

LISTE DES ABREVIATIONS

Les abréviations

TOR : Capteur Tout ou Rien.

S: La sensibilité.

CAN: Convertisseur analogique-numérique.

RAM: Mémoire vive de l'ordinateur.

PIC : (**Peripheral Interface Controller**) Contrôleur d'interface périphérique.

EEPROM : Mémoires électroniques mortes reprogrammables, effaçables électriquement.

KO : Kilo octet.

MHZ : Méga hertz.

GND : Terre électrique (ground).

Les Vis : Instruments virtuels.

RISC : Reduced Instructions Set Computer.

LED: Light-Emitting Diode (Diode Electroluminescente).

RFID : Radio-Frequency Identification (Identification du Radio-Fréquence).

MCLR: Master Clear.

VCC : Voltage Continuous Current

Tx : La sortie série

Rx : L'entrée série

LISTE DES FIGURES

Liste des figures

CHAPITRE I.

Figure I.1. Analyse spectrale du rayonnement solaire.

Figure I.2. Fonctionnement des panneaux solaire thermiques.

Figure I.3. Capteur solaire à base des panneaux solaires.

Figure I.4. Rôle général d'un capteur.

Figure I.5. Exemple d'un capteur TOR.

Figure I.6. Exemple d'un capteur analogique de température.

Figure I.7. Exemple de capteur numérique de la souris.

Figure I.8. Capteur lumière BPW21.

Figure I.9. Schéma générale de la carte d'acquisition.

Figure I.10. Chaîne de mesure et acquisition des données.

Figure I.11. Structure de la chaîne d'acquisition numérique.

CHAPITRE II.

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

Figure II.2. Brochage du PIC 18F4550.

Figure II.3. Oscillateur à Quartz/Céramique.

Figure II.4. Câble USB 2.0 A-mâle vers B-mâle.

Figure II.5. Composition d'un câble USB.

Figure II.6. Connecteurs.

Figure II.7. Connecteurs USB type A et B.

Figure II.8. Exemple d'un flux de données à deux boucles 'For' simultanés.

Figure II.9. Fenêtre de l'environnement de développement sur LabVIEW 2019.

Figure II.10. Fenêtre montrant la Palette d'outils et la palette de fonction.

Figure II.11. La zone de programmation structure.

Figure II.12. La zone des opérations booléennes.

Figure II.13. La zone des opérations numériques.

Figure II.14. Exemple de Fenêtre d'Aide contextuelle.

CHAPITRE III.

Figure III.1. Schéma bloc du système.

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

Figure III.3. La photodiode BPW21.

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

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

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

Figure III.7. Etage de filtrage.

Figure III.8. Schéma électrique de la partie de mesure de lumière à base de capteur BPW21.

Figure III.9. Schéma électrique du microcontrôleur 18F4550 et de connecteur USB.

Figure III.10. Fenêtre du panneau avant sur LabVIEW qui affiche en temps réel les valeurs de la lumière mesurées en Lux.

Figure III.11. Fenêtre du Bloque Diagramme réaliser sur LabVIEW.

Figure III.12. (a) (b) (c) (d) (e) Fenêtre de LabVIEW qui affiche en temps réel les valeurs de la lumière mesurées en Lux.

Figure III.13. Courbe de variation de l'intensité lumineuse par rapport à quelques valeurs.

LISTE DES TABLEAUX

Liste des tableaux

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

Tableau II.2. Le brochage des connecteurs USB.

Tableau III.1. Variation de l'intensité lumineuse.

Introduction général

Le soleil est l'étoile la plus proche de la terre nous savons que les arbres et les plantes sont nourris par la lumière solaire qui nous fournit nourriture et oxygène. Le soleil est à 149 millions de kilomètres de la terre la distance idéale pour que la vie fleurisse sur notre planète, il faut à la lumière du soleil 8 minutes et demi pour nous atteindre. Notre soleil est composé d'environ 91% d'hydrogène qui est le carburant du soleil, 8.9% d'hélium et 0.1% d'éléments plus lourds tels que le carbone et l'azote.

En raison des températures extrêmes du soleil, ces éléments restent dans une phase qui s'apparente au gaz "le Plasma".

Au noyau du soleil, la température est d'au moins 15 millions de degrés Celsius combinée à la puissante gravité du soleil, les molécules d'hydrogène se fusionnent ensemble pour créer de l'hélium, appelé fusion thermonucléaire. Ce processus libère une énorme quantité d'énergie sous forme de **Rayonnement d'électricité et de vent solaire** et comme nous l'expérimentons sur terre, de chaleur et de lumière vitales.

La lumière est un élément essentiel qui compose notre réalité car c'est grâce à cette lumière que nous pouvons percevoir notre environnement, la lumière qui nous vient du soleil va être transmise, réfléchi, diffracté, réfracté sur les divers objets qui constituent notre environnement.

Dans notre travail, nous effectuons des mesures de l'intensité lumineuse ou de l'éclairement, l'éclairement est la grandeur la plus directement mesurable, il s'agit du flux qui atteint un élément de surface, il s'exprime en **Lux** et on le mesure tout simplement avec un **Solarimètre ou luxmètre**. Le Solarimètre mesure la puissance lumineuse reçue sur une petite surface photosensible, plus on éloigne le capteur, plus cette puissance sera faible.

L'objectif de notre travail est de faire la simulation sur logiciel d'un Solarimètre à base de la photodiode BPW21 afin de mesurer l'intensité lumineuse, le logiciel de toute dernière génération **LABVIEW** (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) 2019 qui est un environnement de développement graphique développé par le géant américain

NATIONAL INSTRUMENTS, ce logiciel propose une approche de programmation graphique qui aide à visualiser tous les aspects des différentes applications y compris la configuration au niveau du matériel, la supervision au niveau des mesures, ainsi que la détection et la correction d'erreurs.

La carte d'acquisition de ce Solarimètre va être composé d'un microcontrôleur 18F4550 qui aura comme fonction l'acquisition des données leurs numérisations ainsi que leurs transmissions vers l'ordinateur, le transfert et la communication se fera via le port USB

Après cette introduction, ce mémoire va ce structuré autour de trois chapitres.

- Le premier chapitre nous allons parler du rayonnement solaire, les capteurs solaires de façon générale et de la photodiode BPW21 de façon plus détaillé ainsi que la technologie des cellules photovoltaïques.
- Le deuxième chapitre qui sera dédié à l'étude de la carte d'acquisition, nous parlerons des microcontrôleurs et des caractéristiques du PIC 18F4550.
- Le troisième chapitre sera consacré à la conception de la carte d'acquisition et à la simulation du Solarimètre sur LabVIEW.
- Enfin nous terminerons notre travail par une conclusion générale.

CHAPITRE 1
GENERALITES SUR LES CAPTEURS
ET LES CHAINES DE MESURE

I.1 Introduction

L'énergie solaire photovoltaïque provient de la conversion de la lumière du soleil en électricité au sein de matériaux semi-conducteurs comme le silicium ou recouverts d'une mince couche métallique. Ces matériaux photosensibles ont la propriété de libérer leurs électrons sous l'influence d'une énergie extérieure. C'est l'effet photovoltaïque. L'énergie est apportée par les photons, (composants de la lumière) qui heurtent les électrons et les libèrent, induisant un courant électrique. Ce courant continu de micro puissance calculé en watt crête (W_c) peut être transformé en courant alternatif grâce à un onduleur.

L'électricité produite est disponible sous forme d'électricité directe ou stockée en batteries (énergie électrique décentralisée) ou en électricité injectée dans le réseau. Un générateur solaire photovoltaïque est composé de modules photovoltaïques eux même composés de cellules photovoltaïques connectées entre elles. Les performances d'une installation photovoltaïque dépendent de l'orientation des panneaux solaires et des zones d'ensoleillement dans lesquelles ils se trouvent. [W1].

Dans ce chapitre nous allons détailler les éléments qui concernent cette ressource et la transformation en énergie électrique.

I.2 L'énergie solaire

Le rayonnement solaire constitue la ressource énergétique la plus abondante sur terre. La quantité d'énergie libérée par le soleil et captée par la planète terre pendant une heure pourrait suffire à couvrir les besoins énergétiques mondiaux pendant un an. Le soleil décharge continuellement une énorme quantité d'énergie radiante dans le système solaire, la terre intercepte une toute petite partie de l'énergie solaire rayonnée dans l'espace. Une moyenne de 1367 Watts atteint chaque mètre carré du bord externe de l'atmosphère terrestre pour une distance moyenne terre-soleil de 150 Millions de km, c'est ce que l'on appelle la constante solaire qui est égale à $1367W/m^2$. La partie d'énergie reçue sur la surface de la terre dépend de l'épaisseur de l'atmosphère à traverser. Celle-ci est caractérisée par le nombre de masse d'air (AM). Le rayonnement qui atteint le niveau de la mer à midi dans un ciel clair est de $1000 W/m^2$ et est décrit en tant que rayonnement de la masse d'air "1" (ou AM1). Lorsque le soleil se déplace plus bas dans le ciel, la lumière traverse une plus grande épaisseur d'air, et perdant plus d'énergie. Puisque le soleil n'est au

zénith que durant peu de temps, la masse d'air est donc plus grande en permanence et l'énergie disponible est donc inférieure à 1000 W/m^2 . [B1]

I.3 Le rayonnement solaire

Le soleil émet un rayonnement électromagnétique compris dans une bande de longueur d'onde variant de $0,22 \mu\text{m}$ à $10 \mu\text{m}$. [B2]

La figure (I-1) représente la variation de la répartition spectrale énergétique.

L'énergie associée à ce rayonnement solaire se décompose approximativement à :

- 9% dans la bande des ultraviolets ($<0,4 \mu\text{m}$),
- 47% dans la bande visible ($0,4$ à $0,8 \mu\text{m}$),
- 44% dans la bande des infrarouges ($>0,8 \mu\text{m}$).

L'atmosphère terrestre reçoit ce rayonnement à une puissance moyenne de $1,37$ kilowatt au mètre carré (kW/m^2), à plus ou moins 3 %, selon que la terre s'éloigne ou se rapproche du soleil dans sa rotation autour de celui-ci. [B3]

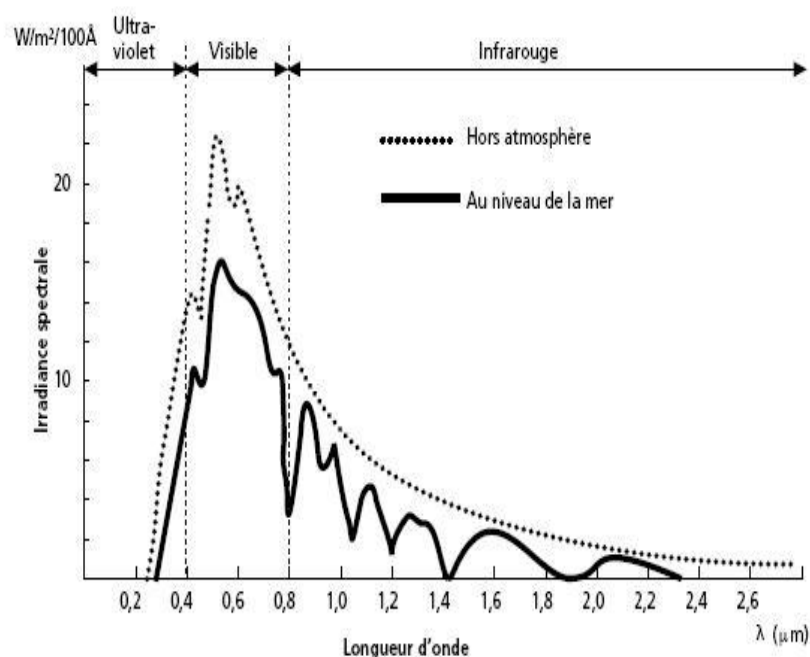


Figure (I.1) : Analyse spectrale du rayonnement solaire. [B3]

I.4 Généralités sur les Capteurs solaires :

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 [W2].

I.5 Les Différents types de capteurs solaires :

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 [W3].

I.5.1 Types de capteurs solaires thermiques :

Les capteurs solaires peuvent se différencier par leurs structures :

- **Les capteurs plans non vitrés** : leurs structures est assez simple, puisque composée d'un réseau de tubes plastiques noirs où circule le fluide caloporteur. Ils sont utilisés essentiellement pour le chauffage de l'eau des piscines en été ;
- **Les capteurs plans vitrés** : le fluide caloporteur, très souvent de l'eau mélangée à un antigel, passe dans un circuit en serpentin placé derrière une vitre ;
- **Les capteurs à tubes sous vides** : le fluide caloporteur circule à l'intérieur d'un double tube sous vide. Le principe est le même que pour les capteurs plans vitrés, l'isolation étant simplement assurée par l'absence de molécules d'air (sous vide). [W4]

I.5.2 Fonctionnement des capteurs thermiques :

Les capteurs solaires thermiques utilisent l'énergie solaire pour chauffer et produire chauffer et produire une eau chaude sanitaire.

Les capteurs solaires thermiques se composent d'absorbeurs qui sont des plaques de verre et une couche d'isolant, ils captent les calories de chaleur du soleil, cette même chaleur vas réchauffer un fluide caloporteur qui vas circuler dans des tubes absorbeurs.

Le liquide caloporteur va être à son tour transporter vers le circuit de chauffage central par exemple. [W5]

Fonctionnement des panneaux solaire thermique

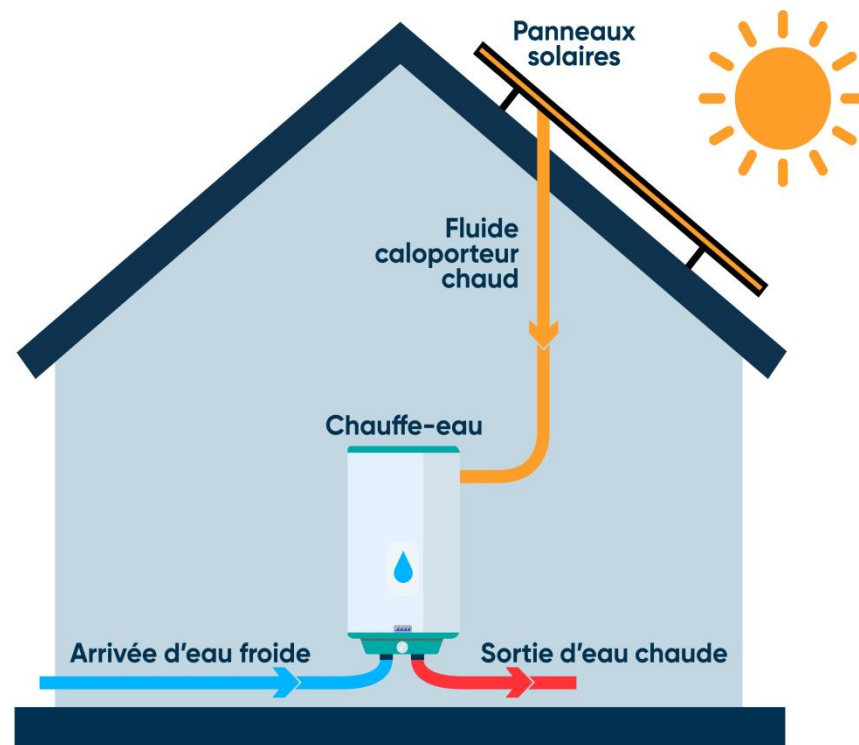


Figure (I.2) : fonctionnement des panneaux solaire thermique. [W5]

I.6. Technologie d'une cellule photovoltaïque :

I.6.1 Les principales technologies solaires photovoltaïques

- **Les cellules au silicium cristallin**, pour lesquelles l'élément actif est le silicium dopé dans la masse. Bien que plus ancienne, cette technologie représente encore 90 % des parts de marché du fait de sa robustesse et de ses performances (rendement modules allant de 12 à 20 % pour une durée de vie de 30 ans environ) ainsi que des investissements importants qui lui ont été destinés, que ce soit pour la transformation du silicium, l'élaboration des cellules ou l'assemblage des modules.
- **Les cellules à base de couches minces** qui ont en commun le procédé de dépôt du matériau semi-conducteur à faible épaisseur sur des substrats variés et donnant un aspect uni, produisant des modules de rendement légèrement inférieur (de 7 à 13 %). La part de marché pour l'ensemble de ces technologies est d'environ 10 % et reste relativement stable : ces filières ont perdu l'avantage de leur moindre coût de production avec les investissements massifs consentis dans le silicium au début des années 2000.
- **Les cellules à base de photovoltaïque organique**, segment sur lequel la recherche s'intensifie dans la perspective de produire des cellules à très bas coût pour des applications nouvelles. Leur principe de fonctionnement est basé sur les cellules à colorant de Michaël Grätzel avec des variations sur le type de matériaux utilisés. Avec des rendements de l'ordre de 3 à 5 %, leur point faible reste aujourd'hui encore leur durée de vie limitée. [W6]

I.6.2 Avantage et inconvénient de l'énergie solaire :

L'énergie solaire comporte des avantages...

- L'énergie solaire est inépuisable et non polluante
- L'énergie est propre **et ne dégage pas de gaz à effet de serre**
- Les frais de maintenance et de fonctionnement d'une installation thermique sont relativement **faibles**
- Il s'agit d'une source d'énergie électrique totalement **silencieuse** ce qui n'est pas le cas, par exemple des installations éoliennes.

- Le **rendement énergétique** est positif : il faut en moyenne entre 3 et 4 ans pour que le panneau produise l'énergie nécessaire à sa fabrication et un panneau solaire produit en moyenne entre 9 à 14 fois l'énergie qu'il a consommé pour sa fabrication.

Et pour les inconvénients :

- Le coût d'investissement d'une installation solaire thermique est relativement élevé.
- L'énergie solaire est une énergie intermittente.
- La production d'énergie solaire n'est possible que lorsqu'il y a du soleil
- La durée de vie d'une installation photovoltaïque n'est pas éternelle mais de l'ordre de 20 à 30 ans.
- Les rendements des panneaux photovoltaïques sont encore faibles et de l'ordre de 20%. [W7]

I.6.3 Rendement des panneaux photovoltaïques

Le rendement d'une cellule photovoltaïque est le rapport entre l'énergie électrique produite par cette cellule et l'énergie lumineuse reçue sur la surface.

Actuellement, en fonction des installations et des technologies utilisées, le rendement de cellules se situe en moyenne entre 10 % et 20 % (avec un record en Labo à 26,6 %).

Pour s'affranchir de cette limite, des cellules multi-jonctions voient le jour permettant d'atteindre des plafonds théoriques de l'ordre de 80 % de rendement. Ce type de cellule, en condition laboratoire a déjà dépassé le cap des 40 % de rendement [W8].



Figure I.3. Capteur solaire à base des panneaux solaires [W9]

I.7 Généralités Sur les capteurs :

I.7.1 Définition :

Un capteur est un composant technique qui détecte un événement physique se rapportant au fonctionnement du système (présence d'une pièce, 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. [W10] **Figure I.4 illustre** le rôle d'un capteur.



Figure I.4. Rôle général d'un capteur

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 [W10]

I.7.2 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.5 montre la caractéristique d'un capteur de position :

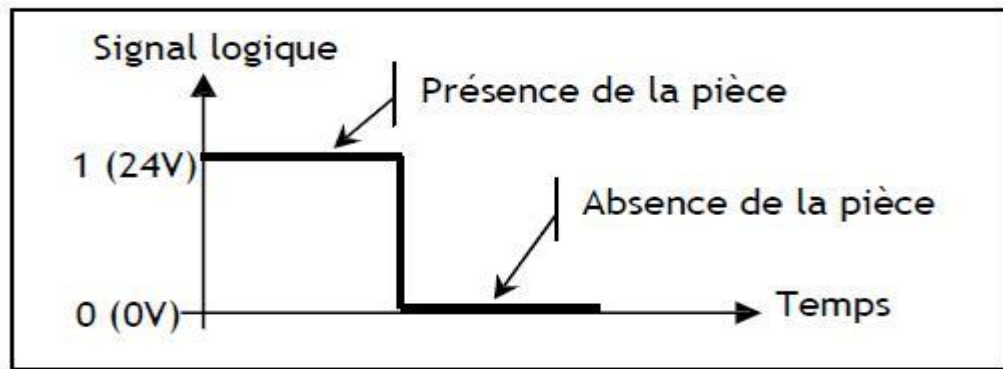


Figure I.5. Exemple d'un capteur TOR [W10].

- **Analogique** : L'information peut prendre toutes les valeurs possibles entre 2 certaines valeurs limites ; on parle alors d'un capteur analogique [W10]. La figure I.6 montre la caractéristique d'un capteur de température.

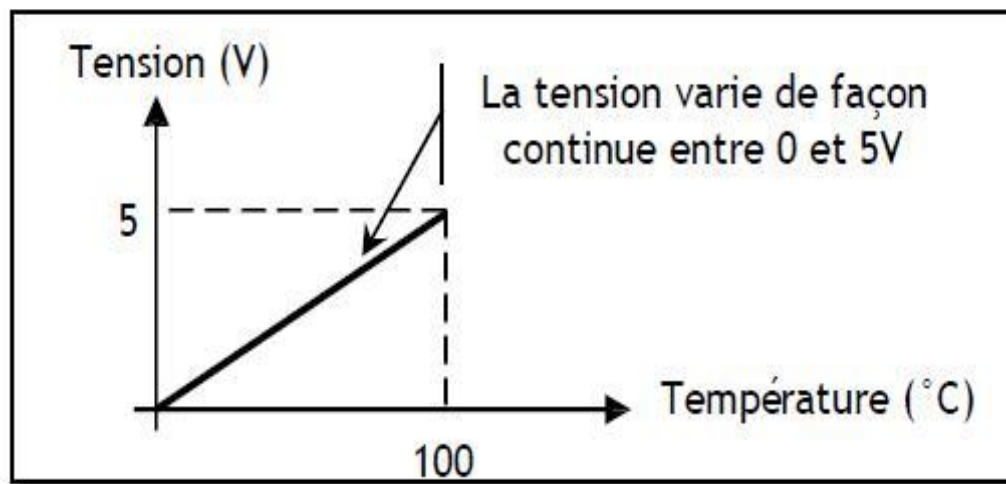


Figure I.6. Exemple d'un capteur analogique de température [W10].

- **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.7 montre en titre d'exemple le principe de fonctionnement de la souris [W10]

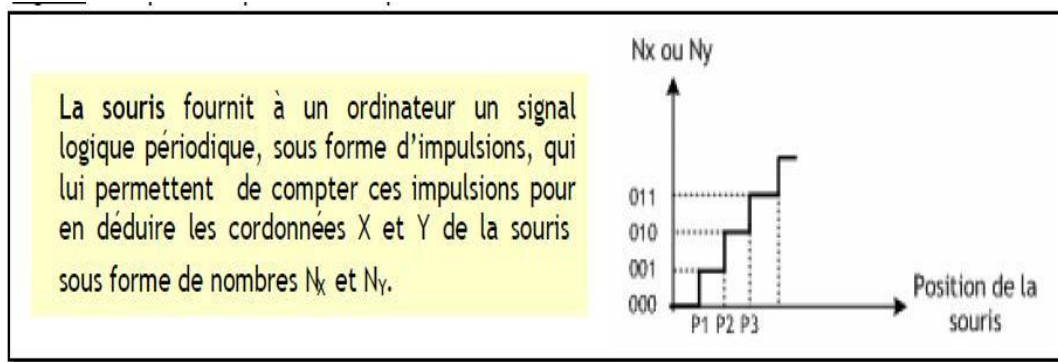


Figure I.7. Exemple de capteur numérique de la souris [W10].

I.7.3 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 ΔV du signal électrique de sortie pour une variation donnée ΔY 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 [W10].

I.8. Capteurs optiques :

Les capteurs optiques sont des dispositifs capables de détecter l'intensité lumineuse et de la transformer en une grandeur mesurable comme un courant ou une tension électrique. Ils sont performants pour détecter la chaleur, la couleur ou encore la présence de certains gaz ou composants chimiques [W11].

Ils sont omniprésents dans la société d'aujourd'hui. Leurs utilités sont diverses et on peut les présenter en quatre grandes classes :

- Les capteurs d'images (capteurs CCD, CMOS, pour la photographie et la vidéographie), les photodiodes, etc. sont très couramment utilisés dans la vie quotidienne d'aujourd'hui.
- Les capteurs pour la recherche sont très variés, ils doivent être spécialement conçus pour certaines applications.
- Les capteurs industriels (capteurs photorésistance, photomultiplicateur...) dans les domaines techniques qui correspondent au besoin notamment de l'automatisation des procédés.
- Les capteurs militaires utilisés dans la détection, la reconnaissance et l'observation aussi bien dans le domaine du spatial que de l'armée de terre ou de la marine [W12].

Dans ce mémoire on va utiliser une photodiode BPW21 comme présenté dans la **figure I.8** :

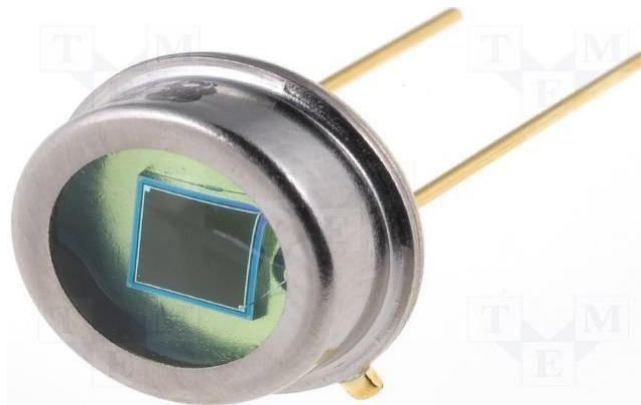


Figure I.8. Capteur lumière BPW21. [W13]

I.9. Les chaînes de mesure et acquisition des données :

Les composants utilisés dans la mesure varient selon les éléments de la chaîne et celle-ci provient expressément de la figure d'expression et de la destination finale de la mesure.

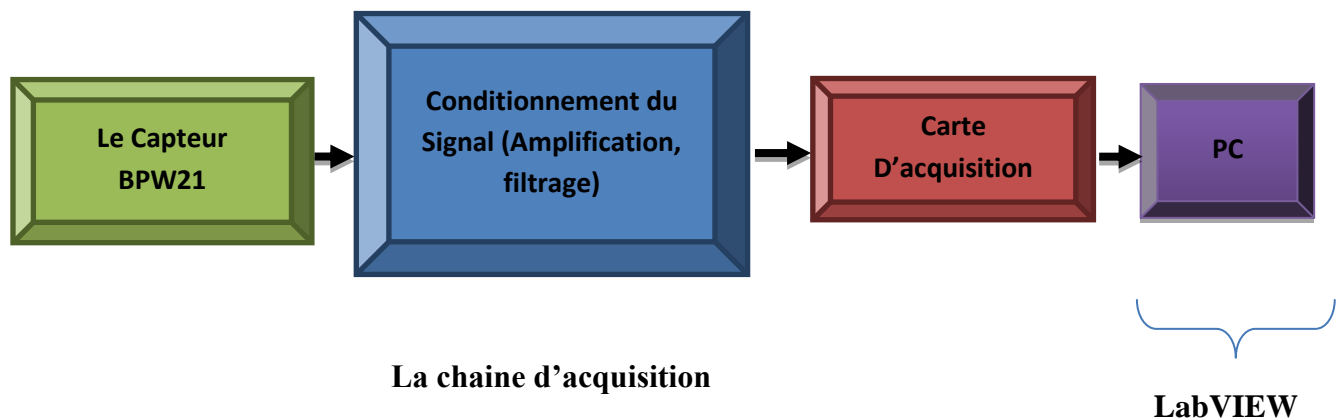


Figure I.9. Schéma générale de la carte d'acquisition

- **Le capteur BPW21** ➡ Extraction de l'information (énergie lumineuse).
- **Traitement analogique du signal** ➡ Amplification, filtrage.
- **Carte d'acquisition** ➡ Multiplexage, échantillonnage et numérisation du signal.
- **PC** ➡ Analyses et exploitation des données.

I.9.1 Rôles d'une chaînes d'acquisition (ou de mesure) :

Les principaux rôles d'une chaîne d'acquisition sont :

- Recueillir les informations nécessaires à la connaissance de l'état d'un système :
 - Variable du système Ex. Température, pressions.
 - Variable environnementales Ex. Température, champs magnétique.
- Assigner une valeur a une mesurande
 - Mesure Ex. Température frein F1=285°C
- Délivrer des informations sous une forme appropriée à leur exploitation
 - Transduction Ex. Température >> signal électrique
 - Numérisation Ex. 285 >> 100011101 [W14]

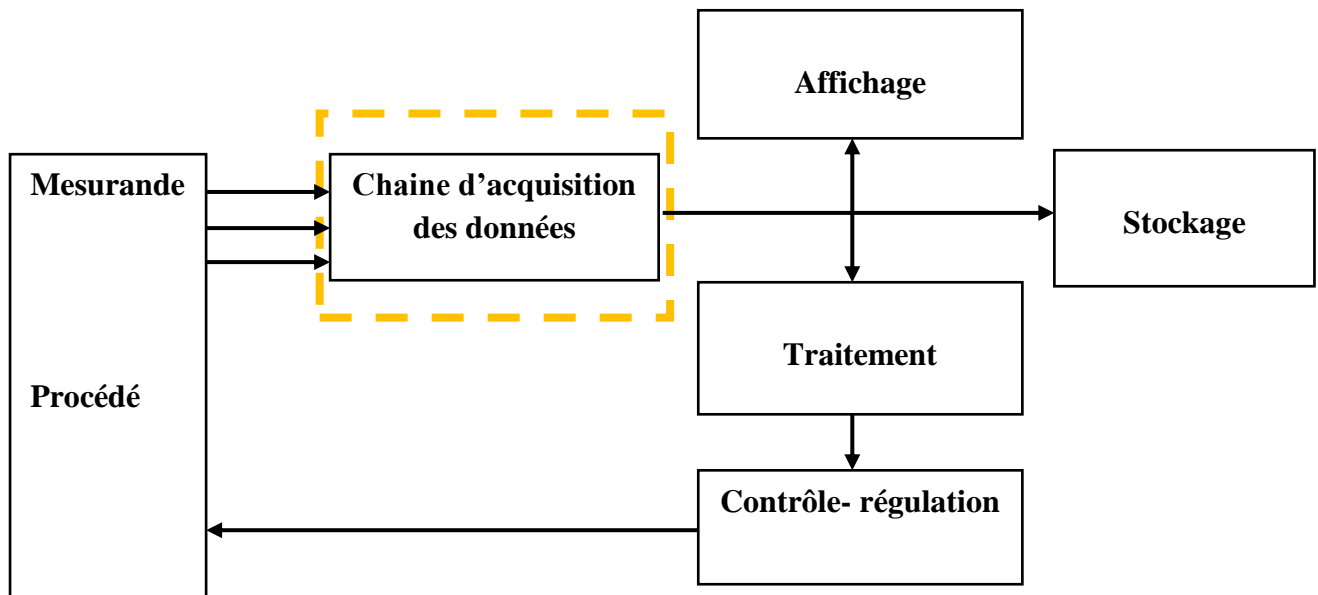


Figure I.10 Chaîne de mesure et acquisition des données.

Les chaînes de mesures sont divisées en deux types :

I.9.2 Chaîne de mesure analogique :

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

Un convertisseur qui mesure et modifie la structure de signal afin de rendre mieux adaptée à la transmission ainsi que l'amplification qui accroît l'intensité du signal.

Un dispositif de filtrage modifiant la forme temporelle du signal.

I.9.3 Chaîne de mesure numérique :

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). [W14]

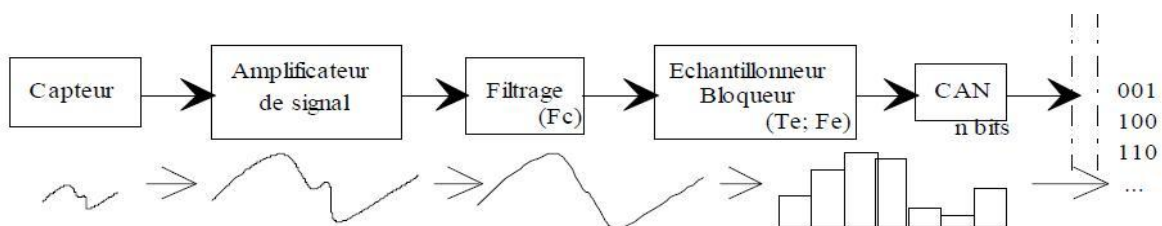


Figure I.11 Structure de la chaîne d'acquisition numérique [W14]

I.9.4 Les avantages de l'acquisition sur PC :

- Rapidité et puissance → processeur et mémoire RAM.
- Stockage des données à moindre coût → disques dur (immense).
- Facilité et confort d'utilisation → PC Portable.
- Outils logiciels disponibles → LabVIEW.

I.10 : Conclusion

Il a été question pour nous dans ce chapitre de faire état de l'état de l'art sur les composants de manière générale et plus spécialement des capteurs solaires. Nous avons aussi fait une description sur les chaînes et leurs rôles dans les systèmes électroniques, on trouve plusieurs modèles représentant la chaîne de mesure, mais elles ont toutes la même structure de base.

En effet, la chaîne de mesure est constituée du capteur, du conditionneur et de la partie visualisation. Le capteur convertit la mesurande en un signal électrique exploitable par le conditionneur. Le signal issu du capteur passe d'abord par l'amplificateur, va être adapté au niveau global de la chaîne, ensuite vient le filtre anti-repliement qui limite le contenu spectral du signal. Suit l'échantillonneur qui discrétise le signal et ensuite le CAN fait une conversion de l'analogique au numérique permettant l'affichage numérique du résultat. Cependant, lorsqu'il s'agit des signaux de faible amplitude, des paramètres supplémentaires sont à comptabiliser.

Dans le chapitre qui suivra, il sera question de faire une étude approfondie de la carte d'acquisition et des éléments du circuit de mesure, ainsi qu'une introduction du programme graphique LabVIEW.

CHAPITRE 2

ETUDE DE LA CARTE D'ACQUISITION

II.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons parler de la carte d'acquisition et de ces principaux composants. Tout d'abord nous allons voir la composition et le fonctionnement du microcontrôleur PIC 18f4450. Ensuite nous allons faire une simple description du câble USB utilisé comme interface de communication entre la carte et le PC.

Enfin La troisième partie de ce chapitre offre quelques explications sur le langage de programmation graphique LabVIEW.

II.2 Présentation des microcontrôleurs

Un **microcontrôleur** (en notation abrégée **µc**, ou **uc** ou encore **MCU** en anglais) est un circuit intégré qui rassemble les éléments essentiels d'un ordinateur : processeur, mémoires (mémoire morte et mémoire vive), unités périphériques et interfaces d'entrées-sorties. Les microcontrôleurs se caractérisent par un plus haut degré d'intégration, une plus faible consommation électrique, une vitesse de fonctionnement plus faible et un coût réduit par rapport aux microprocesseurs polyvalents utilisés dans les ordinateurs personnels.

Par rapport à des systèmes électroniques à base de microprocesseurs et autres composants séparés, les microcontrôleurs permettent de diminuer la taille, la consommation électrique et le coût des produits. Ils ont ainsi permis de démocratiser l'utilisation de l'informatique dans un grand nombre de produits et de procédés.

Les microcontrôleurs sont fréquemment utilisés dans les systèmes embarqués, comme les contrôleurs des moteurs automobiles, les télécommandes, les appareils de bureau, l'électroménager, la téléphonie mobile, etc. [W15]

II.2.1 Jeu d'instructions

Toutes les instructions compréhensibles par les microcontrôleurs forment ce que l'on appelle le jeu d'instructions. On distingue 2 types :

Composants dits RISC (Reduced Instructions Set Computer), par exemple les PIC. Dans ce cas, le microcontrôleur reconnaît et exécute seulement des opérations simples (addition, soustraction, etc.) et des opérations plus complexes sont réalisées en les combinant. Tous les PIC Mid-Range ont un jeu de 35 instructions.

Composants dits CISC (Complex Instructions Set Computer). Les microcontrôleurs de ce type possèdent 200 instructions différentes et peuvent réaliser de nombreuses opérations à grande vitesse. Les instructions sont plus complexes. [W16]

II.2.2 les Différentes familles des contrôleurs d'interface programmable(PIC)

Les PICs sont subdivisés en 3 grandes familles:

- 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. [W17]

II.2.3 Identification des PICs

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

xx(L)XXyy-zz [W4].

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 [W18].

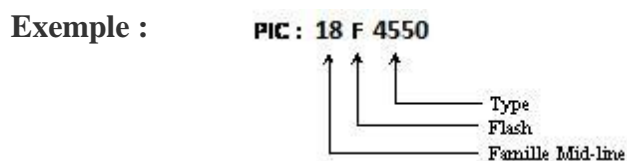


Figure II.1. Exemple de l'identification PIC18F4550 [W18].

II.2.3.1 Choix d'un PIC

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

- 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 non 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 décidé d'utiliser PIC 18F4550. [B4]

II.2.3.2 les 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. [B4]

Le tableau **II.1** présente tous les caractéristiques générales de PIC 18F4550 [B4].

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	1 CCP. 1 ECCP
comparateurs	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. [B4]

II.2.4. Brochage du PIC 18F4550

40-Pin PDIP

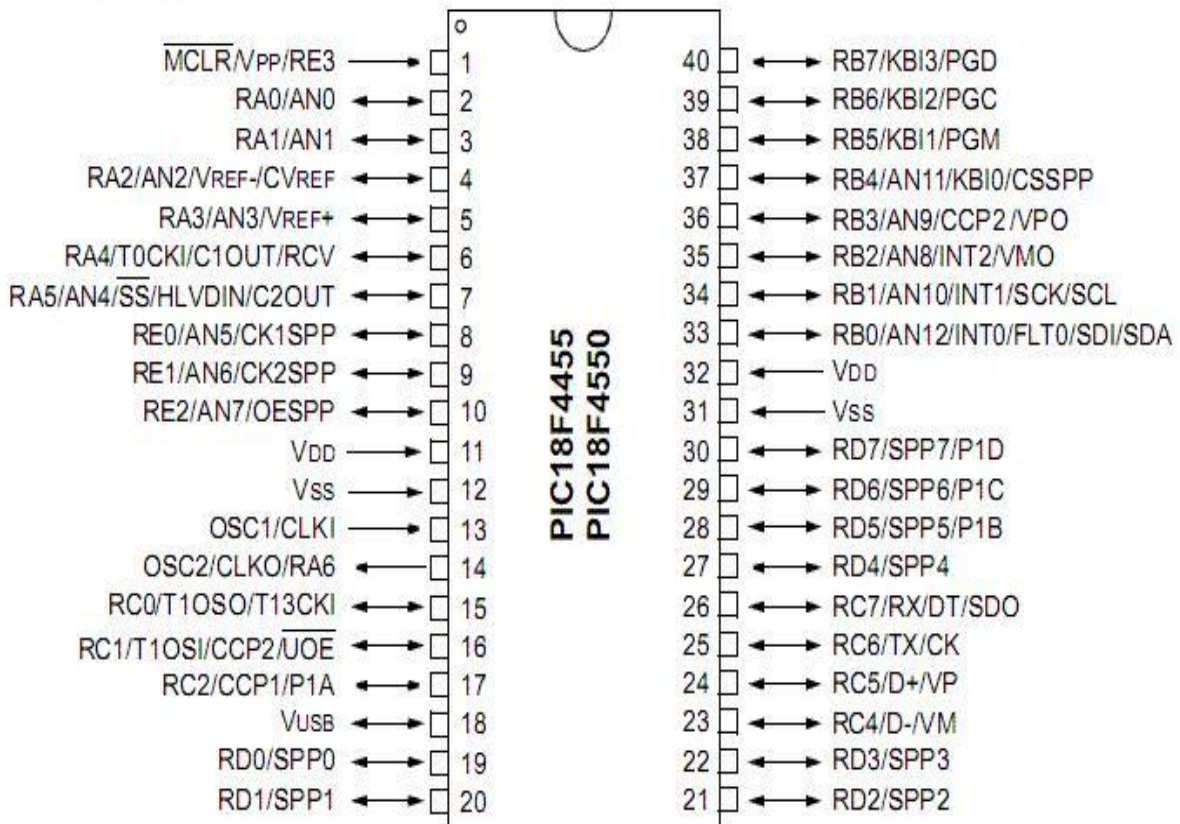


Figure II.2. Brochage du PIC 18F4550 [B5]

Le PIC 18F4550 est constitué des éléments suivants :

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

II.2.5 L'horloge 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 va synchroniser 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. [B6]

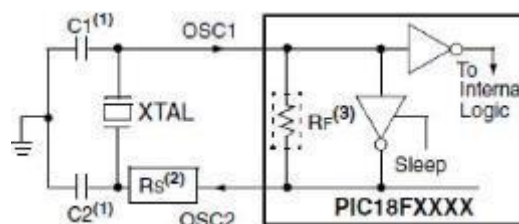


Figure II.3. Oscillateur à Quartz/Céramique [B5].

- 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 [B6]. Pour les régler on peut soit utiliser la directive par MikroC.

II.2.6 Le Bouton RESET du microcontrôleur

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:

- 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. [B6]

II.2.7 les 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 [B6].

II.2.8 Constituants interne du PIC 18F4550

Les constituants internes du PIC 18F4550 sont les suivants :

- 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. [B6]

II.2.9 Disposition de la mémoire du microcontrôleur PIC

Le microcontrôleur PIC 18F4550 dispose de deux types de mémoires séparées [B6] :

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

II.2.9.1 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 [B6].

II.2.9.2 Mémoire de données

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

II.2.9.3 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 [B7].

II.3. Description et composition 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- et une seconde paire qui peut être utilisée pour la télé-alimentation GND et Vusb. La première paire est non blindée pour les périphériques lents tels que les claviers, souris fonctionnant à 1.5Mbits/s tandis que caméras, micro et autres ont recours à une paire de fils torsadée blindée pour atteindre les 12Mbits/s. [W20] Le câble USB (Fig. II.4) est un ensemble de deux paires de fils : D+, D- et GND, Vusb.



Figure. II.4: Câble USB 2.0 A-mâle vers B-mâle [W19]

La composition du câble USB se caractérise par le fait que Chaque connecteur dispose de deux fils d'alimentation ($V_{usb} = 5V$ et GND) et deux fils 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 Low Speed le blindage n'est pas obligatoire (ce qui assure une plus grande souplesse de manipulation en particulier pour une liaison souris). [W20].

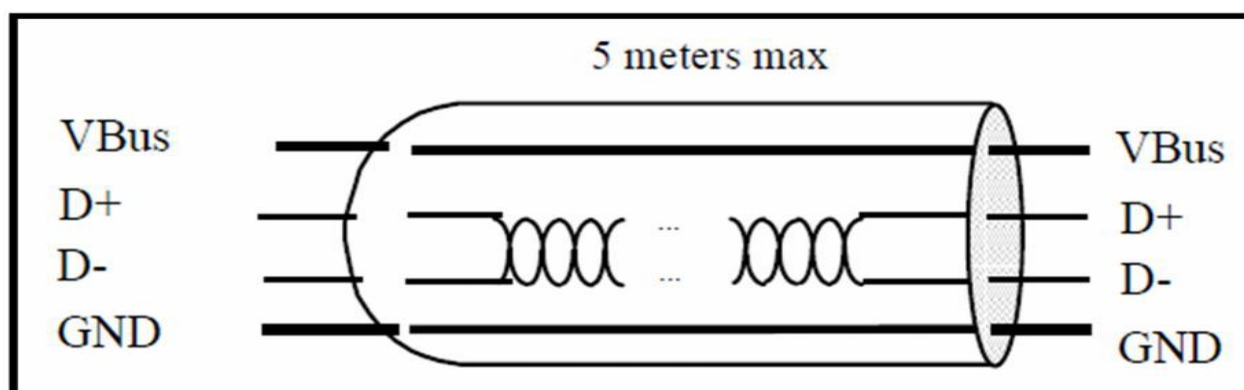


Figure. II.5: Composition d'un câble USB. [W20].

II.3.1 Connecteurs USB

Il existe deux séries de connecteurs pour le bus USB donnée dans la figure II.6 :

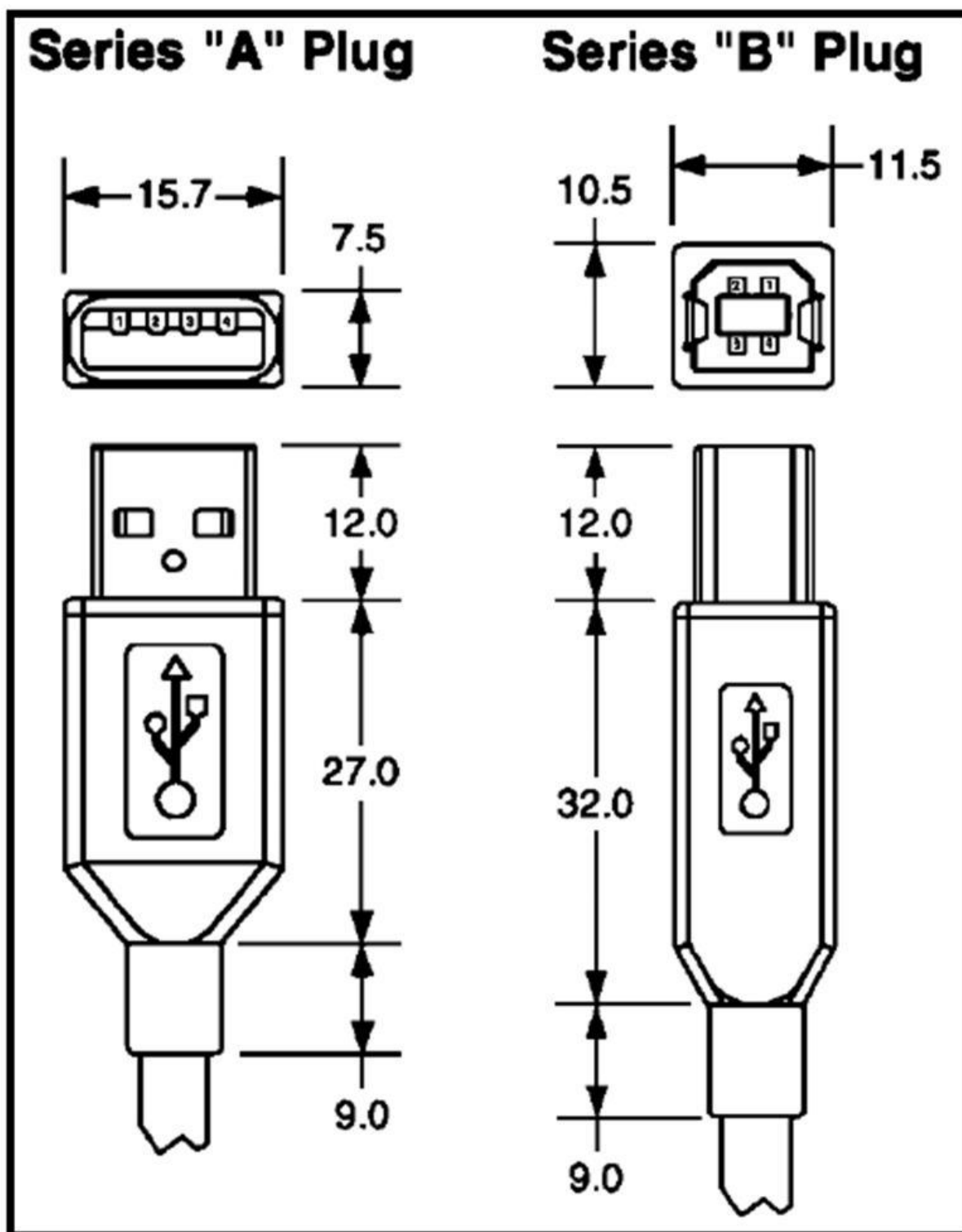


Figure. II.6: Connecteurs. [B8]

II.3.1.1. Connecteur série A

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). [B8]:

II.3.1.2. Connecteur série B

Destiné au raccordement descendant du « Host » sur les périphériques, lorsqu'il y a un connecteur entrant. L'alimentation est entrante sur le réceptacle. 4 contacts (+v et D- d'un côté, Gnd et D+ de l'autre). [B8]:

II.3.2. Brochage

Le brochage permet de spécifier le signal de chaque fil relié au connecteur (Fig. II.7) comme donné dans le tableau II.2 :

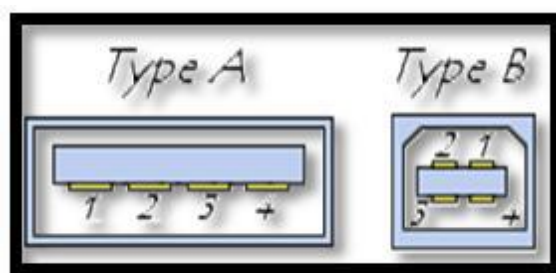


Figure. II.7: Les connecteurs USB type A et B. [W21]:

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: Le brochage des connecteurs USB. [W21]:

II.4 Le langage de programmation graphique LabVIEW

II.4.1 Introduction à la programmation graphique

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) est un langage de programmation graphique qui utilise des icônes au lieu de lignes de texte pour créer des applications. Contrairement aux langages de programmation textuels qui utilisent des instructions pour déterminer l'ordre d'exécution d'un programme, LabVIEW utilise la programmation par flux de données. En programmation par flux des données, la direction

dans laquelle les données passent par les nœuds du diagramme détermine l'ordre d'exécution des VIs et des fonctions. Les VIs, ou instruments virtuels, sont des programmes LabVIEW qui imite les instruments physiques [W22].

II.4.2 Flux des données dans le diagramme

LabVIEW suit un modèle de flux de données pour l'exécution des VIs. Un nœud du diagramme s'exécute lorsqu'il a reçu toutes les entrées nécessaires. Lorsqu'un nœud s'exécute, il renvoie des données en sortie et transfère les données au nœud suivant dans le chemin du flux de données. Le transfert des données d'un nœud à un autre détermine l'ordre d'exécution des VIs et des fonctions sur le diagramme.

Dans LabVIEW, c'est le flux de données, et non pas l'ordre séquentiel des commandes, qui détermine l'ordre d'exécution des éléments du diagramme. Il est donc possible de créer des diagrammes qui contiennent des opérations simultanées. [W23]

Dans LabVIEW, c'est le flux de données, et non pas l'ordre séquentiel des commandes, qui détermine l'ordre d'exécution des éléments du diagramme. Il est donc possible de créer des diagrammes qui contiennent des opérations simultanées. On peut par exemple exécuter deux boucles "For" simultanément et afficher les résultats sur la face-avant, comme l'illustre le diagramme suivant. [B9]

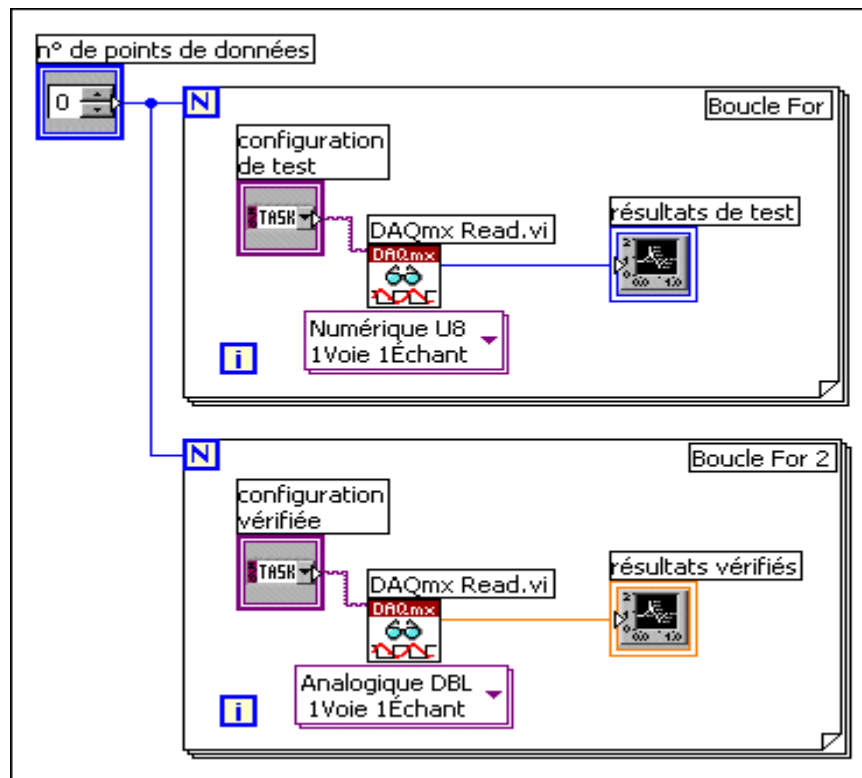


Figure. II.8: Exemple d'un flux de données à deux boucles "For" simultanés. [B9]

II.4.3 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 [B10].

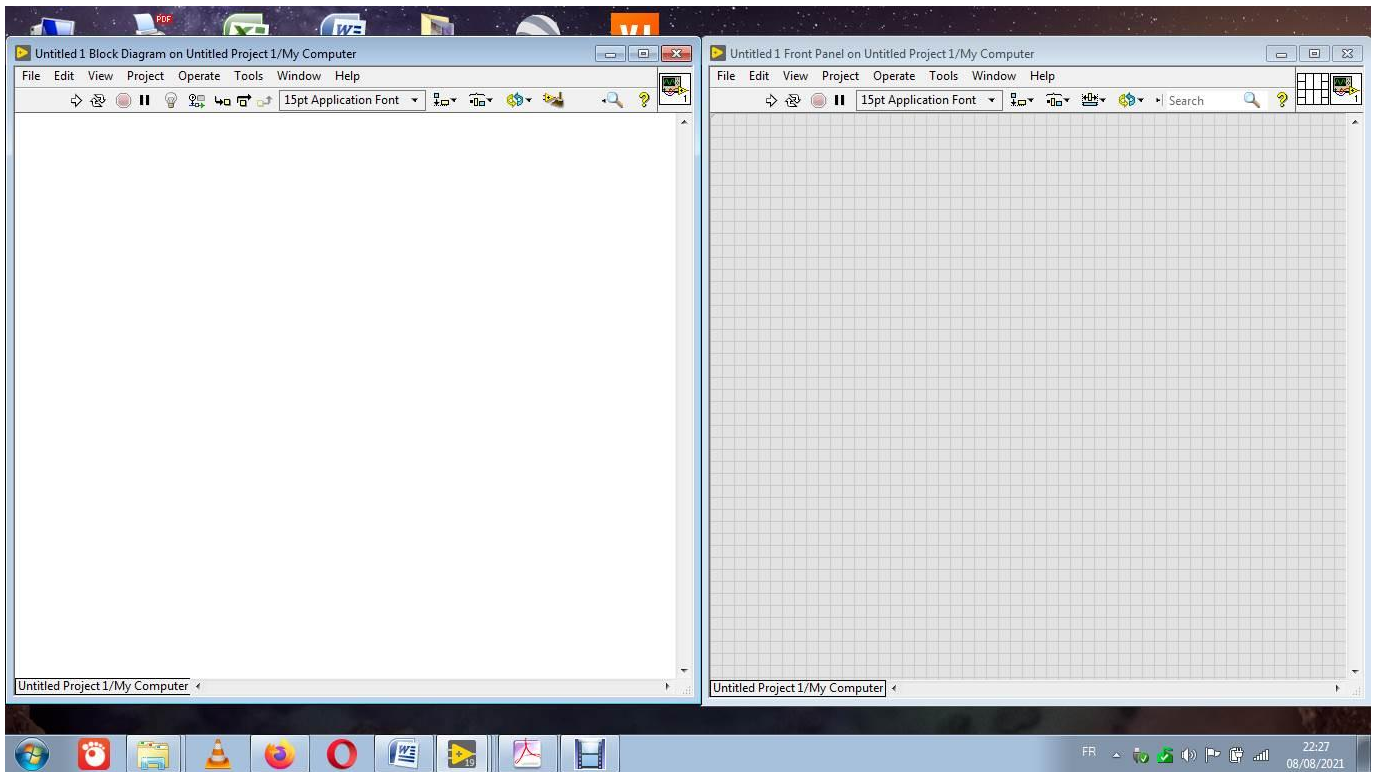


Figure II.9. Fenêtre de l'environnement de développement sur LabVIEW 2019, Face avant (à droite) et Diagramme (à gauche).

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

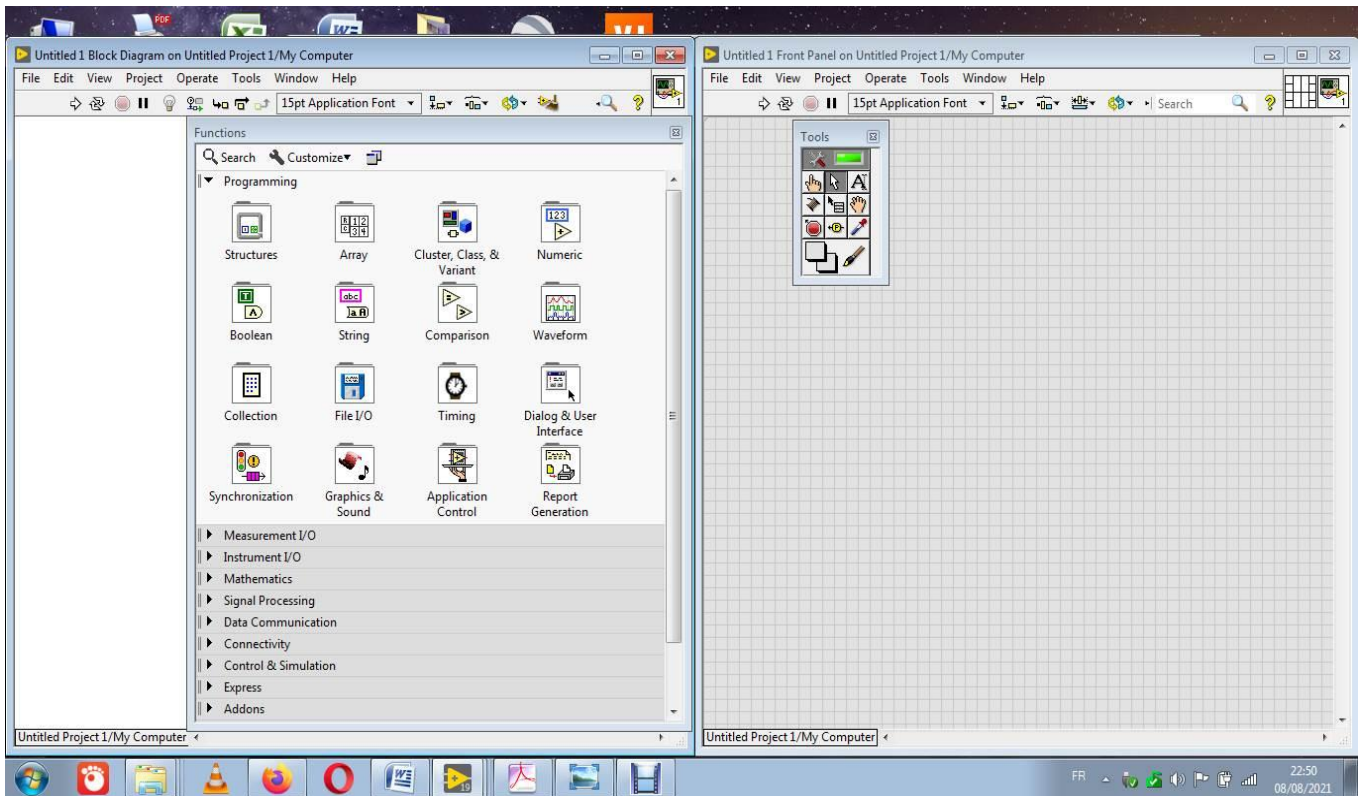


Figure II.10. Fenêtre montrant la Palette d'outils (à droite) et la palette de fonction (à gauche).

II.4.4 La palette de fonction

La palette de fonction qui comprend des formes structurales de fonctions et d'opérations qu'on peut appliquer sur des indicateurs et des numériques de contrôle saisi sur la phase avant tel que la zone de programmation structure qui contient des boucles comme la boucle for la boucles "while" la boucle case des structures temporel et des structures événementiel.

Les figures suivantes montrent quelques zones de programmation dans la palette de fonction

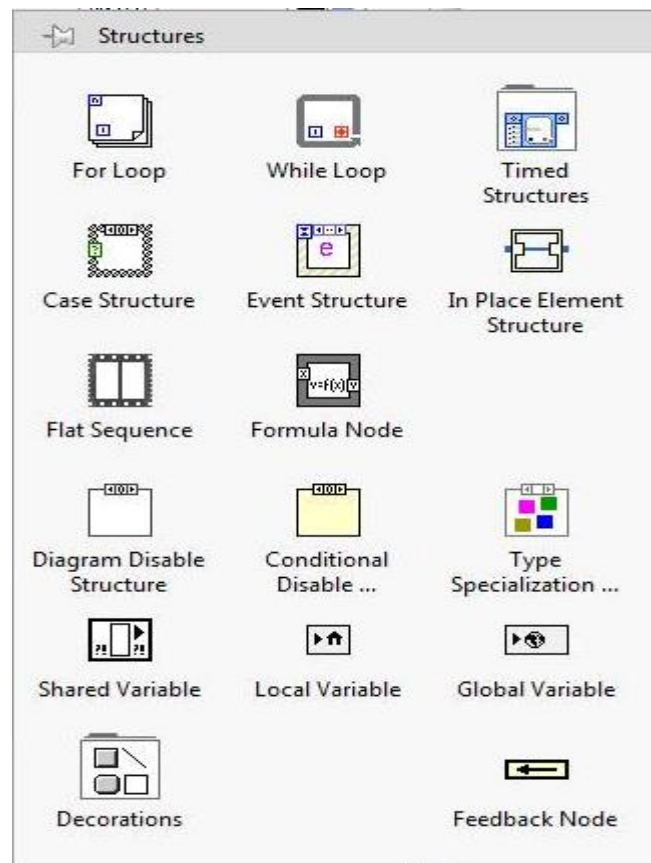


Figure II.11. La zone de programmation structure.

II.4.5 La zone des opérations booléennes.

Cette palette nous permet de créer des commandes bien définies ainsi que des indicateurs pour les commandes on pourra insérer des commutateurs ou des boutons poussoirs et pour les indicateurs on pourra insérer toute sortes de LEDs.

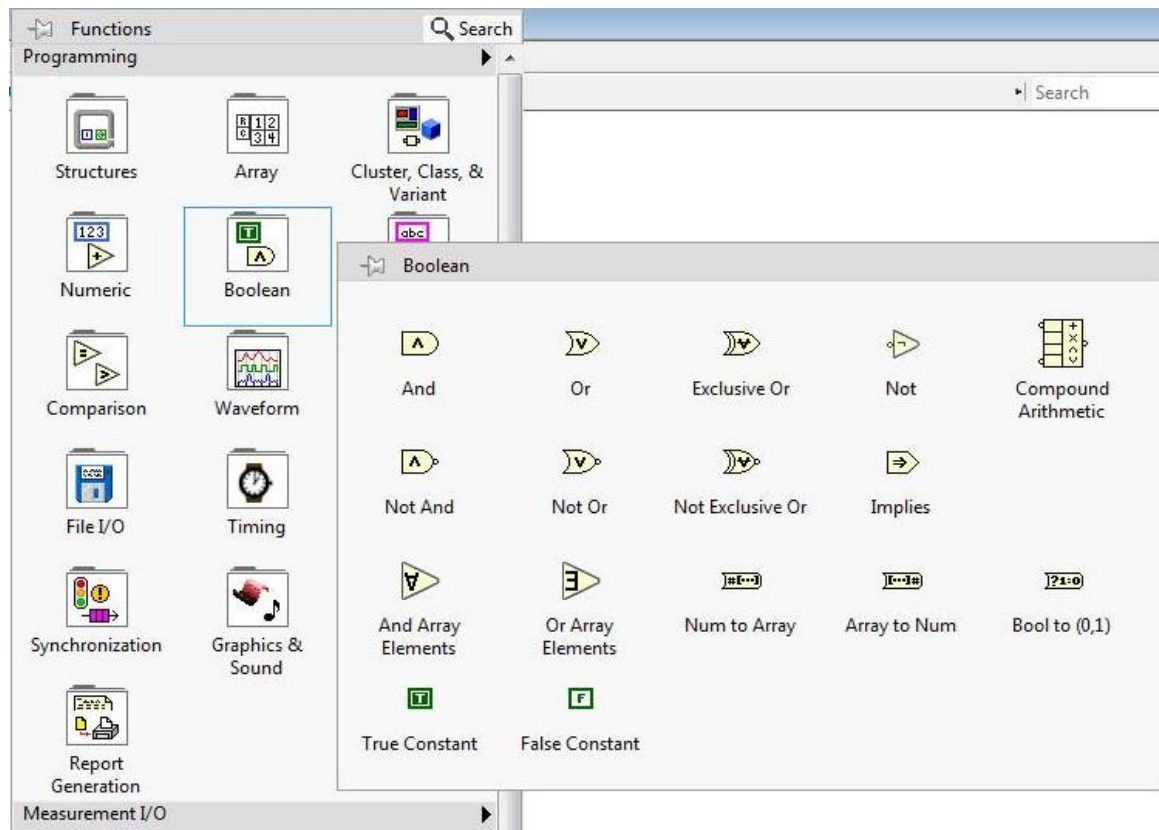


Figure II.12. La zone des opérations booléennes.

II.4.6 La zone des opérations numériques

La zone des opérations numériques permet de créer des commandes tels que des glissières ou bouton rotatifs ainsi que des indicateurs spéciaux comme des afficheurs numériques.

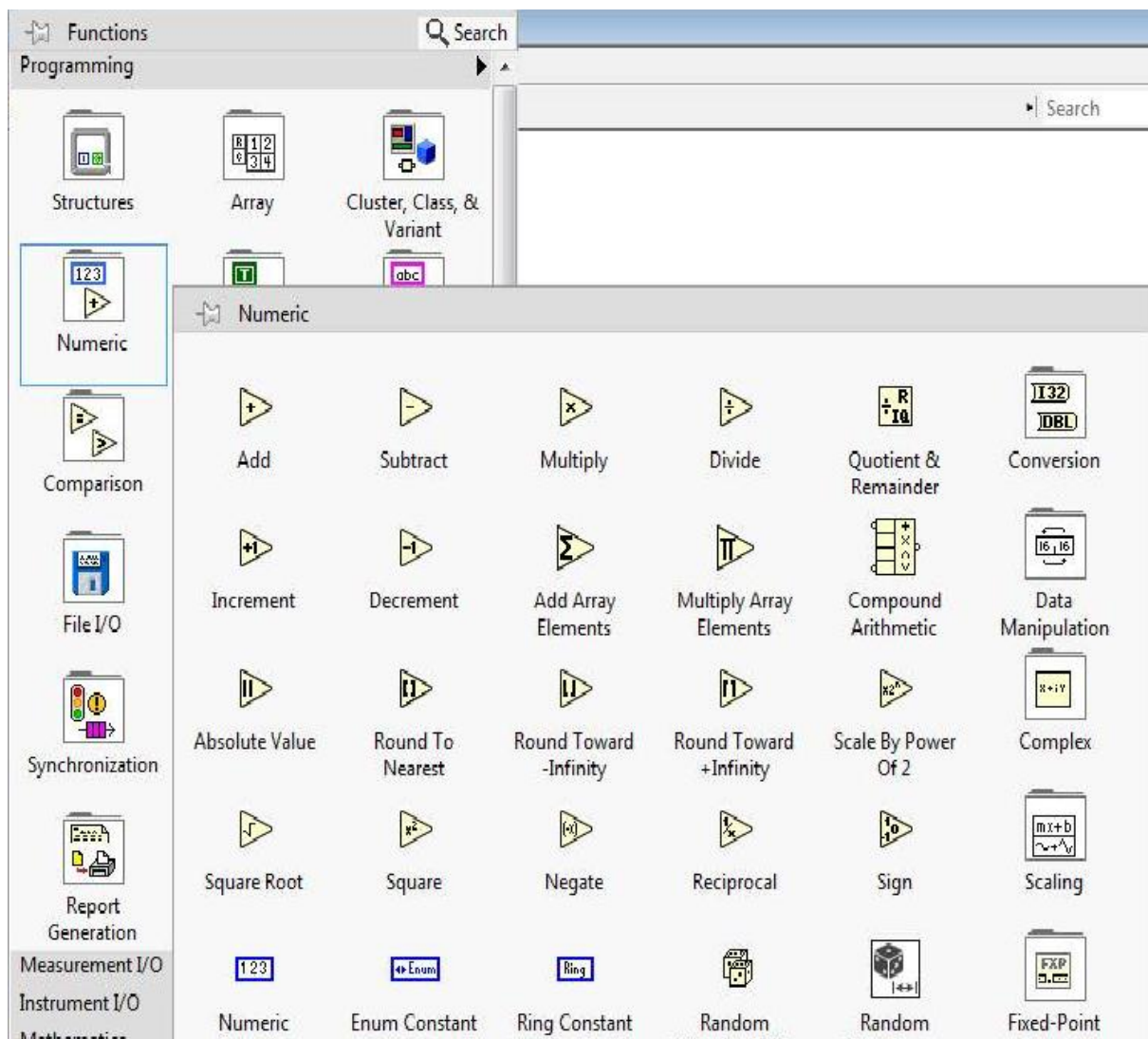


Figure II.13. La zone des opérations numériques.

II.4.7 Bibliothèques de commande

Les bibliothèques de projet LabVIEW sont des ensembles de VIs, de définitions de type, de variables partagées de fichiers palette et d'autres fichiers.

Les bibliothèques de projet sont utiles pour organiser des fichiers en une seule hiérarchie d'éléments, éviter une duplication éventuelle des noms de VIs, limiter l'accès public à certains fichiers, limiter les autorisations d'édition pour un ensemble de fichiers et définir un fichier palette par défaut pour un groupe de VIs. On peut faire glisser des éléments appartenant à une bibliothèque de projet de la fenêtre de l'Explorateur de projet au diagramme ou à la face-avant. [W24]

L'environnement NI LabVIEW offre des outils utiles pour nous aider à comprendre ses concepts. Ce module traite de la manière d'utiliser l'Outil de recherche d'exemples NI afin d'implémenter des VIs préconçus, la fenêtre d'Aide contextuelle pour accéder à une description rapide d'une fonction ainsi que d'autres options disponibles dans l'Aide LabVIEW. [W25]

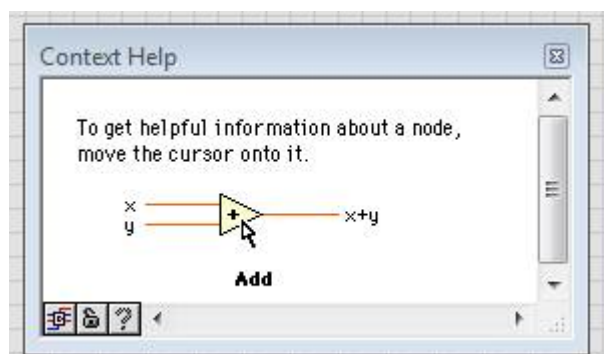


Figure II.14. Exemple de Fenêtre d'Aide contextuelle.

II.5 Conclusion

Ce chapitre nous a permis de nous familiariser avec les cartes d'acquisitions ainsi que l'outil de développement LabVIEW qui leur est associés, Dans la première partie nous avons fait une présentation sur les microcontrôleurs ainsi que leurs caractéristiques principales.

Dans la deuxième partie, nous avons fait l'étude et la composition du câble USB.

Enfin dans la troisième et dernière partie de ce chapitre nous nous sommes consacrés à la présentation du programme graphique LabVIEW et à ces différentes palettes.

CHAPITRE 3
FONCTIONNEMENT DE LA CARTE
D'ACQUISITION ET SIMULATION DU
SOLARIMETRE SUR LABVIEW

III.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons faire la présentation des constituants et le principe de fonctionnement de la carte d'acquisition à base de la photodiode BPW21, le traitement du signal analogique obtenu se fera par l'échantillonneur et le convertisseur du PIC 18F4550.

Par la suite nous allons faire une simulation du Solarimètre sur PC avec le logiciel LabVIEW.

III.2 Schéma bloc du système

Le système est divisé en trois parties, comme indiqué dans 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 permettra de faire le conditionnement du signal fourni par la photodiode (amplification, filtrage et conversion ...),

La partie d'affichage de ce système est constituée de données transférées sur une fenêtre graphique du logiciel LabVIEW (voir la figure III.1).

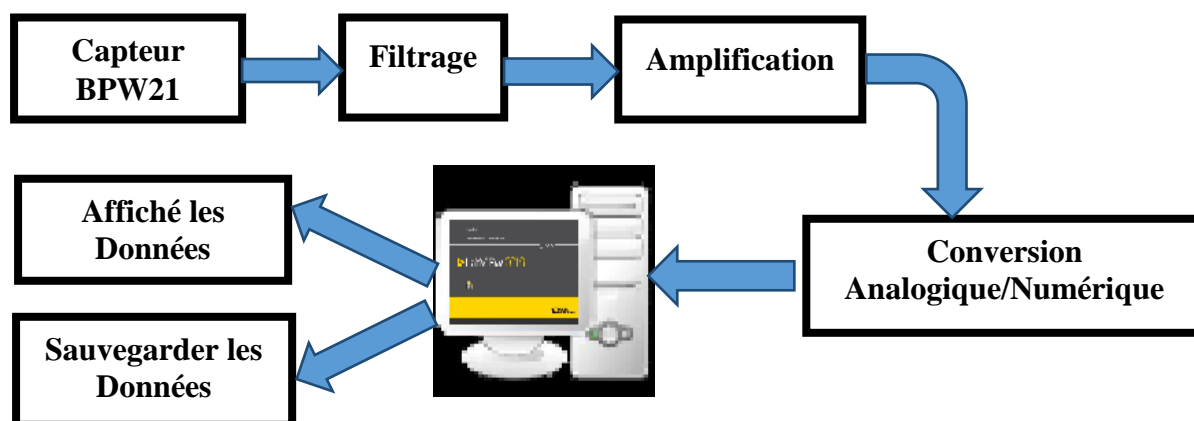


Figure III.1. Schéma bloc du système.

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 [B11].

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 améliore la qualité et les caractéristiques du signal de sortie du capteur (filtrage du bruit, amplification, ...). Grâce 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.

Le schéma synoptique de la carte d'acquisition est donné par la figure III.2.

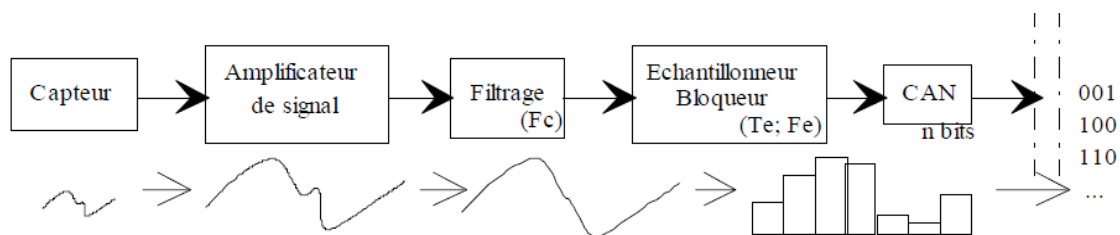


Figure III.2 Schéma synoptique de la chaîne d'acquisition. [W26]

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

La photodiode BPW21 est un capteur au silicium à fils en boîtier TO-5. Le dispositif est équipé d'une fenêtre en verre plate, d'un filtre de correction de couleur intégré offrant une approximation à la réponse spectrale de l'œil humain. Ce dispositif est constitué d'une photodiode PN planaire en silicium dans un boîtier hermétique conçu spécialement pour

des applications linéaires de détection à haute précision et à des fins de mesures de couleur.
[W27]

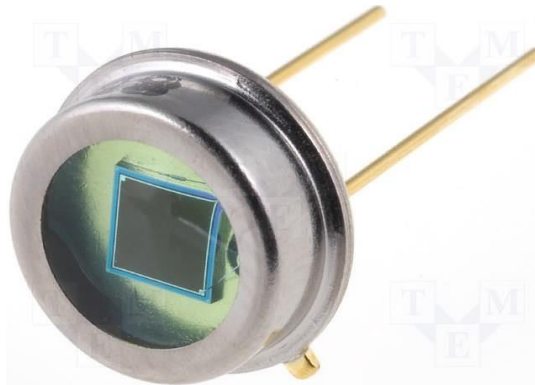


Figure III.3. La photodiode BPW21.

III.4.1.2 Principaux caractéristiques de la photodiode BPW21

- Haute photo-sensibilité
 - Angle de demi-sensibilité de $\pm 50^\circ$
 - Courant d'obscurité de 2000pA
 - Haute linéarité
 - Résistance shunt élevée
 - Longueur d'onde de sensibilité crête de 565nm
 - Température d'utilisation de -40°C à $+125^\circ\text{C}$
 - Corps de diamètre de 8.13mm
 - Adapté à la responsivité de l'œil humain [W27]
- La diode peut être utilisée comme détecteur de lumière en surveillant le courant qui la traverse. Couplé à une résistance de 10Kohm, et compte tenu de la spécification de la BPW21 une relation simple entre lux (intensité lumineuse) et la tension est donnée par :

$$\text{Lux} = 1333 * V_0$$

Ainsi que la loi d'ohm :

$$V = R * I$$

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).

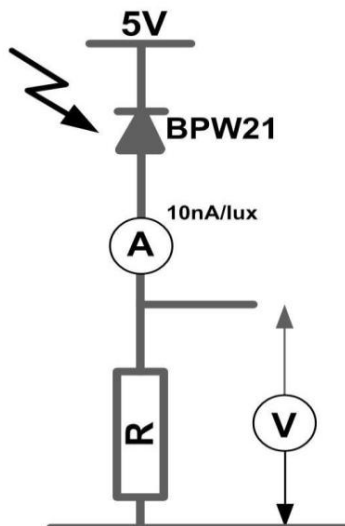


Figure III.4. Montage de base du capteur BPW21. [W28]

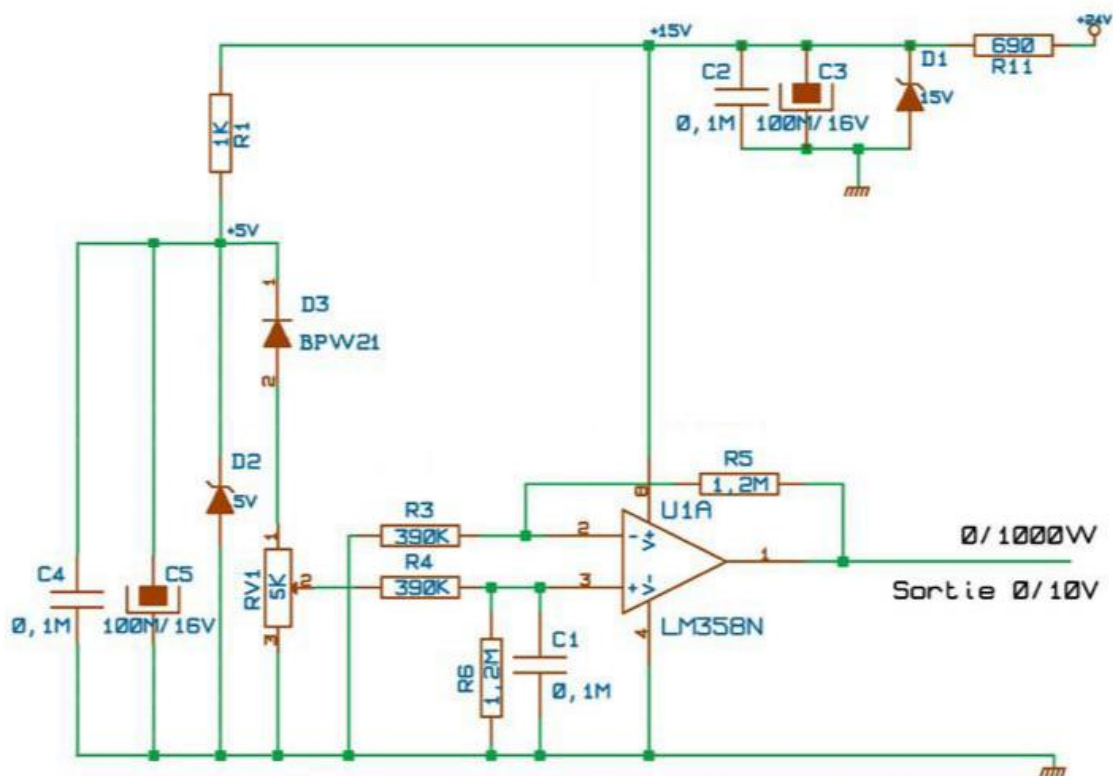


Figure III.5. Schéma électrique à base d'un capteur BPW21.

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.

Le schéma de brochage et le boîtier des circuits LM358N sont présentés à la figure III.6.

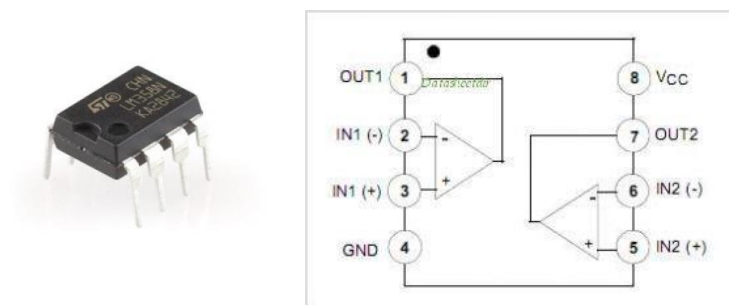


Figure III.6. Schéma de brochage et le boîtier des circuits LM358N

III.4.3 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 1nF à l'entrée de carte d'acquisition. La figure III.7 montre le montage du filtrage ajouté.

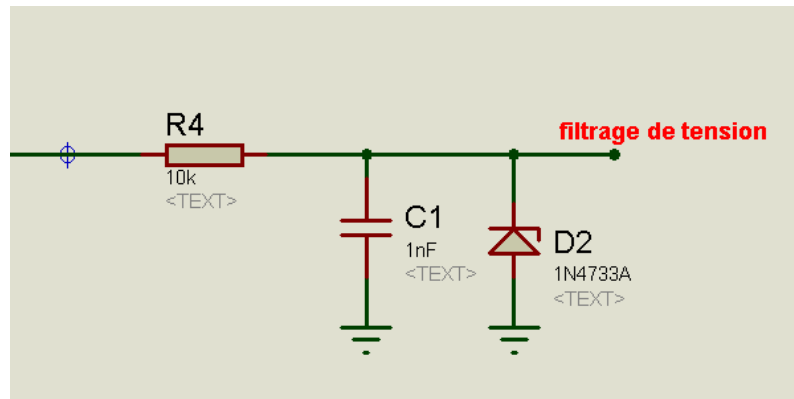


Figure III.7. Etage de filtrage.

III.4.4 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, Le but essentiel est de simuler un courant lumineux comme si ce dernier venait de la photodiode BPW21 et de voir les changements sur LabVIEW en temps réel.

III.5.1 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.8 représente le schéma électrique de la partie de mesure à base du capteur BPW21.

La tension de sortie du capteur est de l'ordre de quelques 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, il faut utiliser un diviseur de tension à l'entrée analogique du microcontrôleur, pour régler la tension introduite dans le pin RA0/AN0 du convertisseur.

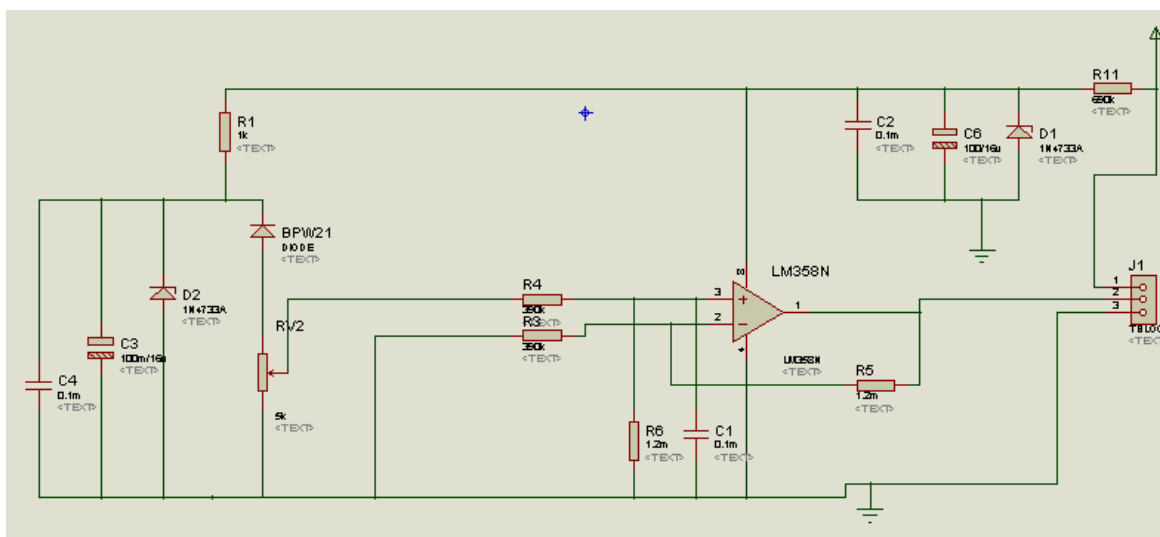


Figure III.8. Schéma électrique de la partie de mesure de lumière à base de capteur BPW21.

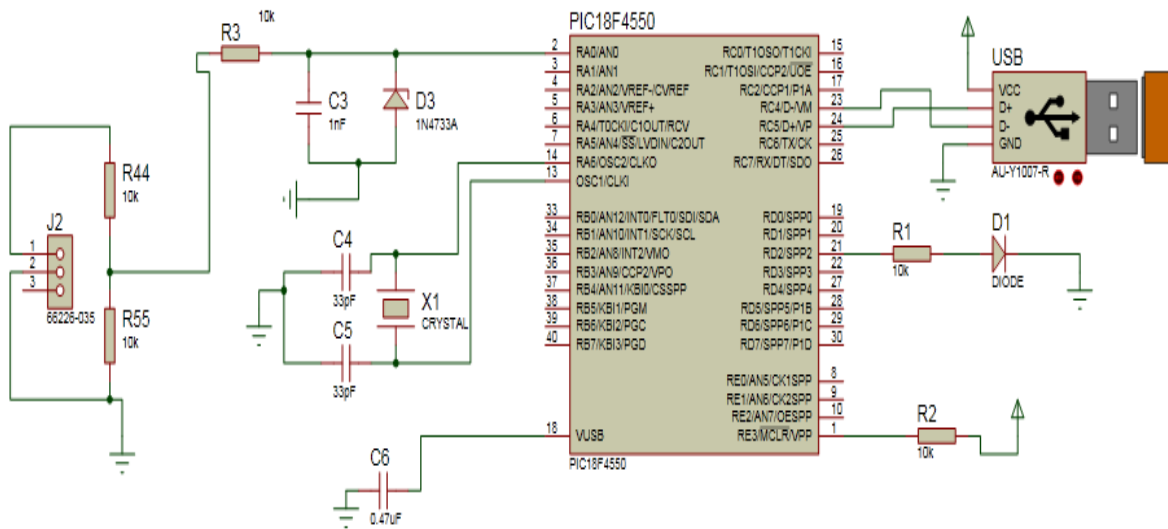


Figure III.9. Schéma électrique du microcontrôleur 18F4550 et de connecteur USB.

III.6 Simulation du Solarimètre dans LabVIEW

III.6.1 Fenêtre d'affichage des données mesurées

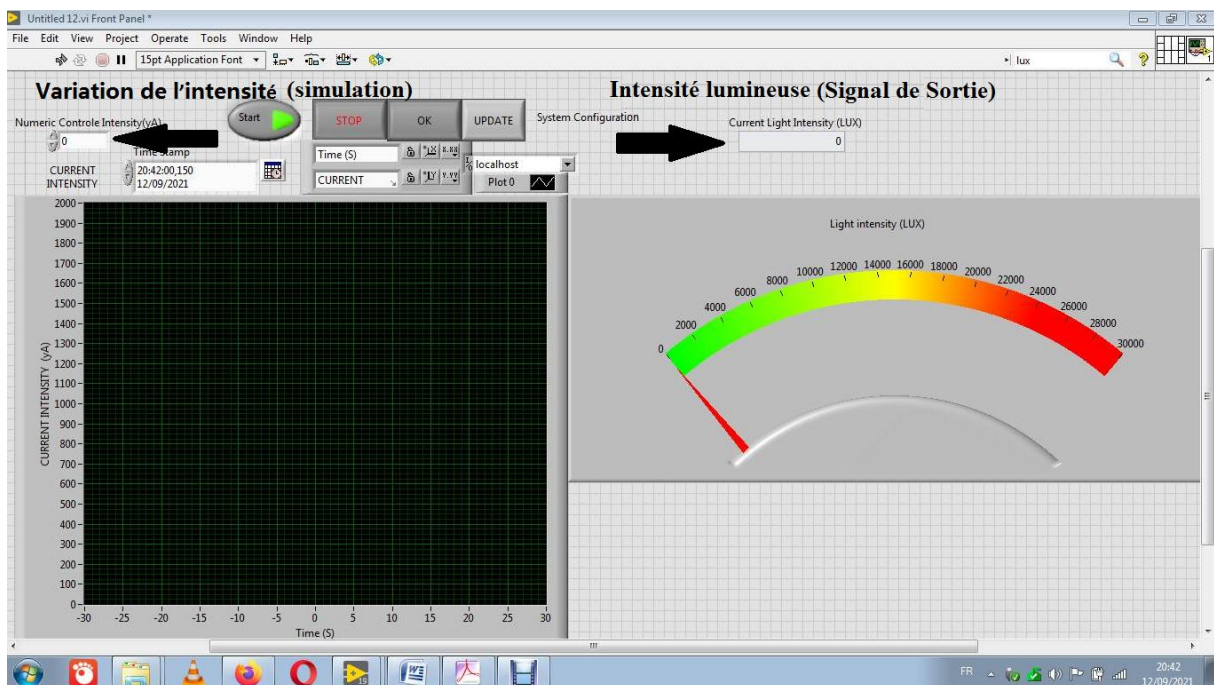


Figure III.10. Fenêtre du panneau avant sur LabVIEW qui affiche en temps réel les valeurs de la lumière mesurées en Lux.

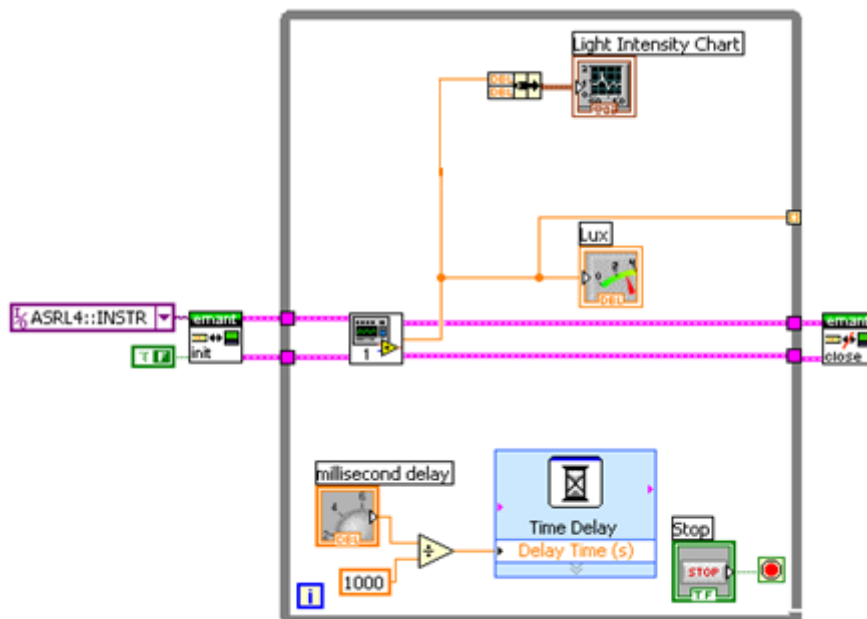
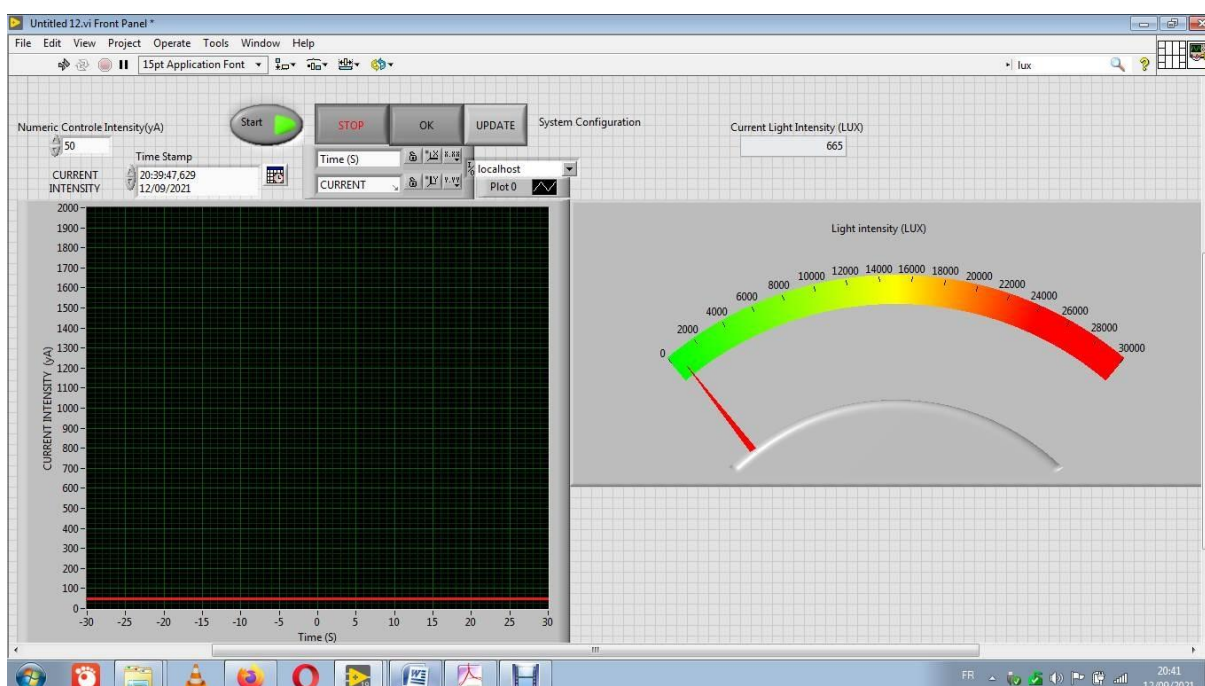


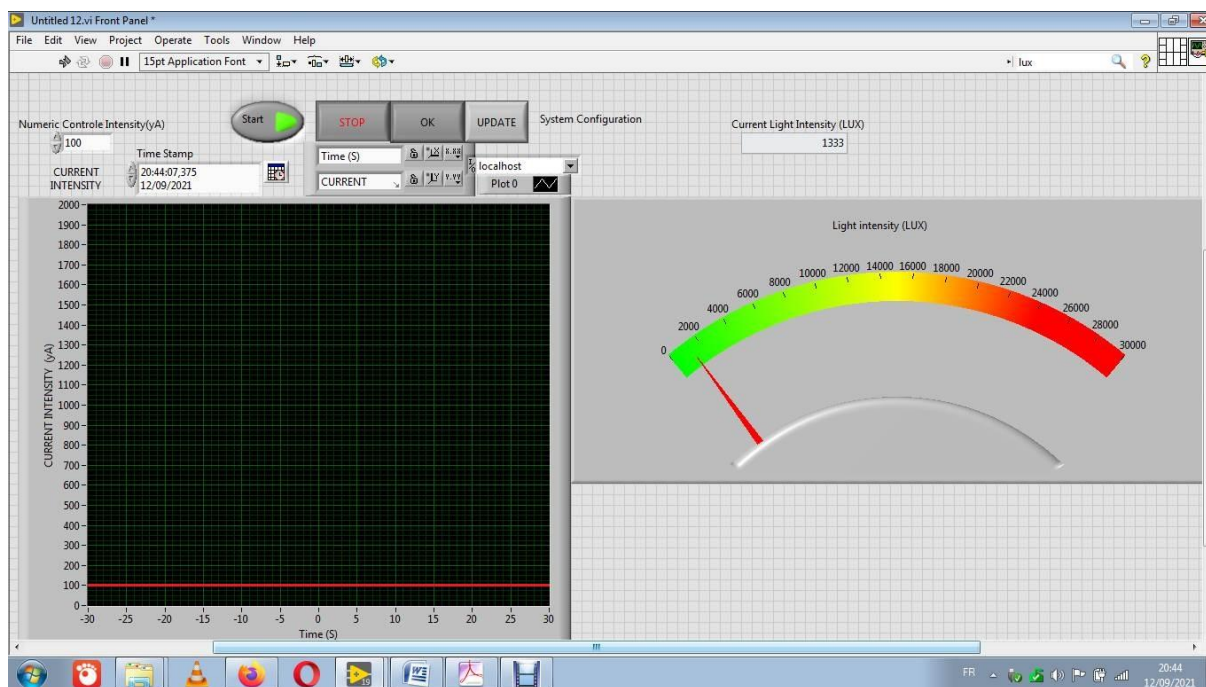
Figure III.11. Fenêtre du Bloque Diagramme réaliser sur LabVIEW.

- Quand on simule un signal d'entrée ASRL4 : INSTR qui peut remplacer le courant de sortie de notre photodiode BPW21, ce signal vas être traité et envoyer vers les afficheurs de courant et d'intensité lumineuse
- Pour valider notre simulation on a fait varier les valeurs du courant pour observer le changement de l'intensité lumineuse, les Figures III.12 de (a) a (e) suivantes montrent la fluctuation lumineuse lorsqu'on simule une variation du courant,

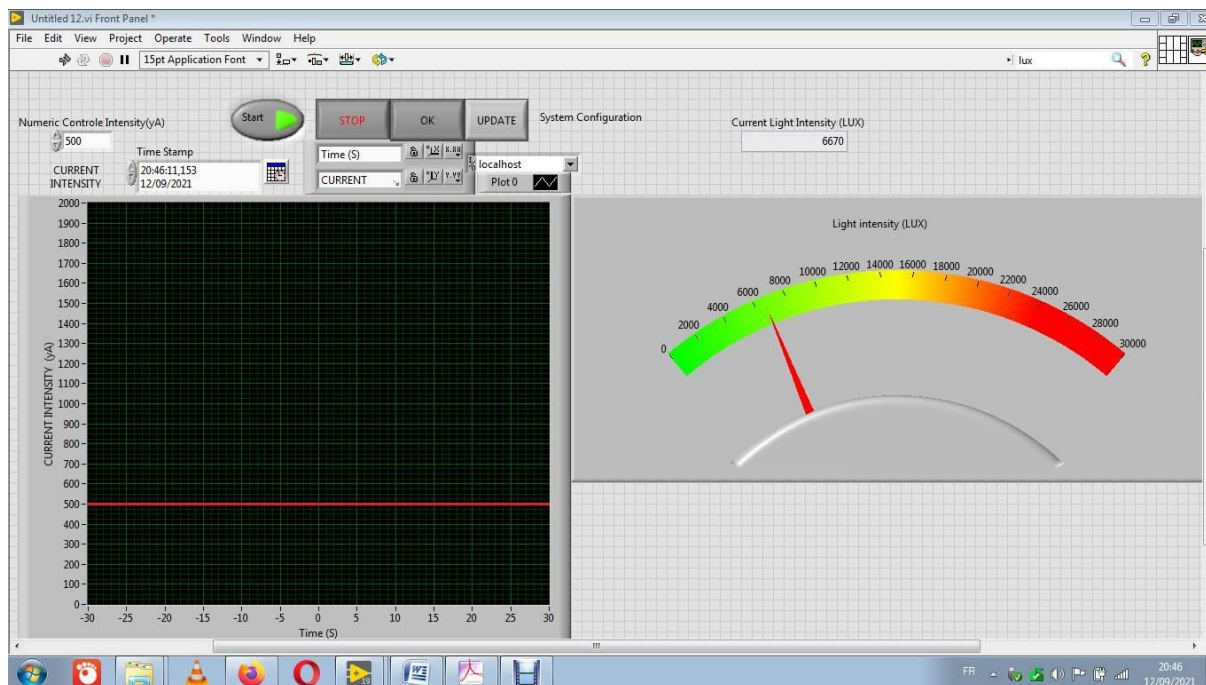
(a)



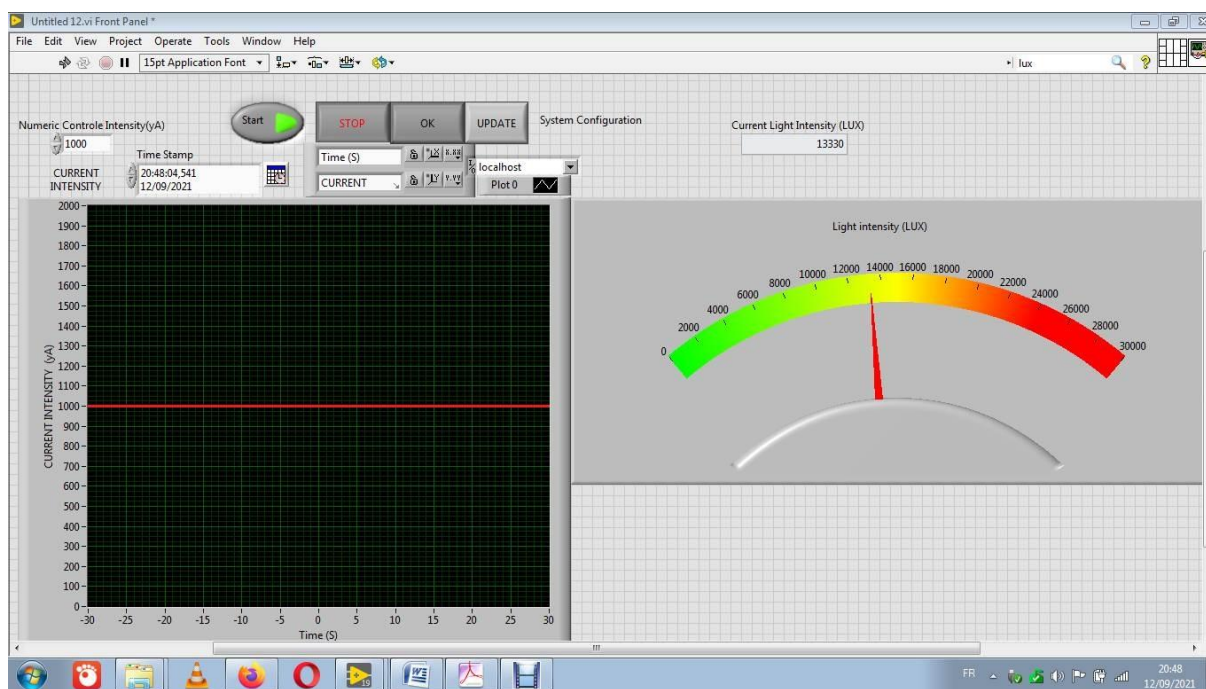
(b)



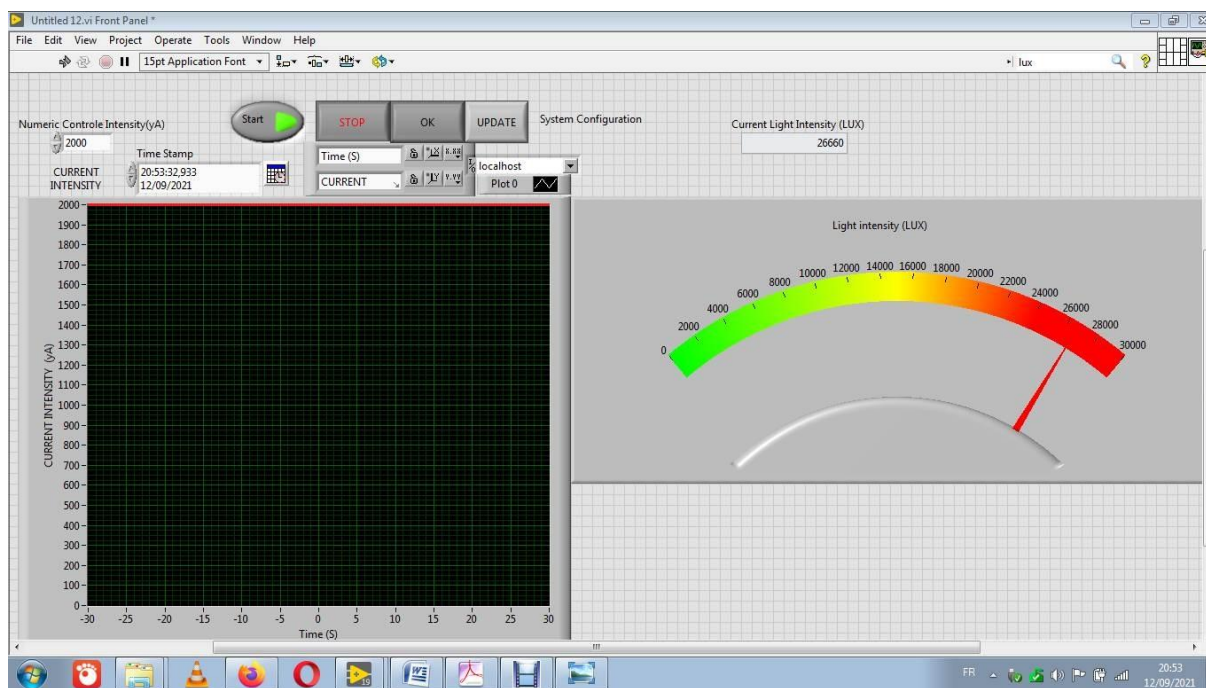
(c)



(d)



(e)



Le tableau suivant nous montre les mesures effectuées en Lux (voir le Tableau III.1).

Courant lumineux (μA)	Intensité lumineuse (lux)
1	13
5	66
10	133
50	665
100	1333
500	6670
1000	13330
2000	26660

Tableau III.1 Variation de l'intensité lumineuse

- En simulant une modification sur le courant on observe un changement dans l'intensité lumineuse, cette courbe montre la variation lumineuse par rapport à quelques valeurs simulées du courant.

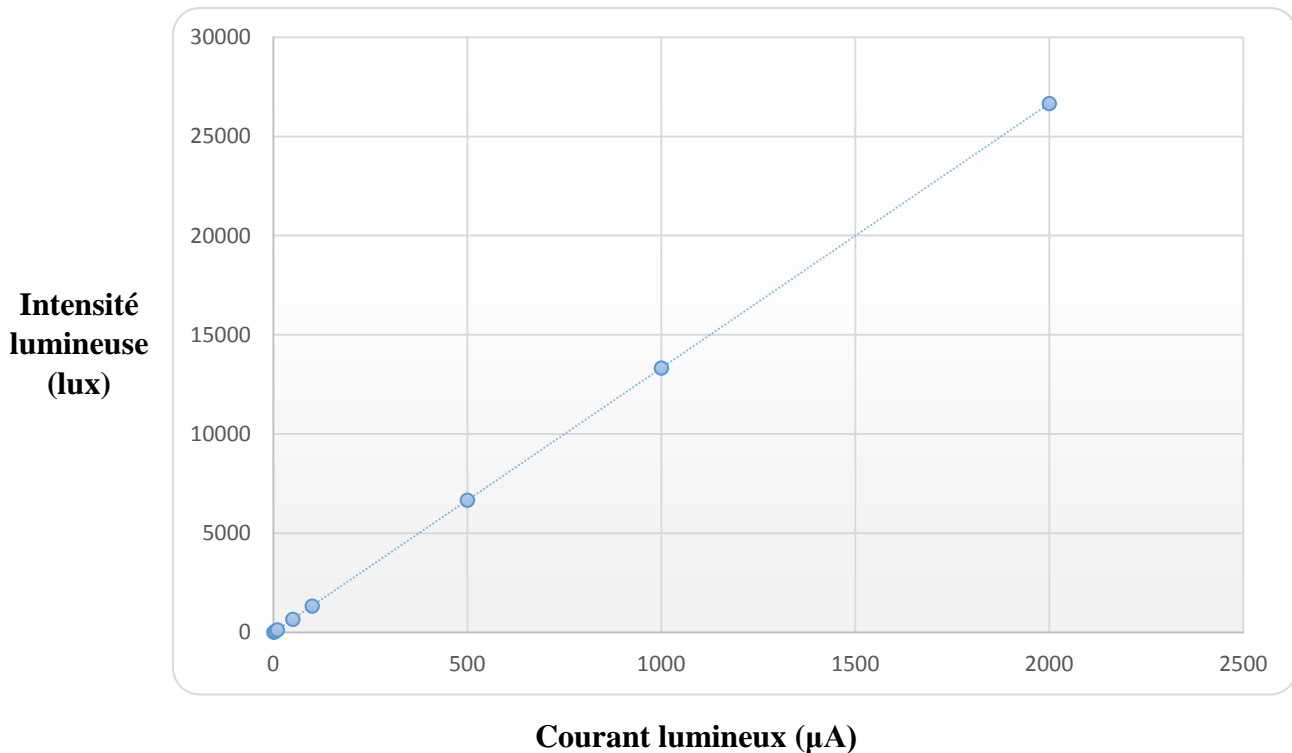


Figure III.13 Courbe de variation de l'intensité lumineuse par rapport à quelques valeurs.

- Lorsqu'on simule une valeur du courant lumineux en micro ampères qui va être en quelque sorte similaire à un courant résultant de la photodiode BPW21 qui réagit à une source lumineuse, c'est là l'un des avantages les plus intéressants du logiciel LabVIEW qui est centré autour du principe d'instrument virtuel (Virtual Instrument ou encore VI), vu qu'on est dans le domaine du software l'intensité lumineuse n'a pas réel.

III.7 Conclusion

Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour nous d'apprendre l'électronique analogique et numérique comme il nous a été permis de réaliser des simulations sur des logiciels de dernière version. On a réussi à simuler 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.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- [B1] **M. Salma Fateh**, <Modélisation d'un système multi générateurs photovoltaïques interconnectés au réseau électrique>, projet de fin d'étude, université Ferhat Abbas-Sétif – soutenu en 2011.
- [B2] **Belkebir Katia & Chaabi Siham** <Conception et Réalisation d'un Suiveur de soleil à base d'une carte Arduino UNO>.Mémoire de fin d'étude Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou soutenu en 2017.
- [B3] **Abraham Kanmogne** Book 2012 <Energie solaire pour le développement de télécommunication> page 20.
- [B4] **Rabah DJEBRA Bilal BOUSSADIA** (Conception et simulation d'une carte de commande à base de microcontrôleur pour l'unité de transfert dans la briqueterie Irdjen) Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou, soutenu en 2018.
- [B5] Datasheet PIC 18F4450.
- [B6] **Smail Soufiane** (Commande éclairage publique et mesure de la température à base de PIC 18F4550) Université Mohamed khider, Biskra, soutenu en 2013.
- [B7] **Guessoumi Farid/Saadi Amel**, Commande de panneau solaire à l'aide d'une carte à pic, Université Mohamed Khider, Biskra, Algérie, soutenu en 2010, p23-33
- [B8] **Mr Bekhouche Salah Eddine** (Réalisation d'un oscilloscope numérique portatif à affichage sur écran PC via le port USB) Université Mohamed Khider Biskra soutenu en 2013.
- [B9] Guide d'utilisateur du logiciel LabVIEW.
- [B10] **Mr Ghorbel Mohamed** Support de cours de techniques d'interfaçage élaboré en 2006-2007.
- [B11] **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 soutenu en 2006.

WEBOGRAPHIE

WEBOGRAPHIE

- [W1] http://www.energies-renouvelables.org/solaire_photovoltaique.asp (consulté le 08/06/2021).
- [W2] <http://www.culturecommunication.gouv.fr/Regions/Drac-Lorraine> (consulté le 12/06/2021).
- [W3] <https://www.jcboury.com/production-eau-chaude.php> (consulté le 14/06/2021).
- [W4] <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/solaire-thermique> (consulté le 14/06/2021).
- [W5] <https://www.calculeo.fr/eco-travaux/panneaux-solaires-photovoltaiques/les-capteurs-solaires> (consulté le 15/06/2021).
- [W6] <https://www.photovoltaique.info/fr/realiser-une-installation/choix-du-materiel/caracteristiques-des-panneaux-photovoltaiques/technologies-de-cellules-solaires-photovoltaiques/> (consulté le 17/06/2021).
- [W7] <https://www.ekla-maison-individuelle.com/actualites/panneaux-solaires-vraie-bonne-idee/> (consulté le 17/06/2021).
- [W8] <https://energieplus-lesite.be/theories/photovoltaique6/rendement-et-puissance-crete-des-cellules-photovoltaiques/> (consulté le 17/06/2021).
- [W9] <https://www.colibri.solar/actualites/champ-solaire-exploitez-vos-terrains-inutilises-et-genez-des-revenus/> (consulté le 18/06/2021).
- [W10] <https://www.technologuepro.com/cours-capteurs-actionneurs-instrumentation-industrielle/ch11-generalites-sur-les-capteurs.pdf> (consulté le 18/06/2021).
- [W11] <https://www.asrc.fr/fr/les-capteurs-optiques/> (consulté le 18/06/2021).
- [W12] https://amocops.univ-rouen.fr/sites/amocops.univ-rouen.fr/files/cours_m2_diode_capteurs_2016.pdf (consulté le 19/06/2021).

- [W13] <https://fr.rs-online.com/web/p/photodiodes/4975661/> (consulté le 20/06/2021).
- [W14] <https://docplayer.fr/8625864-Chaine-de-mesure-et-acquisition-de-donnees.html>
Beatrice Pellerin Chaîne de mesure et acquisition de données (consulté le 21/06/2021).
- [W15] <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Microcontroleur.html> (consulté le 29/06/2021).
- [W16] <https://www.electronique-mixte.fr/wp-content/uploads/2018/07/Cours-Microcontr%C3%B4leur-microprocesseur-19.pdf> (consulté Le 29/06/2021).
- [W17] <https://www.univ-bouira.dz/fr/wp-content/uploads/2018/12/02-Microcontroleur-De-La-Famille-PIC.pdf> (consulté Le 29/06/2021).
- [W18] <https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39632c.pdf> (consulté Le 29/06/2021).
- [W19]: <https://www.amazon.fr/AmazonBasics-C%C3%A2ble-USB-M%C3%A2le-1-8m/dp/B00NH11KIK> (consulté Le 03/07/2021).
- [W20]: <https://docplayer.fr/155686-L-usb-et-sa-norme-ce-document-en-est-a-sa-premiere-version-au-21-septembre-2002.html> (consulté Le 04/07/2021)
- [W21]: <https://www.commentcamarche.net/contents/773-usb> (consulté Le 05/07/2021).
- [W22] https://zone.ni.com/reference/fr-XX/help/371361R-0114/lvhowto/lv_getting_started/ (consulté Le 08/07/2021).
- [W23] https://zone.ni.com/reference/fr-XX/help/371361R-0114/lvconcepts/block_diagram_data_flow/ (consulté Le 10/07/2021).
- [W24] https://zone.ni.com/reference/fr-XX/help/371361R-0114/lvconcepts/project_libraries/ (consulté Le 10/07/2021).
- [W25] <https://www.ni.com/academic/students/learnlabview/f/help.htm> (consulté Le 10/07/2021).
- [W26] <https://docplayer.fr/8625864-Chaine-de-mesure-et-acquisition-de-donnees.html> (consulté Le 15/08/2021).
- [W27] <https://fr.farnell.com/vishay/bpw21r/photodiode/dp/1045427> (consulté Le 18/08/2021).
- [W28] <https://www.apper-solaire.org/Pages/Electronique/Electro/solari/solaripd.pdf> (consulté Le 24/08/2021).

Conclusion générale

Dans notre projet de fin d'étude nous nous sommes intéressées à la carte d'acquisition à base du microcontrôleur 18f4550 et de la photodiode BPW21 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 intégré au microcontrôleur 18f4550 qui permet de diviser le signal analogique à des périodes égales et précises. Ensuite avec un convertisseur analogique/numérique intégré aussi au microcontrôleur 18f4550 qui convertit ce signal échantillonné à un signal numérique.

L'interface LabVIEW nous a permis de simuler et visualiser un Solarimètre puis de l'afficher à l'écran du PC avec Virtual Instrument.

La carte de mesure (Solarimètre) à base de la Photodiode BPW21 conçue pour transformer la lumière (qui représente une grandeur physique) en une grandeur électrique (signal analogique). La carte d'acquisition reçoit ce signal puis elle le convertit en un signal numérique.

Le programme d'acquisition au LabVIEW permet de:

- Simuler tous types de projets avec (VI).
- Affichage graphique et numérique de la valeur mesurée de l'ensoleillement.
- Enregistrement des données en permanence et en continu.
- Fonctionnement en temps réel.

Ce projet de fin d'études était pour nous l'occasion pour examiner les connaissances acquises au cours de notre cursus, comme perspective nous espérons que ce mémoire sera une base utile pour les électroniciens afin de développer simuler et réaliser des cartes d'interface LabVIEW pour d'autres systèmes.