

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

Ecole Nationale Polytechnique



Département d'électronique

Mémoire de Fin d'Etudes
pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Electronique

**Etude et réalisation d'un DATA
LOGGER pour générateur solaire**

Réalisé par :

BENYAHIA Mohamed Essaddik.

Proposé par :

Pr. HADDADI Mourad.

Promotion juin 2011.

ملخص

مسجل المعلومات عبارة عن جهاز مخصص لتسجيل معلومات مختلفة. بالنسبة للوح الشمسي، يتم تسجيل معلومات عن الطقس (درجة الحرارة و شدة ضوء الشمس) و معلومات عن عمل اللوح (شدة التوتر و شدة التيار).

هذه المعلومات تخزن في بطاقة ذاكرة ثم ترسل عن طريق جهاز إرسال لاسلكي إلى الحاسوب ، أين تتم معالجتها.

الكلمات المفتاحية

مسجل معلومات، لوح شمسي، متحكم دقيق، جهاز إرسال، جهاز استقبال.

Résumé

Le DATA LOGGER est un dispositif destiné à l'enregistrement de données de natures diverses.

Pour un générateur solaire, les données à enregistrer sont des données météorologiques (température et ensoleillement) et des données concernant le fonctionnement du système (tension et courant).

Ces données sont enregistrées dans une carte mémoire, puis envoyées par un émetteur sans fil vers l'ordinateur, où elles seront traitées.

Mots clés

Enregistreur de données, panneau solaire, microcontrôleur, émetteur, récepteur.

Abstract

Data Logger is a device for recording data of various kinds.

For a solar array, data to be recorded are weather data (temperature and sunshine) and data concerning the operation of the system (voltage and current).

These data are stored in a memory card and sent by a wireless transmitter to the computer, where they will be processed.

Keywords

Data logger, solar panel, microcontroller, transmitter, receiver.

REMERCIEMENTS

Au nom de Dieu le Clément et le Miséricordieux.

Louange à Dieu Seigneur des mondes, et que la bénédiction et la paix soient sur le dernier des envoyés de Dieu notre seigneur Mohamed, sa famille, ses compagnons et tous ceux qui les ont suivi sur la bonne voie jusqu'au jour de la rétribution.

Ce travail a été préparé au sein du laboratoire de l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger sous la direction de Mr. Mourad HADDADI, Professeur à l'ENP.

Je tiens à lui exprimer ma profonde gratitude en sa qualité de promoteur, sa disponibilité et son aide précieuse.

J'adresse ma reconnaissance au président du jury Pr C.Larbes et à l'examineur Mr M.Taghi pour bien vouloir évaluer ce travail.

Je tiens à remercier tous mes enseignants depuis le primaire à ce jour, et tous ceux qui m'ont appris quelque chose pensant qu'elle me sera bénéfique.

J'exprime mes remerciements à mes chers parents et toute la famille pour leur soutien, leurs sacrifices et leurs encouragements.

Enfin, merci pour tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce projet.

ESSADDIK.

DEDICACES

- *A mes très chers parents, à qui je dois mon parcours jusqu'à présent ; ce travail n'est que l'aboutissement de leurs efforts et leur contribution.*
- *A mes sœurs et leurs petites familles.*
- *A toute la famille BENYAHIA.*
- *A toute la famille CHEGMA, mes oncles, mes tantes et surtout mes chers grands parents.*
- *A toute la famille BABALI.*
- *A tous mes amis et camarades.*
- *A tout la promo d'électronique 2010/2011.*

Je dédie cet humble travail.

SOMMAIRE

SOMMAIRE	I
LISTE DES FIGURES.....	IV
LISTE DES TABLEAUX.....	VI

INTRODUCTION GENERALE	1
-----------------------------	---

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES DATA LOGGERS.

I) INTRODUCTION	3
II) DEFINITION	3
III) HISTORIQUE	4
IV) PROCESSUS DE FONCTIONNEMENT	5
IV.1) L'ACQUISITION.....	6
IV.2) L'ANALYSE EN LIGNE	6
IV.3) L'ENREGISTREMENT	6
IV.4) L'ANALYSE HORS LIGNE	6
V) CARACTERISTIQUES	6
V.1) TYPE DE MESURES	7
V.2) NOMBRE DE VOIES	7
V.2.1) <i>Boîtiers à voie unique</i>	7
V.2.2) <i>Boîtiers multivoies</i>	8
V.2.3) <i>Systèmes modulaires offrant différents types de mesures</i>	8
V.3) TYPE DE BUS.....	8
V.3.1) <i>RS-232</i>	8
V.3.2) <i>USB</i>	8
V.3.3) <i>Ethernet</i>	9
V.3.4) <i>Sans fil</i>	9
V.4) EXPLOITATION DES FONCTIONNALITES DU PC	9
VI) APPLICATIONS	9
VI.1) LA RECHERCHE	9
VI.2) L'INDUSTRIE	10
VI.3) LA CONSTRUCTION	10
VI.4) LE SPORT	10
VII) CONCLUSION.....	10

CHAPITRE II : APERCU SUR L'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE.

I) INTRODUCTION	12
II) LES CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES.....	12
III) LES PANNEAUX SOLAIRES PHOTOVOLTAÏQUES.....	13
III.1) GROUPEMENT DE CELLULES EN SERIE.....	14
III.2) GROUPEMENT DE CELLULES EN PARALLELE	15
III.3) GROUPEMENT DE CELLULES EN SERIE-PARALLELE	15
IV) LES CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES DU PANNEAU SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE	15
IV.1) LA CARACTERISTIQUE COURANT-TENSION.....	16
IV.2) LA CARACTERISTIQUE PUISSANCE-TENSION	17
IV.3) L'EFFET DE L'IRRADIATION SUR LE PANNEAU SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE	17
IV.4) L'EFFET DE LA TEMPERATURE SUR LE PANNEAU SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE	18
V) LES GENERATEURS SOLAIRES.....	19
VI) LES TYPES D'INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES.....	21
VI.1) L'INSTALLATION ELECTRIQUE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME.....	21
VI.2) L'INSTALLATION ELECTRIQUE PHOTOVOLTAÏQUE RACCORDEE AU RESEAU	22
<i>VI.2.1) L'installation photovoltaïque raccordée au réseau sans injection</i>	<i>22</i>
<i>VI.2.2) L'installation photovoltaïque raccordée au réseau avec injection de la totalité.....</i>	<i>23</i>
<i>VI.2.3) L'installation photovoltaïque raccordée au réseau avec injection du surplus:</i>	<i>24</i>
VII) CONCLUSION.....	25

CHAPITRE III : REALISATION DE LA CARTE.

I) INTRODUCTION	27
II) CONCEPTION DE LA CARTE	27
II.1) PARTIE ANALOGIQUE	28
II.1.1) <i>Capteur de température</i>	<i>28</i>
II.1.2) <i>Capteur de l'ensoleillement.....</i>	<i>29</i>
II.1.3) <i>Capteur de courant</i>	<i>31</i>
II.1.4) <i>Capteur de tension</i>	<i>33</i>
II.2) PARTIE NUMERIQUE	34
II.2.1) <i>Le PIC.....</i>	<i>34</i>

II.2.2) <i>La carte MicroSD</i> :	36
II.2.3) <i>Le régulateur de tension LM317/T092</i>	37
II.2.4) <i>L'émetteur FSI000A</i> :.....	38
II.2.5) <i>Le récepteur RXB1</i>	40
III) PROGRAMMATION DU PIC	41
III.1) LE LANGAGE C	41
III.2) LE COMPILATEUR MIKROC PRO.....	42
III.3) LE PROGRAMMEUR DE PIC PICFLASH	44
III.4) LA CARTE DE DEVELOPPEMENT EASYPIC5	44
III.5) LE FONCTIONNEMENT DU PROGRAMME	45
III.5.1) <i>Les initialisations</i>	45
III.5.2) <i>Les fonctions</i>	46
III.5.3) <i>Le programme principal</i>	47
III.6) L'ORGANIGRAMME	48
V) TESTS	50
V.1) L'HYPER TERMINAL	50
V.2) ESSAIS :.....	51
VI) CONCLUSION	52
CONCLUSION GENERALE	62
BIBLIOGRAPHIE	63
ANNEXE "A" : TYPONS DU DATA LOGGER	64
ANNEXE "B" : PROGRAMME DU PIC	65

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES DATA LOGGERS.

Figure 1 : DATA LOGGER.	3
Figure 2 : Hygromètre pour la mesure d'humidité.	4
Figure 3 : DATA LOGGER à base du PC.	5
Figure 4 : Enregistreur de données à voie unique.	7
Figure 5 : Enregistreurs de données multivoies.	8
Figure 6 : Systèmes modulaires d'enregistrement de données.	8

CHAPITRE II : APERÇU SUR L'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE.

Figure 7 : Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque.	13
Figure 8 : Panneau solaire photovoltaïque.	14
Figure 9 : Groupement de cellules en série.	14
Figure 10 : Groupement de cellules en parallèle.	15
Figure 11 : Caractéristique courant-tension du panneau solaire photovoltaïque. [2].....	16
Figure 12 : La caractéristique puissance-tension du panneau solaire photovoltaïque. [2].....	17
Figure 13 : L'influence de l'irradiation sur la caractéristique courant-tension. [3].....	18
Figure 14 : L'influence de l'irradiation sur la caractéristique puissance-tension. [3].....	18
Figure 15 : L'influence de la température sur la caractéristique courant-tension. [3].....	19
Figure 16 : L'influence de la température sur la caractéristique puissance-tension. [3].....	19
Figure 17 : Schéma général d'une installation autonome.	22
Figure 18 : Schéma d'une installation raccordée au réseau sans injection.	23
Figure 19 : Schéma d'une installation raccordée au réseau avec injection de la totalité.	24
Figure 20 : Schéma d'une installation raccordée au réseau avec injection du surplus:.....	25

CHAPITRE III : REALISATION DE LA CARTE.

Figure 21 : Schéma synoptique du projet DATA LOGGER.	27
Figure 22 : Capteur LM35 DZ.	28
Figure 23 : Schéma de principe interne du capteur de température LM 35.	29
Figure 24 : Caractéristique $V_{\text{capteur}} = f(T^{\circ})$ du LM35 DZ.	29
Figure 25 : Caractéristique (Irradiation – courant de sortie) d'une photodiode.	30

Figure 26 : Mesure de l'irradiation.....	31
Figure 27 : Schéma de capture du courant.	31
Figure 28 : Circuit interne de l'INA118.	33
Figure 29 : Mesure de tension.	33
Figure 30 : Diagramme des pins du PIC 18F252. [8].....	36
Figure 31 : Les deux faces d'une carte MicroSD.	37
Figure 32 : Régulateur de tension LM317 boîtier TO92.	38
Figure 33 : L'émetteur FSI000A. [10].....	39
Figure 34 : Récepteur radio RXB1.	40
Figure 35 : Branchement du RBX1 avec le PIC. [11]	41
Figure 36 : Kenneth Thompson et Dennis Ritchie.	42
Figure 37 : Fenêtre du compilateur MikroC PRO pour PIC.....	43
Figure 38 : Fenêtre de PICFLASH.	44
Figure 39 : La carte de développement EASYPIC5. [14]	45
Figure 40 : L'organigramme du programme.	49
Figure 41 : Schéma d'organisation d'un projet OrCAD.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 42 : Carte logique du DATA LOGGER.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 43 : Typon d'un circuit imprimé.	Erreur ! Signet non défini.
Figure 44 : Le stylo inactinique à encre permanente.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 45 : La découpe d'une plaque.	Erreur ! Signet non défini.
Figure 46 : Une insoleuse.	Erreur ! Signet non défini.
Figure 47 : L'insolation d'un circuit imprimé.	Erreur ! Signet non défini.
Figure 48 : Le produit liquide du révélateur.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 49 : La machine à gravure chimique.	Erreur ! Signet non défini.
Figure 50 : Une perceuse.	Erreur ! Signet non défini.
Figure 51 : Affichage de données sur Hyper Terminal – Exemple 1 -.....	52
Figure 52 : Affichage de données sur Hyper Terminal – Exemple 2 -.....	52

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE III : REALISATION DE LA CARTE.

Tableau 1 : Caractéristiques de l'INA 118.	32
Tableau 2 : Caractéristiques techniques du PIC 18F252.	35
Tableau 3 : Caractéristiques techniques d'une carte MicroSD.....	37
Tableau 4 : Caractéristiques techniques du LM317. [9].....	38
Tableau 5 : Les principales caractéristiques de l'émetteur FSI000A. [9]	39
Tableau 6 : Les principales caractéristiques du récepteur RXB1.....	40

INTRODUCTION GENERALE

Les énergies renouvelables sont des énergies qui se renouvellent assez rapidement pour être considérées comme inépuisables à l'échelle humaine du temps. Face aux prévisions d'épuisement inévitable des ressources mondiales en énergie fossile (pétrole, gaz, charbon...), en énergie d'origine thermonucléaire (uranium, plutonium...), face aux multiples crises pétrolières, économiques, aux changements climatiques dus à l'effet de serre, la science s'est tout naturellement intéressée aux ressources dites " renouvelables " et notamment vers la plus ancienne, le soleil, qui déverse chaque jour l'équivalent de 100 000 milliards de TEP (tonnes équivalent pétrole). Cette valeur est à comparer aux 9,58 milliards de TEP que représente la consommation annuelle mondiale en énergie primaire (1998).

Les panneaux solaires, bien qu'ils soient de plus en plus performants, ont des rendements qui restent assez faibles (autour de 20%), c'est pourquoi il faut lancer plusieurs études qui visent à améliorer le rendement des panneaux solaires pour encourager les gens à utiliser de plus en plus les applications qui basent sur le soleil comme source d'énergie électrique.

Dans le but de contribuer dans l'avancement de ces études, on propose dans ce projet de fin d'études, la réalisation d'un DATA LOGGER pour générateur solaire. Ce dispositif enregistre des données météorologiques (température et ensoleillement) et des données concernant le fonctionnement du système (tension et courant) dans une carte mémoire, puis les envoie par un émetteur sans fil vers l'ordinateur. La connaissance de ces données est indispensable pour l'étude des générateurs solaires photovoltaïques et le contrôle de leur qualité ainsi que pour le dimensionnement et l'optimisation des installations solaires. Le modeste travail qu'on a fait est présenté dans ce rapport sous trois chapitres.

Dans le premier chapitre, on verra des généralités sur les DATA LOGGERS ; définition, caractéristiques et applications.

Dans le deuxième chapitre, on donnera un aperçu sur l'énergie solaire photovoltaïque et les générateurs solaires.

Enfin, on consacra le troisième chapitre pour la réalisation du DATA LOGGER, où on parlera de différentes composantes de notre carte, du programme du PIC et du montage de notre circuit, sans oublier la partie des essais.

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LES DATA LOGGERS.

I) Introduction

Les chercheurs, les météorologistes, les agronomes, les pêcheurs, les médecins et les industriels veulent très souvent suivre sur une période donnée les variations des paramètres climatiques tels que la température, l'humidité, la vitesse du vent et l'éclairement solaire ; dans le but d'étudier les processus de changement de ces variables ainsi que leur influence sur les différents phénomènes physiques ou les différents produit industriels.

Les résultats d'une telle étude, peuvent être exploités dans des applications diverses ; d'où vient l'importance des DATA LOGGERS.

II) Définition

Un DATA LOGGER (enregistreur de données) est un dispositif électronique en général programmable qui enregistre des valeurs de mesure individuelles et des séries de mesure sur une longue période (pouvant couvrir plusieurs mois). Les grandeurs sont automatiquement mesurées, souvent numérisées et enregistrées sur un support. Elles peuvent être transmises par le biais d'une interface à un afficheur, à un PC muni d'un logiciel (pour visualisation et analyse) ou à une imprimante.

Les grandeurs mesurées sont par exemple : température, humidité relative (% HR), intensité, tension, vitesse du vent, pression, intensité lumineuse et sonore.

Les DATA LOGGERS peuvent être raccordés à des capteurs externes et disposés de plusieurs canaux de mesure. Certains sont autonomes, car équipés d'un afficheur, d'un mini clavier et d'une unité de sauvegarde interne (par exemple de type flash) qui doit être suffisante pour stocker dans certains cas des milliers de données.



Figure 1 : DATA LOGGER.

III) Historique

Les premiers DATA LOGGERS ont utilisé des instruments analogiques tels que le thermomètre et le manomètre pour effectuer des mesures, dont l'enregistrement était fait manuellement sur un journal écrit. Pour visualiser les tendances au fil du temps, les gens traçaient manuellement leurs mesures sur papier millimétrique.

A la fin du 19^{ème} siècle, ce processus commençait à devenir automatique avec les machines et les enregistreurs à bande évolué. Ces derniers sont des instruments analogiques qui traduisent les impulsions électriques provenant des capteurs en un mouvement mécanique d'un bras. Une plume est attachée au bras, et de longs rouleaux de papier sont déplacés à une vitesse constante sous cette plume. Cette méthode avait des inconvénients, tels que la difficulté de traduire les traces obtenues sur les papiers millimétriques à des résultats significatifs et la quantité énorme de rames de papier qu'elle nécessite.

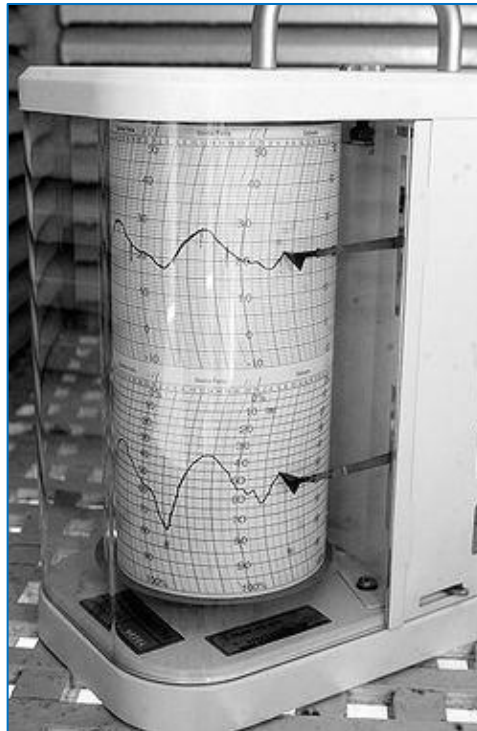


Figure 2 : Hygromètre pour la mesure d'humidité.

Avec le développement de l'ordinateur personnel dans les années 1970 et 1980, les gens ont commencé à utiliser les ordinateurs pour l'analyse des données, stockage des données et la génération des rapports. La nécessité d'importer des données vers le PC provoquée par les DATA LOGGERS a ajouté des nouvelles fins spéciales pour l'enregistrement des données. Les DATA LOGGERS sont des boîtes d'instruments autonomes qui mesurent les signaux des capteurs, les convertissent à des données numériques et les stockent dans la mémoire interne. Ces données doivent être transférées vers le PC pour l'analyse, le stockage permanent, et la

génération des rapports. Les données sont généralement transmises, soit en déplaçant manuellement un périphérique de stockage (comme une disquette) à partir de l'enregistreur de données à l'ordinateur ou en connectant l'enregistreur de données au PC via une liaison de communication tel que la liaison série ou l'Ethernet.

Dans les années 1990, une nouvelle évolution de l'enregistrement des données a eu lieu lorsque les gens commencent à créer des systèmes d'enregistrement de données à base du PC. Ces systèmes combinent les capacités d'acquisition et de stockage des DATA LOGGERS autonomes aux capacités d'archivage, d'analyse, d'affichage et de rédaction des rapports des PC modernes. Les DATA LOGGERS à base du PC ont enfin totalement automatisé le processus d'enregistrement de données.



Figure 3 : DATA LOGGER à base du PC.

Aujourd'hui, les DATA LOGGERS à base du PC offrent une large gamme de types de mesure, de capacités d'analyse et d'outils de rédaction de rapports.

IV) Processus de fonctionnement

Un enregistreur de données fonctionne avec des capteurs afin de convertir des phénomènes physiques en signaux électroniques comme la tension ou le courant. Ces signaux électroniques sont ensuite convertis ou numérisés en données binaires, puis analysés par un logiciel et enregistrés sur le disque dur d'un PC ou sur d'autres supports de stockage tels que les cartes mémoire et les CDs.

Le processus de fonctionnement du DATA LOGGER est comme suit :

IV.1) L'acquisition

Cette étape comprend les capteurs et le matériel d'enregistrement de données, ainsi que la conversion des phénomènes physiques en signaux numériques.

IV.2) L'analyse en ligne

Cette étape comprend toute analyse que l'utilisateur souhaite effectuer avant de stocker les données. La conversion d'une mesure de tension en unités scientifiques significatives comme les degrés Celsius, en est un exemple courant. Il est possible d'effectuer ces calculs complexes et de compresser les données avant de les enregistrer. Contrôler une portion de système à partir d'une mesure courante – comme c'est le cas par exemple avec un disjoncteur – fait également partie de l'analyse en ligne. Toutes les applications logicielles d'enregistrement de données devraient convertir les données binaires en tensions et les tensions en unités scientifiques.

IV.3) L'enregistrement

Cette étape se rapporte au stockage de données analysées et comprend tout formatage requis par les fichiers de données.

IV.4) L'analyse hors ligne

Cette étape correspond à toute analyse que l'utilisateur souhaite effectuer après avoir stocké les données. La recherche de tendances dans les données historiques ou la réduction des données en sont des exemples courants.

IV.5) L'affichage, le partage et la génération de rapports

Cette étape englobe la création de tout rapport nécessaire à la présentation des données.

V) Caractéristiques

Le marché des DATA LOGGERS présente un large éventail d'appareils permettant d'effectuer des mesures et d'enregistrer des données, depuis des systèmes autonomes élémentaires de mesure jusqu'aux systèmes complexes qui incorporent des affichages et des fonctions d'analyse intégrées. Ces DATA LOGGERS se distinguent par les principales caractéristiques suivantes :

V.1) Type de mesures

Les enregistreurs de données peuvent mesurer différents types de signaux issus de capteurs variés :

- Température.
- Tension.
- Courant.
- Contrainte/Déformation.
- Charge.
- Pression.
- Résistance.
- Puissance.
- Événement/état.

V.2) Nombre de voies

Certaines applications requièrent une seule mesure, tandis que d'autres exigent d'effectuer des mesures de plusieurs types à partir de plusieurs voies. Les enregistreurs de données sont disponibles avec plusieurs configurations de voies :

V.2.1) Boîtiers à voie unique



Figure 4 : Enregistreur de données à voie unique.

V.2.2) Boîtiers multivoies



Figure 5 : Enregistreurs de données multivoies.

V.2.3) Systèmes modulaires offrant différents types de mesures



Figure 6 : Systèmes modulaires d'enregistrement de données.

V.3) Type de bus

Un enregistreur de données se connecte à un PC par le bus de périphérique. Pour sélectionner l'enregistreur de données approprié, il est important de comprendre les différents types de bus.

V.3.1) RS-232

C'est une norme standardisant un bus de communication de type série sur trois fils minimum (électrique, mécanique et protocole). Disponible sur presque tous les PC. Cependant, il est de plus en plus remplacé par le port USB.

V.3.2) USB

Le bus USB a été conçu au départ pour connecter des périphériques, tels que le clavier et la souris, au PC. Toutefois, l'USB a démontré qu'il pouvait être utile pour bien d'autres applications, y compris pour connecter des matériels de mesure. L'USB est plus simple à utiliser que d'autres bus de PC car les ordinateurs le détectent automatiquement.

V.3.3) Ethernet

Le bus Ethernet constitue l'ossature de presque tout réseau d'entreprise et est par conséquent, largement répandu. Bien que le bus Ethernet demande une configuration plus élaborée et une connaissance des réseaux plus approfondie que l'USB, il effectue des mesures à distance jusqu'à 100 m, ou même davantage s'il est utilisé avec un concentrateur, un commutateur ou un répéteur.

V.3.4) Sans fil

La technologie sans fil étend sa souplesse d'utilisation aux applications pour lesquelles les câbles ne conviennent pas ou ne sont pas pratiques. Elle peut aussi réduire les coûts de façon radicale en éliminant les câbles et le temps d'installation.

V.4) Exploitation des fonctionnalités du PC

L'enregistreur de données traditionnel consiste en un instrument autonome, qui mesure les signaux, les convertit en données numériques et stocke ces dernières dans la mémoire interne. Ces données doivent ensuite être transférées manuellement sur un PC pour être visualisées, analysées et archivées.

En revanche, les enregistreurs de données sur PC combinent le système d'acquisition de données et la technologie du PC. Le PC faisant partie intégrante du système, l'enregistreur de données tire parti des améliorations constantes des performances du processeur, du disque dur, de l'affichage et du bus d'E/S incorporés dans les PC. Cette situation offre les avantages suivants par rapport aux enregistreurs de données autonomes traditionnels :

- Visualisation temps réel.
- Analyse en continu.
- Fonctionnalités définies par l'utilisateur.
- Des téraoctets de stockage de données.

VI) Applications

Vue leur importance et leurs avantages, les DATA LOGGERS sont utilisés dans une grande variété de domaines dont on peut citer :

VI.1) La recherche

Les chimistes enregistrent des données telles que des températures, pH et pressions lors d'expériences en laboratoire.

VI.2) L'industrie

Les ingénieurs de conception enregistrent des paramètres de performances comme des vibrations, températures et charges de batteries pour l'évaluation des conceptions de produits.

Les géologues ont recours à l'enregistrement de données afin d'identifier les formations minérales lors des forages en quête de pétrole.

VI.3) La construction

Les ingénieurs en génie civil enregistrent les contraintes et les charges que subissent les ponts au fil du temps afin d'évaluer leur sécurité.

VI.4) Le sport

Les spécialistes des véhicules de sport utilisent les DATA LOGGERS pour le diagnostic, le développement de prototypes et les compétitions.

La liste des applications faisant appel à l'enregistrement de données est interminable, mais toutes partagent des exigences similaires.

VII) Conclusion

Le DATA LOGGER est devenu un élément indispensable dans les opérations d'acquisition de données. Aujourd'hui, Les enregistreurs de données changent plus rapidement que jamais. Les derniers modèles accèdent à des communications sans fil pour déclencher des alarmes, notifier des données automatiquement et contrôler des processus à distance. En plus, ils commencent à servir des pages web pour effectuer des lectures en temps réel et envoyer des informations aux bases de données, aux e-mails ou aux téléphones portables de leurs utilisateurs.

CHAPITRE II

APERÇU SUR L'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE.

I) Introduction

Compte tenu de la situation énergétique mondiale, les énergies renouvelables sont au cœur de l'actualité et sont indispensables au développement durable de notre société. La diminution des rejets de gaz à effets de serre, la réduction des dépenses énergétiques, mais aussi le besoin d'autonomie en énergie sont les trois facteurs principaux qui favorisent l'utilisation de l'énergie solaire et la production des générateurs photovoltaïques.

II) Les cellules photovoltaïques

Une cellule photovoltaïque est un composant électronique qui, exposé à la lumière (photons), produit de l'électricité grâce à l'effet photovoltaïque qui est à l'origine du phénomène. La tension obtenue est fonction de la lumière incidente. La cellule photovoltaïque délivre une tension continue.

L'effet photovoltaïque utilisé dans les cellules solaires permet de convertir directement l'énergie lumineuse des rayons solaires en électricité par le biais de la production et du transport dans un matériau semiconducteur de charges électriques positives et négatives sous l'effet de la lumière. Ce matériau comporte deux parties, l'une présentant un excès d'électrons et l'autre un déficit en électrons, dites respectivement dopée de type n et dopée de type p. Lorsque la première est mise en contact avec la seconde, les électrons en excès dans le matériau n diffusent dans le matériau p. La zone initialement dopée n devient chargée positivement, et la zone initialement dopée p devient chargée négativement. Il se crée donc entre elles un champ électrique qui tend à repousser les électrons vers la zone n et les trous vers la zone p. Une jonction (dite PN) a été formée.

En ajoutant des contacts métalliques sur les zones n et p, une diode est obtenue. Lorsque la jonction est éclairée, les photons d'énergie égale ou supérieure à la largeur de la bande interdite communiquent leur énergie aux atomes, chacun fait passer un électron de la bande de valence vers la bande de conduction et laisse aussi un trou capable de se mouvoir, engendrant ainsi une paire électron-trou. Si une charge est placée aux bornes de la cellule, les électrons de la zone n rejoignent les trous de la zone p via la connexion extérieure, donnant naissance à une différence de potentiel ; le courant électrique circule.

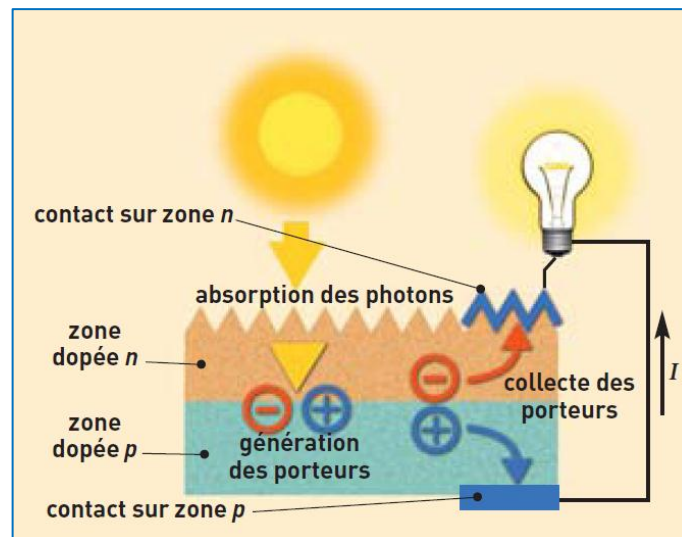


Figure 7 : Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque.

III) Les panneaux solaires photovoltaïques

Les panneaux solaires photovoltaïques, parfois appelés photoélectriques, transforment la lumière en électricité. Ces panneaux sont donc les plus répandus mais aussi les plus complexes.

Ces panneaux sont tout simplement un assemblage de cellules photovoltaïques, chacune d'elles délivre une tension de 0.5V à 0.6V. Elles sont donc assemblées pour créer des modules photovoltaïques de tension normalisée comme 12V.

Pour protéger au mieux les cellules solaires des intempéries, elles sont réunies dans un module solaire. Ce panneau solaire est constitué d'une face supérieure en verre trempé parfaitement transparent et d'une face inférieure recouverte d'un film spécial (couche de Teldar). Entre ces deux faces, les cellules solaires sont insérées dans une masse étanche transparente et résistante aux UV. C'est l'encapsulation par feuilletage de film polymérisé à chaud d'acétate de vinyle (EVA). Cette technique d'encapsulation, très proche de la fabrication du verre blindé confère à la structure du panneau solaire une excellente résistance aux impacts. Ensuite, c'est l'assemblage avec joint d'étanchéité dans un cadre autoporteur en aluminium anodisé permettant un montage aisé et la fixation de la boîte de jonction destinée à recevoir le câblage nécessaire à l'exploitation du panneau photovoltaïque.

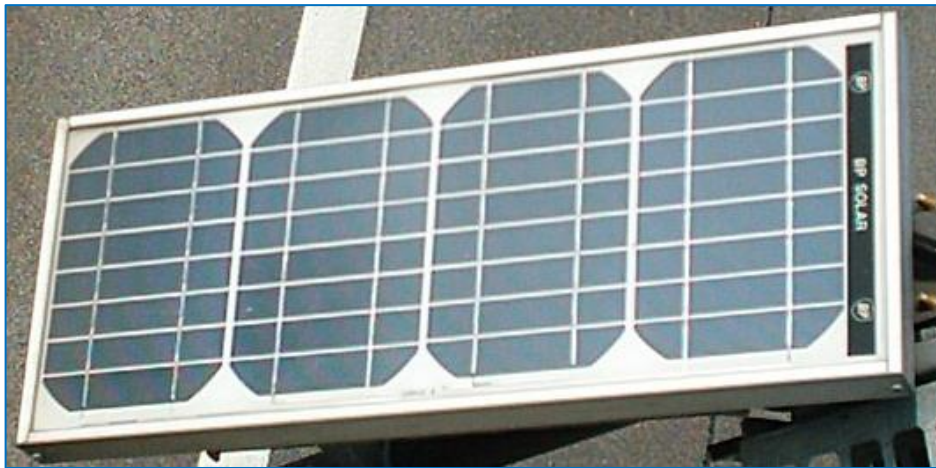


Figure 8 : Panneau solaire photovoltaïque.

III.1) Groupement de cellules en série

La tension générée par une cellule étant très faible, il faudra dans la majorité des cas associer en série un certain nombre de cellules pour obtenir des tensions compatibles avec les charges à alimenter. C'est ce qui est réalisé dans un module photovoltaïque, où les cellules sont positionnées sous forme d'une guirlande dont les deux extrémités sont ramenées vers une boîte de connexion. Les électrodes supérieures d'une cellule sont connectées à la face arrière de la cellule suivante.

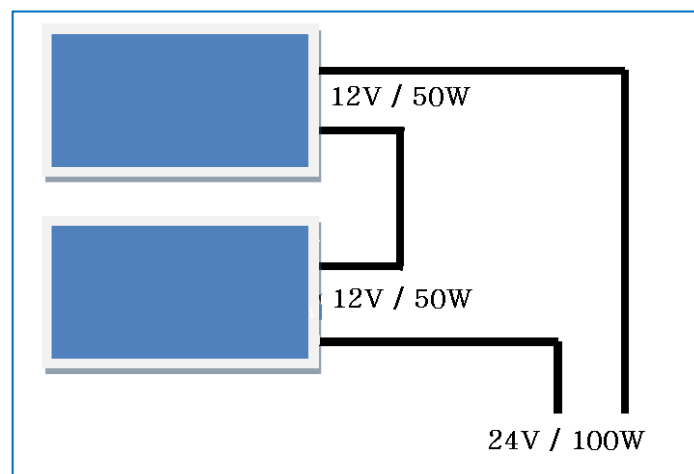


Figure 9 : Groupement de cellules en série.

On constate que le courant généré par les cellules est le même dans toute la branche ainsi que dans la charge, mais la tension résultante est la somme des tensions de chaque cellule.

Une première règle est donc qu'il ne faudra connecter en série que des cellules identiques. [1]

III.2) Groupement de cellules en parallèle

Il est possible d'augmenter le courant fourni à une charge en plaçant en parallèle plusieurs cellules ou modules photovoltaïques. Les générateurs de courant représentent soit des cellules individuelles, soit des cellules en série (modules), soit des modules en série (branches). On constate dans ce cas que c'est la tension générée qui est la même pour toutes les cellules (ou tous les modules ou toutes les branches).

La deuxième règle est donc qu'il ne faudra connecter en parallèle que des cellules, des modules ou des branches identiques. [1]

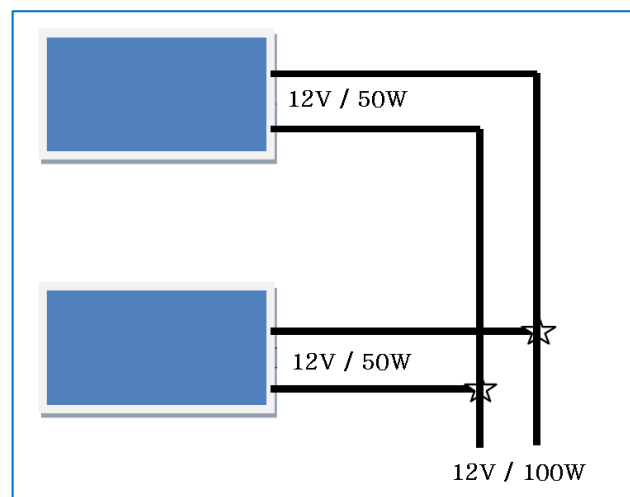


Figure 10 : Groupement de cellules en parallèle.

III.3) Groupement de cellules en série-parallèle

La combinaison des montages (série et parallèle) est également possible, ce qui permet d'augmenter la tension et la puissance en même temps. [2]

IV) Les caractéristiques électriques du panneau solaire photovoltaïque

Le panneau solaire photovoltaïque étant une association de cellules solaires individuelles, sa caractéristique $I(V)$ est directement liée à la caractéristique de la cellule solaire de base. De même que pour la cellule, la tension qui est présente lorsqu'il ne circule aucun courant est appelée tension en circuit ouvert (V_{oc}). À l'opposé, le courant présent lorsqu'il n'y a aucune tension est appelé courant de court-circuit (I_{cc}). Dans ces deux situations, aucune puissance n'est extraite du panneau photovoltaïque. La meilleure combinaison s'appelle le point de puissance maximale du panneau solaire photovoltaïque. La tension et le courant correspondants sont appelés tension à puissance maximale (V_{pmax}) et courant à puissance maximale (I_{pmax}). Le point de puissance maximale sert à déterminer le

rendement nominal du panneau solaire et la puissance en ce point est exprimée en W_c (watt crête).

En cas de stockage de l'électricité solaire produite par les panneaux photovoltaïques dans des batteries stationnaires, ce sont celles-ci qui vont fixer la tension de fonctionnement du système, selon leur état de charge c.à.d. par exemple entre 10,8 V et 14 V pour une batterie de 12 V nominal (tension différente de V_{pmax}).

Le courant solaire généré alors est donc forcément différent de I_{pmax} et la puissance solaire extraite du panneau photovoltaïque n'est pas égale à la puissance maximale. Ceci reste toujours vrai, même si l'ensoleillement est de $1000W/m^2$ et la température des cellules est de $25^\circ C$ (conditions STC). Cette propriété intrinsèque de l'association batteries-panneaux solaires photovoltaïques fait qu'on parle de modules 12 V.

IV.1) La caractéristique courant-tension

La caractéristique courant-tension d'un panneau solaire photovoltaïque est différente de celle des cellules photovoltaïques qui le constituent.

Lorsqu'un panneau solaire photovoltaïque travaille à une tension trop basse (entre 2 et 5V) l'intensité reste pratiquement constante, et dépendante de l'irradiation. Lorsque le module travaille dans sa caractéristique optimale (entre 15 et 18V) c'est l'intensité produite qui s'écroule très rapidement.

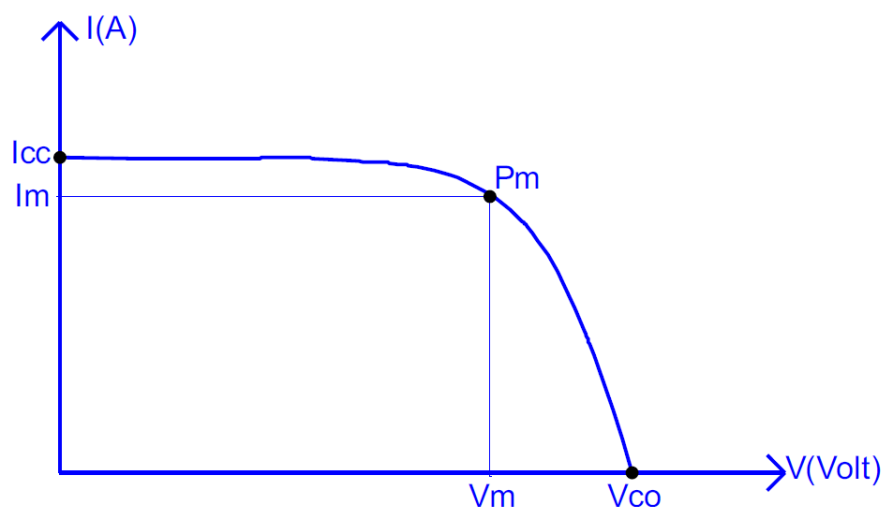


Figure 11 : Caractéristique courant-tension du panneau solaire photovoltaïque. [2]

IV.2) La caractéristique puissance-tension

La puissance délivrée par le panneau solaire photovoltaïque a pour expression $P = U.I$. Pour chaque point de la courbe précédente, on peut calculer la puissance P et tracer la courbe $P = f(U)$. Cette courbe a l'allure suivante :

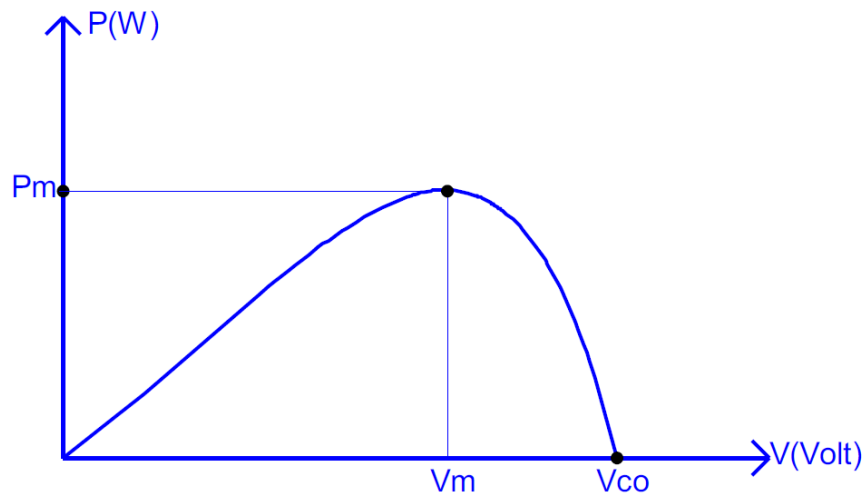


Figure 12 : La caractéristique puissance-tension du panneau solaire photovoltaïque. [2]

IV.3) L'effet de l'irradiation sur le panneau solaire photovoltaïque

Une baisse de l'irradiation provoque une diminution de la création de paires électron-trou avec un courant à l'obscurité inchangé. Le courant du panneau solaire étant égal à la soustraction du photocourant et du courant de diode à l'obscurité, il y'a une baisse du courant solaire I_{cc} proportionnelle à la variation de l'ensoleillement accompagnée d'une très légère diminution de la tension V_{co} et donc un décalage du point P_{max} du panneau solaire vers les puissances inférieures.

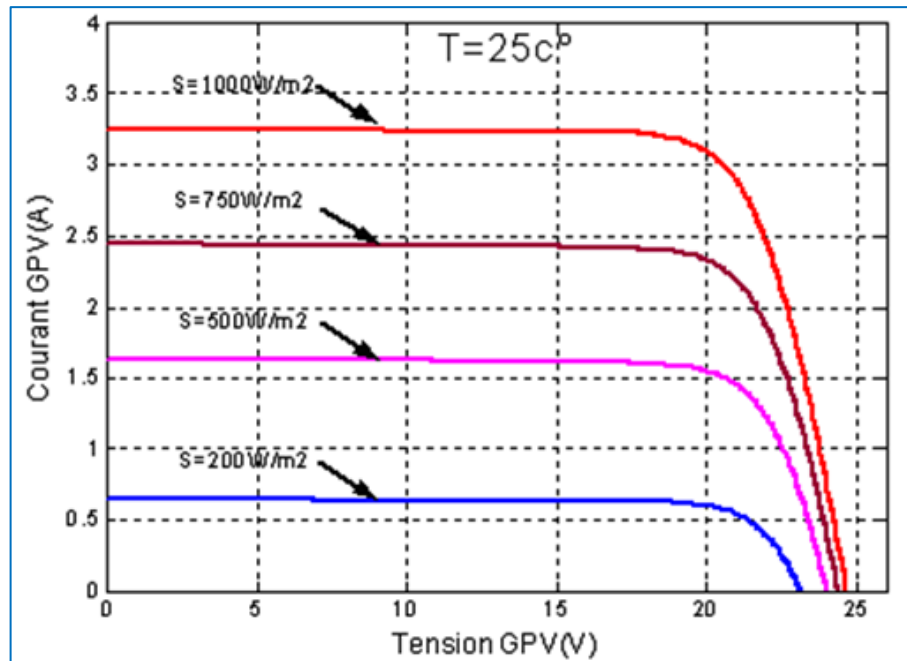


Figure 13 : L'influence de l'irradiation sur la caractéristique courant-tension. [3]

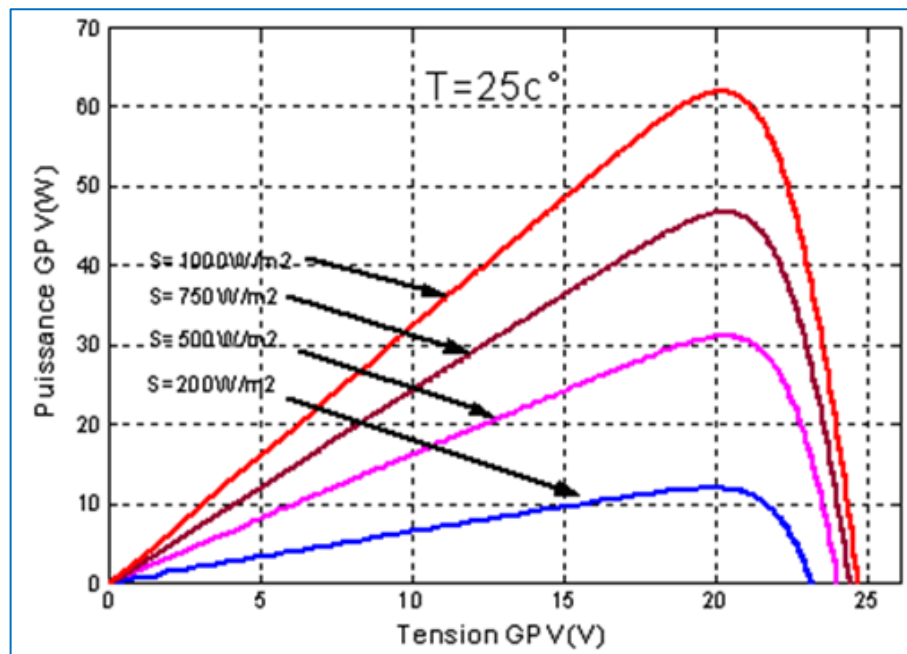


Figure 14 : L'influence de l'irradiation sur la caractéristique puissance-tension. [3]

IV.4) L'effet de la température sur le panneau solaire photovoltaïque

Une élévation de la température (de jonction) des cellules solaires provoque un important accroissement de leur courant à l'obscurité et facilite une légère augmentation de la création de paires électron-trou. Le courant du panneau solaire étant égal à la soustraction du photocourant et du courant de diode à l'obscurité, il y'a une légère augmentation du courant I_{cc} accompagnée d'une forte diminution de la tension V_{co} et donc un décalage du point P_{max} vers les puissances inférieures.

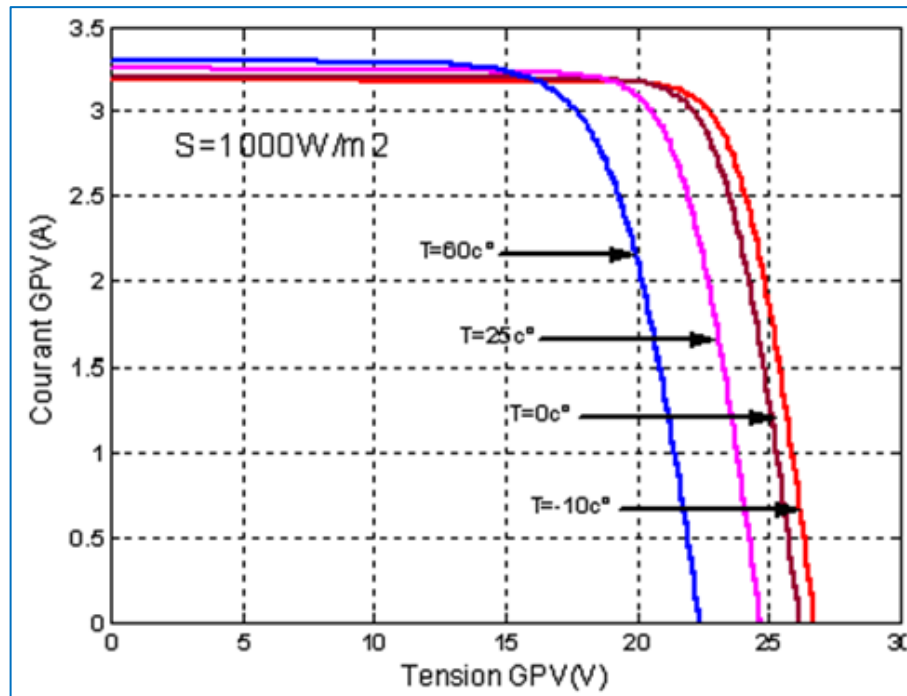


Figure 15 : L'influence de la température sur la caractéristique courant-tension. [3]

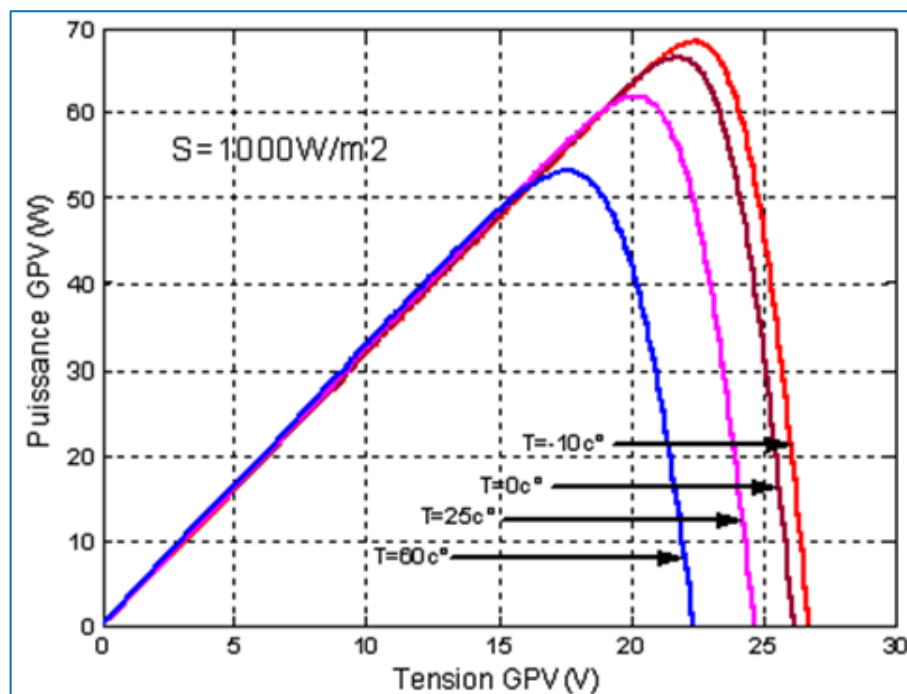


Figure 16 : L'influence de la température sur la caractéristique puissance-tension. [3]

V) Les générateurs solaires

Un panneau solaire photovoltaïque produisant du courant continu (DC) que les batteries peuvent stocker et restituer sous cette forme, pour utiliser des appareils électriques

destinataires fonctionnant avec du courant alternatif (AC) au sein d'un générateur photovoltaïque, il faut employer un convertisseur DC / AC (onduleur).

Les équipements destinataires sont eux les appareils électriques que l'on souhaite alimenter à toute heure du jour ou de la nuit avec le générateur photovoltaïque et qui, sauf impératif sérieux, doivent être soit adaptés à la technique photovoltaïque soit être très économes énergétiquement.

Le système photovoltaïque est lui l'ensemble du générateur photovoltaïque (panneau solaire, batterie, régulateur de charge et décharge, câblage) et des équipements destinataires. Il est dimensionné de manière à assurer la continuité de la fourniture d'énergie avec des conditions météorologiques variables.

Les seules servitudes d'un générateur photovoltaïque sont de maintenir la demande énergétique au niveau de celle qui a servi à son dimensionnement et de ne pas lui connecter certains appareils énergétivores (lampes à incandescence, radiateur et cuisinière électrique...). La production de froid (réfrigérateur, congélateur) faisant appel à des appareils ultra économes en énergie, le chauffage, la production d'eau chaude et la cuisson étant assurés par d'autres moyens.

L'installation d'un générateur solaire photovoltaïque élémentaire est très simple à réaliser. Il suffit de fixer les panneaux solaires préalablement occultés sur leur châssis orienté au sud (si hémisphère nord), de relier le régulateur de charge et les équipements destinataires (éteints) à la batterie, de coupler les modules au régulateur et de les découvrir. La fourniture d'énergie est alors immédiatement gérée par le régulateur et le système photovoltaïque est en ordre de fonctionnement.

Les utilisations communes des générateurs photovoltaïques sont classiquement subdivisées en courant continu (12, 24 ou 48 Volts DC) et en courant alternatif produit par un convertisseur (230 Volts AC monophasé ou 380 Volts AC triphasé). Dans certains cas, on ajoute une autre source d'énergie d'appoint au système photovoltaïque, on parle alors de système hybride. La mise en route de cette source auxiliaire peut être soit manuelle, soit déclenchée par le régulateur ou par le convertisseur munis d'un dispositif d'asservissement.

Loin du réseau électrique, la technique photovoltaïque satisfait couramment les besoins énergétiques à l'échelle d'une famille (générateurs individuels qu'ils s'adressent à un usage en électrification rurale ou en loisirs), d'une communauté (générateurs pour

électrification villageoise, pompage d'eau) et d'une entreprise (générateurs pour infrastructures industrielles). [4]

VI) Les types d'installations photovoltaïques

VI.1) L'installation électrique photovoltaïque autonome

En site isolé le champ photovoltaïque peut fournir directement l'énergie électrique nécessaire pour faire fonctionner les récepteurs (éclairage et équipement domestique). Un système de régulation et une batterie d'accumulateurs permettent de stocker l'énergie électrique en l'absence de soleil. Les batteries sont utilisées pour stocker l'énergie électrique sous une forme chimique. Elles restituent l'énergie électrique au besoin selon ses caractéristiques. Le régulateur de charge a pour fonction principale la protection de la batterie contre les surcharges et les décharges profondes. Il est un élément essentiel pour la durée de vie de la batterie.

La majorité des populations à l'écart des réseaux électriques vit dans des zones rurales, où l'implantation de tels réseaux est difficile, pour des raisons d'accès ou de moyens. Les systèmes photovoltaïques constituent alors une option intéressante, ils donnent aux populations un accès à l'électricité avec un coût, une maintenance et des difficultés de mise en œuvre réduits.

En site isolé on peut utiliser des récepteurs fonctionnant en courant alternatif. Dans ce cas, l'installation comprendra un onduleur. Un onduleur est un dispositif électronique et statique qui convertit le courant électrique continu en courant alternatif avec la fréquence souhaitée. [5]

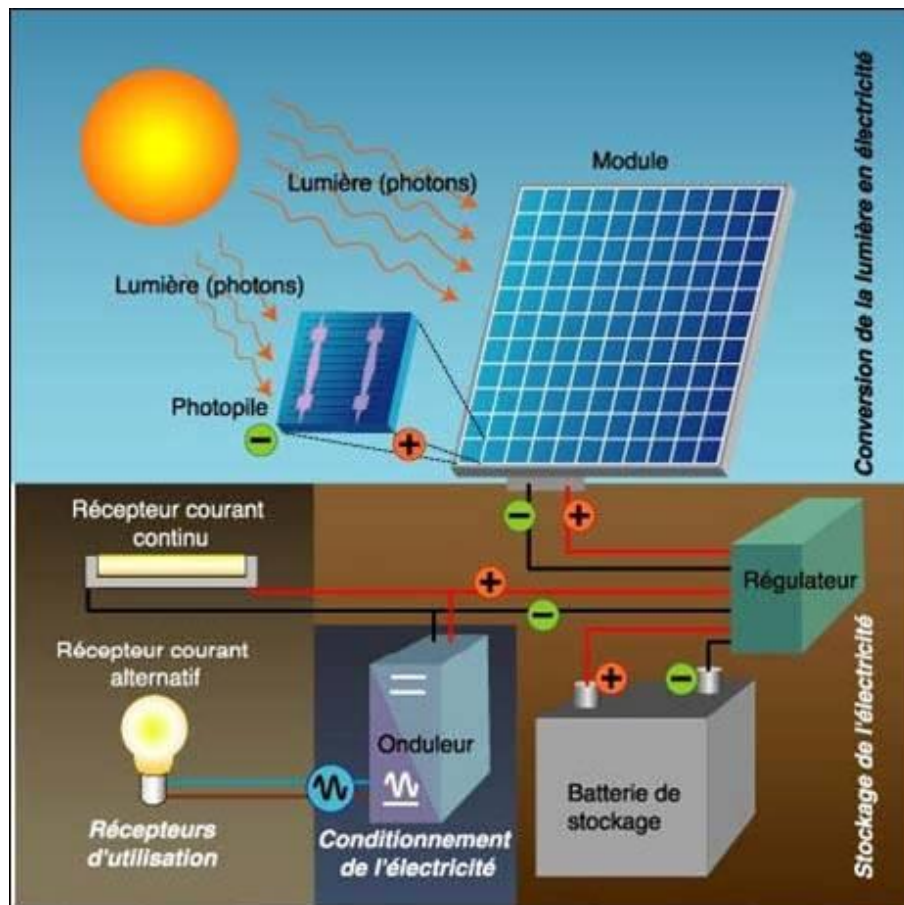


Figure 17 : Schéma général d'une installation autonome.

VI.2) L'installation électrique photovoltaïque raccordée au réseau

VI.2.1) L'installation photovoltaïque raccordée au réseau sans injection

La production électrique est consommée sur place par les appareils en cours de fonctionnement (autoconsommation). Si la production instantanée excède la consommation instantanée, l'excédent est injecté au réseau sans être comptabilisé.

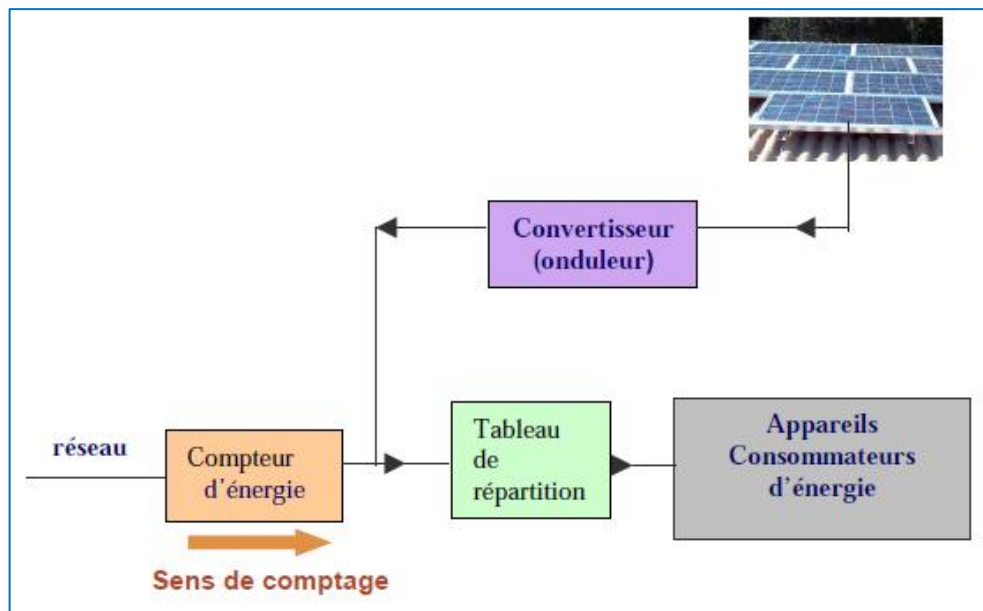


Figure 18 : Schéma d'une installation raccordée au réseau sans injection.

VI.2.2) L'installation photovoltaïque raccordée au réseau avec injection de la totalité

Par système photovoltaïque connecté au réseau avec injection de la totalité, on entend un système dont le champ photovoltaïque est couplé directement au réseau électrique à l'aide d'un convertisseur courant continu-courant alternatif.

Un générateur photovoltaïque d'injection dans le réseau se superpose simplement à l'installation électrique habituelle. Les deux systèmes (générateur photovoltaïque et réseau de fourniture d'électricité publique) fonctionnent de manière totalement indépendante. Cependant, la société traditionnelle de fourniture d'électricité est impliquée dans le projet. L'énergie est immédiatement injectée sur le réseau public. Après production de l'énergie par les modules photovoltaïques, elle transite par un onduleur d'injection réseau afin d'être transformée de courant continu en courant alternatif. Un compteur de non consommation permet d'éviter la consommation de l'énergie produite.

L'installation photovoltaïque raccordée au réseau peut être soit intégrée dans la structure du bâtiment (façade ou toiture), soit en sur imposition (ajoutée sur le bâtiment). En cas d'intégration, le surcoût peut être minime selon les cas.

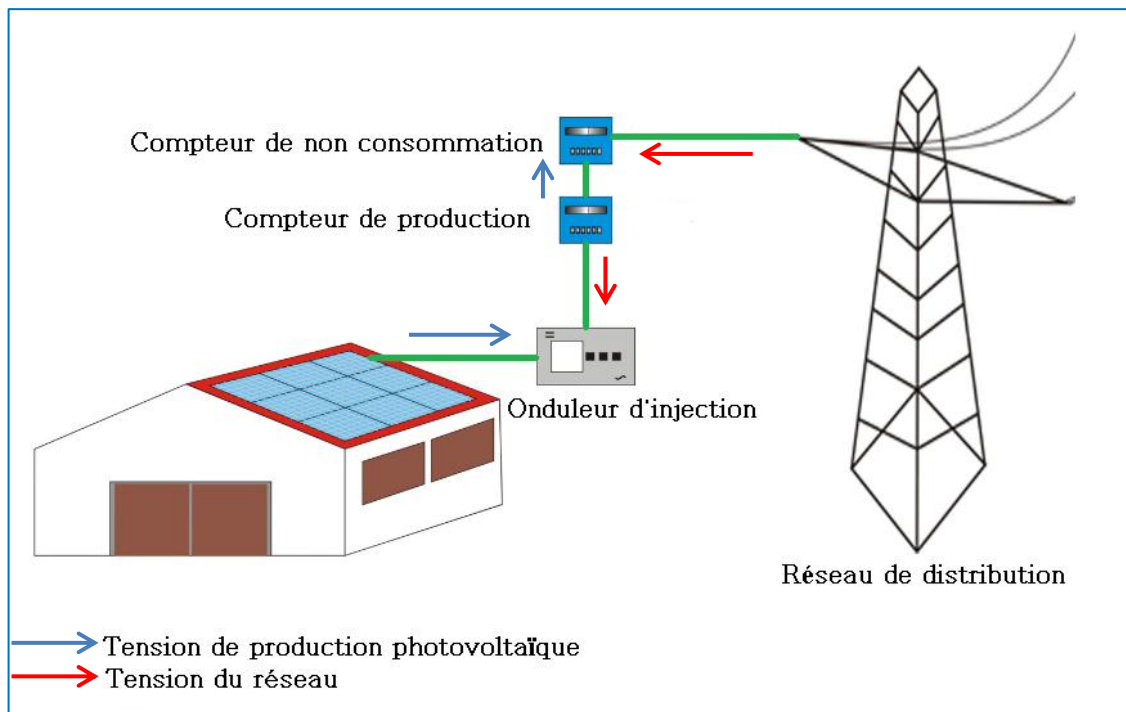


Figure 19 : Schéma d'une installation raccordée au réseau avec injection de la totalité.

VI.2.3) L'installation photovoltaïque raccordée au réseau avec injection du surplus:

C'est une installation photovoltaïque qui est connectée au réseau, tout en alimentant l'utilisateur en électricité en cas d'interruption de fourniture du réseau électrique traditionnel.

Après production de l'énergie par les modules photovoltaïques, elle transite par un onduleur d'injection réseau afin d'être transformée, de courant continu en courant alternatif. Une partie de la production est déroutée soit pour une consommation immédiate (en cas de coupure diurne), soit vers le parc de stockage d'électricité, grâce à l'onduleur chargeur. L'autre partie de la tension produite par les cellules photovoltaïques transite par le compteur de consommation classique puis est comptée, avant injection dans le réseau public de distribution. Un compteur de non consommation permet d'éviter la consommation de l'énergie produite.

Il est intéressant de constater que le besoin d'être « secouru » en cas de défaillances du réseau traditionnel, est la plupart du temps satisfait par l'ajout d'un groupe électrogène qui s'alimente de gasoil. Le solaire photovoltaïque propose pourtant la technologie permettant de satisfaire le même besoin, sans générer d'émissions de CO₂, dans le silence et sans utilisation d'énergies fossiles.

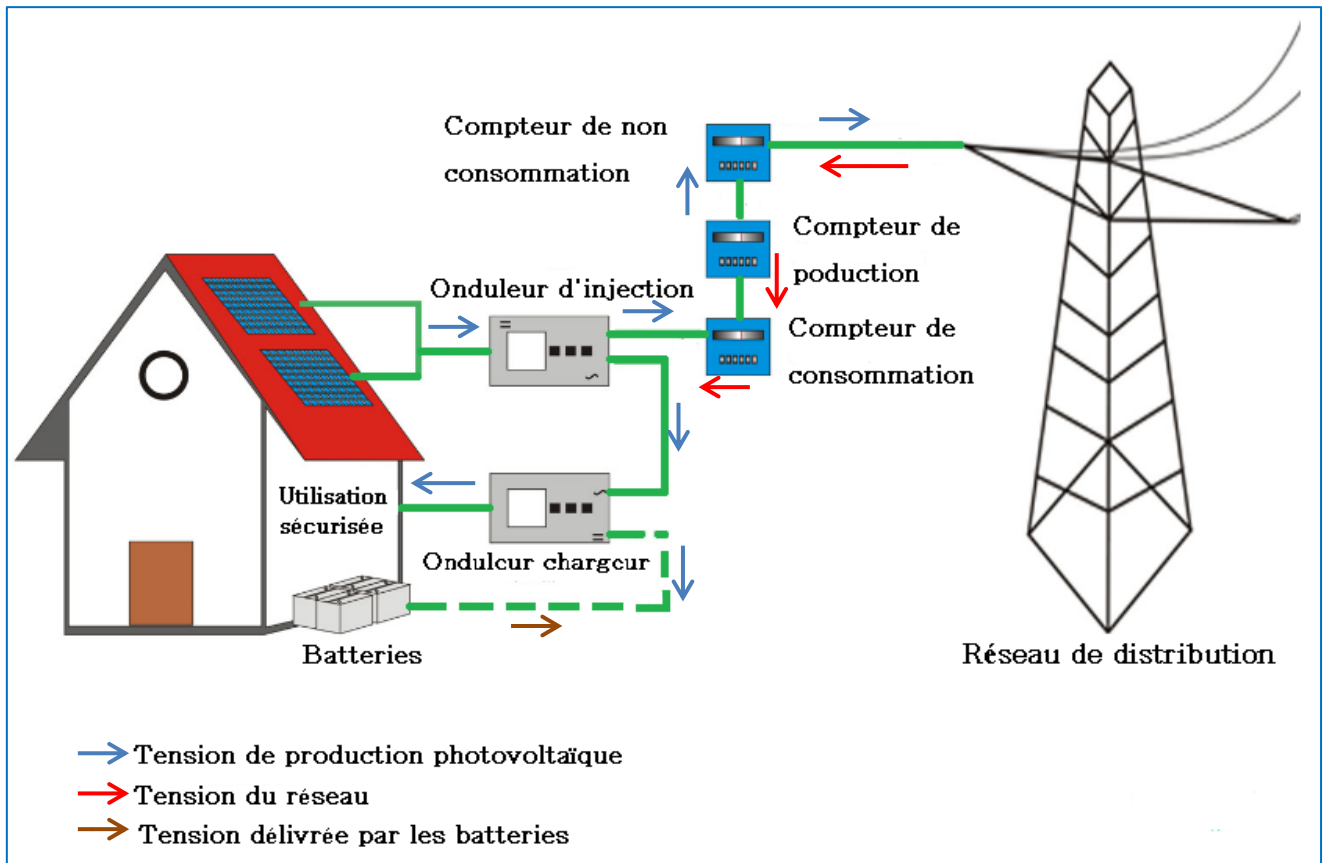


Figure 20 : Schéma d'une installation raccordée au réseau avec injection du surplus.

VII) Conclusion

Enfin on peut conclure que l'énergie photovoltaïque est devenue une nécessité incontournable, non seulement pour des raisons de protection de l'environnement, mais aussi pour des raisons économiques et des mesures de sécurité.

Donc il est temps de multiplier les efforts pour rendre cette énergie plus efficace, par exemple par le développement des DATA LOGGERS qui contribuent aux essais d'amélioration du rendement des panneaux solaires.

CHAPITRE III

REALISATION DE LA CARTE.

I) Introduction

Après qu'on a vu un aperçu général sur l'énergie solaire photovoltaïque et des initiations sur les DATA LOGGERS, on doit passer à la partie réalisation où on vira étape par étape la mise en œuvre de notre enregistreur de données, partant du schéma et arrivant au montage du circuit et son test.

II) Conception de la Carte

La carte qu'on veut réaliser a pour but l'enregistrement des paramètres du panneau solaire, c'est-à-dire la capture et le sauvegarde des données température ambiante, température des cellules, ensoleillement, courant et tension du panneau. La carte doit transmettre toutes ces données à un ordinateur afin de les visualiser et de les traiter ultérieurement.

Cette carte peut être divisée en deux parties, analogique et numérique.

La figure (21) présente un schéma synoptique de notre projet DATA LOGGER.

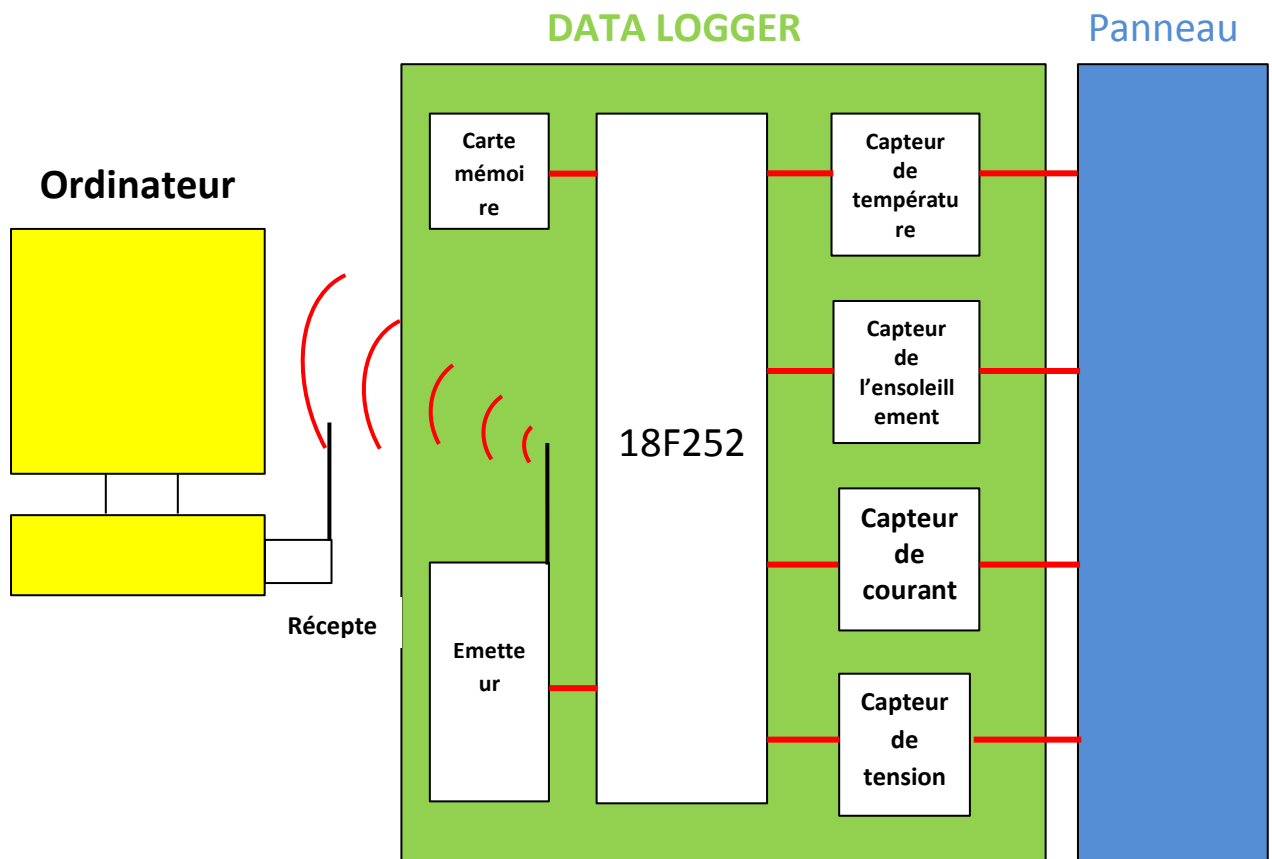


Figure 21 : Schéma synoptique du projet DATA LOGGER.

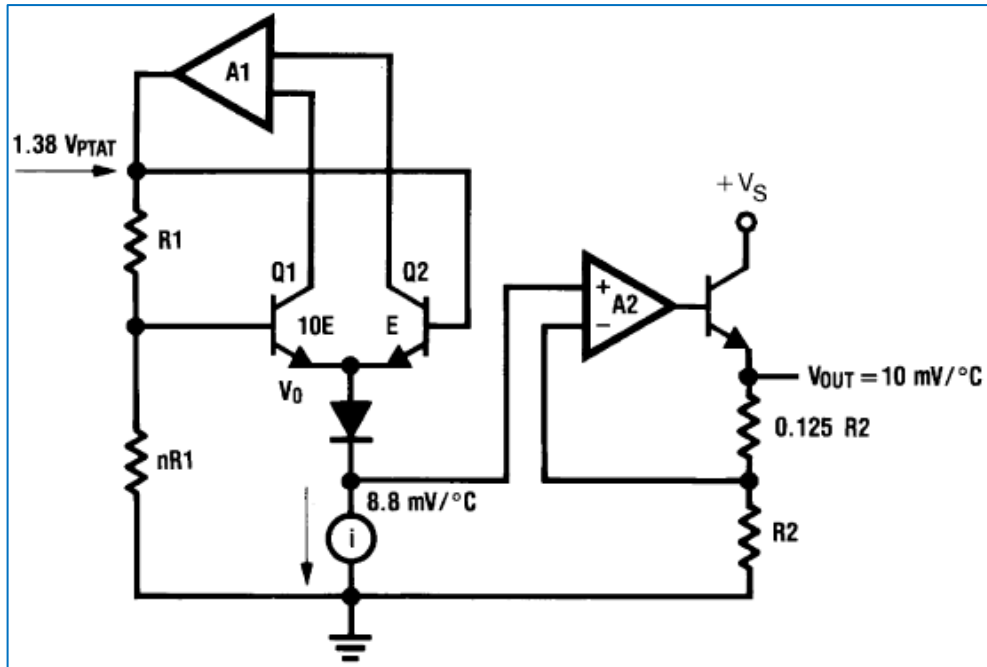


Figure 23 : Schéma de principe interne du capteur de température LM 35.

Le capteur LM35 dispose de la caractéristique linéaire $V_{\text{capteur}} = f(T^\circ)$ suivante :

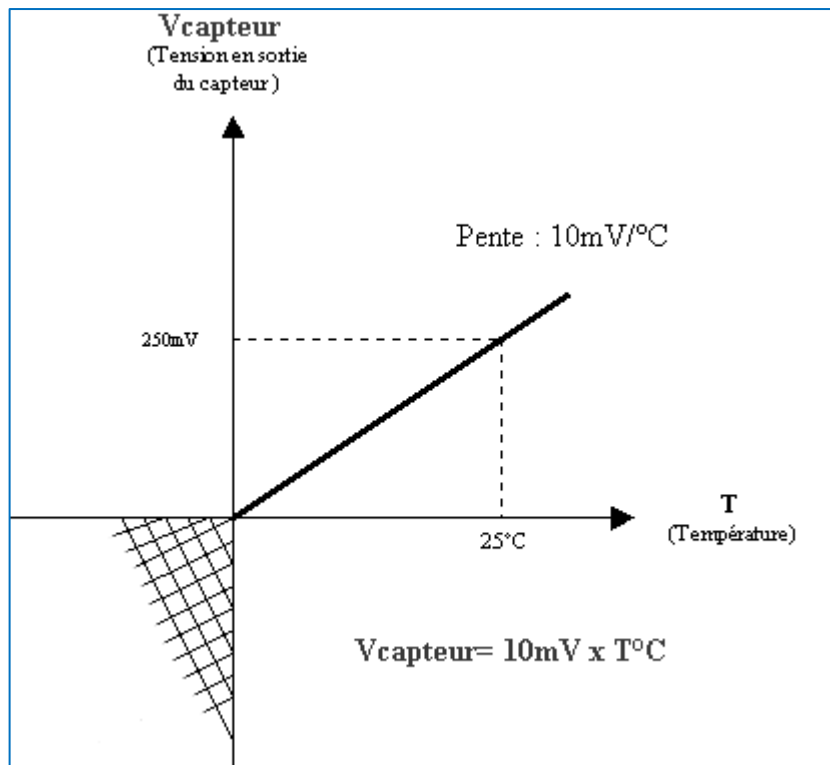


Figure 24 : Caractéristique $V_{\text{capteur}} = f(T^\circ)$ du LM35 DZ.

II.1.2) Capteur de l'ensoleillement

Il s'agit d'une cellule photovoltaïque le plus souvent sensiblement différente de celle utilisée pour les applications de conversion de l'énergie solaire en électricité car, bien que basée sur le même principe, son objectif est différent. Les cellules fournissant de l'électricité

pour une utilisation de puissance privilégie le rendement sur la plage de rayonnement la plus intense, c'est à dire le visible et le très proche infrarouge, tandis que les cellules vouées à la métrologie ont comme objectif la linéarité de la réponse sur une plage étendue de fréquence. Cela implique donc, d'une part, des dopages différents et, d'autre part, des revêtements superficiels différents puisque les cellules de puissance devant absorber le maximum de rayonnement possèdent un revêtement anti reflet chargé de piéger le maximum de photons sur la surface (en particulier les UV), alors que les cellules métrologiques doivent avoir un revêtement de protection le plus neutre possible.

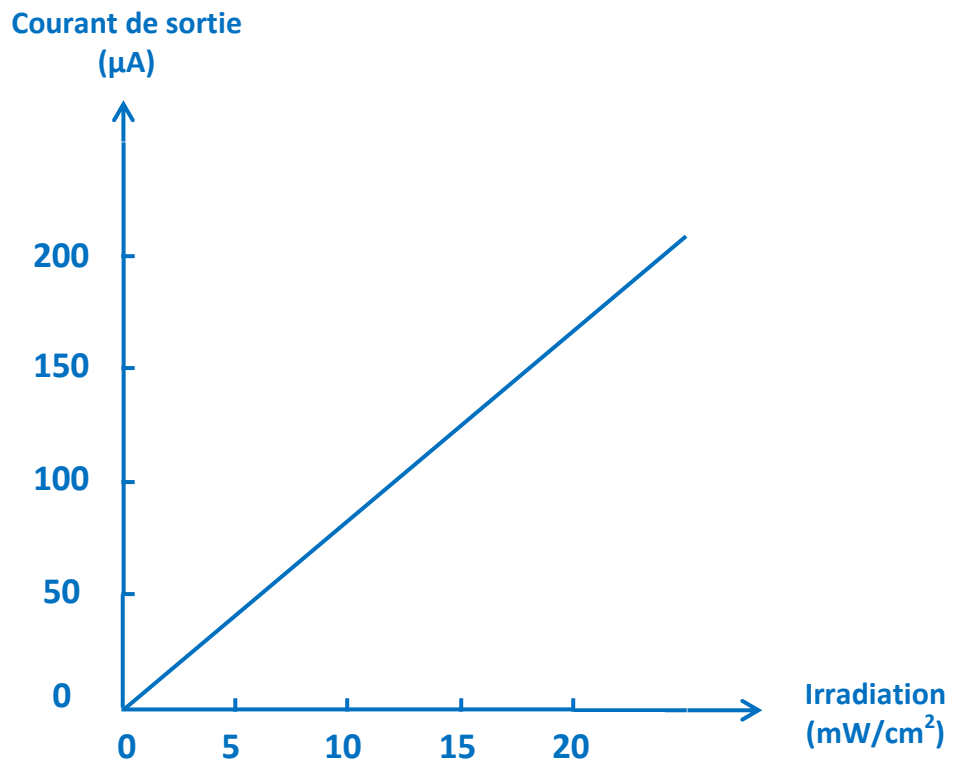


Figure 25 : Caractéristique (Courant de sortie – irradiation) d'une photodiode.

En utilisant la caractéristique (Courant de sortie – irradiation) d'une cellule photovoltaïque, on peut se servir du montage présenté dans la figure (26) comme capteur de l'ensoleillement.

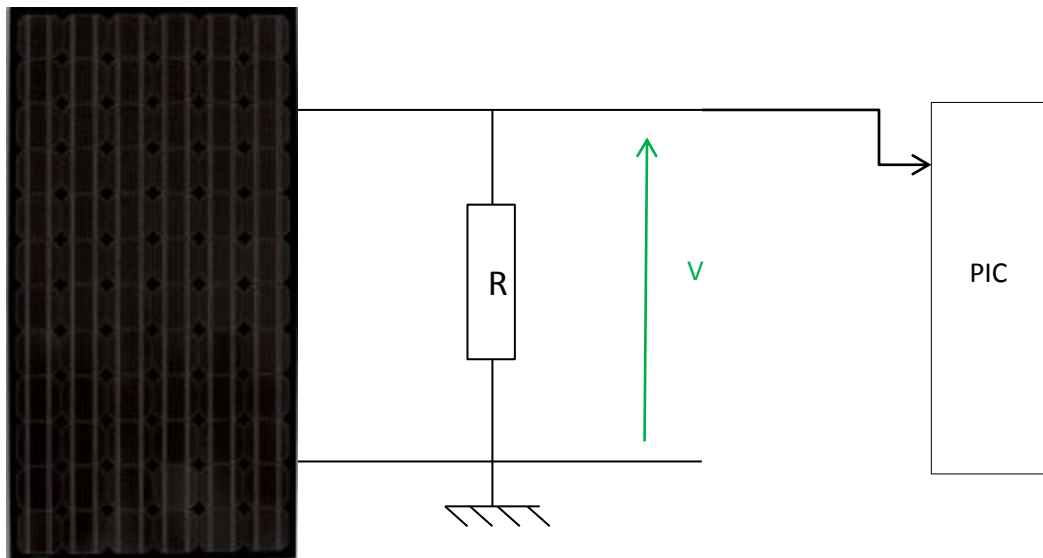


Figure 26 : Mesure de l'irradiation.

Pour une valeur de résistance $R = 1\Omega$.

On aura : $V = R \times I_{cc}$, d'où : $V = I_{cc}$.

II.1.3) Capteur de courant

Pour capturer le courant du panneau solaire on utilise le schéma de la figure (27).

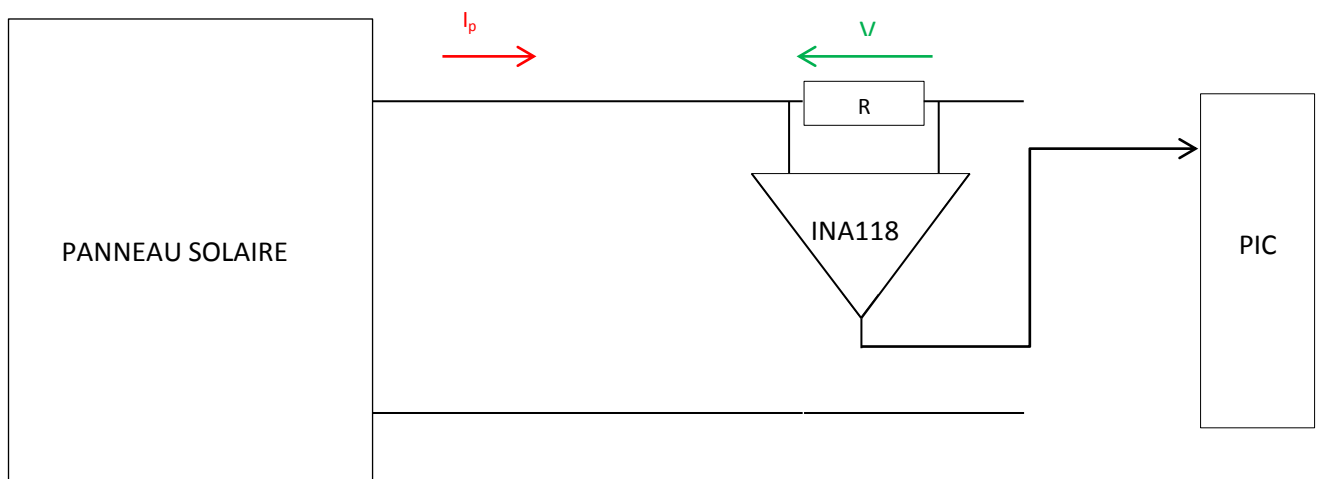


Figure 27 : Schéma de capture du courant.

On choisissant une résistance R faible, de l'ordre de 0.1Ω on aura :

$$V = R \times I_p = 0.1 \times I_p .$$

$$I_p = 10 \times V .$$

On peut augmenter la sensibilité du capteur de courant en ajoutant un amplificateur INA118 aux bornes de la résistance R .

L'INA118 est un instrument amplificateur d'usage universel, à puissance faible, offrant l'excellente exactitude. Sa conception basée sur trois amplificateurs opérationnels multiusages et sa petite taille font de lui l'idéal composant pour beaucoup d'applications. Une simple résistance externe fait varier n'importe quel gain de 1 à 10.000. La protection d'entrée interne peut résister jusqu'à $\pm 40V$ sans dommages. L'INA118 est équilibré par laser pour la très basse tension offset (50mV). [7]

Le tableau suivant résume les caractéristiques de l'INA118

Description	Valeur
Boîtier	SOIC
CCR Minimum	73dB
Courant d'alimentation Maximum	0.385mA
Courant de polarisation d'entrée Maximum	0.01 μ A
Gain en tension Maximum	80dB
Hauteur du produit	1.58mm
Largeur du produit	3.91mm
Longueur du produit	4.9mm
Nombre d'éléments par circuit	3
Nombre de broches	8
Nombre de canaux par composant	1
Résistance d'entrée Maximum	10000M Ω
Température de fonctionnement Maximum	125°C
Température de fonctionnement Minimum	-40°C
Tension d'alimentation double Maximum	$\pm 18V$
Tension d'alimentation Typique	$\pm 15V$

Tableau 1 : Caractéristiques de l'INA 118.

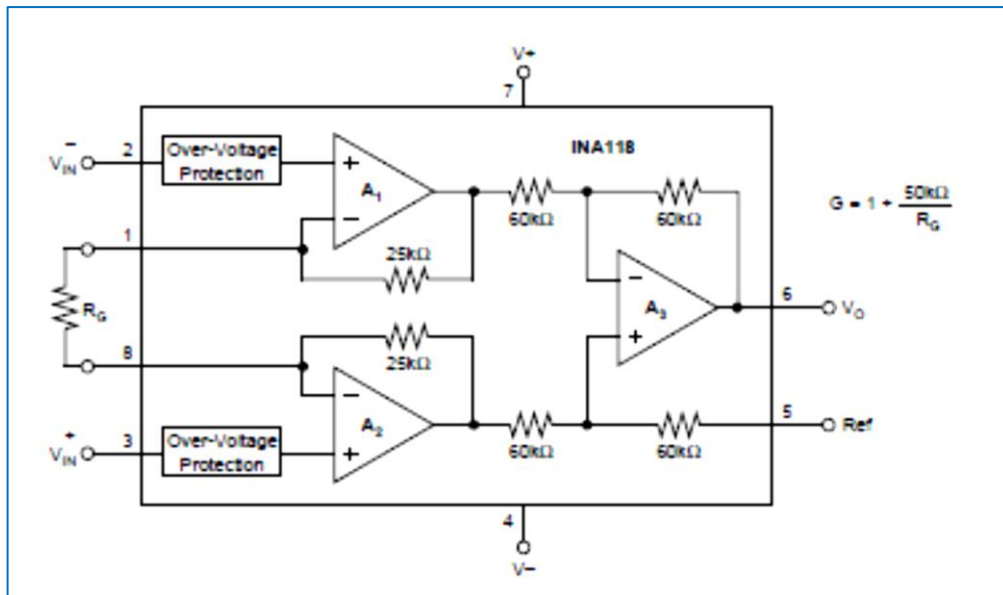


Figure 28 : Circuit interne de l'INA118.

II.1.4) Capteur de tension

Vu que la tension maximale que peut recevoir une pin du PIC 18f252 est 5 volts, il est impossible de connecter le panneau solaire directement à l'entrée du microcontrôleur. On doit donc utiliser un pont diviseur de tension comme atténuateur.

Le pont diviseur de tension est un montage électronique simple qui permet de diviser une tension d'entrée. Un circuit constitué de deux résistances en série est par exemple un montage élémentaire qui peut réaliser cette opération. Il est couramment utilisé pour créer une tension de référence ou atténuer un atténuateur de signal à basse fréquence.

Le schéma de la figure (29) montre le montage de mesure de tension.

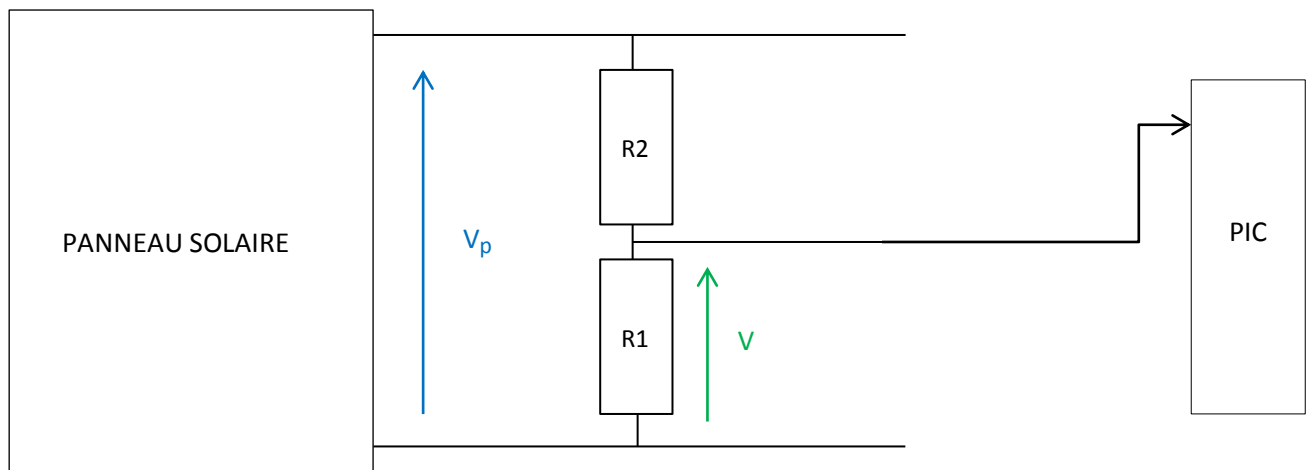


Figure 29 : Mesure de tension.

$$\text{On a : } V = V_p * \frac{R_1}{R_1+R_2}.$$

$$\text{On choisissant } R_1 \text{ et } R_2 \text{ tels que : } \frac{R_1}{R_1+R_2} = \frac{1}{10}. \text{ On aura : } V = \frac{V_p}{10}.$$

II.2) Partie numérique

II.2.1) Le PIC

Les microcontrôleurs PICs (ou PICmicro dans la terminologie du fabricant) forment une famille de microcontrôleurs de la société Microchip. Ces microcontrôleurs sont dérivés du PIC1650 développé à l'origine par la division microélectronique de General Instrument.

Le nom PIC n'est pas officiellement un acronyme, bien que la traduction en « Peripheral Interface Controller » (contrôleur d'interface périphérique) soit généralement admise. Cependant, à l'époque du développement du PIC1650 par General Instrument, PIC était un acronyme de « Programmable Intelligent Computer » ou « Programmable Integrated Circuit »

Un microcontrôleur est une unité de traitement de l'information de type microprocesseur à laquelle on a ajouté des périphériques internes permettant de réaliser des montages sans nécessiter l'ajout de composants annexes. Un microcontrôleur peut donc fonctionner de façon autonome après programmation.

Les PICs intègrent une mémoire de programme, une mémoire de données, des ports d'entrée-sortie (numériques, analogiques, MLI, UART, bus I²C, etc.), et même une horloge, bien que des bases de temps externes puissent être employées. Certains modèles disposent de port et unités de traitement de l'USB.

Les PICs se conforment à l'architecture Harvard : ils possèdent une mémoire de programme et une mémoire de données séparées. La plupart des instructions occupent un mot de la mémoire de programme. La taille de ces mots dépend du modèle de PIC, tandis que la mémoire de données est organisée en octets.

On a choisi pour notre DATA LOGGER le PIC 18F252 qui appartient à la famille des PICs 18F, Cette famille a un jeu d'instruction plus complet puisqu'il comprend quelques 75 instructions. Cette palette d'instructions étendue lui permet de faire fonctionner du code C compilé de manière nettement plus efficace que les familles précédentes. Sur les dernières

versions (sous-famille "K"), on peut les utiliser avec un quartz fonctionnant jusqu'à 64 MHz (16 MIPS).

Cette famille propose une multitude de dérivés intégrant l'USB, ETHERNET (MAC+PHY), le CAN, des canaux de MLI dédiés au contrôle moteur.

Le tableau (2) regroupe les principales caractéristiques du PIC 18F252.

Architecture du jeu d'instruction	RISC
Boîtier	SPDIP
CAN intégré	5-chx10-bit
Cœur du circuit	PIC
Fonction	Microcontrôleur
Hauteur du produit	3.3mm
I2C	1
Largeur du produit	7.24mm
Longueur du produit	34.67mm
Montage	Montage traversant
Nom de la famille	PIC18
Nombre de broches	28
Nombre de d'E/S Programmable	23
Nombre de Timers	4
Rythme d'horloge	40MHz
SPI	1
Taille de la RAM	1.5ko
Taille de mémoire programme	32ko
Taille du bus de données	8Bit
Taille mémoire étendue Maximum	2Mo
Température de fonctionnement Maximum	85°C
Température de fonctionnement Minimum	-40°C
Tension d'alimentation de fonctionnement Maximum	5.5V
Tension d'alimentation Typique	5V
Tension de fonctionnement Minimum	4.2V
Type d'interface	I ₂ C/SPI/USART
Type de mémoire de programme	Flash
USART	1
Vitesse Maximum	40MHz

Tableau 2 : Caractéristiques techniques du PIC 18F252.

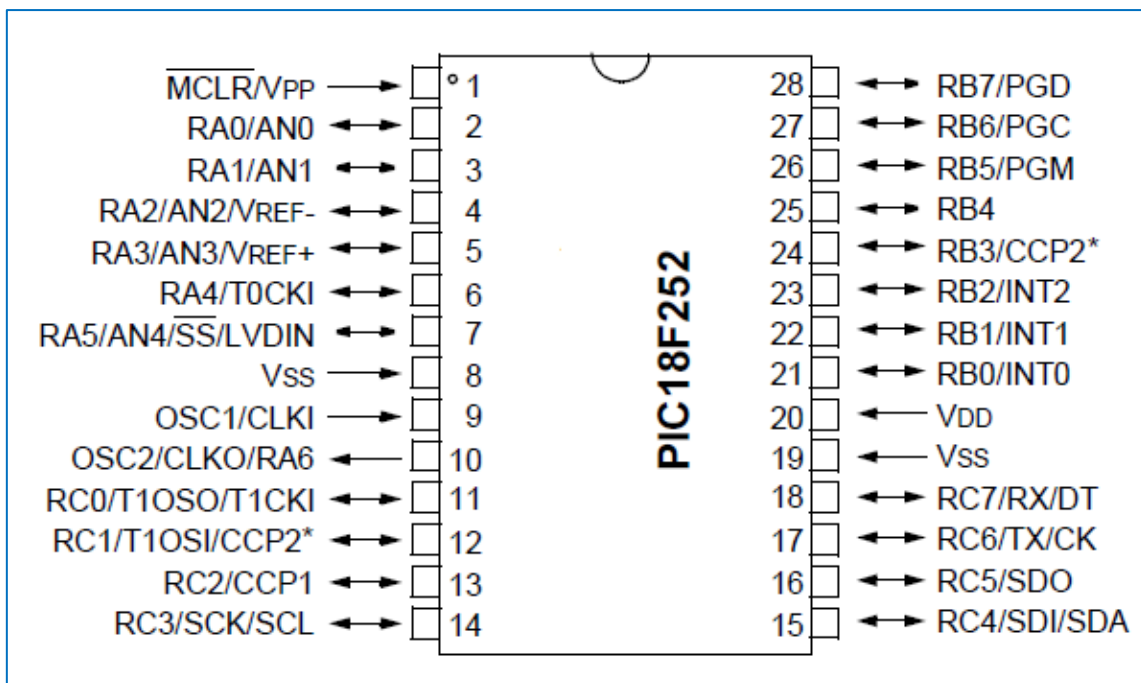


Figure 30 : Diagramme des pins du PIC 18F252. [8]

II.2.2) La carte MicroSD :

Le format MicroSD (ou Micro Secure Digital Card) est une des nombreuses interfaces utilisée dans le monde des cartes mémoire, et c'est aussi une des plus petites. Il s'agit d'une unité de stockage qui utilise de la mémoire flash et qui est dérivé du format Secure Digital. Le format MicroSD est le plus petit des dérivés des cartes SD. Les cartes MicroSD sont utilisées dans les téléphones mobiles, dans les assistants personnels et dans les Smartphones. On retrouve aussi des emplacements pour les cartes MicroSD dans certains baladeurs numériques et récepteurs GPS. Les emplacements pour les cartes MicroSD sont rarement présents dans les lecteurs de cartes mémoire, il est généralement nécessaire d'utiliser un adaptateur vers les cartes SD ou un adaptateur vers l'USB.

Les cartes MicroSD sont dérivées des cartes SD (comme les MiniSD) et utilisent exactement la même interface, seul le format physique est différent. Une carte MicroSD peut donc être lue et écrite dans un lecteur SD à travers un simple adaptateur mécanique. Ce dernier permet d'effectuer une correspondance entre les connecteurs des cartes MicroSD et des cartes SD. De même, les cartes MicroSD peuvent être utilisées dans un emplacement MiniSD à travers un adaptateur.

Le format MicroSD est très courant, et les constructeurs de téléphones mobiles utilisent de plus en plus cette interface. De plus, les assistants personnels (PDA), les assistants de navigation personnels (PND) ou les Smartphones utilisent aussi cette interface. Enfin,

quelques baladeurs numériques proposent la possibilité d'utiliser des cartes MicroSD pour augmenter leur capacité mémoire.

La carte MicroSD possède les caractéristiques techniques suivantes :

Description	Valeur
Dimensions	11 mm x 15 mm x 1 mm [4] soit 165 mm ³
Connecteur	8 pins
Tension de fonctionnement	3,3 V
Largeur du bus de données	1 ou 4 bits
Fréquence d'horloge du bus	25 ou 50 MHz
Taux de transfert maximal des cartes	25 Mo/s
Capacité maximale des cartes	2 Go ou 64 Go (MicroSD ou MicroSDHC)

Tableau 3 : Caractéristiques techniques d'une carte MicroSD.

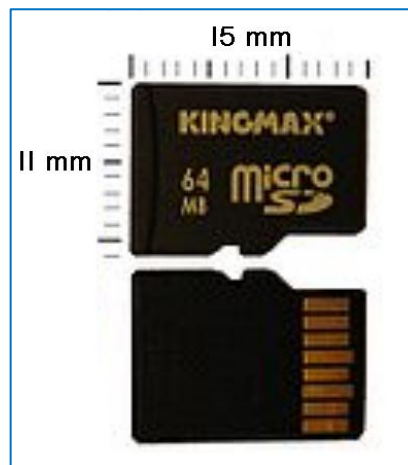


Figure 31 : Les deux faces d'une carte MicroSD.

II.2.3) Le régulateur de tension LM317/TO92

Le régulateur de tension LM317 est un circuit intégré capable de fournir une tension régulée allant de 1,2V à 37V avec une intensité de 1,5A. Sa mise en œuvre ne demande que deux résistances. Les caractéristiques à retenir pour pouvoir l'utiliser correctement sont :

- Le régulateur induit une chute de tension entre la tension V_{in} d'entrée et la tension V_{out} de sortie d'environ 3V. Par exemple si on a besoin de 4,5V en sortie il faudra fournir au moins 7,5V au LM317. La tension de sortie ne peut bien évidemment pas être supérieure à la tension d'entrée.

- Plus la différence de tension est élevée, plus le régulateur chauffe. Par exemple si l'on veut une tension de sortie de 2V, il sera préférable d'alimenter le régulateur en 5V plutôt qu'en 12V.
- Plus la consommation est importante, plus le régulateur chauffe, il peut être nécessaire de fixer un petit dissipateur thermique sur le dos du LM317.
- La languette métallique du boîtier avec le trou de fixation est connectée à V_{out} . Il faudra faire attention à l'isoler électriquement pour éviter le court-circuit (surtout quand un dissipateur y est fixé).
- Le régulateur est protégé contre le court-circuit (mais pas trop quand même!).



Figure 32 : Régulateur de tension LM317 boîtier TO92.

Voici quelques caractéristiques du LM317 :

Description	Valeur
Tolérance de tension de sortie garantie	1% (LM317A)
Régulation de ligne max garantie	0,01% / V (LM317A)
Régulation de charge max garantie	0,3% (LM117)
Courant de sortie garanti	1.5A
Sortie réglable jusqu'à	1,2 V

Tableau 4 : Caractéristiques techniques du LM317. [9]

II.2.4) L'émetteur FSI000A :

Le FSI000A est le meilleur émetteur utilisé dans les transmissions à courte portée (> 200 mètres), il a une taille miniature de 19 x 19 x 10 mm et une faible consommation d'énergie (typique: 1uA en l'absence de transmission).

Ca plage de température de fonctionnement large (de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$) fait de lui le composant idéal pour transmettre les données enregistrées par le DATA LOGGER vers un ordinateur à distance.



Figure 33 : L'émetteur FSI000A. [10]

Le tableau (5) présent les principales caractéristiques de l'émetteur FSI000A :

caractéristique	minimale	typique	maximale	unité
Tension de fonctionnement	2.8	5	8	V
Consommation de courant (pendant l'émission)	2.7	12	18	mA
Température de fonctionnement	-10	25	70	$^{\circ}\text{C}$
Fréquence de transmission	-	315 - 435	-	MHz
Taux de données	-	4	-	kb/s
Transmission de puissance	-	30	-	mW

Tableau 5 : Les principales caractéristiques de l'émetteur FSI000A. [9]

L'émetteur a trois pins et une sortie ; la sortie est à relier à une antenne de longueur de 18 cm, la pin à gauche représente l'entrée des données à envoyer , la pin à droite est la masse et la pin au milieu a comme rôle, l'alimentation de l'émetteur.

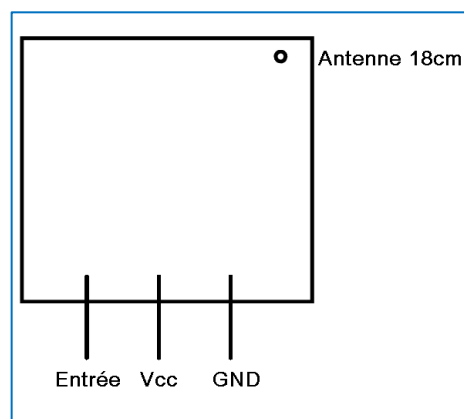


Figure 15 : Brochage de l'émetteur FSI000A. [10]

II.2.5) Le récepteur RXB1

Le RXB1 est un module récepteur radio qui prend un signal radio avec ses données modulées en ASK (Amplitude Shift Keying) et le transforme à des zéros et des uns logiques pour qu'il soit traité ou exploité. Il s'agit d'un module petit, mais il fait un bon travail. Le RXB1 est largement utilisé dans des applications diverses, tel que : le système d'alarme de voiture, le système d'alarme de moto, le champ de sécurité à l'intérieur d'une maison et la commande automatique de commutateur électrique.

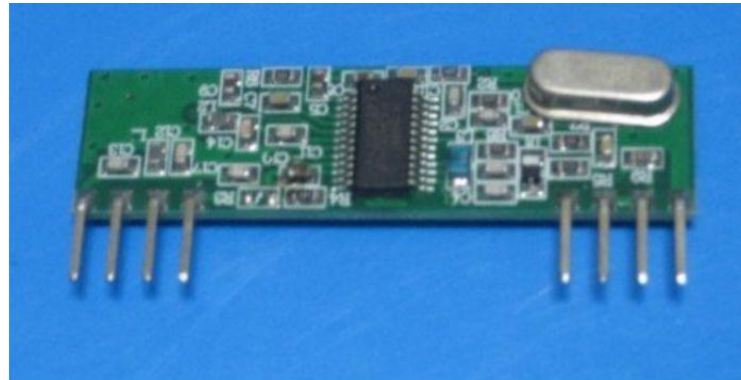


Figure 34 : Récepteur radio RXB1.

Le tableau (6) présente les principales caractéristiques du récepteur RXB1:

Description	Valeur
Tension	5V
Courant	2-3mA
Fréquence	315MHz, 433.92MHz
Sensibilité	-105dBm
Débit	4.8Kbps
Température de fonctionnement	-20 à 70°C
Dimension	43mm (L) 12mm (W)*5mm (H)
Longueur d'antenne	22.6cm pour 315MHz ; 18 cm pour 433.92MHz

Tableau 6 : Les principales caractéristiques du récepteur RXB1.

La figure (35) présente un schéma synoptique de branchement d'un RBX1 avec un PIC :

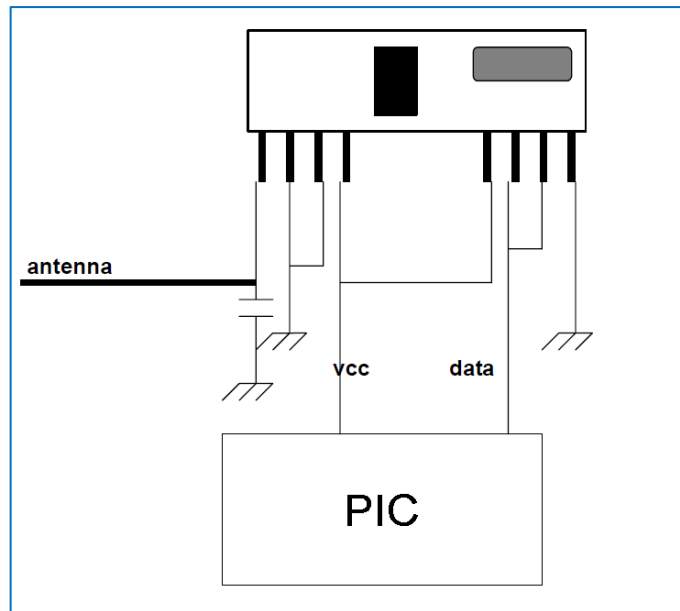


Figure 35 : Branchement du RBX1 avec le PIC. [11]

III) Programmation du PIC

Dotés d'une logique programmée, les microcontrôleurs sont capables de réagir à l'environnement à la manière d'automates programmables, leurs propriétés ne se limitent pas à offrir un certain nombre d'entrées sorties logiques. Ils sont parfois dotés de fonctions supplémentaires telles que la conversion analogique numérique, l'horloge et le comptage rapide. Ces fonctions sont exploitées par la programmation du microcontrôleur en utilisant un langage de haut niveau ou un langage assembleur.

Dans notre cas, on va programmer le PIC en utilisant le langage de haut niveau C qui permet d'alléger considérablement le développement d'une application, et cela en respectant les étapes de programmations suivantes :

- L'élaboration de l'organigramme décrivant le fonctionnement du programme.
- La création du code source C du programme.
- La compilation du programme.
- Le chargement du programme sur le PIC.
- La simulation du programme.

III.1) Le langage C

Le langage C est apparu au cours de l'année 1972 dans les Laboratoires Bell. Il était développé en même temps que l'UNIX, par Dennis Ritchie et Kenneth Thompson.

Kenneth Thompson avait développé un prédécesseur de C, le langage B, qui est lui-même inspiré de BCPL. Dennis Ritchie a fait évoluer le langage B dans une nouvelle version suffisamment différente pour qu'elle soit appelée C.

Par la suite, Brian Kernighan aida à populariser le langage. Il procéda aussi à quelques modifications de dernière minute.

En 1978, Brian Kernighan fut notamment le principal auteur du livre *The C Programming Language* décrivant le langage enfin stabilisé ; Ritchie s'était occupé des appendices et des exemples avec Unix.



Figure 36 : Kenneth Thompson et Dennis Ritchie.

Le C est un langage de programmation impératif conçu pour la programmation système. Il est devenu l'un des langages les plus utilisés. De nombreux langages plus modernes comme C++, Java et PHP reprennent des aspects de C.

Les caractéristiques du C en font un langage privilégié quand on cherche à maîtriser les ressources utilisées, le langage machine généré par les compilateurs étant relativement prévisible et parfois même optimal sur les machines d'architecture RISC à grand nombre de registres. Ce langage est donc extrêmement utilisé dans des domaines comme la programmation embarquée sur microcontrôleurs, les calculs intensifs, l'écriture des systèmes d'exploitation et tous les modules où la rapidité de traitement est importante. Il constitue une bonne alternative au langage d'assemblage dans ces domaines, avec les avantages d'une syntaxe plus expressive et de la portabilité du code source.

III.2) Le compilateur mikroC PRO

Créer par mikroElektronika, mikroC PRO est un compilateur "C" monoposte pour microcontrôleurs PIC bénéficie d'une prise en main très intuitive et d'une ergonomie sans faille. Ses très nombreux outils intégrés (mode simulateur, terminal de communication Ethernet, terminal de communication USB, gestionnaire pour afficheurs 7 segments, analyseur statistique, correcteur d'erreur, explorateur de code, mode Débug ICD...) associé à

sa capacité à pouvoir gérer la plupart des périphériques rencontrés dans l'industrie (Bus I2C™, 1Wire™, SPI™, RS485, Bus CAN™, USB, gestion de cartes compact Flash et SD™/MMC™, génération de signaux PWM, afficheurs LCD alphanumériques et graphiques et 7 à Leds segments, etc...) en font un outil de développement incontournable.

Cette nouvelle version dispose de très nombreuses améliorations: nouvelles variables utilisables, nouvelle interface IDE, amélioration des performances du linker et de l'optimisateur, cycle de compilation plus rapide, code machine généré plus compact (jusqu'à 40 % suivant les cas), nouveaux PIC supportés, environnement de développement encore plus ergonomique, nouveaux exemples d'applications, ...etc.

Le grand nombre de bibliothèques pour périphériques fournies accélère l'écriture de programmes complexes avec mikroC. Comme bibliothèques de communication on trouve, parmi d'autres, Ethernet, I2C, RS-232/485, PS/2, CAN ou encore SPI. Sinon il y a des bibliothèques pour le stockage (EEPROM, carte MMC/SD/compact flash, etc.), pour l'interface homme-machine (clavier, afficheur graphique ou alphanumérique, son, USB, etc.), des bibliothèques de commande (PWM, E/S, etc.) et d'autres encore.

La grande collection d'exemples pratiques qui mettent en œuvre les bibliothèques, ainsi que la documentation étendue, permettent d'arriver rapidement à un programme fonctionnel sans trop se perdre dans les registres du microcontrôleur ou du périphérique. [12]

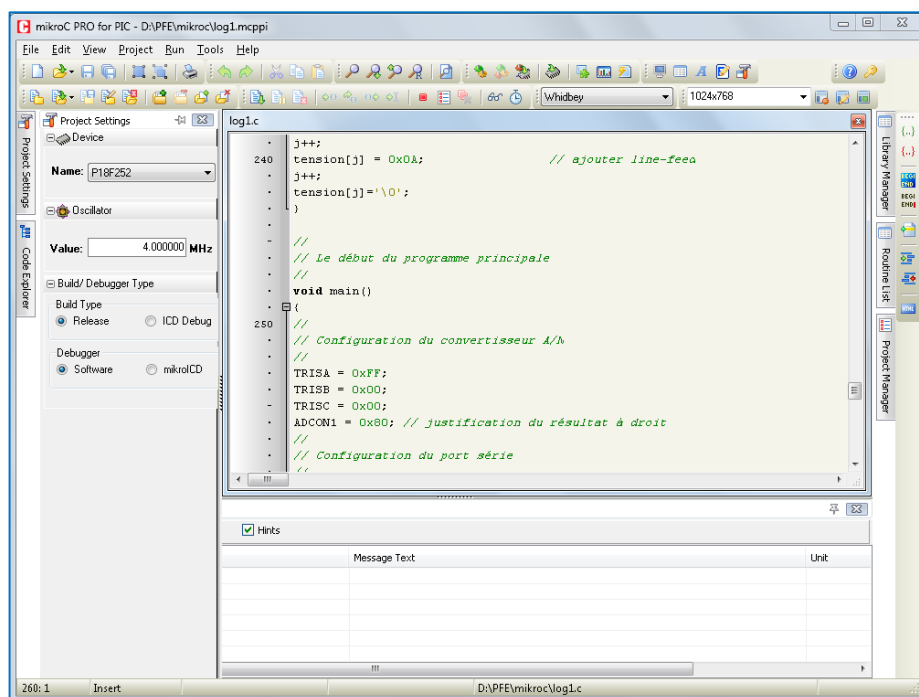


Figure 37 : Fenêtre du compilateur MikroC PRO pour PIC.

III.3) Le programmeur de PIC PICFLASH

Le PICFLASH est un logiciel qui accompagne mikroC PRO et qui permet de charger le fichier programme au format (.hex) généré par le compilateur MikroC PRO dans le microcontrôleur.

Le microcontrôleur a programmé devrait être branché sur la carte de développement EASYPIC qui contient un bloc de programmation hardware des PICs. Il est très recommandé de formater le PIC avant toute nouvelle programmation, pour ce faire on appui sur l'icône Erase.

L'opération de programmation du PIC commence par le chargement du fichier programme (.hex) en appuyant sur l'icône Load et en sélectionnant l'emplacement du fichier dans la fenêtre qui s'affiche par la suite. En fin on termine l'opération par l'appui sur l'icône Write. [13]

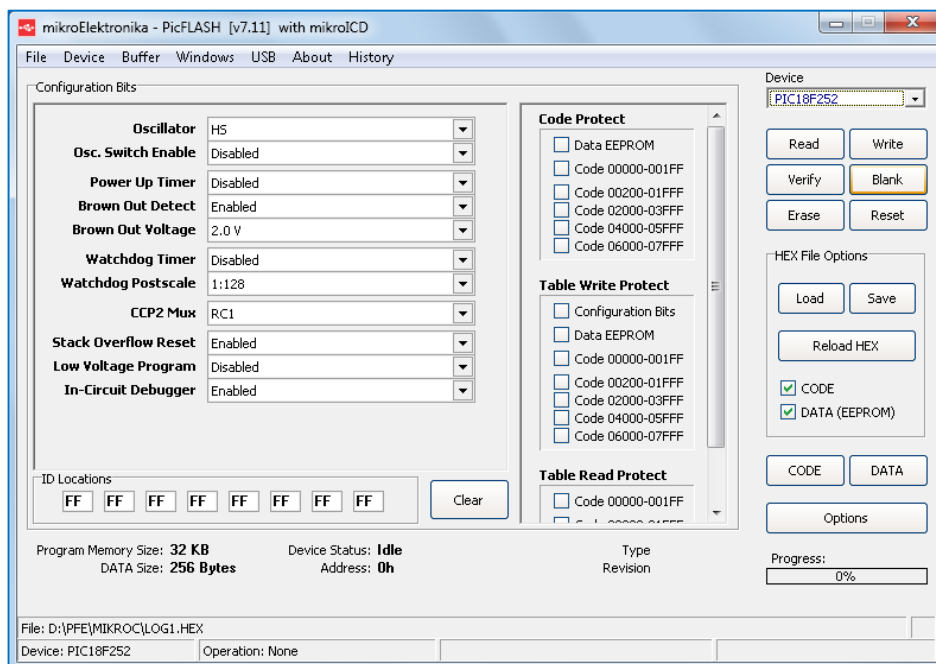


Figure 38 : Fenêtre de PICFLASH.

III.4) La carte de développement EASYPIC5

La carte EASYPIC5 est probablement l'outil de développement pour microcontrôleurs doté du meilleur rapport qualité / prix / possibilités / performances du marché. Cette carte dispose d'un programmeur à connexion USB intégré qui permet de télécharger les programmes développés en assembleur ou avec n'importe quel type de compilateur pour PIC dans un microcontrôleur vierge 8, 14, 18, 20, 28 ou 40 broches placé sur un des supports prévus à cet effet. La programmation se fait sans BOOT Loader, c'est à dire que vous pouvez placez un PIC vierge sur la platine et procéder immédiatement à sa programmation.

La carte est livrée de base avec un microcontrôleur PIC16F877A pouvant être cadencé jusqu'à 20 MHz et des afficheurs LCD alphanumérique et graphique rétro-éclairés bleus.

La carte dispose également d'un étage débogueur ICD intégré qui permet lors du développement des applications à l'aide des compilateurs mikroBASIC, mikroC ou mikroPASCAL de vérifier sur l'écran du PC les valeurs des variables, les valeurs des registres spéciaux (SFR) ou encore l'état de la mémoire EEPROM pendant l'exécution du programme afin de bénéficier d'un outil de mise au point extrêmement puissant et performant. [14]

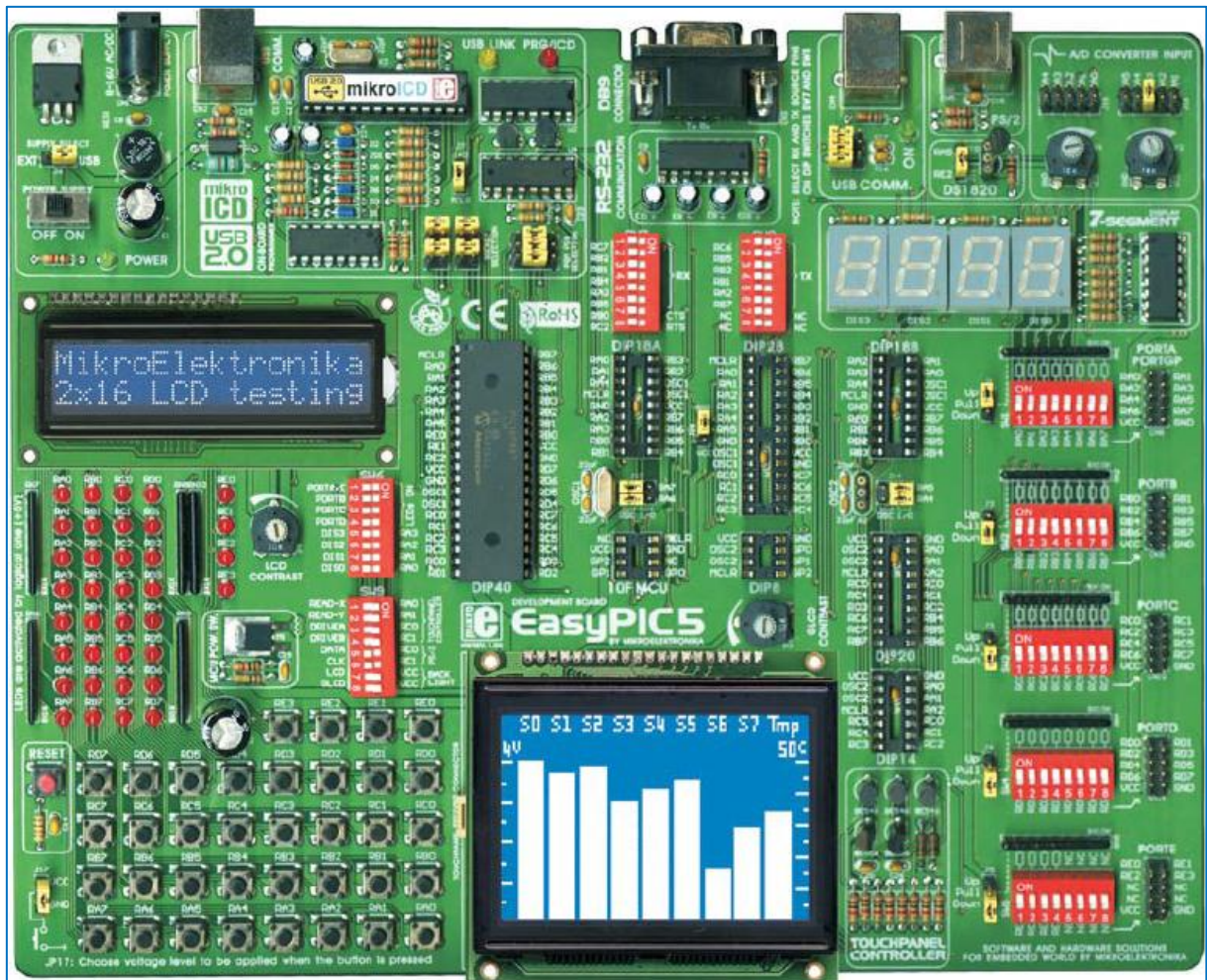


Figure 39 : La carte de développement EASYPIC5. [14]

III.5) Le fonctionnement du programme

On va programmer le pic 18F252 pour gérer le fonctionnement du DATA LOGGER. Ce programme écrit en langage C peut être divisé en trois parties essentielles.

III.5.1) Les initialisations

Dans cette partie, on s'intéresse aux différents initialisations et configurations qui nous permettent d'utiliser le PIC et les composants du circuit dans les normes imposées par les constructeurs.

Au début de notre programme, on opte pour les initialisations et les configurations suivantes :

- Le port A est en entrée pour recevoir les données provenant des capteurs, les ports B et C sont en sortie pour envoyer les données vers la carte mémoire et le PC. (TRISA = 0xFF; TRISB = 0x00; TRISC = 0x00;).
- Pour le convertisseur A/N du PIC, les pins du port A sont des entrées analogiques, et la justification des résultats est à droit (ADCON1 = 0x80).
- Le baud rate du port série de l'UART est 115200.

UART : pour (Universal Asynchronous Receiver Transmitter), utilisé dans les communications séries basé sur RS232 entre deux dispositifs électroniques.

Baud rate : dans la communication série la transmission démarre si la pin Tx du PIC est à zéro et la réception démarre si la pin Rx du PIC est à un. Chaque caractère est envoyé sous forme de paquet de dix bits, un bit de démarrage (vaut 0), huit bits du caractère en code ASCII et un bit d'arrêt (vaut 1), et le baud rate présente le nombre des bits envoyés par seconde. [15]

Après la configuration du port série, il faut ajouter un retard pour la préparation de l'UART. Un retard de 10 millisecondes est largement suffisant.

- Initialiser le bus SPI avec les paramètres : mode de travail, intervalle d'échantillon de données (au milieu ou à la fin), horloge et front de transmission (montant ou descendant).

Le module SPI (Serial Peripheral Interface) est une interface série intégré dans le microcontrôleur et qui facilite la connexion avec d'autres dispositifs tels que : le convertisseur A/N, le convertisseur N/A, le MAX7219 et l'LTC1290.

Certain PICs de la famille 18F possède plusieurs modules SPI. Pour sélectionner un module, on utilise la fonction (SPI_Set_Active).

- Initialiser le bus de la carte SD pour qu'elle utilise le module SPI pour la communication en utilisant la fonction (Mmc_Init) qui retourne 1 si la carte SD est détectée et bien initialisée, et 0 dans le cas contraire.
- Initialiser le fichier système FAT en utilisant la fonction (Mmc_Fat_Init) qui permet de savoir si la carte SD est formatée en fichier system 16FAT ou non.

III.5.2) Les fonctions

Dans les programmes longs, il est préférable d'utiliser des fonctions ou des sous-routines qui exécutent des opérations bien déterminées, pour rendre le programme facile, éviter la répétition des mêmes parties du programme et diminuer le temps d'exécution.

On va utiliser dans notre programme les principales fonctions suivantes :

Newline : déplace le curseur vers le début de la ligne suivante.

Space : crée un espace entre une chaîne de caractères et une autre.

Moyenne : cette fonction lit dix fois la tension aux bornes d'une pin, avec un retard de cinq millisecondes entre une lecture et une autre et retourne à la fin la moyenne des valeurs lues.

LongToStr : convertit une valeur donnée vers une chaîne de caractères adaptable avec le format de données du bus de transfert des informations.

Get_tempamb : convertit la valeur retournée par la fonction Moyenne vers une valeur numérique et calcule la température ambiante correspondante et l'affecte à la variable Vin. Le résultat (partie décimale plus partie fractionnelle) est sauvegardé sous forme d'une chaîne des caractères dans le tableau tempamb.

Les fonctions Get_tempcell, Get_enseillement, Get_courant et Get_tension ont le même fonctionnement que la fonction Get_tempamb, mais pour le calcul de la température des cellules, l'enseillement, le courant et la tension respectivement.

III.5.3) Le programme principal

En allumant le DATALOGGER, le PIC cherche dans la carte mémoire un fichier qui porte le nom " DONNEESL.TXT ", s'il le trouve, il l'ouvre et positionne le curseur à la fin du fichier pour enregistrer des nouvelles valeurs, sinon il le crée en utilisant la fonction (Mmc_Fat_Assign).

Avant chaque enregistrement de données, le message suivant "Nouvelle sauvegarde de données" est envoyé au fichier " DONNEESL.TXT " en utilisant la fonction (Mmc_Fat_Write), ainsi en notant le temps d'allumage du DATA LOGGER et en calculant le nombre des messages enregistrés, l'utilisateur peut avoir la minute, l'heure, le jour et le mois d'enregistrement d'une donnée.

Chaque dix minutes, le pic lit dix fois la température ambiante, la température des cellules, l'enseillement, le courant et la tension du panneau solaire avec un arrêt de cinq millisecondes entre une lecture et une autre, après il calcule la moyenne de chaque paramètre et l'enregistre dans le fichier " DONNEESL.TXT " dans la carte mémoire se trouvant à l'intérieur du DATA LOGGER en utilisant la fonction (Mmc_Fat_Write).

Chaque fois que le pic enregistre les paramètres dans la carte mémoire, il incrémente une variable L de un, et au bout de six incréments, on sera exactement à une heure du dernier envoi du fichier " DONNEESL.TXT ". Chaque une heure, le contenu du fichier " DONNEESL.TXT " est envoyé par wifi vers un ordinateur à l'aide d'un émetteur (FSI000A) en utilisant la fonction (UART1_Write). La réception de données se fait à l'aide du récepteur (RBX1), à condition que l'ordinateur soit allumé pour alimenter ce dernier.

Après l'envoi du fichier, le programme se branche sur l'étiquette (Demarrer) pour répéter les étapes précédentes.

III.6) L'organigramme

On va regrouper dans l'organigramme qui suit, les principales étapes de fonctionnement du programme.

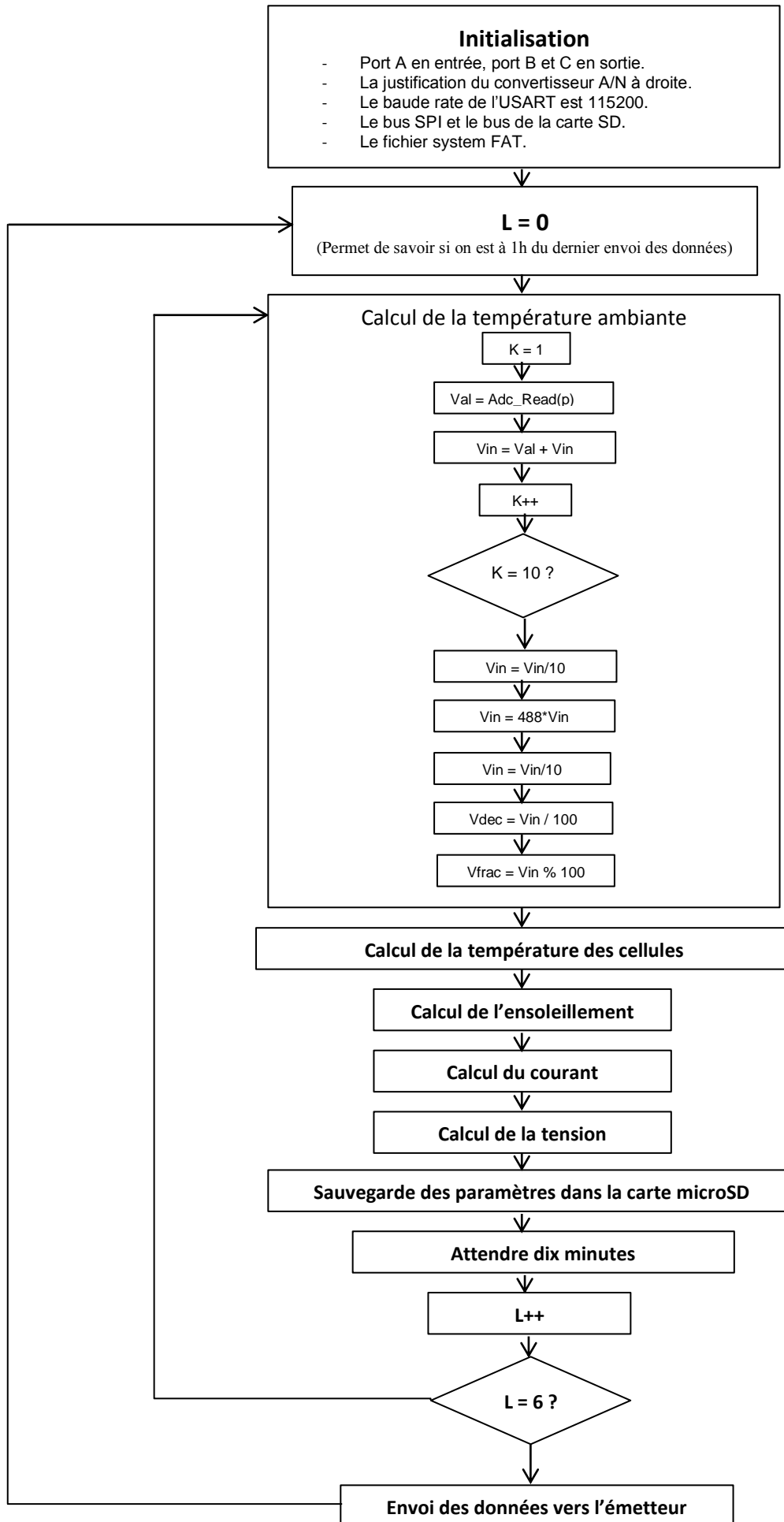


Figure 40 : L'organigramme du programme.

V) Tests

Dans cette partie, on parlera de l'outil software qui nous permet de lire les données enregistrées par le DATA LOGGER et reçues par le récepteur RXB1. On vira aussi quelques exemples pratiques auxquels nous aboutissant si et seulement si on a suivi les étapes précédentes point par point.

V.1) L'Hyper Terminal

Hyper Terminal est un programme qui permet de se connecter à d'autres ordinateurs, des sites Telnet, des BBS (Bulletin Board System), des appareils électroniques à mémoire utilisant une liaison série (c'est notre cas), des services en ligne et des ordinateurs hôtes, à l'aide d'un modem ou d'un câble Null Modem (sert à connecter deux ordinateurs entre eux afin d'échanger des données par le port série).

Intégré à Windows à partir de la version 2.0 (avant Windows 95), c'est une interface graphique légère capable d'établir une connexion entre ordinateurs par le réseau téléphonique (et un modem) ou câble sur le port série (COMx). Hyper Terminal se présente en fait comme un bloc-notes doté de fonctionnalités de communication. Il prend en charge plusieurs protocoles (vieux) tels que Telnet, et les transferts des fichiers sur liaisons séries (Xmodem, Ymodem et Zmodem).

Sous Windows XP, il peut aussi prendre en charge le TCP/IP. Il est capable de fonctionner comme un minitel (terminal destiné à la connexion au service français, Il a été développé par le Ministère des Postes et Télécommunications et utilisé en France dans les années 1980 et 1990). Il peut être client ou serveur (mais de forme vraiment basique) pour établir la communication. Cependant à partir de la version Windows Vista, ce programme n'est plus disponible avec Windows ; une version est téléchargeable mais destinée uniquement à usage personnel.

Telnet (TERminal NETwork ou TELEcommunication NETwork, ou encore TELetype NETwork) est un protocole réseau utilisé sur tout réseau supportant le protocole TCP/IP. Son but est de fournir un moyen de communication très généraliste, bidirectionnel et orienté octet. Telnet est aussi une commande permettant de créer une session Telnet sur une machine distante. Cette commande a d'abord été disponible sur les systèmes Unix, puis elle est apparue sur la plupart des systèmes d'exploitation. Notez que Telnet est installé mais non activé par défaut sous Microsoft Windows Vista et Microsoft Windows 7.

Un Bulletin Board System (de l'anglais signifiant littéralement « système de bulletins électroniques »), couramment abrégé sous le sigle BBS, ou babillard électronique en français

québécois, consiste en un serveur équipé d'un logiciel offrant les services d'échange de messages, de stockage et d'échange de fichiers, de jeux via un ou plusieurs modems reliés à des lignes téléphoniques. Populaire dans les années 1990, le maillage mondial des BBS a été supplanté par Internet. Dans les années 2000, le terme BBS peut désigner un forum Internet, notamment dans les pays asiatiques. Cependant, une « nouvelle génération » de BBS a vu le jour avec Hotline, Carracho, KDX d'Haxial et Wired de Zanka Software.

V.2) Essais :

Notre projet DATA LOGGER peut être testé en branchant le récepteur dans le port série du PC et en insérant une carte MicroSD dans l'adaptateur. On lance le logiciel Hyper Terminal et on règle les paramètres de communication comme suit :

- ◆ Bits par seconde : 115200.
- ◆ Bits de donnée : 8.
- ◆ Bit de parité : aucun.
- ◆ Bit d'arrêt : 1.
- ◆ Contrôle de flux : aucun.

Les deux exemples suivants illustrent deux captures du terminal du logiciel Hyper Terminal qui affiche les données comme elles sont écrites sur le fichier (DONNEESL.TXT) dans la carte mémoire. On va utiliser la version 6.3 d'Hyper Terminal, installée sous Windows7.

Exemple 1 :

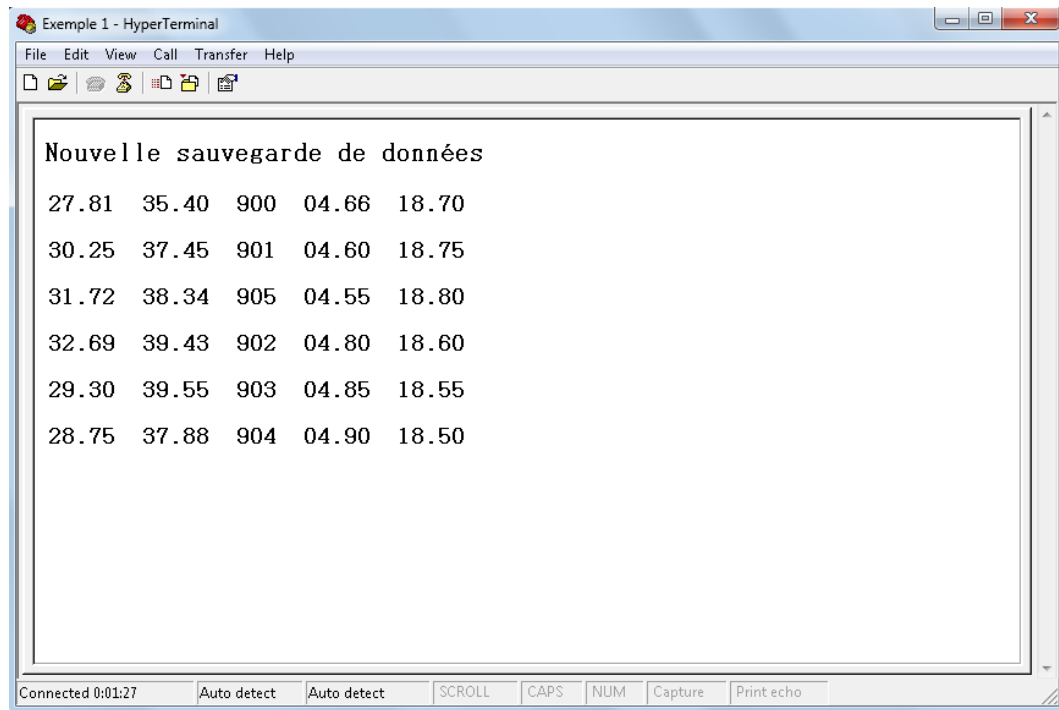


Figure 41 : Affichage de données sur Hyper Terminal – Exemple 1 -.

Exemple 2 :

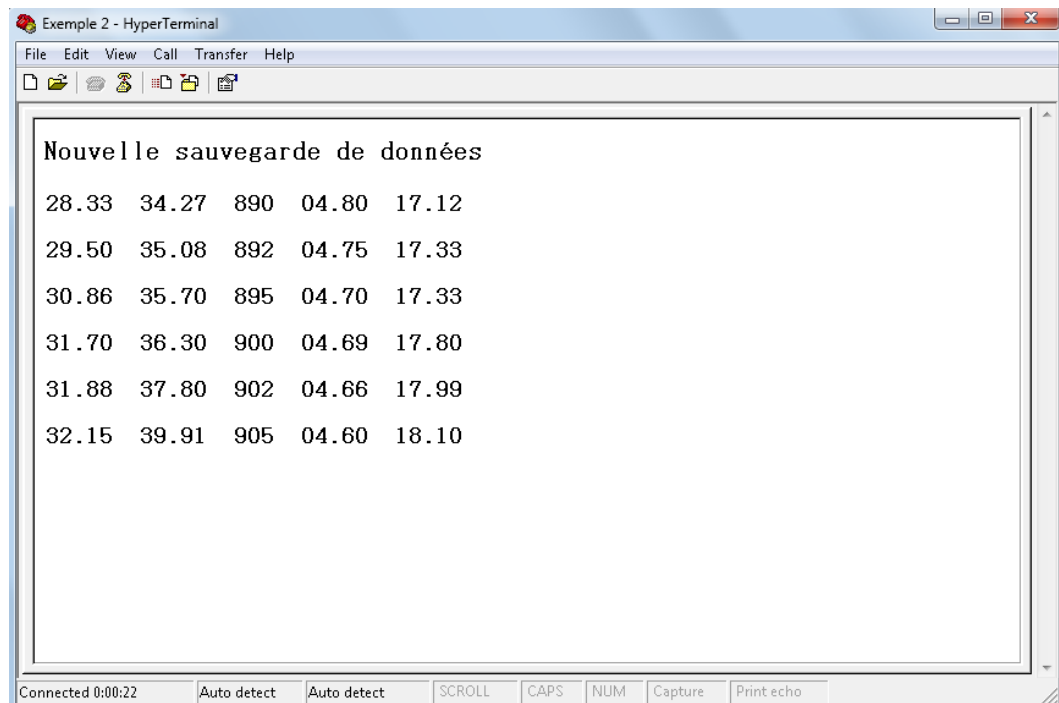


Figure 42 : Affichage de données sur Hyper Terminal – Exemple 2 -.

VI) Conclusion

A la fin de ce chapitre, on peut conclure que la réalisation du DATA LOGGER n'est pas très évidente. Elle doit commencer par l'élaboration du schéma de la carte et la conception du circuit imprimé, puis on passe à la programmation du PIC et après ça notre

circuit devient prêt à être monté, en fin on arrive au moment d'évaluation où notre DATA LOGGER doit passer par des tests pour savoir s'il fonctionne comme prévu ou non.

CONCLUSION GENERALE

Le but de ce projet réside dans la mise en œuvre d'un système qui offre un ensemble de données permettant l'étude du fonctionnement du panneau solaire et de l'influence des différentes conditions climatiques sur sa production. De telles données peuvent être utilisées dans le contrôle de qualité des générateurs solaires photovoltaïques ou dans l'amélioration de leur rendement.

Les travaux présentés dans ce rapport ont porté sur la conception et la réalisation d'un enregistreur de données pour les générateurs solaires à l'aide de capteurs, d'un émetteur et d'un récepteur sans fil avec un composant programmable, qui est le PIC18F252 de Microchip. L'émetteur et le récepteur servent à la transmission des données recueillies puisque les générateurs sont généralement éloignés des postes de travail.

Nous notons que l'utilisation d'un microcontrôleur a offert une flexibilité considérable lors du développement et une rapidité d'interfaçage avec le PC, ainsi qu'avec le capteur de température utilisé. Le choix judicieux de ces composants a été un point essentiel.

Il serait intéressant qu'un travail destiné à permettre une communication internet entre ce dispositif et des ordinateurs lointains soit mis en œuvre par la suite.

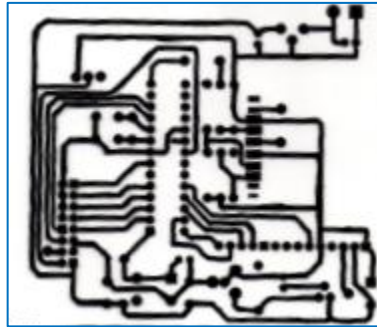
Enfin, on espère que ce projet aura contribué au développement des systèmes solaires photovoltaïques, et qu'il puisse être amélioré par la suite par d'autres étudiants pour qu'il soit effectivement opérationnel.

BIBLIOGRAPHIE

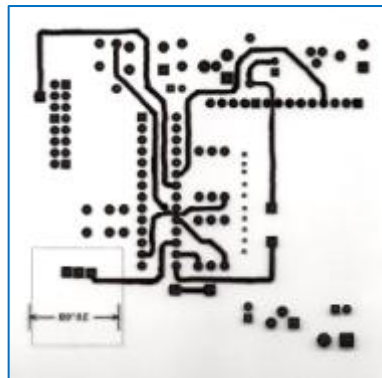
- [1]. Henda BEN JAFFEL et Amira RIAHI. “ Etude de conception et de réalisation d’un suiveur de soleil ”. Projet de fin d’études. Institut Supérieur des Etudes Technologiques de Siliana, Tunisie (2009).
- [2]. Mohamed Yacine LAMOUDI et Fahim Nacer Eddine BADJI. “ Conception et réalisation d’une carte de caractérisation pour panneaux solaires”. Projet de fin d’études. ENP (2008).
- [3]. Kamel NECHE. “ Aide à la mise au point d’un banc de test photovoltaïque”. Projet de fin d’études. ENP (2008).
- [4]. C.NGO. “ Notions de base sur l’énergie solaire photovoltaïque” (pages 4-5). Dion éditeurs. Paris (2002).
- [5]. B. FLECHE et D. DELAGNES. “ Production d’énergie électrique : énergie solaire photovoltaïque”. STI électrotechnique. (2007).
- [6]. National Semiconductor Corporation. “ LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors”. Data Sheet DS005516. États-Unis (2000).
- [7]. Burr-Brown Corporation. “ INA 118, Precision, Low Power INSTRUMENTATION AMPLIFIER”. Data Sheet PDS-1199D. États-Unis (1998).
- [8] Microchip Technology. “ PIC18FXX2 Data Sheet High Performance, Enhanced FLASH Microcontrollers with 10-Bit A/D”. Data Sheet DS39564B. États-Unis (2008).
- [9]. National Semiconductor Corporation. “ LM117/LM317A/LM317 3-Terminal Adjustable Regulator”. Data Sheet DS009063. États-Unis (2003).
- [10]. Xenon Design Limited. “ RF products specification”. États-Unis.
- [11]. Holy Stone Enterprise, LTD. “ ASK RECEIVER MODULE”. Data Sheet DS009063. Chine (2004).
- [12]. MikroElektronika. “ MikroC PRO for PIC”. Manuel d’utilisateur. États-Unis (2009).
- [13]. MikroElektronika. “ Picflash programmer by MikroElectronika”. Manuel d’utilisateur. États-Unis (2009).

- [14]. MikroElektronika. “ **EasyPIC5 user’s manual**”. Manuel d’utilisateur. États-Unis (2009).
- [15]. Ibrahim DOGAN. “ **Advanced PIC microcontroller projects in C: from USB to RTOS with the PIC18F series**” (pages 413 - 424). Editions Newnes. Oxford (2008).
- [16]. Orcad. “ **TUTORIEL pour réaliser un circuit imprimé avec Orcad Capture-Layout**”. Manuel d’utilisateur JFA06.

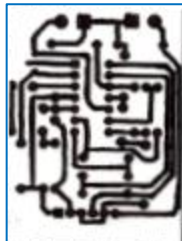
ANNEXE "A" : TYPONS DU DATA LOGGER



Phase dessus du DATA LOGGER.



Phase dessous du DATA LOGGER.



Récepteur sans fil.



Capteurs (de températuer et d'irradiation).



Capteurs (de courant et de tension).

ANNEXE "B" : PROGRAMME DU PIC

```
/******
```

LE PROJET DATA LOGGER

```
=====
```

```
Author: BENYAHIA
```

```
Date: 2011
```

```
File: LOGGER.C
```

```
*****/
```

```
/******Déclaration des variables******/
```

```
char filename[] = "DONNEESL.TXT";
```

```
unsigned short character, Demarrer;
```

```
unsigned long file_size,L,i;
```

```
unsigned char ch1,ch2;
```

```
unsigned char tempamb[10], tempcell[10], ensoleillement[10], courant[10], tension[10],
```

```
txt[12];
```

```
/******Déclaration des fonctions******/
```

```
// les connections du module MMc
```

```
sbit Mmc_Chip_Select at RC2_bit;
```

```
sbit Mmc_Chip_Select_Direction at TRISC2_bit;
```

```
// Cette fonction permet de sauter la ligne
```

```
void Newline()
```

```
{
```

```
UART1_Write(0x0D); // envoie le carriage-return
```

```
UART1_Write(0x0A); // envoie le line-feed
```

```
}
```

```
// Cette fonction envoie un caractère d'espace vers l'USART
```

```
void Space()
```

```
{
```

```
UART1_Write(0x20);
```

```
}
```

```
// Cette fonction lie dix fois la valeur d'une pin et calcule la moyenne
```

```
unsigned long moyenne(int p)
```

```
{
```

```
unsigned long Val,V,k ;
```

```
V=0 ;
```

```
for(k=1;k<=10;k++)
```

```
{
```

```
Val = Adc_Read(p); // lire de la pin p (ANp)
```

```
V = Val + V; // calculer la somme
```

```
Delay_ms(5); // attendre 5 millisecondes
```

```
}
```

```
V = V/10 ; // calculer la moyenne
```

```
return V ;
```

```
}
```

```
// Cette fonction calcule la valeur de la température
```

```
void Get_tempamb()
```

```
{
```

```
unsigned long Vin, Vdec,Vfrac;
```

```
unsigned char op[12];
```

```
unsigned char i,j;
```

```
Vin = moyenne(0); // lire de la pin 0 (AN0)
```

```

Vin = 488*Vin;           // convertir le résultat
Vin = Vin /10;         // calculer la température correspondante en C
Vdec = Vin / 100;      // partie décimale
Vfrac = Vin % 100;     // partie fractionnelle
LongToStr(Vdec,op);    // convertir Vdec vers une chaine dans "op"
// Enlever les espaces vides
j=0;
for(i=0;i<=11;i++)
{
if(op[i] != ' ') // si c'est un espace
{
tempamb[j]=op[i];
j++;
}
}
tempamb[j] = '!';      // ajouter "."
ch1 = Vfrac / 10;     // partie fractionnelle
ch2 = Vfrac % 10;
j++;
tempamb[j] = 48+ch1;  // ajouter partie fractionnelle
j++;
tempamb[j] = 48+ch2;
j++;
tempamb[j] = 0x0D;    // ajouter carriage-return
j++;
tempamb[j] = 0x0A;    // ajouter line-feed
j++;
tempamb[j]='\0';
}

void Get_tempcell()
{
unsigned long Vlin, Vldec,Vlfrac;
unsigned char op[12];
unsigned char i,j;
Vlin = moyenne(1);    // lire de la pin 1 (AN1)
Vlin = 488*Vlin;      // convertir le résultat
Vlin = Vlin /10;     // calculer la température correspondante en C
Vldec = Vlin / 100;  // partie décimale
Vlfrac = Vlin % 100; // partie fractionnelle
LongToStr(Vldec,op); // convertir Vldec vers une chaine dans "op"
// Enlever les espaces vides
j=0;
for(i=0;i<=11;i++)
{
if(op[i] != ' ') // si c'est un espace
{
tempcell[j]=op[i];
j++;
}
}
tempcell[j] = '!';   // ajouter "."

```

```

ch1 = Vlfrac / 10;           // partie fractionnelle
ch2 = Vlfrac % 10;
j++;
tempcell[j] = 48+ch1;       // ajouter partie fractionnelle
j++;
tempcell[j] = 48+ch2;
j++;
tempcell[j] = 0x0D;        // ajouter carriage-return
j++;
tempcell[j] = 0x0A;        // ajouter line-feed
j++;
tempcell[j]='\0';
}

void Get_enseillement()
{
unsigned long Vein, Vedec,Vfrac;
unsigned char op[12];
unsigned char i,j;
Vein = moyenne(2);         // lire de la pin 2 (AN2)
Vein = 488*Vein;           // convertir le resultat
Vein = Vein * 230;         // calculer l'enseillement correspondante en w/m2
Vedec = Vein / 100;        // partie decimale
Vfrac = Vein % 100;        // partie fractionnelle
LongToStr(Vedec,op);      // convertir Vedec vers une chaine dans "op"
// Enlever les espaces vides
j=0;
for(i=0;i<=11;i++)
{
if(op[i] != ' ')          // si c'est un espace
{
enseillement[j]=op[i];
j++;
}
}
enseillement[j] = '!';    // ajouter "."
ch1 = Vfrac / 10;         // partie fractionnelle
ch2 = Vfrac % 10;
j++;
enseillement[j] = 40+ch1; // ajouter partie fractionnelle
j++;
enseillement[j] = 40+ch2;
j++;
enseillement[j] = 0x0D;   // ajouter carriage-return
j++;
enseillement[j] = 0x0A;   // ajouter line-feed
j++;
enseillement[j]='\0';
}

void Get_Courant()
{

```

```

unsigned long Vcin, Vcdec, Vcfrac;
unsigned char op[12];
unsigned char i, j;
Vcin = moyenne(3);           // lire de la pin 3 (AN3)
Vcin = 488 * Vcin;           // convertir le résultat
Vcin = Vcin * 10;            // calculer le courant correspondante en A
Vcdec = Vcin / 100;          // partie décimale
Vcfrac = Vcin % 100;         // partie fractionnelle
LongToStr(Vcdec, op);        // convertir Vcdec vers une chaîne dans "op"
// Enlever les espaces vides
j=0;
for(i=0; i<=11; i++)
{
if(op[i] != ' ') // si c'est un espace
{
courant[j]=op[i];
j++;
}
}
courant[j] = '!';           // ajouter "."
ch1 = Vcfrac / 10;          // partie fractionnelle
ch2 = Vcfrac % 10;
j++;
courant[j] = 80 + ch1;      // ajouter partie fractionnelle
j++;
courant[j] = 80 + ch2;
j++;
courant[j] = 0x0D;          // ajouter carriage-return
j++;
courant[j] = 0x0A;          // ajouter line-feed
j++;
courant[j] = '\0';
}

void Get_Tension()
{
unsigned long Vtin, Vtdec, Vtfrac;
unsigned char op[12];
unsigned char i, j;
Vtin = Adc_Read(5);         // lire de la pin 5 (AN5)
Vtin = 488 * Vtin;          // convertir le résultat
Vtin = Vtin * 10;           // calculer la tension correspondante en V
Vtdec = Vtin / 100;         // partie décimale
Vtfrac = Vtin % 100;        // partie fractionnelle
LongToStr(Vtdec, op);        // convertir Vtdec vers une chaîne dans "op"
// Enlever les espaces vides
j=0;
for(i=0; i<=11; i++)
{
if(op[i] != ' ') // si c'est un espace
{
tension[j]=op[i];
}
}
}

```

```

j++;
}
}
tension[j] = '!';           // ajouter "."
ch1 = Vtfrac / 10;         // partie fractionnelle
ch2 = Vtfrac % 10;
j++;
tension[j] = 80+ch1;       // ajouter partie fractionnelle
j++;
tension[j] = 80+ch2;
j++;
tension[j] = 0x0D;         // ajouter carriage-return
j++;
tension[j] = 0x0A;         // ajouter line-feed
j++;
tension[j]='\0';
}
/*****Programme principale*****/
void main()
{
/*****Initialisations*****/
// Configuration du convertisseur A/N
TRISA = 0xFF;
TRISB = 0x00;
TRISC = 0x00;
ADCON1 = 0x80; // justification du résultat à droit
// Configuration du port série
UART1_Init(125000);
Delay_ms(10);
// Initialisation du bus SPI1
SPI1_Init_Advanced(_SPI_MASTER_OSC_DIV64,_SPI_DATA_SAMPLE_MIDDLE,
_SPI_CLK_IDLE_LOW,_SPI_LOW_2_HIGH);
// Initialisation du bus de la carte SD
while(Mmc_Init());
// Initialisation du fichier système FAT
while(Mmc_Fat_Init());
//Création d'un nouveau fichier dans la carte mémoire
Mmc_Fat_Assign(&filename,0x80); // assigner le nouveau fichier
/*****Le sauvegarde des données dans la carte mémoire *****/
Demarrer:
for(L=1;L<=6;L++)
{
Mmc_Fat_Append();
Mmc_Fat_Write("Nouvelle sauvegarde des données\r\n",43);
Newline();
Get_tempamb();
Mmc_Fat_Write(tempamb,9);
Space();
Get_tempcell();
Mmc_Fat_Write(tempcell,9);
Space();
Get_ensemblement();
}
}

```



```
Mmc_Fat_Write(enseillement,9);
Space();
Get_Courant();
Mmc_Fat_Write(courant,9);
Space();
Get_Tension();
Mmc_Fat_Write(tension,9);
Newline();
Delay_ms(600000);
}
/***** L'envoi des données vers l'émetteur *****/
Mmc_Fat_Reset(&file_size);
for(i=0; i<file_size; i++)
{
Mmc_Fat_Read(&character);
UART1_Write(character);
}
goto Demarrer;
}
```