations stockées lorsqu'elle cesse d'être alimentée. La capacité totale de la mémoire de donnée est de 2048 octets. Elle est constituée de deux parties :

- Les registres SFR (Spécial Fonction Register)

Ce sont les registres de fonctionnement du PIC. L'ensemble de ces registres est souvent appelé fichier des registres.

- Les registres GPR (General Purpose Register)

Sont des positions mémoire que l'utilisateur peut utiliser pour stocker ses variables et ces données. On remarque donc que, indépendamment de leur nature, les positions de la RAM sont toujours appelées registres.

Le plan mémoire est découpé en 16 zones (bank) identiques de 256 octets. La sélection de la zone est réalisée par 4 bits du registre BSR (Bank Select register).

Les registres internes pour les fonctions spéciales (registres généraux et configuration des périphériques → SFR qui signifie (Spécial Fonction Register) se situent aux adresses hautes [13,17].

### II.1.10 Convertisseurs Analogique/Numérique

Pour utiliser un convertisseur analogique/numérique, il existe trois registres internes nommés ADCON0, ADCON1 et ADCON2, qui permettront de configurer et de sélectionner les différentes entrées analogiques (ADC pour *Analog to Digital Converter*) du PIC utilisé. Le paramétrage de ces trois registres conduit à choisir la façon dont se comporteront le ou les convertisseurs utilisés. Les entrées du PIC en relation avec le convertisseur analogique/digital

interne sont les broches AN0 à AN12. Les entrées analogiques (RA0 à RA5) transitent via le PORT A du PIC, les entrées AN5 à AN7 font partie du PORT E et les entrées AN8 à AN12 font partie du port B.

Comme vous le voyez sur le schéma général, les bits CHS0 à CHS3 du registre ADCON0 permettent de sélectionner un canal (AN0 à AN12) qui sera en relation avec le convertisseur. Les bits VCFG0 et VCFG1 du registre ADCON1 permettent quant à eux de définir les références de tension (AN2 ou Vss pour Vref- et AN3 ou Vdd pour Vref +). Les bits PCFG0 à PCFG3 du même registre permettent de configurer chaque broche AN0 à AN12 soit en entrée analogique soit en entrée / sortie logique. Le troisième registre ADCON2 permettra de sélectionner une horloge pour le convertisseur analogique (bits ADCS0 à ADCS2), ainsi qu'un temps d'acquisition avant conversion (temps nommé TAD : bits ACQT0 à ACQT2), allant de 0 TAD à 20 TAD (soit 0 top d'horloge à 20 tops d'horloge), puis indiquera grâce au bit ADFM le format de la valeur de la conversion en sortie.

Lorsqu'une conversion est lancée, un bit nommé *GO/DONE* du registre ADCON0 est forcée «1». Dès que la conversion en cours est terminée, ce bit repasse à « 0 ». On réalise donc une boucle d'attente tant que la conversion n'est pas échue. Notez également que le bit ADON du même registre permet d'alimenter le convertisseur en 5 V : si ce bit est à « 0 », alors le convertisseur ne consomme aucun courant. Le résultat de la conversion sera stocké dans deux registres 8 bits nommés ADRESH et ADRESL. Le résultat étant sur 10 bits, il faudra choisir (ajustement à droite ou ajustement à gauche) les 10 bits parmi les 16 contenus dans ces deux registres, le bit ADFM du registre de configuration ADCON2 aura ce rôle (voir **Figure II.5)** [18].

La plupart des membres de la famille PIC 18f contiennent un convertisseur A/D de 10 bits. Si la tension de référence choisie est de +5 Volt, la valeur de l'échelon c.-à-d. le pas de quantification :

$$Q = \frac{5v}{1023} = 0.00489 \text{ V or } q=4.89 \text{ mV} \quad (\text{II.1})$$

Ainsi, par exemple, si la tension d'entrée est 2.0 Volt le convertisseur générera une sortie numérique de  $\frac{2v}{0.00489} = 409$  décimal=(110011001)<sub>2</sub>. De même si la tension d'entrée est 4.0v, le convertisseur générera  $\frac{4v}{0.00489} = 818$  décimal =(1100110010)<sub>2</sub>.

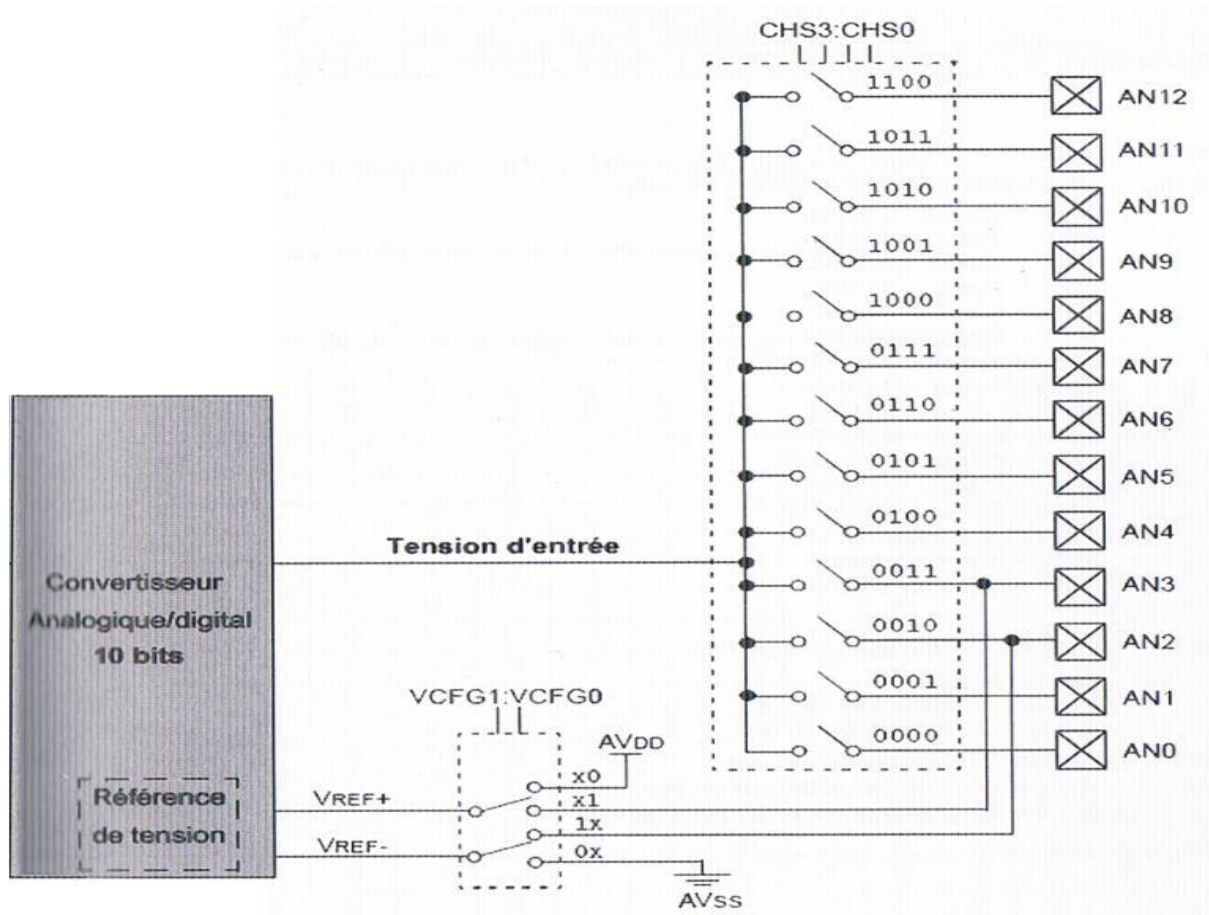


Figure II.5. Synoptique général du CAN pour le PIC 18F4550.

### II.1.10.1 Registre ADCON0

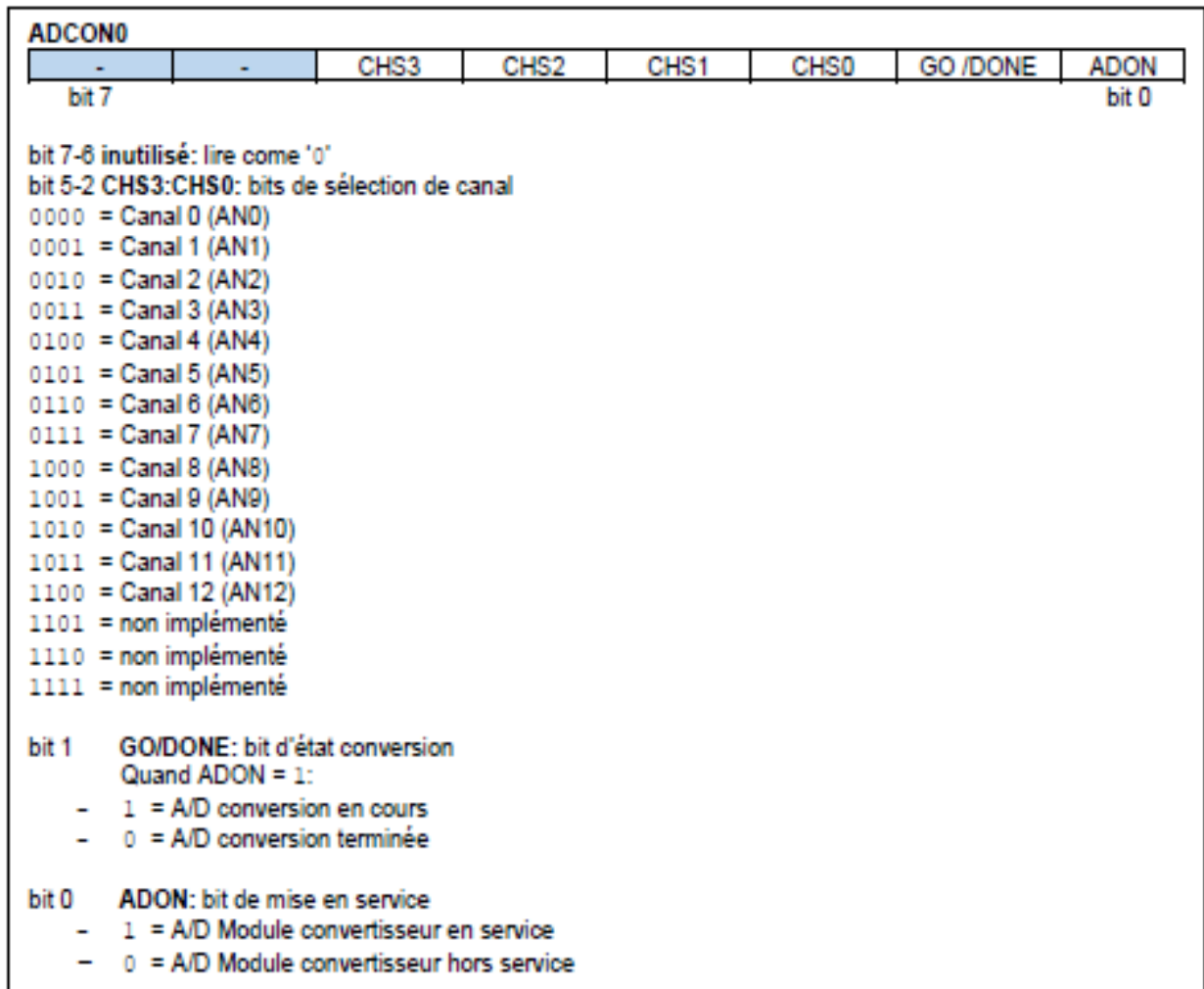
Ce registre permettra [18] :

- de sélectionner un canal parmi 12 (bits CHSO-CHS3) ;
- d'alimenter le module convertisseur (bit ADON) ;
- d'avertir l'utilisateur lorsqu'une conversion est en cours (bit *GO/DONE*) ou de lancer une conversion.

La figure II.6 résume ces différentes fonctionnalités. Les bits CHS0 à CHS2 permettent de sélectionner le canal à choisir pour la conversion (exemple : 0101 → canal 5, soit l'entrée AN5 du PIC).

Le bit 1 (*GO / DONE*) permet de lancer une conversion ou bien de savoir si une conversion est en cours d'exécution (0 = fin de conversion).

Le bit 0 ADON permet l'alimentation du convertisseur : si ce bit est à 0, le convertisseur n'est pas alimenté.



**Figure II.6.** Registre ADCON0.

### II.1.10.2 Registre ADCON1

Le registre ADCON1 (voir Figure II.7) permettra [18]:

- de définir les tensions de référence V- et V+, ces tensions pourront être l'entrée AN2 ou AN3, ou bien le +Vdd et le Vss de l'alimentation (bits VCFG1 et VCFG0) ;
- de configurer toutes les broches du port A soit en entrée logique soit en entrée analogique avec des options pour la tension de référence (bits PCFG0-PCFG3).



ADCON2							
ADFM	-	ACQT2	ACQT1	ACQT0	ADCS2	ADCS1	ADCS0
bit 7							bit 0
bit 7 <b>ADFM</b> : bit de configuration du format de sortie							
1 = justification à droite							
0 = justification gauche							
bit 6 <b>Inutilisé</b>							
bit 5-3 <b>ACQT2:ACQT0</b> : bits de sélection des temps d'acquisition							
111 = 20 TAD							
110 = 16 TAD							
101 = 12 TAD							
100 = 8 TAD							
011 = 6 TAD							
010 = 4 TAD							
001 = 2 TAD							
000 = 0 TAD							
bit 2-0 <b>ADCS2:ADCS0</b> : bits de sélection de l'horloge pour la conversion							
111 = FRC (Horloge provenant de l'oscillateur RC interne)							
110 = FOSC/64							
101 = FOSC/16							
100 = FOSC/4							
011 = FRC (Horloge provenant de l'oscillateur RC interne)							
010 = FOSC/32							
001 = FOSC/8							
000 = FOSC/2							

Figure II.8.Registre ADCON2

## II.2 Présentation de la norme USB

L'USB est un nouveau type de connectivité sur les machines informatiques, largement utilisé par les principaux constructeurs informatiques et éditeurs de logiciels (Compaq, DEC, IBM, Intel, Microsoft, NEC, Nortel), doit permettre le raccordement sur une prise unique de plusieurs équipements divers (imprimante, téléphone, modem, fax, clavier, souris, scanners, écrans...). On désire ainsi éviter la multiplication actuelle des connecteurs sur les PC. Ce BUS permet la transmission de données, de la voix et de l'image compressée.

Cette nouvelle technique se doit d'être rapide, bidirectionnelle, synchrone, de faible coût et l'attachement d'un nouveau périphérique doit être dynamique. De plus la télé alimentation des équipements est possible [19].

Il existe 3 normes USB utilisées depuis l'apparition de la norme USB 1, en 1995. La différence entre ces dévires réside dans la vitesse qui augmente d'une norme a un autre, tout en ajoutant d'autres fonctions comme la fonction Mass Storage [20].

### II.2.1 USB 1 (Full ou Low speed)

La Norme USB 1 regroupe USB 1.0 et USB 1.1 qui permettent d'obtenir le débit de 12 Mbits (c'est la plein vitesse ou Full speed) ou bien le débit de 1.5 Mbits (la basse vitesse ou Low Speed).

Pour identifier la vitesse, l'appareil relie au bus USB précise sa vitesse en reliant le fil D+ à 3.3 V à travers une résistance de 15 K $\Omega$  dans le cas de la pleine vitesse. Dans le cas de la basse vitesse le fil D- a 3.3 V à travers résistance 15 K $\Omega$ . Le logo de l'USB 1 est donne dans la **Figure II.9** [21].



**Figure II.9.** Logo de l'USB 1 [22].

### II.2.2 USB 2.0 (High Speed)

Le standard USB 2.0 (1999) permet de monter le débit à 480 Mbits/s (haute vitesse ou High Speed) et peut ainsi contrer la célérité du bus FireWire qui possède bien d'autres avantages. Le logo de l'USB 1 est donne dans la **Figure II.10** [18].



**Figure II.10.** Logo de l'USB 2 [22].

### II.2.3 USB 3.0 (Super Speed)

Le standard USB 3.0 prévoit des vitesses à 4,8 Gbits/s. Les premiers équipements verront certainement en 2010. Le logo de l'USB 3 est donne dans la **figure II.11** [18].



**Figure II.11.** Logo de l'USB 3 [22].

## II.2.4 Connectique

### II.2.4.1 Description du Câble USB

Le câblage USB est relativement simple, il a la même structure quelle que soit la vitesse de transmission. Le câble transporte deux paires de fils :

- La paire de signal destinée au transfert de données D+ et D-.
- une seconde paire qui peut être utilisé pour la télé alimentation GND et Vusb.

La première paire est non blindée pour les périphériques lents tels que les claviers, souris fonctionnant à 1.5 Mbits/s tandis que caméras, micro et autres ont recours à une paire de fils torsadée blindée pour atteindre les 12 Mbits/s [23].

Le câble USB (voir **Figure II.12**) est un ensemble de deux paires de fils : D+, D- et GND, V USB.

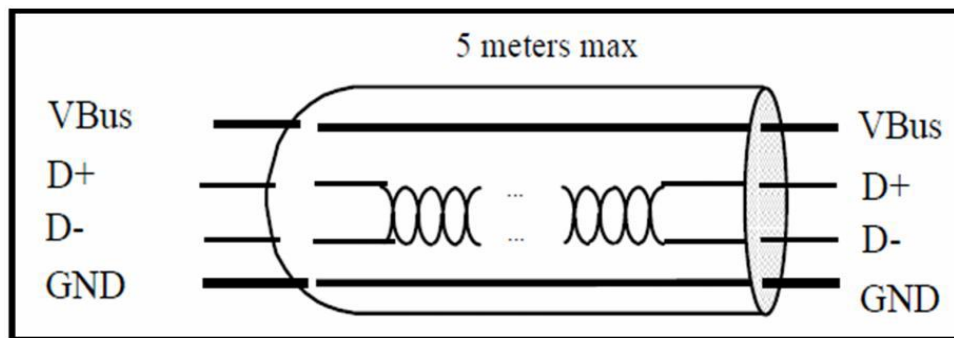


**Figure II.12.** Câble USB [22].

### II.2.4.2 Composition du câble USB

Chaque connecteur dispose de deux fils d'alimentation ( $V_{USB} = 5V$  et GND) et deux filles destinés au transfert de données (D+ et D-).

Une connexion entre deux PC est aussi possible par l'adjonction d'une interface spéciale qui déjoue la vigilance du PC maître et transforme le second PC en «esclave». En version LowSpeed le blindage n'est pas obligatoire (ce qui assure une plus grande souplesse de manipulation en particulier pour une liaison souris) [23].



**Figure II.14.** Composition d'un câble USB [23].

Longueur maxi = 5 m (3 m si 1.5 Mbit/s).

Temps de propagation maxi = 30 ns ( $< 1/2$  bit).

Diamètre extérieur : 3,4..5,3 mm - couleur = blanc.

- 1 Paire données : torsadée (6..8 cm) (non torsadée toléré si 1.5Mbit/s), 28 AWG (American Wire Gauge) mini, isolant polyéthylène,  $Z_c = 90 \Omega \pm 15\%$ , atténuation = 38 dB/1000 pieds à 10MHz.
- 1 Paire alimentation : non torsadée possible, isolant PVC (Poly-vinyl-chloride), pour alim. = 5 V, 0.5 A max.
- écran : nécessaire si 12Mbit/s ou plus (optionnel si 1.5Mbit/s).

### II.2.4.3 Séries du connecteurs USB

Il existe deux séries de connecteurs pour le bus USB donnée dans **la figure II.15:**

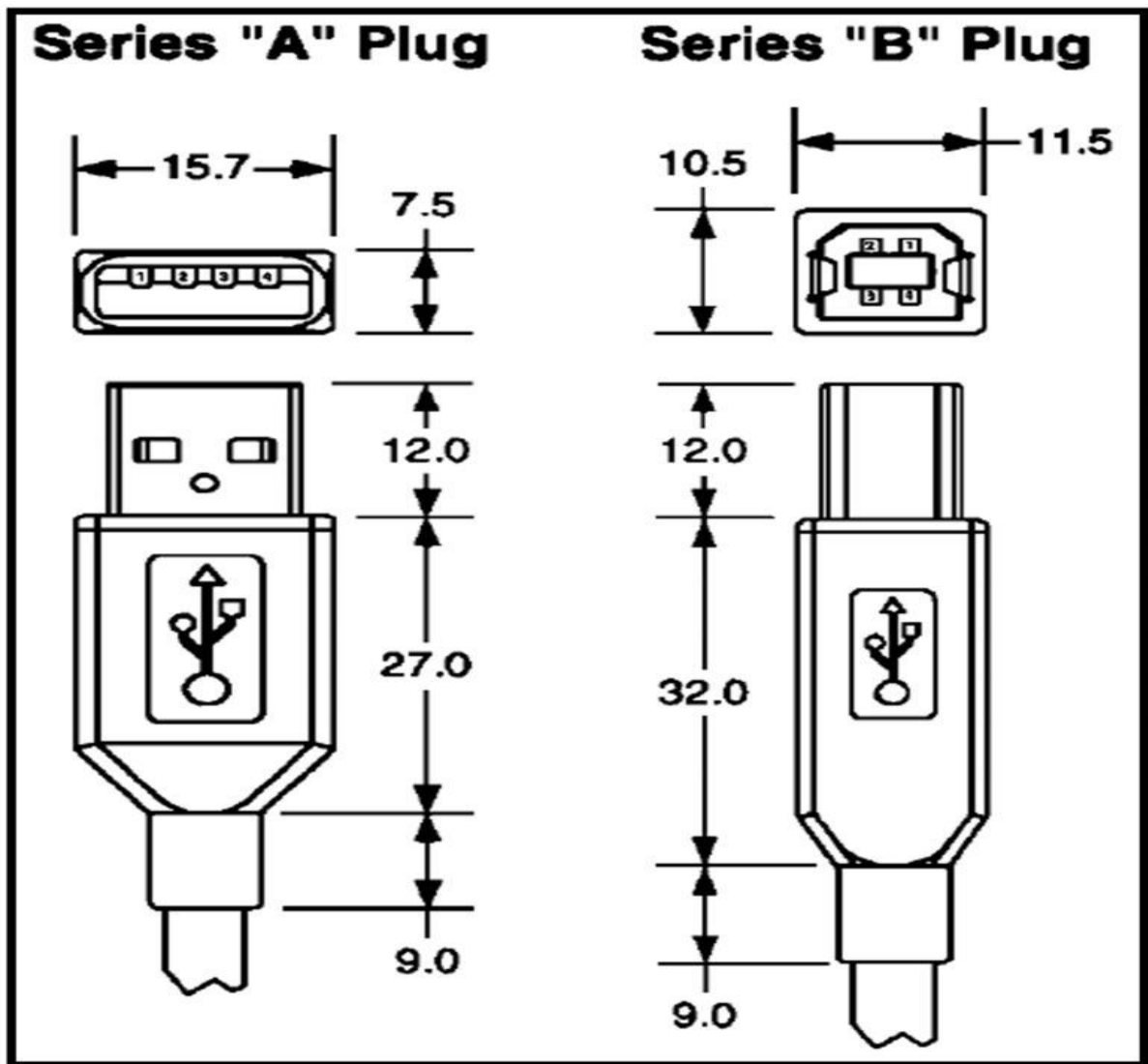


Figure II.15. Séries du connecteurs USB [24].

#### II.2.4.3.1 Connecteur série A

Ce connecteur destiné au raccordement montant vers le "Host", l'alimentation est sortante sur le réceptacle femelle (châssis). 4 contacts à plat (D+ et D- au milieu et plus courts) [21].

##### II.2.4.3.1.1 Brochage

Le brochage permet de spécifier le signal de chaque fil relié au connecteur (Figure II.16) comme donné dans le tableau II.2 :

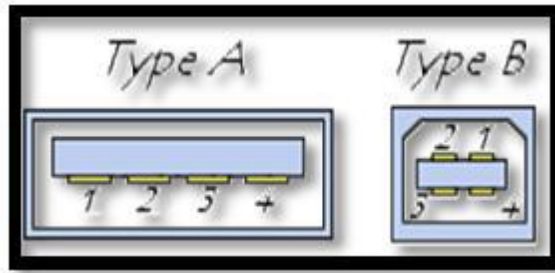


Figure II.16. Connecteurs USB type A et B [24].

Broche	Désignation	Couleur du fil
1	Alimentation +5V (VBUS) 100mA maximum	Rouge
2	Données (D-)	blanc
3	Données (D+)	vert
4	Masse (GND)	noir

Tableau II.2 Brochage des connecteurs USB [24].

### II.2.4.4 Caractéristiques électriques des connecteurs USB

#### II.2.4.4.1 Etats de D+ et D-

Etat repos : D+ = et D- = (inverse si 1,5Mbit/s).

Transmission de données : D+ inverse de D- (mode différentiel).

Fin de paquet ("EOP") : D+ = D- = pendant 2 bits.

Déconnexion : D+ tend vers car R2 débranchée (D- si 1,5Mbit/s).

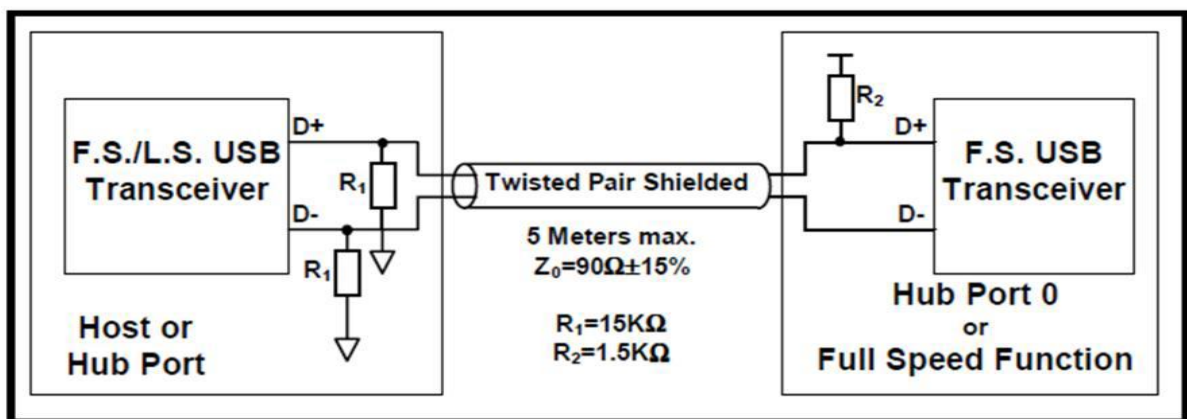


Figure II.17. Full Speed Connections [19].

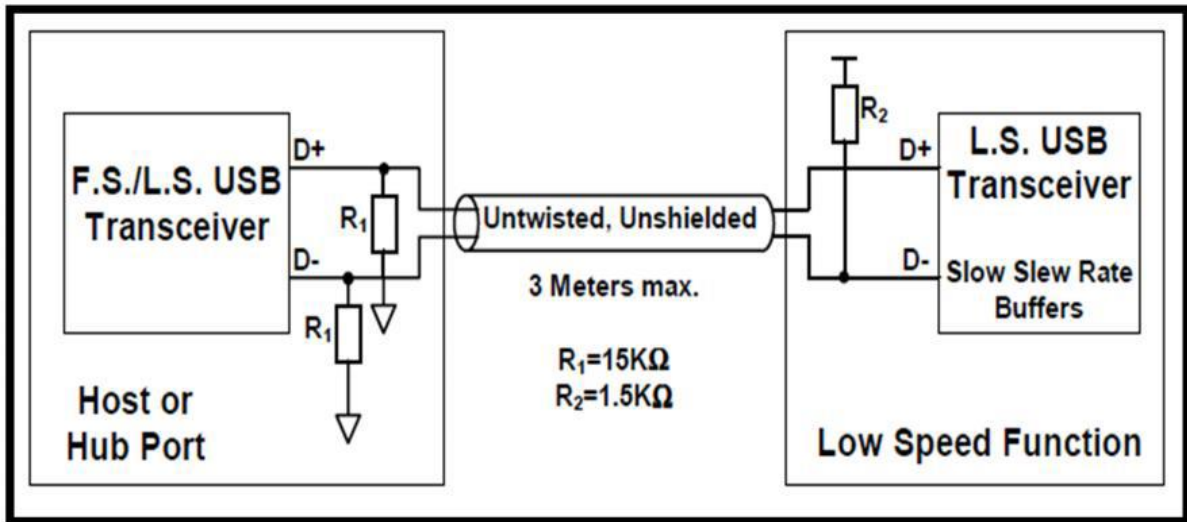


Figure II.18. Low Speed Connections [19].

II.2.4.4.2 Emetteur sur D+ et D-

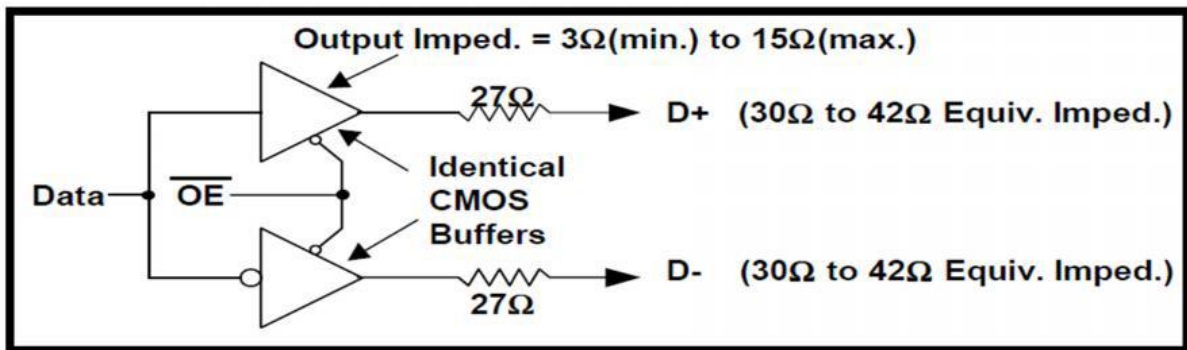


Figure II.19. Exemple de Circuit de sortie [19].

Impédance de sortie :  $30\Omega \dots 42\Omega$  (câble =  $90\Omega$ ).

Niveau haut :  $> 2,8V$  (avec  $R=15k\Omega$  sur masse) =  $3,6V$ .

Niveau bas :  $< 0,3V$  (avec  $R=1,5k\Omega$  sur +V).

Temps de montée/descente :  $4..20ns$  ( $75..300ns$  si  $1,5Mbit/s$ ).

II.2.4.4.3 Récepteur sur D+ et D-

- Mode différentiel (réception de données) : Sensibilité  $>200mV$  pour signal entre  $0,8v$  et  $2,5v$ .

- Mode commun (D+ ou D- par rapport à la masse) : Seuil = niveau TTL (Transistor transistor logic) (0,8..2V) avec hystérésis conseillé. [19]

#### II.2.4.4.4 Alimentation des connecteurs USB

Port générateur = 5V (4.75..5.25V) / 0,5A. Un HUB alimenté doit pouvoir fournir 0,5A sur ses ports (pas forcément tous en même temps). Un HUB télé alimenté doit pouvoir fournir 100mA sur ses ports avec une perte maxi de 350mV [19].

#### II.2.4.4.5 Signalisation

Les lignes de données D+ et D- fonctionnent en mode différentiel. Les circuits doivent avoir un état haut impédance, les lignes doivent résister à un court-circuit avec Vusb ou la masse.

Les ports des hubs doivent être compatible faible et pleine vitesse. Dans un appareil pleine vitesse, la ligne D+ est ramenée à une tension comprise entre 3 et 3,6 V par une résistance de 1,5 k $\Omega$  alors qu'en basse vitesse c'est la ligne D- qui est ainsi polarisée. On définit sur les lignes de données deux états : J et K. En basse vitesse :

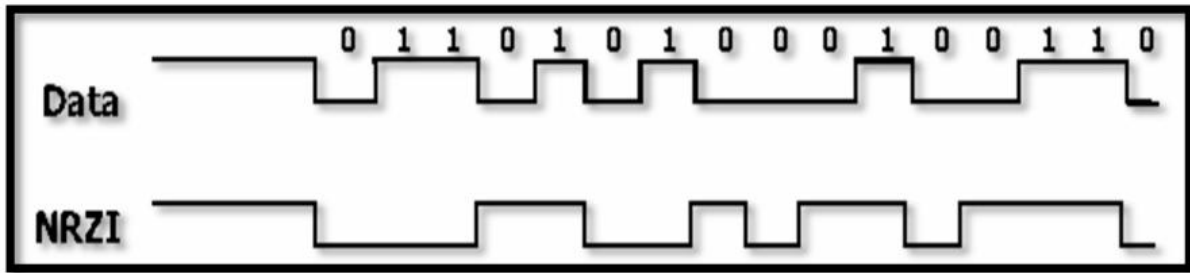
- Etat J : D- > D+ d'au moins 200 mV
- Etat K : D+ > D- d'au moins 200 mV

En pleine vitesse c'est le contraire. Un état J avec certaines valeurs minimales et maximales de tension indique un état "inoccupé". De plus il existe un état où D+ et D- sont au potentiel bas appelé SE0. L'état SE0 pendant plus de 10 ms indique un reset, il est émis vers un appareil 100 ms après sa connexion. Dès qu'un appareil voit le signal de reset pendant plus de 2,5 microsecondes, il doit faire son reset et le terminer avant la fin du signal (10 ms).

La polarisation de l'une des deux lignes permet de détecter la connexion d'un appareil et sa vitesse. Les appareils à haut vitesse doivent pouvoir démarrer en pleine vitesse.

Le mode "veille" doit être supporté par tout appareil. Ce mode doit être activé dès qu'il n'y a plus d'activité sur le bus depuis plus de 3 ms; c'est à dire que les trames ne contiennent aucun paquet (une trame dure 1ms). Pendant le mode veille la consommation doit être réduite mais néanmoins la polarisation de D+ ou de D- doit être maintenue. La moindre activité sur le bus doit réveiller l'appareil. Un appareil peut avoir une fonction "réveil" destinée à avertir l'hôte par l'intermédiaire du hub.

L'encodage des données se fait selon la méthode NRZI (**Figure II.20**). Un "1" est représenté par l'absence de changement d'état et un "0" par un changement d'état.

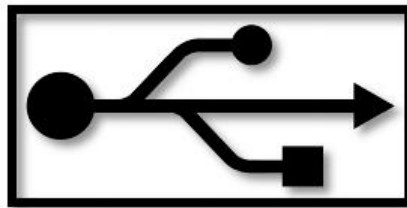


**Figure II.20.** Code NRZI.

#### II.2.4.5 Architecture d'un système de connexion USB

Les connexions se font point à point. Tous les appareils ont une connexion amont vers l'hôte. Il est possible de connecter jusqu'à 127 périphériques simultanément.

Les ports USB supportent le Hot Plug & Play, c'est à dire qu'un périphérique peut être connecté et reconnu, sans redémarrage de l'ordinateur. Les périphériques qui disposent actuellement de ce type de port sont les imprimantes, scanners, webcams... Ils peuvent être connectés les uns à la suite des autres (en bus) ou reliés à un Hub (en étoile), comme le laisse entrevoir son logo générique (**Figure II.21**) [26].



**Figure II.21.** Logo de l'icône USB [22].

L'USB utilise une topologie en Etoile à étages, qui ressemble à celle d'Ethernet. Ceci impose l'utilisation d'un Hub quelque part, mais qui est inclus dans de nombreux appareils. Un hub joue le rôle de multiplexeur (connexion de plusieurs périphériques à un même câble) mais aussi de répéteur, d'amplificateur, de contrôleur du signal et de fournisseur de courant.

Par exemple à la figure II.22, un clavier peut contenir un Hub qui est connecte à l'ordinateur. La souris et d'autres appareils tels qu'un caméscope numérique peuvent être branchés facilement au dos du clavier. Les moniteurs ne sont que d'autres périphériques sur une longue liste d'appareils qui comportent communément des Hubs intégrés.

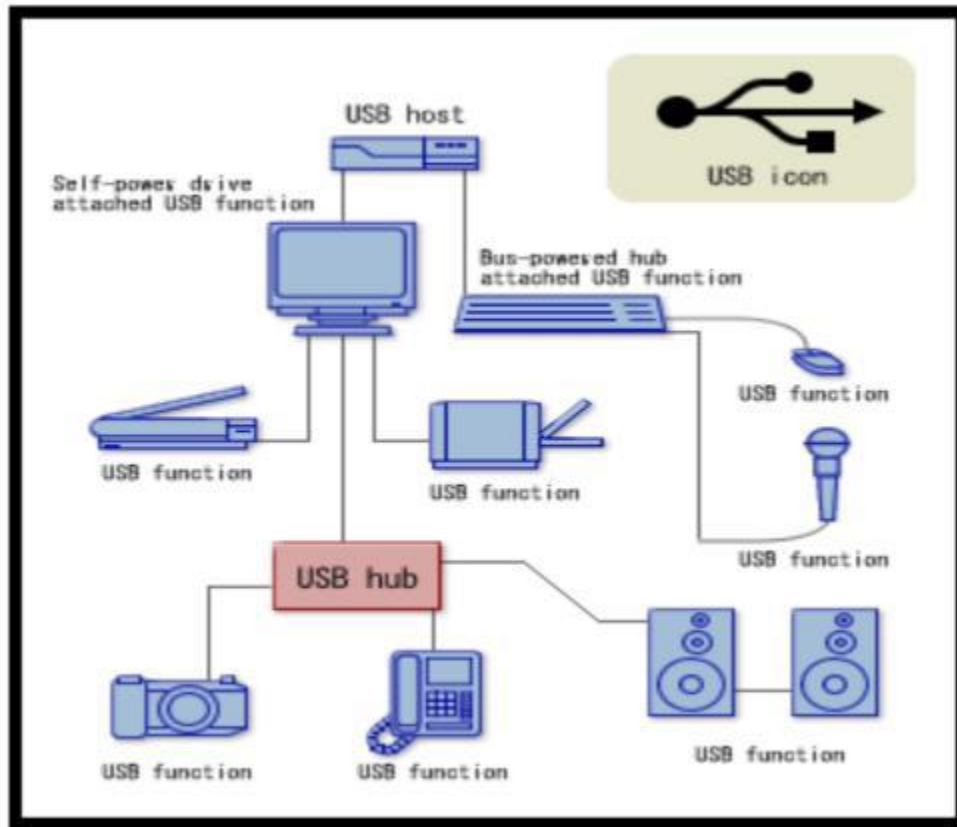


Figure II.22. Architecture d'un système USB avec Hub [22]

### II.2.5 Microcontrôleur PIC et USB

Les PICs de la famille I6F (PIC 16F745-16F765 par exemple) gèrent le bus USB1, d'autres PICs de la famille 18F, tel que le PIC 18F4550, gèrent le bus USB2, comme montrer par son architecture illustré par la **Figure II.23**.

Les broches D+ et D- permettent l'interfaçage avec le bus USW Comme nous l'avons déjà mentionné, des résistances de pull-up internes permettent la configuration du PIC en tant que périphérique basse ou haute vitesse et également la détection du branchement d'un périphérique sur le bus (**voir figure II.23**). Les résistances sont pilotées par deux bits de configuration (FSEN et UPUEN du registre UCFG). Dans le cas d'utilisation de résistances externes, les résistances de pull-up internes doivent bien sûr être désactivées. Un régulateur interne de 3,3 V est également implémenté. Celui-ci est actif selon la configuration du bit VREGEN (registre CONFIG2L). Dans le cas d'une alimentation 3,3 V externe, le régulateur interne devra être désactivé.

On peut également remarquer sur le schéma de l'architecture qu'une mémoire RAM partagée dual port (adresse 400-7ff) de 1 Ko est allouée en interne pour les échanges entre le bus USB (via SIE) et application. Cette allocation mémoire de 1 Ko est divisée en 4

banques. La banque 4 (400-4FF) est chargée du contrôle des tampons des end points (buffers descriptors EP), les banques 5 à 7 sont utilisées pour les données (USB DATA). Le PIC 18F4550 peut gérer jusqu'à 16 % end points, le codage est défini dans le registre USTAT. L'horloge est issue de l'oscillateur local. En général, on place un quartz de 20 MHz, puis on utilise la PLL interne pour passer à 48 MHz.

Un noyau de gestion du bus nommé USB SIE (Serial Interface Engine) permet de gérer la supervision du fonctionnement du BUS. Cette interface matérielle est chargée d'assurer la partie hard du bus tels que l'adaptation de niveau ou le décodage et le stockage de l'information en mémoire partagée [11].

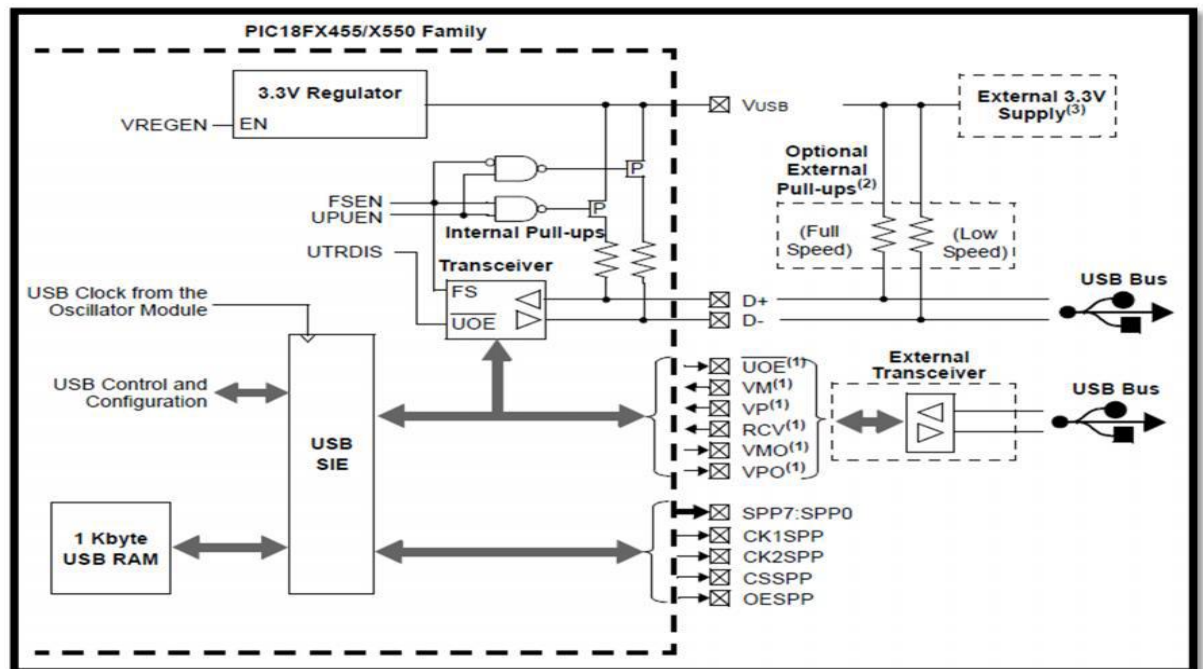


Figure II.23. Architecture interne du PIC 18F4550.

## II.3 Langage de programmation graphique LabVIEW

### II.3.1 Introduction à la programmation graphique

LABVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) est un langage de programmation dédié au contrôle d'instruments et l'analyse de données.

Contrairement à la nature séquentielle des langages textuels, LabVIEW est basé sur un environnement de programmation graphique utilisant la notion flot de données pour ordonnancer les opérations.

Enfaite il existe deux formes de programmation graphiques:

- Une programmation dite flot de contrôle [28].
- une autre dite flot de donnes [28].

### II.3.2 Programmation du flot de contrôle

Les flots de contrôle ont été utilisés pour décrire les algorithmes, ces représentations décrivent les programmes comme étant de nœud de calcul connecte par des arcs spécifiant quel calcul doit être effectuée ensuite :

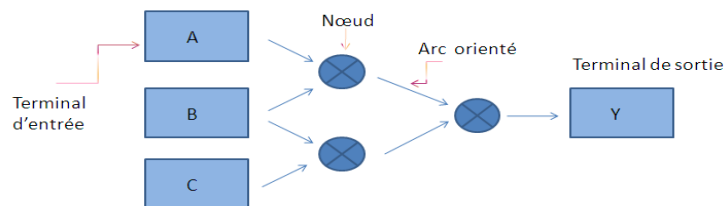
Exemple : Grafcet et Réseau de pétri.

#### II.3.2.1 Programmation flot de données

C'est une fonction analogue à la propagation du signal à travers un circuit électrique.

Le diagramme flot de données est un graphe acyclique qui peut être composé de 3 éléments suivants :

- Des terminaux : qui sont les liens avec l'extérieur qui représente la production ou la consommation de données.
- Des Nœud qui sont les traitements a effectuer et qui sont représenté par une figure géométrique pouvant contenir une image illustrant leur fonctionnalité.
- Les arcs orientés : qui relie les nœuds et les terminaux et permettent d'indiquer le passage de données d'un nœud vers un autre [28].

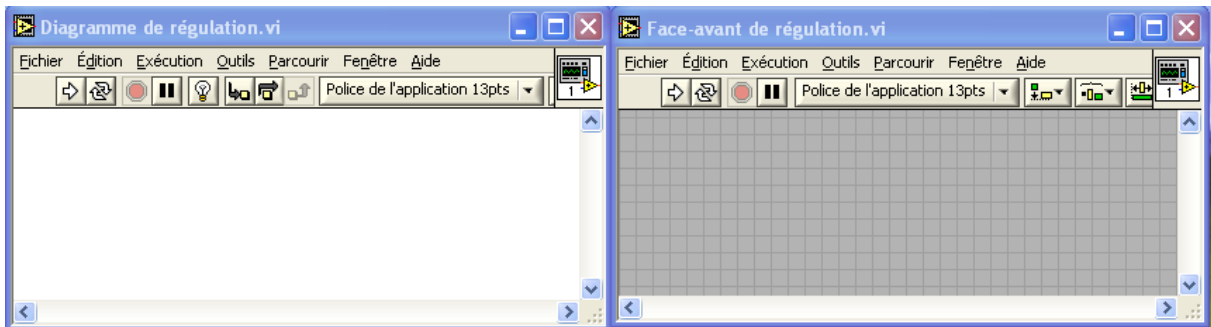


**Figure II.25.** Exemple de diagramme de flot de données.

### II.3.3 Environnement LabVIEW

LabVIEW est centré autour du principe d'instrument virtuel (Virtual Instrument ou encore VI). Il se décompose en deux parties :

- la première partie (partie cachée ou interne) : elle contient l'algorithme du programme décrit sous la forme d'un diagramme flot de données en langage graphique.
- la seconde partie (partie visible) est constituée de l'interface utilisateur [30].



**Figure II.26.** Fenêtre de l'environnement de développement sur LabVIEW Face avant (à droite) et Diagramme (à gauche).

Pour écrire un programme sur LabVIEW, on a besoin des "Palettes" qui nous offre la possibilité de modifier la face avant et le digramme de LabVIEW, on trouve trois palettes :

### II.3.3.1 Palette d'outils

Elle est disponible sur la face avant et sur le diagramme, elle contient les outils nécessaires pour faire fonctionner et modifier la face avant et les objets du diagramme (voir **Figure II.27**).



**Figure II.27.** Palette d'outils dans LabVIEW.

### II.3.3.2 Palette de commandes

Elle est disponible uniquement sur la face-avant, elle contient les commandes et les indicateurs de la face-avant nécessaire pour créer l'interface utilisateur (voir **Figure II.28**).



Figure II.28. Palettes de fonctions dans LabVIEW.

### II.3.4 Structure de données dans LabVIEW

LabVIEW utilise un langage fortement type et toutes données ou structure de données ne peuvent être manipulées qu'avec des fonctions admettant ce type. En fait, dans LabVIEW on trouve les types de base scalaire, les types entiers (signés ou non, codes sur 8, 16 ou 32 bits), le type réel (code sur 16, 32 ou 64 bits), le type booléen et le type chaîne de caractères (voir **figure II.29**). Il est important de noter que les éléments représentant ces données, ainsi que les liaisons issues de ces éléments, sont de forme et de couleur différente [29].

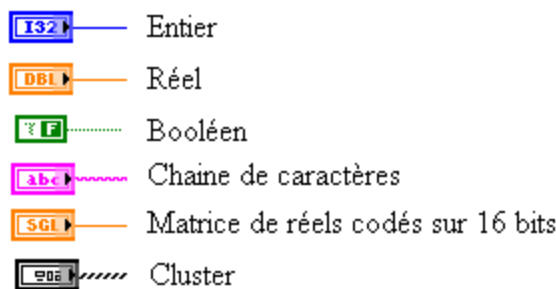


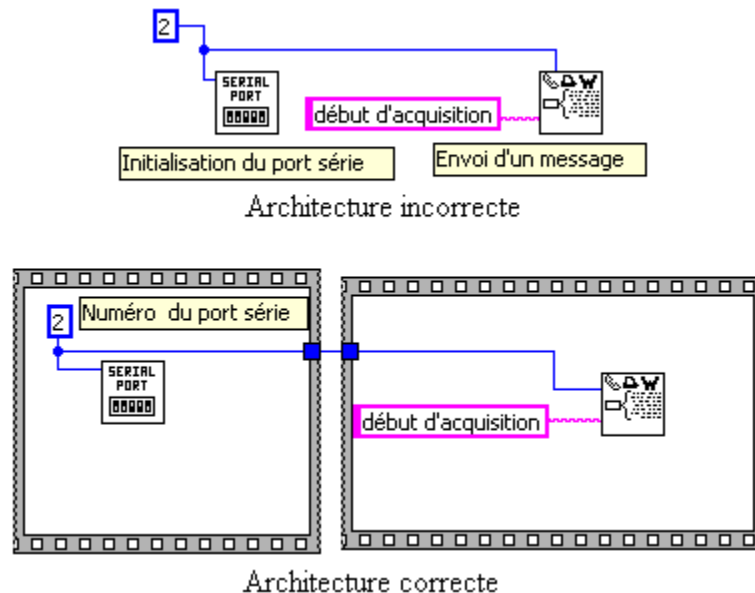
Figure II.29 Différents types de structures de données dans LabVIEW.

### II.3.5 Structures de programmation

LabVIEW utilise un langage flot de données pur qui a été enrichi de quatre types de structures: la séquence, deux structures d'itération (la boucle « Pour » avec un nombre d'itérations fixe et la boucle « Tant Que » avec un nombre d'itérations soumis à condition) et la structure de choix.

#### II.3.5.1 Structure de séquencé

La structure de «séquencé» permet de spécifier l'ordre d'exécution de flots de données. Cette structure se présente sous la forme d'un cadre et au statut d'un nœud (voir **Figure II.30**).



**Figure II.30** Exemple d'utilisation de la structure de séquencé.

#### II.3.5.2 Structures itératives

Les deux structures itératives, la boucle « Pour » et la boucle « Tant que », ont aussi le statut d'un nœud ordinaire. La boucle « Pour » permet d'exprimer la répétition (ou itération) pour un nombre de fois prédéterminé défini par une connexion d'entrée obligatoire : le nombre d'itérations à effectuer  $N$ . A l'intérieur de la boucle « Pour » se trouve un terminal d'entrée local générant l'entier indiquant l'indice d'itération de la boucle ( $i$  varie de 0 à  $N-1$ ).

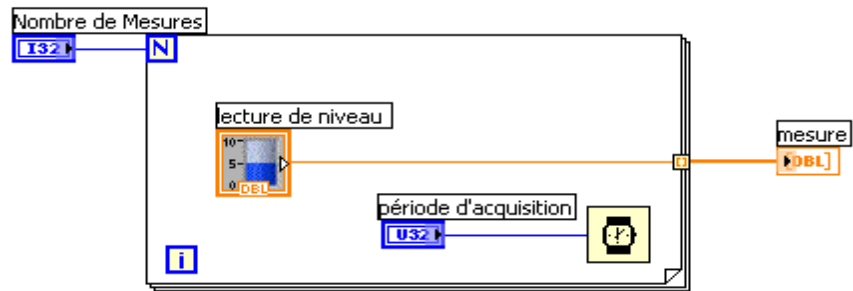


Figure II.31 Exemple d'utilisation de la structure itérative "pour".

La boucle « Tant Que » permet d'exprimer la répétition pour un nombre de fois non connu à l'avance. A l'intérieur de la boucle « Tant Que » se trouve un terminal d'entrée local générant l'entier indiquant l'indice d'itération de la boucle. Un terminal de sortie de type booléen permet d'arrêter la boucle lorsque la valeur « False » lui est envoyée.

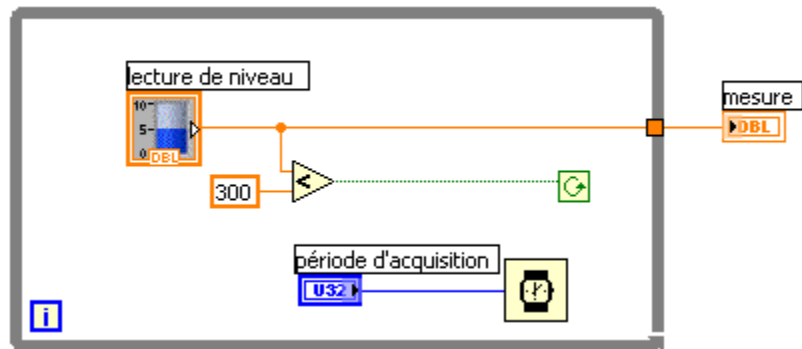


Figure II.32 Exemple d'utilisation de la structure itérative "tant que".

Dans les deux cas de structure itérative lorsque des tableaux de données arrivent ou partent des tunnels, ceux-ci ont la possibilité d'être automatiquement indexés : récupération un par un des éléments du tableau ou concaténation pour créer un tableau. Dans le cas des deux structures, il est possible de mémoriser des résultats produits lors d'itérations antérieures et de les récupérer ensuite. Ces registres à décalage sont des variables locales à une boucle.

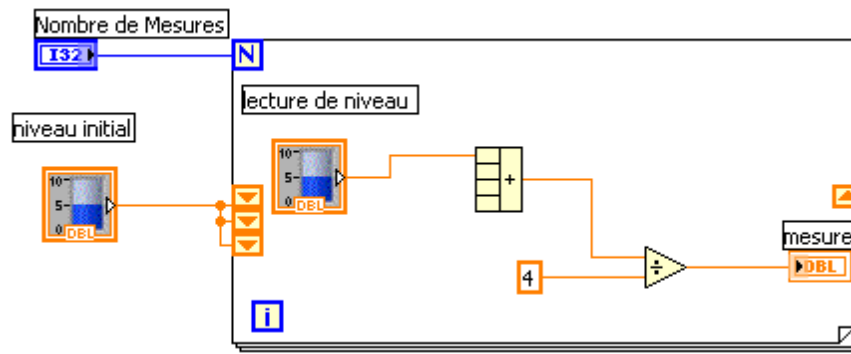


Figure II.33 Exemple d'utilisation des registres à décalage dans une boucle "Pour".

### II.3.5.3 Structure de choix

La dernière structure nécessaire est celle qui va permettre d'exprimer l'alternative (le choix). La sélection du cas exécute est faite par la valeur de la variable connectée à l'entrée représentée par un point d'interrogation (figure II.34). L'identifiant du cas représenté est indiqué en haut de la structure [30].

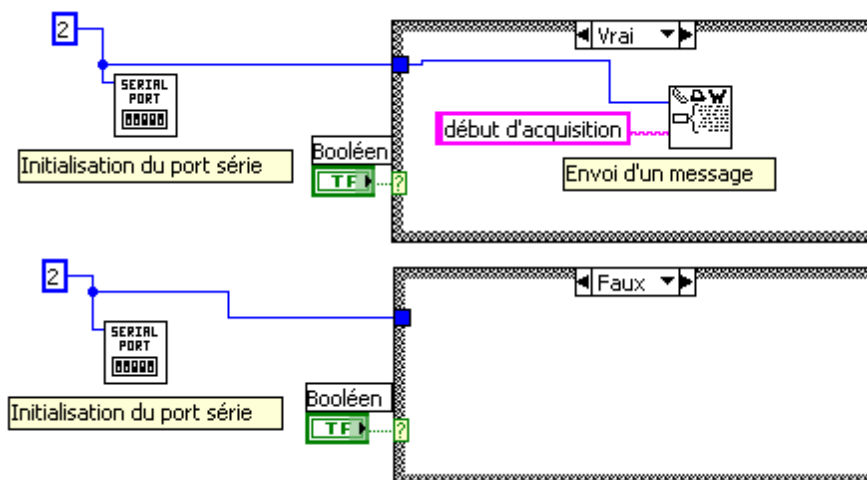
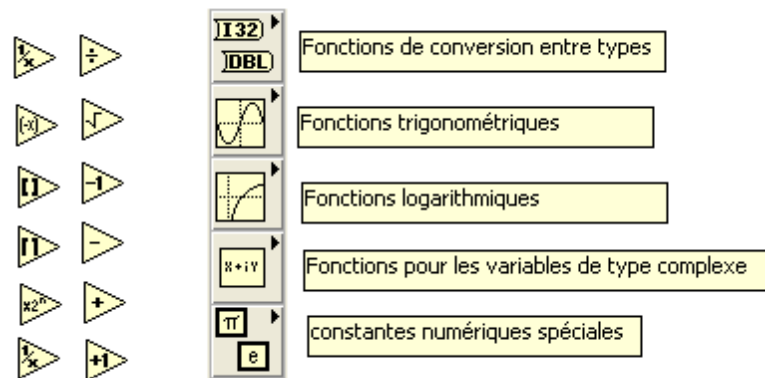


Figure II.34 Exemple d'utilisation de structure de choix.

## II.3.6 Traitement numérique

### II.3.6.1 Fonctions prédéfinies

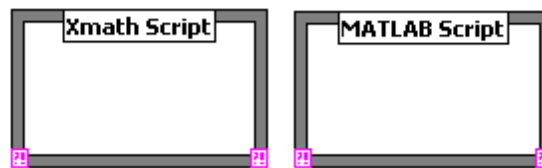
LabVIEW possède les instructions de base d'un langage de programmation permettant de traiter les différents types de données. Ainsi, nous avons des fonctions liées aux variables numériques (entiers, réels et complexes), aux variables booléennes, aux chaînes de caractères, et aux tableaux (voir Figure II.35) [30].



**Figure II.35** Quelques instructions de traitement de données numérique dans LabVIEW.

### II.3.6.2 Boîtes à outils mathématique

LabVIEW contient aussi des boîtes de calcul mathématique qui servent à introduire des commandes complexes tel que (lins pace, ode45, sin, cos, etc...)



**Figure II.36** Exemple de boîte de calcul mathématique dans LabVIEW.

### II.3.7 Bibliothèques de commande

LabVIEW possède des bibliothèques de fonctions spécialisées dans le domaine de la mesure, du test et du contrôle-commande. Ces bibliothèques de fonctions peuvent être réalisées soit à partir des fonctions et opérateurs de base vus précédemment, soit directement par des programmes écrits en langage de haut niveau, compilés et ensuite intégrés sous la forme d'un nœud graphique.

Cette dernière possibilité est aussi offerte aux utilisateurs de cet environnement LabVIEW par l'intermédiaire de la construction de nœuds particuliers appelés « nœud d'interface vers code » (CIN : Code Interface Node). L'utilisation de ces fonctions qui peuvent être assez complexes est facilitée par une aide en ligne qui donne pour chaque fonction une description sommaire, souvent suffisante de ses spécifications [30].



**Figure II.37** Exemple de fenêtre d'aide offrant la description d'une fonction  
Fournie dans la bibliothèque de LabVIEW [30].

## II.4 Conclusion

Dans la première partie de ce chapitre, nous avons présenté une étude approfondie sur le microcontrôleur 18f4550 et leur caractéristiques. Dans la deuxième partie, nous avons étudié la norme USB, l'importance et l'avantage du bus USB et le différent type de ce modèle de connexion. la dernière partie de ce chapitre est consacrée à la présentation de la fenêtre de l'environnement, le diagramme correspondant et les commandes de LabVIEW.

Dans le chapitre qui suit, on va expliquer en détail le câblage et le fonctionnement de notre carte de mesure et d'acquisition à base du PIC 18F4550 afin de mesurer l'intensité lumineuse en temps réel.

**Conception et réalisation de la carte  
d'acquisition**



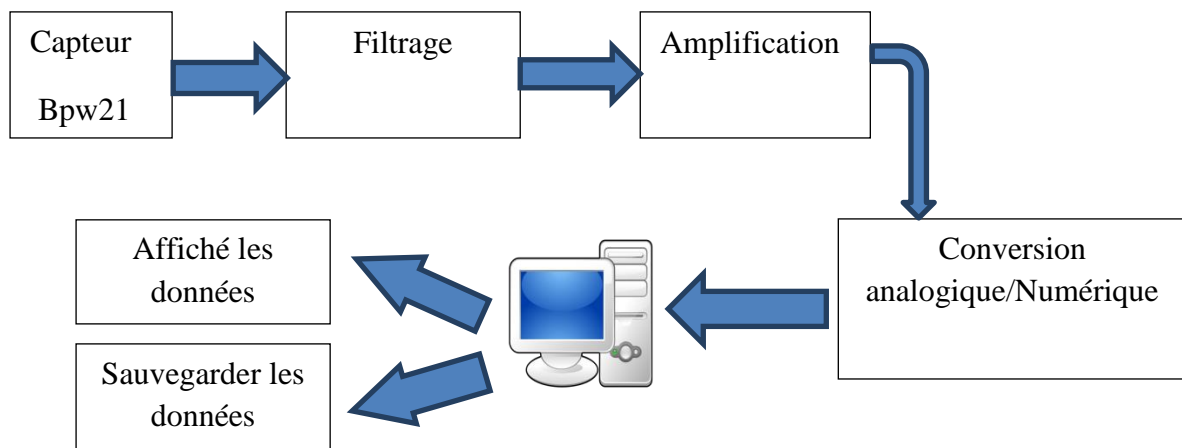
### III.1 Introduction

Il est indispensable de nos jours d'associer les systèmes informatiques aux systèmes électroniques. Il existe de nombreux dispositifs que nous voulons les connecter à l'ordinateur afin de transférer ou d'obtenir des informations. Aujourd'hui, la plus facile, dans les ordinateurs, est de d'utiliser le port USB pour établir une connexion plus efficace.

Dans notre travail, on va essayer d'utiliser la norme USB pour effectuer le transfert de données de la carte d'acquisition réalisée à l'ordinateur. Dans un premier temps, on va présenter la constitution et le fonctionnement de la carte d'acquisition à base de la photodiode BPW21, cette dernière nous permettra de mesurer l'intensité lumineuse. Le traitement du signal analogique obtenu se fait par l'échantillonneur et le convertisseur intégrés au PIC 18F4550. Dans un deuxième temps, on va expliquer l'interfaçage réalisé avec l'ordinateur et les propriétés de la norme utilisée.

### III.2 Schéma bloc du système à réaliser

Notre système est divisé en trois parties, comme l'indique la figure III.1. La première partie est constituée par la carte d'acquisition à base de la photodiode BPW21 pour mesurer l'intensité lumineuse ainsi qu'un microcontrôleur 18F4550 qui nous a permis de faire le conditionnement du signal fourni par la photodiode (amplification, filtrage et conversion ...), il nous a permis aussi d'effectuer une bonne connexion à l'ordinateur via un câble USB. La dernière partie de ce système est constituée la partie d'affichage des données transférés sur une fenêtre graphique réalisée par Labview (voir la figure III.1).



**Figure III.1.** Schéma bloc du système à réaliser.

### III.3 Structure de la chaîne d'acquisition

La chaîne d'acquisition a pour fonction de recueillir et transformer la grandeur physique à mesurer (intensité de la lumière) à une forme d'un signal électrique adapté à son exploitation. Le capteur peut à la fois réaliser la mesure et faire partie du conditionnement. La photodiode BPW21 représente l'interface entre le monde physique (l'intensité lumineuse) et le monde électrique [29].

La chaîne d'acquisition peut assurer plusieurs rôles par la mise en connexion des divers dispositifs. Le capteur est placé en tête de la chaîne d'acquisition, transforme l'intensité lumineuse en un signal électrique (en général une tension). Le circuit de conditionnement optimise les caractéristiques et la qualité du signal de sortie du capteur (filtrage du bruit, amplification, ...). Grace au microcontrôleur 18F4550 intégré à la carte d'acquisition, la conversion analogique/numérique du signal peut également être faite afin de rendre la mesure exploitable par un ordinateur. Pour ce faire nous avons développé une carte électronique de mesure de l'intensité lumineuse basée sur la photodiode BPW21 reliée par PC via le microcontrôleur 18F4550. Le schéma synoptique de la carte d'acquisition est donné par la figure III.2.

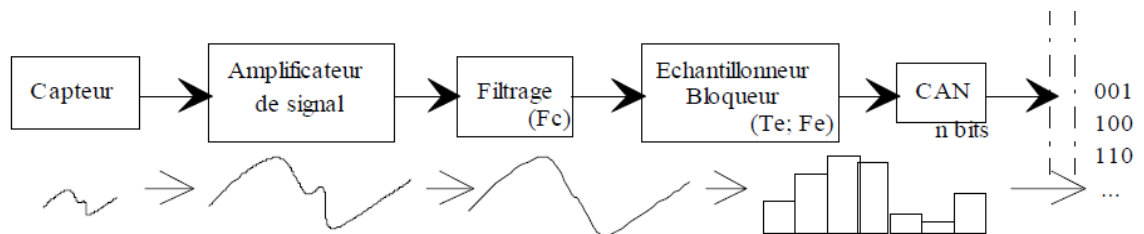


Figure III.2 Schéma synoptique de la chaîne d'acquisition.

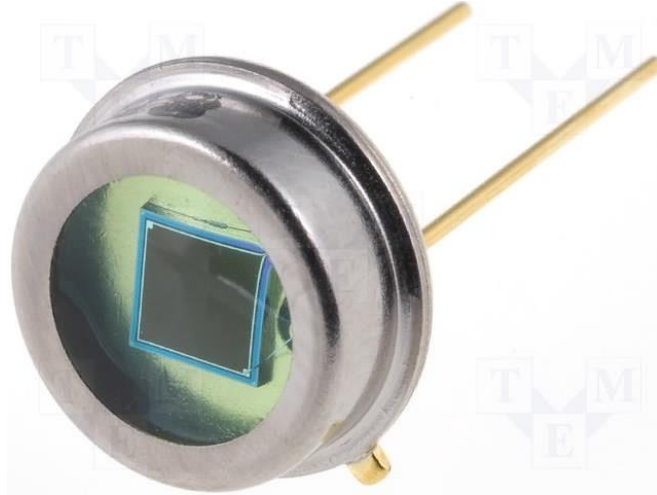
### III.4 Conception de la chaîne d'acquisition

#### III.4.1 Capteur de lumière BPW21

##### III.4.1.1 Description générale de la photodiode BPW21

BPW21 est une photodiode de silicium à jonction PN, spécialement conçue pour des applications linéaires de haute précision.

Cette photodiode est équipée d'une fenêtre en verre plat construit dans le filtre de correction de couleur (voir la figure III.3), ce qui donne une approximation à la réponse spectrale de l'œil humain [25].



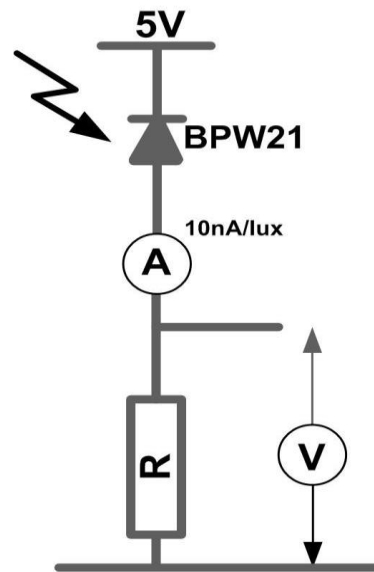
**Figure III.3.** Capteur lumière BPW21

#### III.4.1.2 Principaux caractéristiques de la photodiode BPW21

- ❖ Fermé hermétiquement.
- ❖ Fenêtre plate en verre avec un filtre de correction du couleur encastré pour les rayonnements visibles.
- ❖ Cathode connecté au cas.
- ❖ visualisation grande angle  $Q = \pm 50$ .
- ❖ Grande zone sensible à la radiation ( $A = 7,5 \text{ mm}^2$ ).
- ❖ Haute sensibilité.
- ❖ Faible courant d'obscurité.
- ❖ Haute résistance shunt.
- ❖ Excellente linéarité.

#### III.4.1.3 Schéma électrique simplifié à base de la photodiode BPW21

Le montage de base de la photodiode BPW21 est donné à la figure III.4 pour une tension d'alimentation continue (5V). Pour une tension de 5 V on obtient un courant de 10 nA par lux (voir figure III.4).



**Figure III.4.** Montage de base du capteur à base de BPW21.

Si nous partons d'un plein soleil dans un ciel dégagé dans le sud de l'Algérie, on peut estimer qu'à 550 nm on atteint  $\pm 100.000$  lux (soit  $1000 \text{ W/m}^2$ ), et  $100.000$  lux, ça donne donc un courant dans la photodiode de  $10 \text{ nA} \times 100.000 \text{ lux}$  soit  $1 \text{ mA}$ .

La résistance en série avec la photodiode se calcule tous simplement en divisant la tension  $5\text{V}$  par le courant max de  $1\text{mA}$  soit  $5 \text{ KOhms}$ . Si la valeur est supérieure à  $5 \text{ KOhms}$  on ne pourra pas mesurer jusqu'à  $100.000$  lux, Il nous faut donc respecter cette valeur.

Quand notre Solarimètre fonctionne bien, il suffit donc de mesurer la tension aux bornes de la résistance avec un voltmètre digital pour avoir une image de la puissance solaire instantanée.

Si la mesure avec un voltmètre digital est dite à haute impédance, il n'en est pas de même si on applique cette tension à l'entrée d'un automate et, inévitablement au vu de l'impédance d'entrée, la mesure sera totalement faussée. Il est donc nécessaire d'adapter l'impédance de l'ensemble. Ceci est réalisé avec un petit circuit électronique qui va permettre de sortir une tension de  $0 - 10\text{V}$  pour  $0 - 1000 \text{ W/m}^2$ . Vous trouverez ci-dessous le schéma électronique de la carte de mesure (Figure III.5).

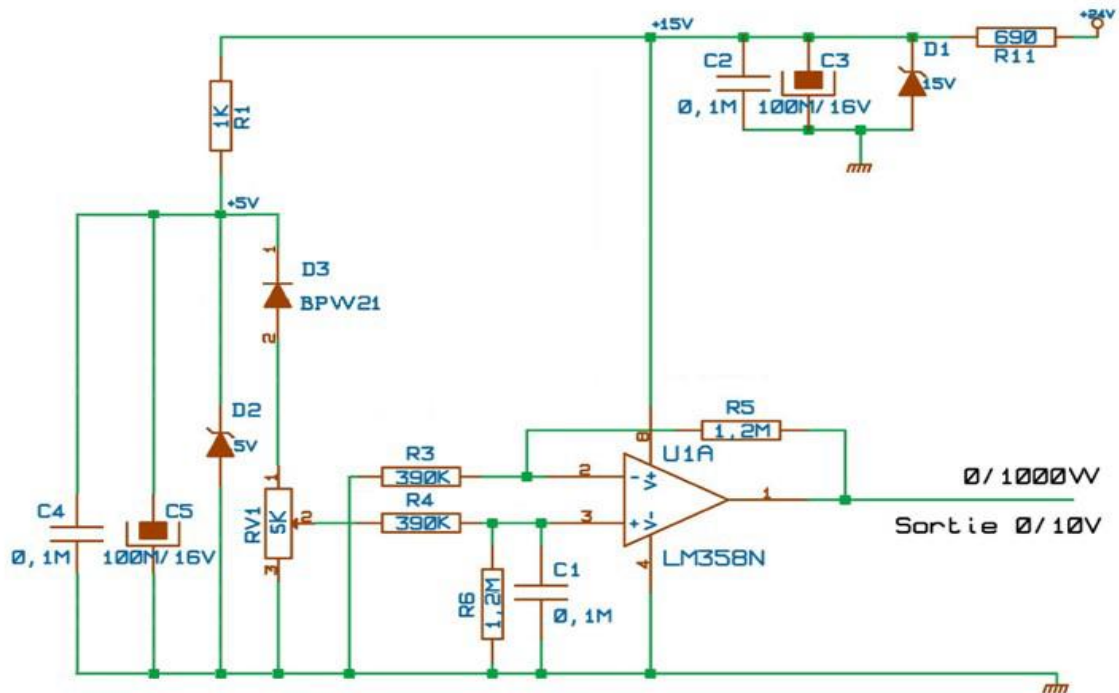
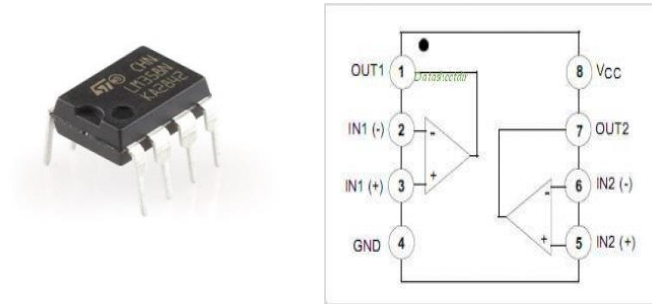


Figure III.5. Schéma électrique à base d'un capteur BPW21.

### III.4.2. Amplificateur LM358N

Un amplificateur électronique (ou ampli) est un système électronique qui permet d'amplifier la tension et/ou l'intensité d'un signal électrique. L'énergie nécessaire à l'amplification est tirée de l'alimentation électrique du système. Un amplificateur parfait ne déforme pas le signal d'entrée : sa sortie est une réplique exacte de l'entrée mais d'amplitude amplifiée. De façon générale, les amplificateurs électroniques sont utilisés quasiment dans tous les circuits électroniques: ils permettent d'amplifier un signal électrique provient de la sortie d'un capteur, vers un signal amplifié de tension exploitable par le reste du système.

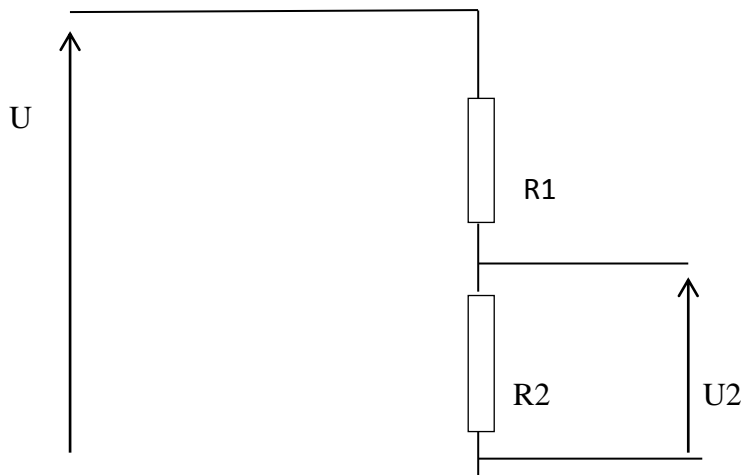
Dans notre travail on a utilisé l'amplificateur LM358N pour amplifier le signal électrique analogique fourni par le capteur. Le schéma de brochage et le boîtier des circuits LM358N sont présentés à la figure III.6.



**Figure III.6.** Schéma de brochage et le boîtier des circuits LM358N

### III.4.3 Diviseur de tension

Le diviseur de tension est un montage électronique simple qui permet de diviser une tension d'entrée. Un circuit constitué de deux résistances  $R_1$  et  $R_2$  montées en série permet de déterminer une tension proportionnelle à la tension d'alimentation. Ce type de montage est utilisé dans notre travail pour créer une tension maximale à l'entrée du microcontrôleur. Le schéma de principe du diviseur de tension utilisé est représenté à la figure III.7.



**Figure III.7.** Schéma de principe du diviseur de tension utilisé.

En utilisant la Loi d'Ohm avec les tensions  $U$  et  $U_2$ , il est possible de déduire la relation entre la tension de sortie  $U_2$  et la tension d'entrée  $U$ .

$$U = I \times (R_1 + R_2) \quad (\text{III.1})$$

$$U_2 = U \times \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \quad (\text{III.2})$$

Utilisant le principe du diviseur de tension, on peut diviser la tension de sortie maximale de la photodiode BPW21 (10 Volt maximum) à une tension faible à l'entrée du microcontrôleur (5 Volt au maximum) et à cause de la tension d'alimentation du microcontrôleur 18F4550 (alimenté par 5 Volt) ce dernier ne support pas une tension supérieur à 5 V à l'entrée de ces bornes.

#### III.4.4 Filtrage

Pour minimiser l'influence du bruit, il est préférable de monter un étage de filtrage constitué d'une résistance de 10 kOhm et une capacité de 1 nF à l'entrée de carte d'acquisition. La figure III.8 montre le montage du filtrage ajouté.

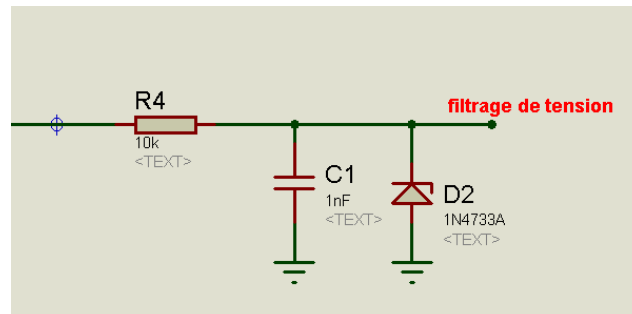


Figure III.8. Etage de filtrage.

#### III.4.5 Conversion analogique/numérique

Tous les microcontrôleurs de la famille 18F disposent d'un convertisseur analogique/numérique d'une résolution de 10 bit. Selon la taille du boîtier et donc selon le nombre de pattes disponibles sur ce dernier. Ce convertisseur offre un nombre d'entrées variable entre 8 et 13 au moment où ces lignes sont écrites.

Les principales caractéristiques du convertisseur analogique/numérique peuvent être résumées comme suit :

- ✓ Vitesse de conversion pouvant atteindre les 500.000 échantillons par seconde.
- ✓ Jusqu'à 13 entrées externes (AN0 à AN12) ;
- ✓ Entrées de tensions de référence externes ;
- ✓ Entrées normales ou différentielles (mais devant toujours rester par rapport à la masse du circuit) ;
- ✓ Balayage automatique de tout ou partie des entrées ;
- ✓ Source de déclenchement de conversion à 16 registres ;

- ✓ Quatre options d'alignement du résultat de la conversion ;
- ✓ Fonctionnement pendant les modes attente et sommeil.

### III.5 Fonctionnement générale du système

Dans ce projet, on a essayé de relier le monde extérieur (grandeur physique à mesurer) à l'ordinateur. Le but essentiel est de mesurer l'intensité lumineuse par un capteur sensible (photodiode BPW21) et de transférer les valeurs mesurées à l'ordinateur pour qu'on puisse afficher ces valeurs sur écran via le port USB.

#### a) Mesure de l'intensité de la lumière

Comme on a vu précédemment, on a utilisé un capteur actif BPW21 qui est extrêmement sensible à la lumière. Après l'exposition de la diode à une certaine quantité de lumière, elle présente à sa sortie une tension (signal analogique) proportionnelle à la quantité de lumière à laquelle le capteur fut exposé. La figure III.9 représente le schéma électrique de la partie de mesure à base du capture BPW21.

La tension de sortie du capteur est de l'ordre de quelque mV, ce qui nous amène à utiliser un amplificateur LM358N pour permettre d'amplifier la tension de sortie du capteur (sortie 0/10 Volt). Puisque le microcontrôleur ne peut pas supporter une tension plus de 5 Volt, on a utilisé un diviseur de tension à l'entrée analogique du microcontrôleur, pour régler la tension introduite dans le pin RA0/AN0 du convertisseur.

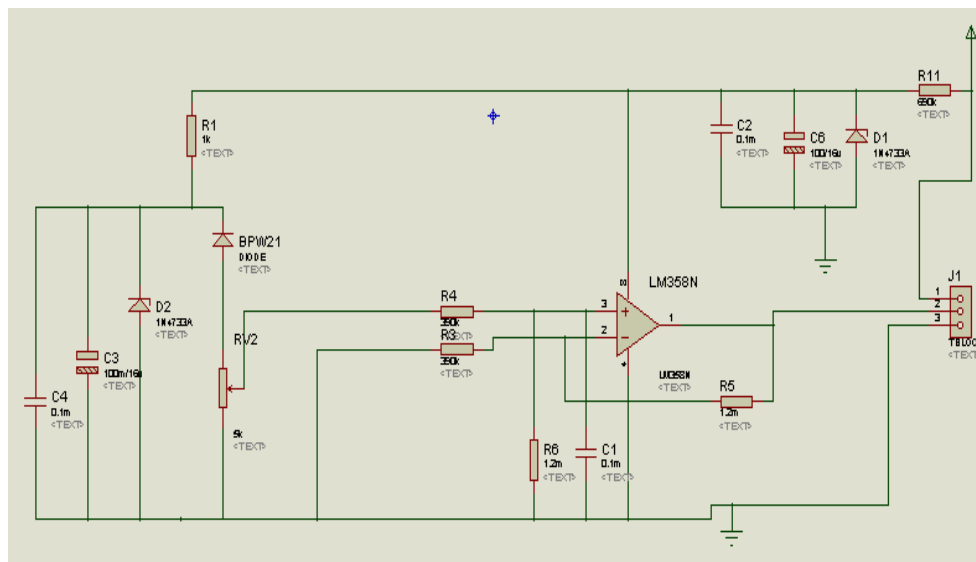
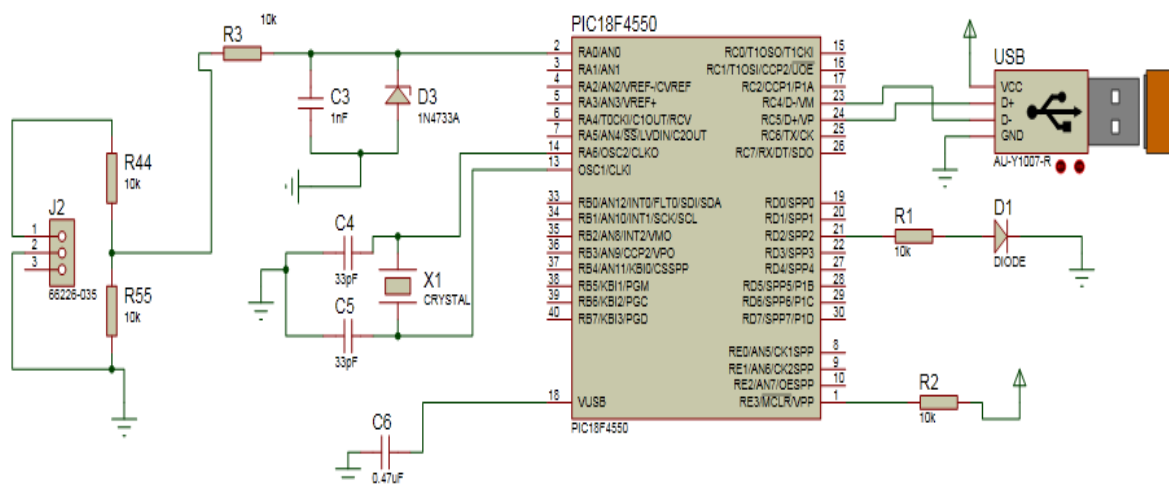


Figure III.9. Schéma électrique de la partie de mesure de lumière à base de capteur BPW21.

**b) Envoi des données via le port USB**

Après l'échantillonnage et la conversion du signal analogique fourni par la capteur, on obtient des valeurs numériques codées en binaire, chaque valeur binaire correspond à une intensité lumineuse captée en temps réel par le capteur. l'affichage de ces valeurs numériques sur écran de PC est assuré par une fenêtre réalisée par l'environnement LabVIEW via le port USB. La figure III.10 présente le schéma électrique du microcontrôleur 18F4550 et de connecteur USB.



**Figure III.10.** Schéma électrique du microcontrôleur 18F4550 et de connecteur USB.

**c) Fenêtre d'affichage des données mesurées**

L'interfaçage entre l'ordinateur et la carte d'acquisition est assuré par un protocole de communication construis par l'environnement LabVIEW. On a choisit la liaison à la norme série appelée protocole USB avec le mode simple HID (humain interface device).

Une simple fenêtre réalisée par l'environnement LabVIEW (voir la figure III.11) reçoit la valeur numérique et affiche le résultat sur un curseur de la lumière mesurée en Lux, ce curseur situé à gauche à la fenêtre LabVIEW. En plus du curseur, un graphe pour la visualisation des résultats en temps réel est situé à la partie droite de la fenêtre. On peut même stocker les données affichées avec extension Excel en appuyant sur le bouton "Enregistrer". La figure III.11. présente la fenêtre de LabVIEW qui affiche en temps réel les valeurs de la lumière mesurées en Lux.

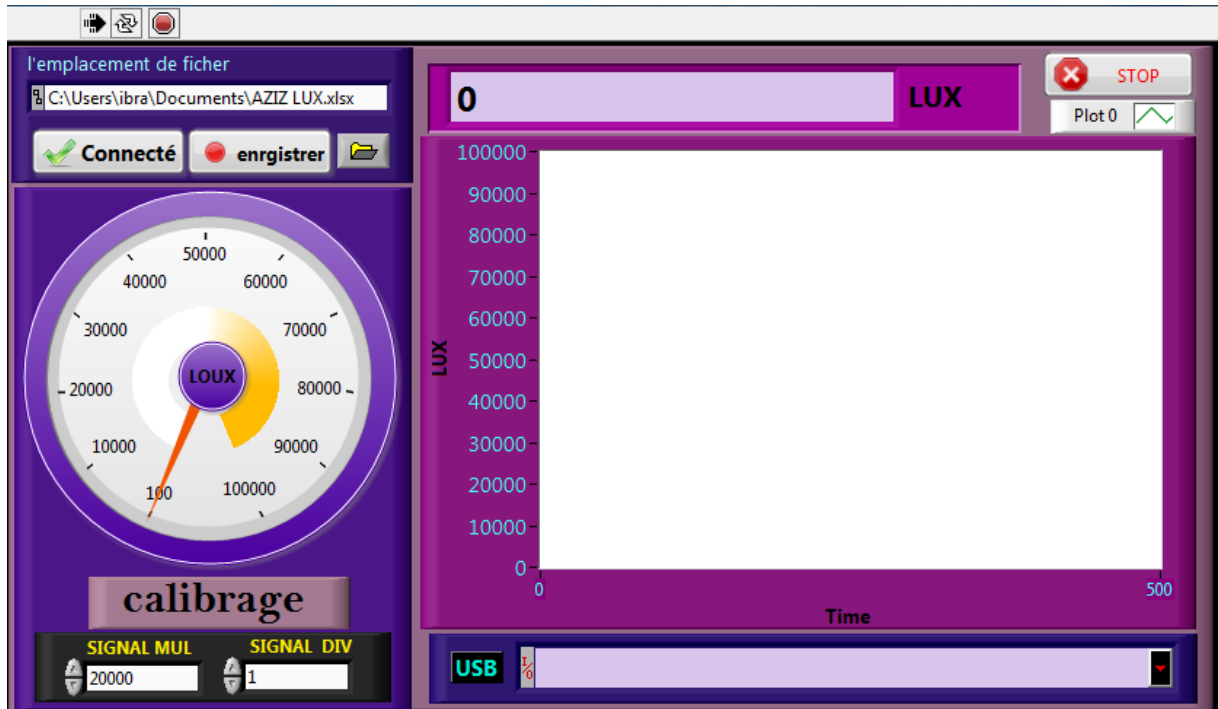


Figure III.11. Fenêtre de LabVIEW qui affiche en temps réel les valeurs de la lumière mesurées en Lux.

d) Schéma électrique complet de la carte d'acquisition à réaliser

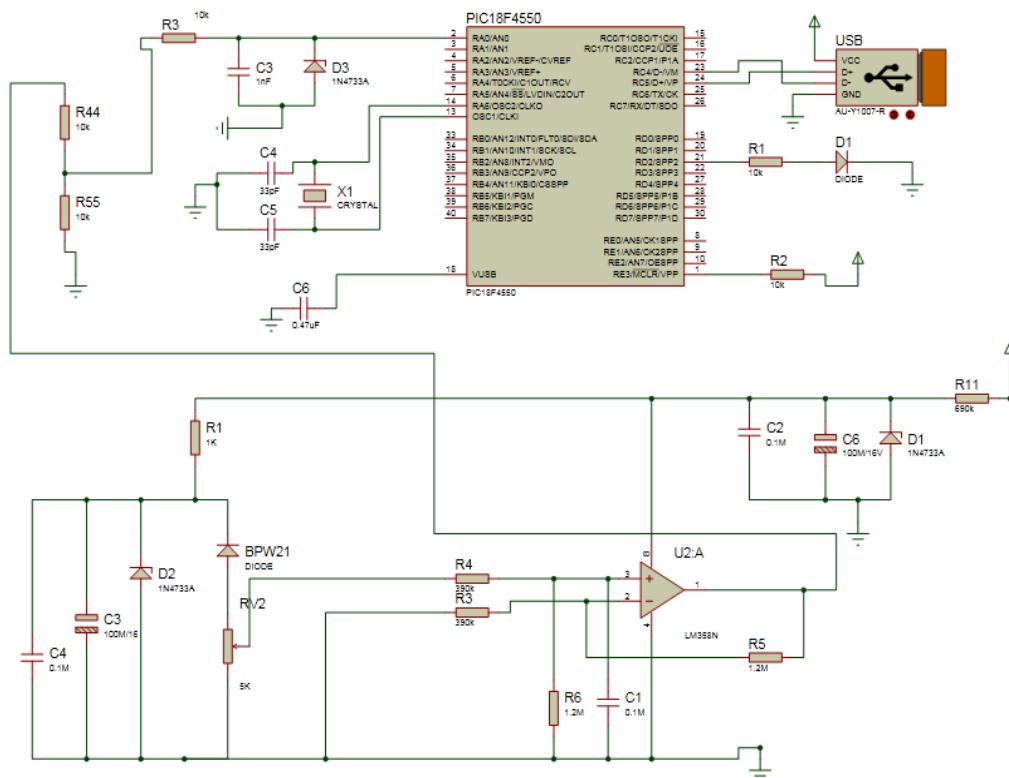


Figure III.12. Schéma électrique complet de la carte d'acquisition à réaliser.

### e) Composants électroniques de la carte d'acquisition

- ✓ La photodiode BPW21 très sensible.
- ✓ Résistance variable en série avec BPW21
- ✓ Amplificateur LM358N pour amplifier la tension dans la sortie de capteur.
- ✓ Résistances électriques : 2(390kOhm) et 2(1.2m) et 1(690k) et 1(1k).
- ✓ Capacités céramiques 3(0.1m).
- ✓ Capacités chimique 2(100m/16v).
- ✓ Diode zener 2 (5v et 15v).
- ✓ Un microcontrôleur de la société Microchip de la série 18F4550.
- ✓ un condensateur céramique de 0.47uf placé sur la borne Vusb (broche 18) pour avoir une tension de 3.3 V nécessaire pour le bon fonctionnement du port USB.
- ✓ un quartz de 20 MHz et deux condensateurs céramiques de 32 µf, pour la génération des impulsions d'horloge.
- ✓ Résistance de 10 KOhms pour la limitation du courant de LED.
- ✓ Résistance pour le MCLR.

### III.6. Programmation et interfaçage PIC-PC

Pour la gestion de la carte d'acquisition réalisée on a utilisée deux programmes l'un en langage C implanté sur le pic pour la gestion des ports du pic (l'échantillonnage des entrée analogique). Le langage G pour la gestion du port USB la commande la communication au pc, Le stockage des données, l'affichage sur une interface graphique sur le pc (courbes et valeur numérique).

Un programme a été développé en langage C est implanté dans le PIC18F4550 permet la communication standard PIC-PC.

#### a) Définition de la carte ou LabVIEW

La communication entre le LabVIEW et d'autres dispositifs virtuels ou réels se fera à travers l'application NI-VISA (Virtual instrument software architecture), ce dernier est responsable de la programmation et la reconnaissance des périphériques reliés avec elle.

Pour reconnaître le microcontrôleur comme dispositif sur LabVIEW on doit passer par les étapes suivantes : 1er partie ouvrir le logiciel (**Driver Wizard**) à partir de :

Démarrer > tous les programmes > National Instruments > Visa > Driver wizard.

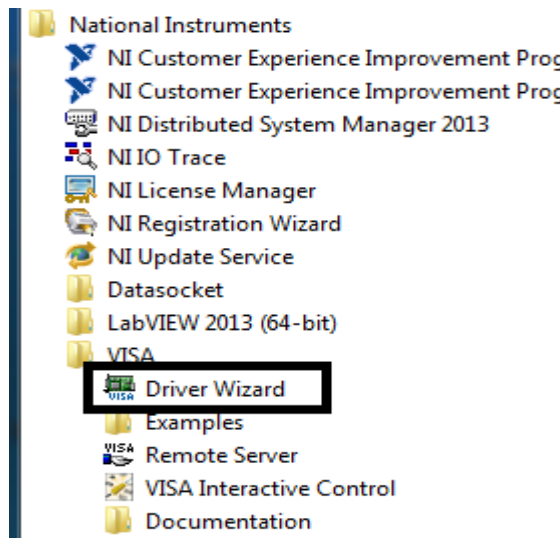


Figure III.14. Logiciel de reconnaissance du périphérique connecté avec LabVIEW.

Et après avoir choisie le mode de connexion USB :

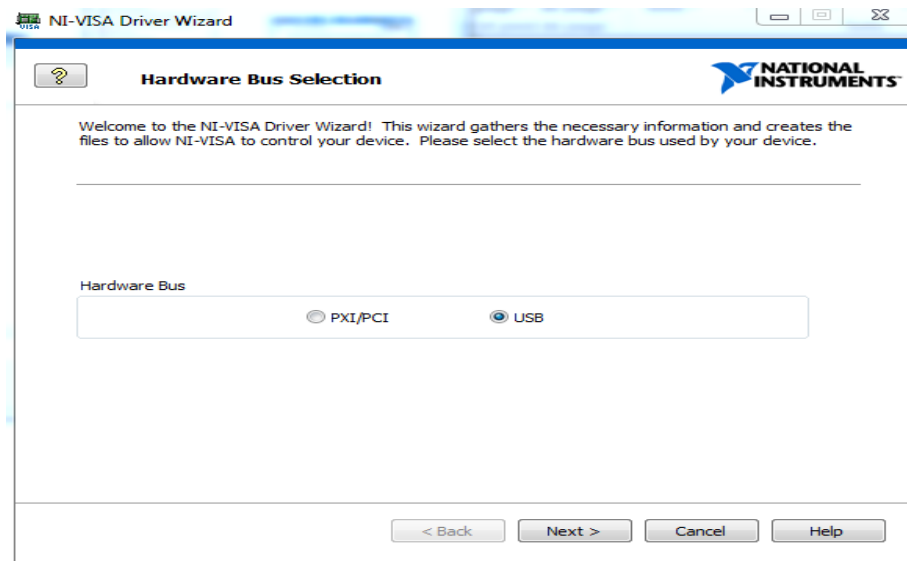


Figure III.15. Choisir le mode USB.

Nous devons écrire **Vendor ID** et **Product ID** comme il a été fait dans le fichier de **Dscriptor**.

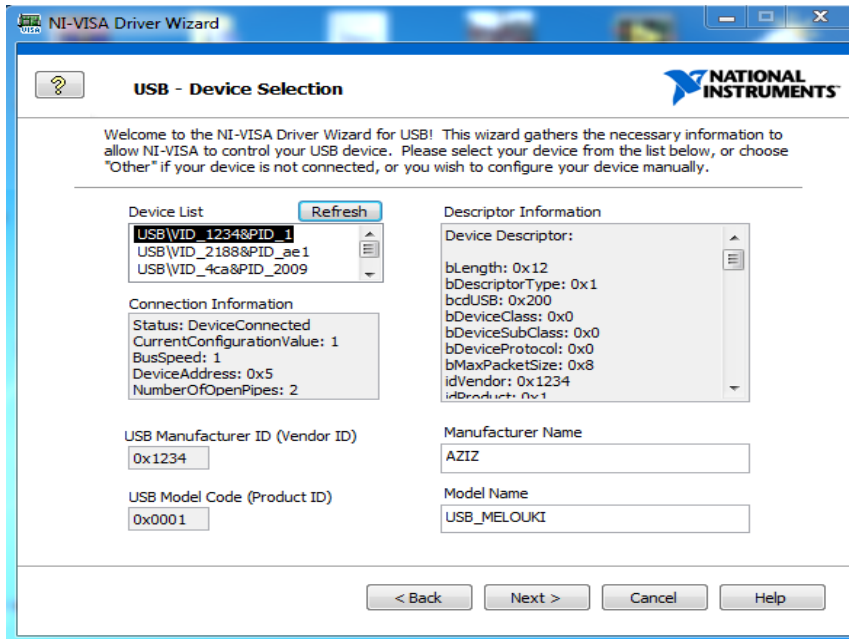


Figure III.16. Sélection du Vendor ID et Product ID

Choisir le dossier d'enregistrement :

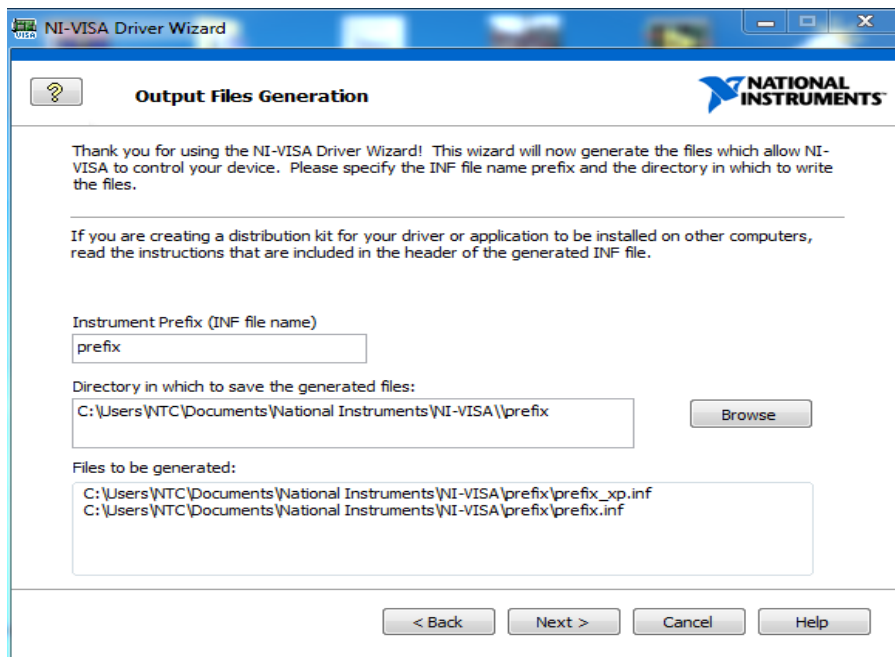


Figure III.17. Sélection du dossier d'enregistrement.

Et enfin le nom du dispositif sera indiqué :

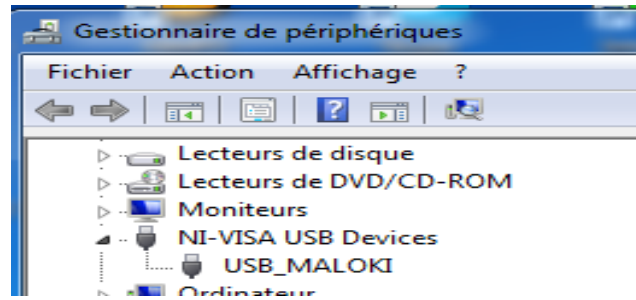
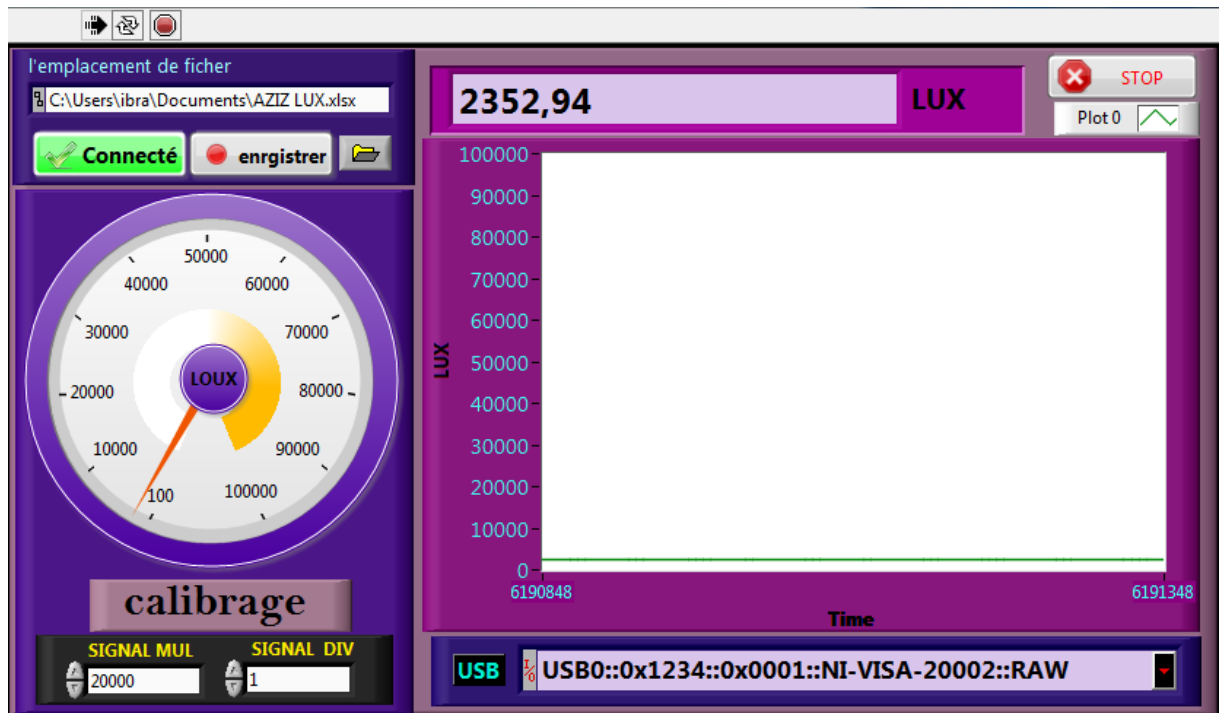


Figure III.18. Nouveau périphérique détecté dans le gestionnaire périphérique.

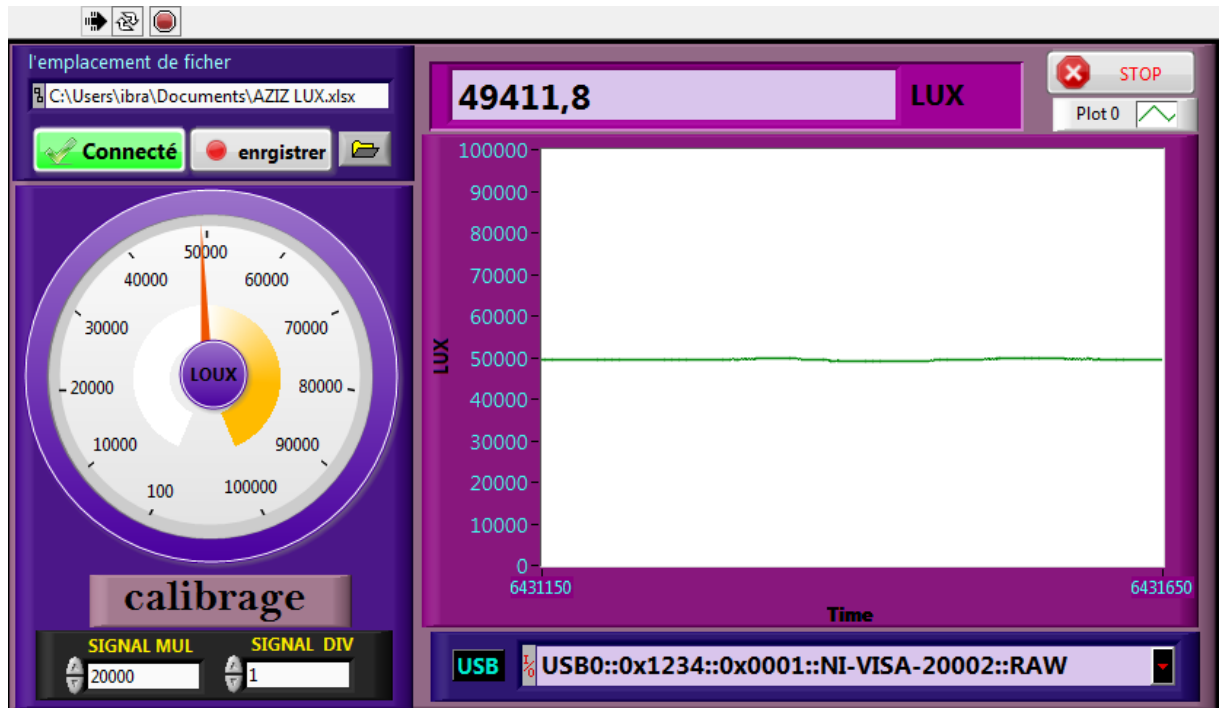
**b) Installation de la carte d'acquisition dans l'environnement**

On définit la carte d'acquisition à l'environnement afin d'effectuer des transfères des données numériques correspondent aux intensités lumineuses en temps réel. Dans la figure III.19 de (a) à (c) on donne des exemples de l'intensité à différents moments dans la journée.

(a)



(b)



(c)

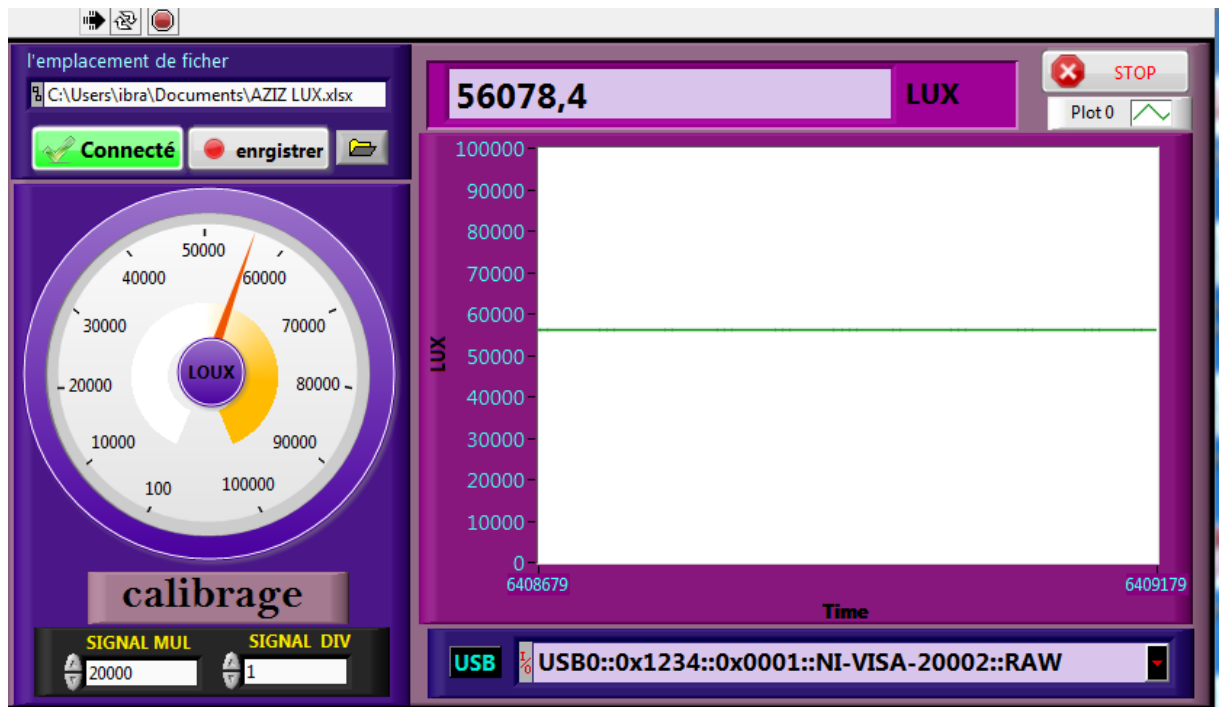


Figure III.19. Exemple d'affichage des données numériques transférées via le port USB..

Pour valider le fonctionnement de notre système on a fait des mesures de l'intensité lumineuse pendant une journée. Pour savoir comment changer l'intensité de la lumière le long d'une journée, nous avons enregistré ces mesures à chaque une heure de la journée. Le tableau suivant nous montre les mesures effectuées en Lux (voir le Tableau III.1).

<b>Horaire</b>	<b>Valeur mesurée en lux</b>
07:00	2352,94
08:00	10012,66
09:00	18606,44
10:00	31552,13
11:00	41250,48
12:00	49411,80
13:00	54509,86
14:00	56078,40
15:00	55686,37
16:00	45265,55
17:00	33334,98
18:00	23545,45
19:00	12554,12
20:00	3212,87

**Tableau III.1** Mesures de l'intensité de la lumière pendant une journée.

La figure III.20 illustre la variation de l'intensité lumineuse pendant une journée (de 7h00 à 20h00). Dans la figure III.21 on présente le schéma de la face cuivrée de la carte d'acquisition réalisée, et enfin on présente une belle image de la carte électronique réalisée connectée au PC (voir la figure III.22).

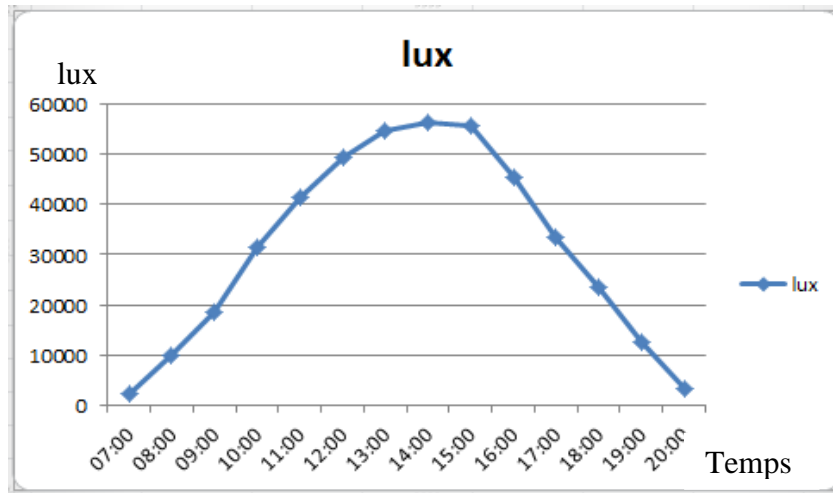


Figure III.20. Courbe de la variation de l'intensité de la lumière pendant une journée.

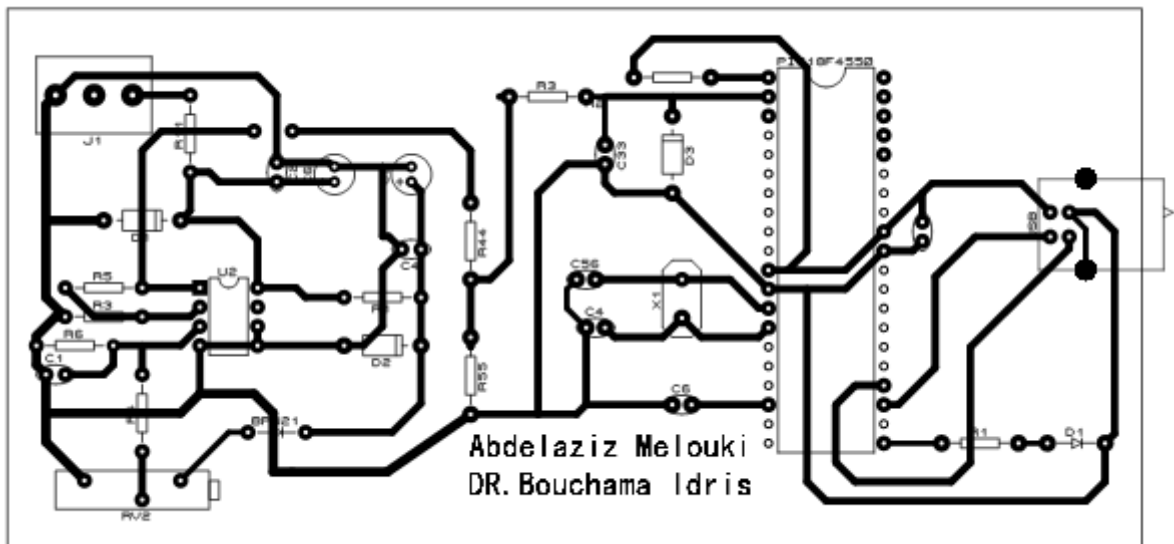


Figure III.21. Face cuivrée de la carte d'acquisition réalisée.



**Figure III.22.** Image réel de la carte électronique réalisée connectée au PC.

### III.7 Conclusion

Ce projet fin d'étude est une occasion pour toucher un petit peu l'électronique analogique et numérique. On a réussi de réaliser et de faire fonctionner une carte d'acquisition à base des deux composants intéressants. Le premier élément c'est la photodiode BPW21 qui sert à capter la lumière et la transformer en grandeur électrique (tension). Le deuxième élément c'est le microcontrôleur 18F4550 qui nous a permis à la fois de convertir le signal analogique fourni par le capteur et de le transférer au PC pour l'affichage.

Dans ce chapitre, nous avons fourni aussi des explications sur la façon d'installation de la carte d'acquisition et comment elle s'est connectée à l'ordinateur via le port USB.

# **Conclusion générale**

## **Conclusion générale**

Dans notre projet fin d'étude nous nous sommes intéressées à la mise en œuvre d'une carte d'acquisition à base du microcontrôleur 18f4550 avec une interface graphique.

L'application a été faite pour traiter le signal analogique fourni par le capteur de lumière (photodiode BPW21). Le signal fourni par le capteur est exploité par un échantillonneur intègres au microcontrôleur 18f4550 qui permet de diviser le signal analogique à des périodes égales et précises. Ensuite avec un convertisseur analogique/numérique intègres aussi au microcontrôleur 18f4550 on a convertit ce signal échantillonné à un signal numérique. L'interface au LabVIEW permet l'acquisition du signal numérique fourni par la carte d'acquisition et l'afficher à l'écran du PC. La carte d'acquisition est alimentée automatiquement après le branchement à l'USB.

La carte de mesure (Solarimètre) conçue pour transformer la lumière (qui représente une grandeur physique) à une grandeur électrique (signal analogique). La carte d'acquisition reçoit ce signal puis elle le convertit à un signal numériques. Le port USB de l'ordinateur est considéré comme étant une interface fiable de liaison et de transmission de données de la chaîne de mesure vers l'ordinateur. Ce dernier a l'avantage d'être installé sur tous les PC actuels.

Le programme d'acquisition au LabVIEW permet de:

- Affichage graphique et numérique de la valeur mesurée de l'ensoleillement ;
- Enregistrement des données en permanence et en continu ;
- Fonctionnement en temps réel;

Enfin, comme perspective nous espérons que ce mémoire sera une base utile pour les électroniciens pour développer et réaliser des cartes d'interface LabVIEW pour des autres systèmes de communication comme :

- Wifi
- Bluetooth
- Intranet
- Satellite

Nous espérons aussi à fabriquer une station météo pour mesurer tous les grandeurs physiques environnementales (humidité, température, lumière, pression...etc.) utilisant des microcontrôleurs de la société Microship ou des Arduinos.

## Références

- [1]<http://www.inexplique-endeбат.com/article-l-empire-du-systeme-solaire-lapuisseance-du-soleil-89440220.html> (site internet consulté le 25/04/2016).
- [2]Robert Seve, «science de la couleur : aspects physiques et perceptifs », Marseille, chalagam,2009, p. 43.
- [3]Bekhouché Salah Eddine«Réalisation d'un oscilloscope numérique portatif à affichage sur écran PC via le port RS232»Mémoire de Master Electronique,Université Mohamed Khider Biskrajuin 2014.
- [4]Drac Lorraine(*STAP 54*) – Illustrations: N. BARTHELEMY « Les capteurs solaires ».
- [5][https://fr.wikipedia.org/wiki/capteur\\_solaire\\_thermique](https://fr.wikipedia.org/wiki/capteur_solaire_thermique).(site internet consulté le 22/04/2016).
- [6]<http://tpecbr.e-monsite.com/pages/le-fonctionnement-des-panneaux-solaires.html>. (site internet consulté le 22/04/2016).
- [7][https://fr.wikipedia.org/wiki/panneau\\_solaire#types](https://fr.wikipedia.org/wiki/panneau_solaire#types).(Site internet consulté le 22/04/2016).
- [8]<http://soocurious.com/fr/pour-la-premiere-fois-des-scientifiques-ont-cree-une-cellule-solaire-qui-agit-comme-une-batterie/panneau-solaire/>.
- [9]Livre: « Capteurs et actionneurs en instrumentation- CHAPITRE 1 » page 3 et 4.
- [10]Helali Kamelia «Modélisation d'une cellule photovoltaïque : Etude comparative» mémoire de Magister. Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou, 2012.
- [11]Noubat Ali Zwawi« Réalisation d'une carte d'acquisition et de commande à base du PIC 18f4550 avec interfaçage graphique labVIEW application : Régulation de température » Mémoire de Master Electronique Université Mohamed Boudiaf Msila, Juin 2014.
- [12][www.mon-club-elec.fr](http://www.mon-club-elec.fr): « qu'est-ce qu'un microcontrôleur ? ». (Site internet consulté le 22/04/2016).
- [13]Ghessoumi Farid /Saadi Amel« Commande de panneau solaire à l'aide d'une carte à pic» Mémoire de Master Electronique Université Mohamed Khider, Biskra, Algérie, juin 2010, p23-33.
- [14][www.technologuepro.com/microcontrôleur/chap1.htm](http://www.technologuepro.com/microcontrôleur/chap1.htm)"les microcontrôleurs pic", .( site internet consulté le 21/03/2016).
- [15][www.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39632e.pdf](http://www.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39632e.pdf):“pic18f2455/2550/4455 /4550 data sheet”, 16/03/2016
- [16][www.audiovore.zxq.net/electronique.php](http://www.audiovore.zxq.net/electronique.php), "la programmation des pic 18f", .(site internet consulté le 18/03/2016).

- [17][http://ebookbrowse.com/cours-complet-pic18f4520-v1-1-pdf\\_53954337](http://ebookbrowse.com/cours-complet-pic18f4520-v1-1-pdf_53954337)"informatique industrielle : le pic 18f4520 et sa programmation en c", 30 - 32.
- [18]Pascal Mayeux, "Apprendre la programmation des PIC High Performance par l'expérimentation et la simulation", DUNOD Editions : ETSF, Paris, France, Juillet 2010, p68 – 80.
- [19]<http://ylescop.free.fr/mrim/cours/bus-USB.pdf>, «Bus USB - cours Yves LESCOP», (site internet consulté le 05/03/2016).
- [20]<http://www.usb.org/about/faq/>, «USB Info: Frequently Asked Questions», (site internet consulté le 7/03/2016).
- [21]Jan Axelson, «USB Complete The Developer's Guide 4th edition», 2009.
- [22]<http://www.usb.org/> «USB.org»,.( site internet consulté le 22/04/2016).
- [23] <http://www.beyondlogic.org/usbnutshell/usb1.shtml>, «USB in a NutShell», (site internet consulté le 16/03/2016).
- [24] [http:// reseaumaroc.com/files/Le%2520bus%2520USB.pdf](http://reseaumaroc.com/files/Le%2520bus%2520USB.pdf), «Le bus USB», (site internet consulté le 19/03/2016).
- [25]<http://www.commentcamarche.net/contents/773-usb>, «USB», site internet consulté le 22/04/2016).
- [26][www.microtel.fr.eu.org/Clubs/CAEN.MTL/Mac/Tout\\_sur\\_USB2.pdf](http://www.microtel.fr.eu.org/Clubs/CAEN.MTL/Mac/Tout_sur_USB2.pdf), «Tout sur l'USB», (site internet consulté le 24/03/2016).
- [27] <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/26250/VISHAY/BPW21.html> .(site internet consulté le 1/04/2016).
- [28]Guide d'utilisateur du logiciel LabVIEW
- [29]Ben Hassine Najdi et Turki Mourad «Conception et réalisation d'un système de commande numériques du niveau d'eau dans un réservoir », Mémoire PFE-ENIM 2006.
- [30]Support de cours de techniques d'interfaçage Elabore par M Ghorbel Mohamed 2006-2007.

## Abstract

In this study , We are interested by the conversion of electromagnetic solar energy (radiation) into electrical energy that is photovoltaic conversion.

The aim of this work is the study and the realization of a solarimètre "sun sensor." This sensor is constituted primarily by a BPW21 photodiode which is part of an acquisition card. The photodiode generates a voltage proportional to the number of captured photons. The acquisition card consists of a PIC 18F4550 connected to the microcomputer to display the transferred values of the light intensity on the screen. Data transfer via the USB port is provided by a graphic window of the LabVIEW environment. The test of this module was conducted by measuring the light intensity for a day.

**Keywords:** photodiode BPW21, light intensity, PIC 18F4550, USB port.

---

## ملخص

نحن مهتمون في هاته الدراسة بتحويل الطاقة شمسية الكهرومغناطيسية (الاشعاع) الى طاقة كهربائية.

الهدف من هذا العمل هو دراسة وتحقيق جهاز ضوء متر "المستشعر للضوء" يتكون هذا المستشعر من لاقط حساس للضوء الذي هو جزء من بطاقة الاكتساب. اللاقط ضوئي (BPW21) يولد جهد يتناسب مع عدد الفوتونات الملتقطة. بتركب بطاقة الاكتساب من معالج 18F4550 متصل مع حاسوب من اجل عرض القيم المحولة المعبرة عن شدة الضوء التي تظهر على شاشة. يتم توفير نقل البيانات عبر منفذ USB. لقد تم إختبار هاته البطاقة بإجراء قياسات لمدة يوم واحد.

**الكلمات المفتاحية:** الصمام الثنائي BPW21، شدة الضوء، PIC 18F4550، منفذ USB .