République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMERI, Tizi-Ouzou

Faculté de Génie Electrique et d'Informatique
Département d'Automatique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme

de MASTER ACADEMIQUE EN AUTOMATIQUE
OPTION : COMMANDE DES SYSTEMES

Thème

Conception et réalisation d'un système d'éclairage intelligent à base de panneaux photovoltaïques

Proposé par : Mr. ACHOUR Hakim

Présenté par :

AOUANA Sylia

Dirigé par : Mr. ACHOUR Hakim

ALLAM Sabrina

Soutenu le : / /2013

Promotion 2013

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

REMERCIEMENTS

NOUS TENONS A EXPRIMER NOS REMERCIEMENTS LES PLUS SINCERES ENVERS MONSIEUR SMAIL DJIOUA ET MONSIEUR HAKIM ACHOUR, POUR LEUR ENCADREMENT, LEUR DISPONIBILITE, LEUR COMPREHENSION ET LEUR AIDE PRECIEUSE.

NOUS ADRESSONS AUSSI NOTRE RECONNAISSANCE A TOUS CEUX QUI ONT CONTRIBUE DE PRES OU DE LOIN A L'ELABORATION DE CE PROJET.

NOUS REMERCIONS LE PRESIDENT ET MEMBRES DE JURY POUR BIEN VOULOIR EVALUER NOTRE TRAVAIL.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

DEDICACES

Aux êtres qui me sont les plus chers

«MES PARENTS»

Merci pour votre Amour votre Soutien et vos Sacrifices.

A mes chers frères GAYA et YOUVA.

A ceux qui m'aiment et qui m'ont aidé à faire ce travail.

A mes Ami(e)s.

Sylia

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à tous les membres de ma famille.

A la mémoire de ma grand-mère.

A mon binôme Sylia.

A mes ami(e)s.

Sabrina

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Sommaire

Table des matières

Chapitre 1 16

Système et normes de l'éclairage public existant 16

Introduction : 17

1. Classification des facteurs influençant la détermination d'un éclairage public : 17

1.1 Vitesse de circulation : 17

1.2 Trafic automobile : 18

2. Exigences photométriques : 18

2.1 Uniformité de luminance et d'éclairement 20

2.2 Éblouissement 20

3. Moyens à mettre en œuvre 21

Les sources lumineuses 21

Les luminaires 22

Les supports 23

4. Disposition des sources en alignement : 23

4.1 Hauteur des sources : 23

4.2 Intervalles entre sources : 24

4.3 Rapport D /H : 24

5. Type de disposition : 24

6. Alimentation et commande de l'éclairage public : 26

Fourniture de courant : 26

Alimentation des foyers : 26

Commande de l'allumage et de l'extinction des foyers : 26

7. Méthode de calcul : 27

7.1 Condition de chute de tension : 27

7.2 Calcul de la chute de tension : 27

8. Impédance des câbles basse tension : 27

9. Dépréciation et entretien des installations d'éclairage public : 27

9.1 Causes de la dépréciation : 28

10. Entretien des installations : 30

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

11. Catégories d'intervention : 30
12. Devis quantitatif et estimatif de l'installation d'un lampadaire : 31
13. Exemple de coût de la consommation électrique de l'éclairage publique de l'APC de Béni-Yenni pour l'année 2011 32
Conclusion : 32
Chapitre 2 33
Système photovoltaïque et éclairage à base de LED 33
Introduction : 34
1. Le générateur photovoltaïque : 34
1.1 Anatomie d'un photo-générateur : 36
1.2 Groupement des cellules photovoltaïques : 38
Module et groupement de cellules en série 39
Groupement de cellules ou modules en parallèle 40
1.3 Dimensionnement du photo-générateur : 43
2. Éclairage à base de LED : 44
2.1 Avantage de l'éclairage à base de LED: 44
2.2 Les différents types de LED et leur puissance: 45
Conclusion : 47
Chapitre 3 48
Conception 48
1. Stockage de l'énergie : 49
1.1 Les differents types de batteries: 49
1.2 Choix et dimentionnement de la batterie : 55
2. Régulateur de charge: 56
2.1 Fonctions de régulateur : 56
2.2 Technologie des régulateurs : 58
2.3 Critères de choix des régulateurs : 60
2.4 Choix du régulateur : 61
3. Les capteurs : 61
3.1 Capteur de mouvement : 61
- Les ultrasons : 62
- Les télémètres : 62
- Les capteurs infrarouges 63
3.2 Capteurs de Lumière 64

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

- La Photorésistance 64
- La Photodiode 64
- Le Phototransistor 65

3.2 Les capteurs de température : 65

- LM35 : (Sondes de température centigrades de précision) 65
- DS1820 66

4. Les moyens de communication sans fil: 66

4.1 Le zigbee : 66

4.2 Le wifi : 67

4.3 Le Bluetooth : 68

5. Le Data Logger (l'horloge RTC) : 70

6. Le microcontrôleur : 71

7. Organigramme : 73

Conclusion : 74

Chapitre 4 75

Réalisation du prototype 75

Introduction : 77

1. Le chargeur de batterie : 77

2. Panneau à LED : 79

3. capteur de mouvement (PIR) : 82

4. Capteur de lumière (LDR) : 84

5. Capteur de température DS1820 : 86

6. L'horloge à temps réel (RTC) : 87

7. Le système de communication XBEE : 88

8. L'alimentation du pic : 90

9. L'afficheur LCD : 90

10. Le microcontrôleur et ses périphéries : 91

11. Le coût de la réalisation : 92

Conclusion : 92

Conclusion générale 94

ANNEXES 98

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Liste des tableaux

Tableau 1.1 : Uniformités de luminance.

Tableau 1.2 : Intensité lumineuse maximale admissible.

Tableau 1.3 : Cout de la consommation électrique.

Tableau 3.1 : Comparaison entre les trois moyens de communication sans fil.

Liste des figures :

Figure 1.1 : Description ou flux résiduel en % du flux initial d'un appareil d'éclairage public suivant le nombre d'année écoulées depuis la mise en service et l'état de pollution atmosphérique.

Figure 2.1 : Principe d'une installation solaire autonome.

Figure 2.2 : Photo générateur au Silicium cristallin.

Figure 2.3 : Photo générateur au Silicium amorphe.

Figure 2.4 : Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque.

Figure 2.5-a : Schéma d'un module fermé d'un groupement des cellules en série.

Figure 2.5-b : Courbe de puissance du groupement série.

Figure 2.6-a : Schéma d'un module fermé du groupement des cellules en parallèle.

Figure 2.6-b : Caractéristique I(V) d'un groupement de cellule en parallèle.

Figure 2.7 : Les fonctions d'un générateur photovoltaïque.

Figure 2.8 : Système photovoltaïque autonome avec batterie.

Figure 2.9 : Ruban à base de LEDs.

Figure 2.10 : LED SMD 1 Watt.

Figure 3.1 : Schéma synoptique du concept.

Figure 3.2 : Batterie au plomb.

Figure 3.3 : Batterie au plomb à plaque.

Figure 3.4 : Batterie au plomb tubulaire.

Figure 3.5: Batterie Nickel-Cadium.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Figure 3.6 : Batterie au Lithium.

Figure 3.7 : Principe du régulateur shunt.

Figure 3.8 : Principe du régulateur série.

Figure 3.9 : Rendement de puissance du MPPT.

Figure 3.10 : Régulateur MPPT.

Figure 3.11 : Capteur à ultrason.

Figure 3.12 : Le télémètre.

Figure 3.13 : Capteur infra rouge.

Figure 3.14 : Photorésistance.

Figure 3.15 : Photodiode.

Figure 3.16 : Phototransistor.

Figure 3.17 : Capteur de température LM35.

Figure 3.18 : Capteur de température DS1820.

Figure 3.19 : Communication sans fil.

Figure 3.20 : Horloge à temps réel.

Figure 3.21 : Le microcontrôleur 18F4550.

Figure 3.22 : Organigramme de fonctionnement du concept.

Figure 4.1 : Schéma électrique du chargeur de batterie.

Figure 4.2 : Organigramme de fonctionnement du chargeur de batterie.

Figure4.3 : Schéma électrique du panneau à LED.

Figure4.4 : Organigramme de fonctionnement du panneau à LED.

Figure4.5 : Schéma électrique du capteur de mouvement.

Figure 4.6 : Organigramme de fonctionnement du capteur de mouvement.

Figure 4.7 : Schéma électrique de la LDR.

Figure 4.8 : Organigramme de fonctionnement de la LDR.

Figure4.9 : Schéma électrique du DS1820.

Figure 4.10 : Organigramme de fonctionnement du DS1820.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Figure 4.11 : Schéma électrique de la RTC.

Figure 4.12 : Schéma électrique du XBEE.

Figure 4.13 : Organigramme de fonctionnement du XBEE.

Figure 4.14 : Schéma électrique de l'alimentation du XBEE.

Figure 4.15 : Schéma de brochage de l'afficheur LCD.

Figure 4.16 : Schéma électrique de brochage du PIC.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Nomenclatures

Symboles :

D : Distance entre les sources (mètre).

Cd : Symbole de l'unité d'intensité lumineuse (candéla).

D/H : Rapport d'uniformité.

Eh : Eclairement horizontal (lumens).

G : Groupement série ou parallèle.

H : Hauteur des sources (mètre).

l : Largeur de la zone à éclairer (mètre).

Lx : Symbole de l'unité de l'éclairement.

N : Nombre de lampes.

Ns : Nombre de cellules photovoltaïques groupées en série.

Np : Nombre de cellules photovoltaïques groupées en parallèle.

R', R'' : Impédances (Ω^{-1}).

Vfc : Tension de fin de charge.

Vi : Tension d'une cellule photovoltaïque.

Vrc : Tension de recharge.

Abréviations :

AC : Alternatif Current.

AGM : Absorbent Glass Mat.

Batt : Batterie.

DC : Direct Curent.

DDP : Différence De Potentiel.

COB: Chip On Boarb.

F/P: Fourniture et Pose.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

IR: Infra-Rouge.

ISM: Industrial Scientific and Medical.

LED: Light Emitting Diode.

MPPT: Maximum Power Point Tracking.

PDA : Personnel Device Assistant.

PIRE : Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente.

PV: Photovoltaïque.

RF: Radio Fréquence.

RTC: Real Time Clock.

RVB: Rouge Vert Bleu.

SMD : Surface Mounted Device.

UC : Microcontrôleur.

UV : Ultra-violet.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Introduction générale

L'énergie est la base de toute activité humaine, de nos jours, une grande partie de la demande mondiale en énergie est assurée par des ressources fossiles ou encore dans les pays développés par l'énergie nucléaire.

En effet, la croissance de la demande énergétique mondiale, l'épuisement inévitable des ressources fossiles, à plus ou moins long terme, et la détérioration de l'environnement causé par ces types d'énergie, a incité au développement de nouvelles sources d'énergies, renouvelable assurant ainsi une durabilité et une protection de l'environnement qui est devenue un point très important.

Pour des raisons sociales (sédentarisation et diminution de l'exode rural et création de milliers d'emplois directe et indirecte) ainsi qu'écologique (forte diminution de la pollution) font que le recours à l'énergie solaire soit la solution la plus évidente et la plus rationnelle. D'ailleurs les autorités politiques l'ont compris : «Loi n° 04-09 du 14.08.2004 Relative à la promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable ».

Le développement technique poursuivi des composants des produits et des processus de fabrication a eu pour effet que les prix des composants des installations photovoltaïques ont fortement diminué au cours des dernières années. Ainsi, dans les 10 années qui viennent de s'écouler, les frais de fabrication ont diminué de 60%. De nouveaux procédés de fabrication des cellules solaires et la combinaison des diverses techniques augmentent le rendement énergétique des installations modernes.

Notre travail touche un des domaines où l'énergie renouvelable est exploitée qui est l'éclairage public. L'objectif de ce travail est de concevoir un système d'éclairage intelligent à base de cellules photovoltaïques et cela se déroulera sur 4 chapitres :

Dans le premier chapitre on donne les normes de l'éclairage public existant tout en citant les types d'éclairage, de luminaire et de lampes utilisés, ainsi le coût de l'installation des poteaux électriques.

Dans le second chapitre, on donne un rappel sur l'énergie solaire, le principe de fonctionnement des cellules photovoltaïque ainsi on fait une étude sur les types des LED.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Dans le troisième chapitre, on s'intéressera à la conception du système en passant par l'étude des batteries, régulateurs de charge, capteurs, microcontrôleur et les systèmes de communication à utiliser.

Le quatrième chapitre sera consacré à la réalisation du prototype en passant par la réalisation de la partie puissance (batterie, régulateur de charge) et la partie commande (microcontrôleur).

Une conclusion sur les résultats obtenus et les futures perspectives de ce travail terminant cette étude.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Introduction :

Le but de l'éclairage public est de permettre aux usagers d'une chaussée de circuler sur celle-ci en toute sécurité et avec un maximum de confort. Dans ce chapitre on présentera les normes de l'éclairage public en citant les types et les caractéristiques ainsi que les moyens à mettre en œuvre en algerie.

1. Classification des facteurs influençant la détermination d'un éclairage public :

La résolution d'un problème d'éclairage exige l'analyse préalable des points ci-dessous :

- Vitesse de circulation
- Trafic autos
- Trafic piétons
- Nécessité du respect des couleurs

Il faut tenir compte de la disposition même de la route (rectiligne, courbe, nombre de voie de circulation, etc.…) ainsi que des points particuliers qui peuvent se rencontrer sur celle-ci (carrefour, pont, tunnel, etc.).

Il en résulte qu'en pratique toutes les routes répondant de la même manière aux quatre critères définis si dessus, peuvent être éclairées de façon identique. L'expérience ainsi que le nombre limité des critères qui s'avèrent nécessaires incitent cependant à ne pas considérer trop de classes différentes. C'est pourquoi sont adoptés cinq éclairages types caractérisés par les critères énumérés au tableau 1 de l'annexe A.

Dans ce tableau les critères admis sont les suivants :

1.1 Vitesse de circulation :

Très importante : v > 90 km/h

Importante : 60 < v < 90

Moyenne : 30 < v < 60

Réduite : v < 30

Très réduite : au pas. [1]

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

1.2 Trafic automobile :

L'importance de ce trafic est précisée comme suit, le trafic se rapportant au deux sens de circulation : [1]

Très importante : 1000 véhicules/h

Importante : compris entre 500 et 1000

Moyenne : compris entre 250 et 500

Réduite : compris entre 100 et 250

Très réduite :<100 véhicules/h

A titre indicatif, à cet ensemble d'éclairages types correspond la classification des routes données dans le tableau 2 de l'annexe A.

C'est à l'auteur du projet de juger selon les buts qu'il poursuit, du choix d'un type déterminé d'éclairage.

2. Exigences photométriques :

a. Principe de la vision en éclairage public :

Le champ visuel normal du conducteur comprend l'ordre d'importance décroissante :

- La chaussée proprement dite.
- Les accotements de la route, y compris la signalisation.
- Le ciel, y compris les points lumineux formés par la surface visible des luminaires.

L'obstacle éventuel, où la circonstance susceptible d'amener un obstacle, doit apparaître dans ce champ visuel. La perception et la vitesse de perception étant en relation directe avec les luminances dans le champ visuel et les facteurs de contraste, il est nécessaire de connaître le mécanisme de formation des luminances mises en jeu. Chaque foyer lumineux produit, par réflexion directe, et diffuse sur la chaussée, une tache lumineuse dont l'aspect dépend de :

- La nature du revêtement de la route (éclairage sombre).
- L'état du revêtement (rugueux ou poli, sec ou mouillé).
- La surface de répartition de l'intensité lumineuse du liminaire.
- La hauteur de suspension du foyer et sa distance par rapport à l'observateur.
- La nature et le flux de la source lumineuse.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

- Conditions géographiques locales éventuelles (sable, neige, etc.).

b. Caractéristiques des revêtements.

Les revêtements routiers présentent une très grande diversité dans leurs caractéristiques réfléchissantes et se distinguant suivant :

- La nature du revêtement.
- Sa granulation et la méthode de mise en œuvre.
- L'état d'usure.
- L'état d'humidification.

L'éclairement horizontal E_h en un point P de la chaussée ne donne d'autre part qu'une indication de la quantité de lumière reçue par le revêtement en ce point.

Bien qu'il soit un élément numérique utile, il n'offre qu'un intérêt pratique relatif pour l'appréciation de la qualité de l'installation d'éclairage public.

Il suffit en effet de comparer une même route à l'état sec ou à l'état mouillé : l'éclairement et sa répartition restent identiques dans les deux cas, mais l'aspect du revêtement est entièrement différent. L'usager a une vue perspective de la route, de sorte que les caractéristiques réfléchissantes doivent intervenir lors de l'établissement du projet.

Il est enfin souhaitable qu'une collaboration étroite s'établisse entre l'éclairagiste et le constructeur de routes. Lors de l'établissement d'une nouvelle voie ou de renouvellement du revêtement d'une route existante. On peut cependant faire une distinction :

- Entre le revêtement clair (facteur total de réflexion de l'ordre de 0.20) et le revêtement sombre (facteur total de réflexion 0.1). [1]
- Entre les revêtements brillants présentant une indicatrice de réflexion mixte à tendance spéculaire (c'est le cas de tous les revêtements lisses, soit par construction, soit par usure prononcée) et les revêtements mats, dont l'indicatrice de réflexion est approximativement diffusante, (ce qui est le cas de la plupart des revêtements antidérapants modernes tout au moins à l'état neuf). Le revêtement idéal est de couleur claire et de surface rugueuse, donc relativement mate. Il doit de plus présenter une grande résistance à l'usure et au dérapage et son profil doit être tel que l'eau de pluie s'écoule rapidement. Les caractéristiques des asphaltes peuvent à ce propos être améliorées par l'incorporation de matière réfléchissante.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

c. Valeurs d'éclairement et de luminance

Le niveau moyen de luminance doit être suffisant pour permettre à l'automobiliste de discerner aisément tout obstacle situé sur la route proprement dite. Dans les grands centres urbains à trafic très important, la vision se fait moins par effet de silhouette que pour éclairement directe, et l'éclairement tant sur la chaussée que sur les abords doit être suffisant pour créer une ambiance lumineuse. Les valeurs minimales en exploitation sont données dans l'annexe A tables 3 et 4 [1].

2.1 Uniformité de luminance et d'éclairement

a. Uniformité de luminance

Il faut que la répartition de la luminance sur le revêtement soit suffisamment uniforme pour qu'un obstacle quelconque se voie quelque soit sa position et la position de l'observateur. Une bonne uniformité transversale permet de distinguer clairement la largeur de la chaussée, de mieux apprécier ainsi le sens de sa continuité et éviter le déportement du véhicule vers les zones de haute luminance.

Type d'éclairage	Uniformité longitudinale de luminance	Uniformité transversale de luminance	Uniformité moyenne de luminance
Type 1	70%	35%	40%
Type 2	60%	30%	40%

Tableau 1 : Uniformités de luminance [1]

b. Uniformité d'éclairement

Pour les types 3, 4 et 5, la notion d'uniformité de luminance n'étant guère d'application à cause des faibles niveaux lumineux, on fait généralement intervenir la notion d'uniformité d'éclairement pour le type 3, et la valeur minimale de l'éclairement pour les types 4 et 5.

Les tableaux 6 et 7 de l'annexe A donnent les valeurs minimales à respecter.

2.2 Éblouissement

L'éblouissement en éclairage public est en règle générale du aux luminaires et on en distingue deux formes :

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

- L'éblouissement physiologique qui diminue immédiatement la capacité visuelle de l'œil et de ce fait, la visibilité.
- L'éblouissement psychologique qui porte préjudice au confort visuel et peut provoquer à la longue de la nervosité et de la fatigue.

Le tableau 8 de l'annexe A résume les luminaires à utiliser selon le type d'éclairage [1]

3. Moyens à mettre en œuvre

Les sources lumineuses

L'ordre d'utilisation d'une installation d'éclairage public qui reste en service de la tombée de la nuit au lever du jour est d'environ 2 000 à 8 000 heures/an suivant le type de source [1]. D'où l'intérêt des sources lumineuses de longue durée qu'on remplacera moins souvent, et d'efficacité lumineuse élevée permettant des économies d'énergie. Les considérations qui suivent, permettent à l'utilisateur de connaitre les avantages et inconvénients que présentent les sources lumineuses couramment utilisées.

Lampes à incandescence

Les inconvénients de ces lampes font qu'elles ne sont pratiquement plus utilisées pour de nouvelles installations. Ces inconvénients sont, en ordre principal : faible durée de vie (environ 1 000 h) [1], grande influence des variations de la tension du réseau sur cette durée de vie, coefficient d'efficacité lumineuse très faible, forte luminance.

Tubes fluorescents

Les tubes fluorescents présentent l'avantage d'un bon coefficient d'efficacité lumineuse, d'une lumière respectant la couleur des objets éclairés et d'une luminance relativement faible. Leurs inconvénients sont leurs grandes dimensions et leur faible puissance nécessitant la multiplication du nombre de lampes. Elles sont rarement utilisées en éclairage public. Les avantages de ces lampes sont leur bon coefficient d'efficacité lumineuse, leur faible encombrement et leur puissance élevée. Par suite de leur forte luminance, ces lampes doivent être placées dans des luminaires défilés ou semi-défilés.

Ce type est surtout utilisé en ville et en réseau secondaire.

Les lampes à vapeur de mercure aux halogénures métalliques

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Ces lampes présentent les avantages suivants : efficacité lumineuse élevée, forte puissance, faible encombrement et lumière blanche assurant un bon rendu des couleurs.

On les place dans des luminaires défilés ou semi-défilés.

Lampes à vapeur de Sodium à basse pression

Leurs avantages sont : l'efficacité lumineuse élevée et la bonne perception visuelle due au caractère monochromatique de la lumière. L'inconvénient : leur couleur jaune qui change celle des objets éclairés.

Lampes à vapeur de sodium à haute pression

Les avantages de ces lampes sont : leur efficacité lumineuse élevée, leur forte puissance, leur faible encombrement et la lumière de couleur « blanche dorée » qu'elles émettent.

Domaine d'utilisation : autoroute, hors ou dans agglomération.

Le tableau 9 de l'annexe A [1] résume la puissance et le flux des lampes utilisées en éclairage.

Les luminaires

Les luminaires ont pour but :

- Diriger sur la voie publique avec le minimum de pertes et dans la direction utile, le flux lumineux émis par les sources.
- Contrôler le flux lumineux pour éviter tout gène visuel des utilisateurs.
- Protéger les sources et les appareillages électriques contre les intempéries et autre agents corrosifs.

L'intensité lumineuse maximale admissible par les luminaires placés horizontalement est donnée par le tableau suivant :

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Angle avec la verticale	Défilé Cd/1 000	Semi-défilé Cd/1 000	Non défilé Cd/ (Valeur absolue)
90° 80°	< 10 < 30	< 50 < 100	<1 000

Tableau 2 : Intensité lumineuse maximale admissible [1]

Inclinaison des luminaires :

Il est utile de donner au luminaire une légère inclinaison pour éviter qu'ils n'aient l'air de pencher vers l'axe de la route. Pour les luminaires défilés, l'inclinaison ne dépasse pas 20%. Pour les luminaires non défilés, aucune limitation n'est imposée.

Les supports

Les supports utilisés par l'éclairage public sont :

- Les candélabres.
- Les consoles murales.
- Les suspensions par fils ou câble.

4. Disposition des sources en alignement :

4.1 Hauteur des sources :

La hauteur « H » des sources est définie comme la hauteur du centre géométrique de la source au dessus du niveau de la voie carrossable. En pratique, les conditions d'entretien, les facilités d'exploitation et les considérations budgétaires déterminent le choix de la hauteur. Celle-ci est généralement fixée entre 8 et 12.5m [1], tant pour l'éclairage des routes que pour celui des rues. Dans le cas d'une suspension centrale, la hauteur minimale est de 7m. Dans les cas spéciaux (carrefours, places publique, etc. …) la hauteur des luminaires est au moins égale a celle adoptée dans les voies abrutissantes. On peut aussi avoir recours dans certains cas, de plus en plus courante, à des sources puissantes, placées à de plus grandes hauteurs (16m ,18m) Et plus ce qui entraine une diminution du nombre de supports. L'entretien de telles installations requiert pour des hauteurs inférieures à 20 m un matériel spécial d'exploitation telle que les élévateurs. Par contre, pour des hauteurs supérieures a 20/25m, il faudra recourir pour faciliter le réglage et l'entretien des

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

luminaires, a des équipages mobiles pouvant être ramenés au sol ou à des nacelles d'accès a la tète des supports.

Pour l'éclairage du type 5, il peut âtre fait à base de candélabres dont la hauteur se situe entre 3.20 et 6.30 m.

4.2 Intervalles entre sources :

L'intervalle « D » entre sources est la distance comprise entre deux sources successives mesurée suivant l'axe de la voie. Cet intervalle est lié à la hauteur « H » adoptés pour les sources.

4.3 Rapport D /H :

Le rapport de l'intervalle à la hauteur des sources est déterminant pour le facteur d'uniformité de l'éclairage. Plus ce rapport est faible, plus l'uniformité de l'éclairage est élevée. Il est utile de noter également que plus le défilement des luminaires est important, plus le rapport D/H doit être faible et régulier. Dans l'état actuel de la technique de l'éclairage public, ce rapport peut varier entre 2.5 et 4 [1].

5. Type de disposition :

La disposition des sources dépend de la largeur des zones à éclairer. La largeur « l » de la zone à éclairer est comprise entre 1 et 1.5H [1], elle est mesurée perpendiculairement à la chaussée en avant et en arrière de la source à partir de l'aplomb de celle-ci. Selon le cas, la zone à éclairer peut couvrir la voie carrossable seule ou englober toutes autres surfaces voisines telles que les trottoirs, terre plein, jardinets, etc. …Il faut faire une distinction entre les voiries urbaines et les routes proprement dites. La disposition des sources au dessus de la voie publique peut être l'une des suivantes :

- Unilatérale : elle est généralement admise lorsque la largeur de la voie à éclairer est inférieure à la hauteur des sources (l<H).Le rapport variable pour autant que les luminaires ne permettent pas un contrôle du flux lumineux dans un plan transversal à l'axe de la route. Si le luminaire est relativement compact cas des sources de dimensions relativement petites. Le contrôle du flux lumineux permet parfois d'obtenir une solution satisfaisante pour un rapport de l supérieure à H, mais sans toutefois dépasser 1.5 H.

  Dans le cas des voies doubles, si le terre plein et étroit et si les deux voies répondent à la condition l < H, la disposition la plus économique consiste à placer

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

dans le terre plein des supports munis de deux luminaires dirigeant leur flux lumineux respectivement vers chacune des deux voies. Cependant la meilleure solution consiste à placer des luminaires en opposition sur la bordure extérieure des deux voies.

- Bilatérale en opposition et en quinconce : elles sont généralement recommandées quand la largeur de la voie est supérieur à la hauteur des sources (l>H). ces dispositions assurent en effet une bonne répartition des taches sur la chaussée.
- Pour une route de largeur moyenne il est recommandé d'utiliser la disposition en quinconce, tandis que pour une route très large, on adopte la disposition en opposition. Dans le cas d'une implantation bilatérale en quinconce, on doit cependant choisir un espacement convenable pour éviter l'effet désagréable de serpentage.

Dans le cas de voies doubles possédant un terre plein de largeur moyenne (2 à 5 m), on recommande une disposition des sources en opposition sur chaque bordure extérieure des voies avec, éventuellement, une rangée de foyers placés en quinconce sur le terre plein centrale. Toutefois, si l'on utilise des supports de grande hauteur (18m, 20 m et plus) la disposition rétro axiale centrale uniquement peut être acceptable pour autant que les luminaires aient été étudiés en conséquence. En agglomération, même si la largeur de la voie est inférieure à la hauteur de suspension (rue importante, rue commerçante etc.…) la disposition bilatérale en quinconce est parfois recommandée, car il importe dans certains cas d'éclairer les façades et les trottoirs, de façon à créer une ambiance lumineuse agréable. Si la situation locale le permet, les sources sont fixées aux façades des maisons riveraines, à l'aide de consoles murales.

- Axiales et bi-axiales sont généralement réalisées avec suspension par fils. Ces systèmes ont l'avantage d'éclairer fortement la partie centrale de la chaussée qui, précisément, est celle où l'on a besoin de beaucoup de lumière, car c'est cette partie de la chaussée qu'utilisent les conducteurs pour doubler.

  Cependant, si la suspension axiale offre de sérieux avantages sur le plan photométrique, elle présente de sérieux inconvénients qui la font rejeter dans la plupart des cas :
- Les foyers placés dans l'axe de la chaussée risquent d'aveugler l'automobiliste pour leur manque de stabilité sous l'action du vent.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

- Ce procédé accentue l'attirance naturelle, mais attire les automobilistes vers l'axe de la chaussée.
- Le personnel d'exploitation est exposé à des graves dangers.
- Les suspensions, elles même demandant une surveillance accoure, car elles sont susceptibles de se détériorer assez rapidement.

  En conséquence, il ne faut utiliser la suspension axiale que dans certains cas spéciaux (voies très étroites d'un vieux quartier, voies et routes plantées etc. …). Le tableau 10 de l'annexe A [1] résume les recommandations énoncées ci-dessus.

6. Alimentation et commande de l'éclairage public :

Fourniture de courant :

Le courant destiné à l'alimentation de l'éclairage public est fourni en haute tension (380 V). Les points de fourniture sont en général, situés dans un poste de distribution publique (SONELGAZ). Une puissance de 20 à 25 KVA [1], est réservée à l'éclairage public au niveau de ces postes. L'appareillage de commande d'une installation d'éclairage public, est installé à l'extérieur du poste de transformation, permettant l'accès facile pour ce dernier.

Alimentation des foyers :

Les foyers peuvent être alimentés :

a) Soit par un réseau spécialisé d'éclairage public, qui peut être :

- Soit totalement indépendant du réseau de distribution
- Soit placé sur les mêmes supports que le réseau général.

b) Alimentation directe des foyers par le réseau de distribution :

Les foyers sont raccordés au réseau de distribution par l'intermédiaire d'un appareil de commande individuel pour chaque foyer ou groupe de foyer rapprochés. Cet appareil suivant ces cas, peut être placé dans le pied d'un candélabre ou dans un coffret.

Commande de l'allumage et de l'extinction des foyers :

Foyers alimentés par un réseau d'éclairage public :

L'allumage et l'extinction des foyers sont provoqués par la mise sous tension des conducteurs du réseau d'éclairage public par l'intermédiaire de contacteurs.

Le fonctionnement de ces contacteurs peut lui-même être commandé de diverses façons :

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

a) Par l'interrupteur horaire (horloge) : ces horloges sont normalement à remontage automatique par le courant du réseau de distribution et comportent un cadran dit « astronomique »

b) Par file pilote : reliant entre eux les différents postes et permettant de commander d'un point central les opérations d'allumage et d'extinction (non utilisé en Algérie).

Foyers alimentés directement par le réseau général de distribution :

Les relais individuels commandant chaque foyer peuvent être commandés :

a) Par fils pilotes : la mise sous tension du fil pilote pendant quelque instants provoque l'allumage des foyers.

b) Par dispositif électronique à cellule photo-électrique (le plus utilisé) : Il existe des dispositifs d'allumage et d'extinction automatique des foyers commandés par une cellule photo-électrique. La commande de l'appareil suivant le seuil de luminosité est réglable, elle est aussi temporisée pour éviter le fonctionnement intempestif par la lueur d'un phare par exemple. Un dispositif retardateur permet de commander une extinction au cours de la nuit.

7. Méthode de calcul :

Calibre de la puissance absorbée : Est la source de puissances consommées par les lampes et leur appareil auxiliaires.

$$P=N*P_{Lampe}+P_{N*APP\ AUX}$$

Le calibrage ce fait pour différents types de lampes.

Calcul de l'intensité absorbée :

$$P=UI\sqrt{3}\ Cos\ \alpha \qquad I= P/U\sqrt{3}\ cos\alpha$$

Où U est la tension de service (380V) et $Cos\alpha=0.86$ [1]

7.1 Condition de chute de tension :

La chute de tension d'une liaison est la différence arithmétique entre les tensions mesurables à ses extrémités : au départ (coté réseau) et a l'arrivée (coté utilisateur). La tension à l'arrivée conditionne la bonne marche des appareils alimentés par la liaison qui doivent fonctionner sous une tension bien déterminée. La chute de tension est souvent un facteur important en basse tension pour le calcul des sections. La norme fixe la valeur de

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

la chute de tension égale à un pourcentage de la tension entre conducteurs du réseau. Elle est égale à 3% pour l'éclairage public, le tableau 11 de l'annexe A [1], permet de déterminer la chute de tension en volt pour une valeur de 3%.

7.2 Calcul de la chute de tension :

La puissance est donnée par :

$P=UI\sqrt{3}\cos\alpha$, avec $\cos\alpha=0.86$

D'où l'intensité I est égale à

$I=P/U\sqrt{3}\cos\alpha$ = puissance/380*1732*0.8

I=Puissance /526

Chute de tension U

La formel suivante donne : $U=Z*I*L*\sqrt{3}$

Où Z est l'impédance et L la longueur en Km. [1]

Conclusion : le calcul ne changera que par la valeur de I qui dépend du nombre de foyer.

8. Impédance des câbles basse tension :

L'impédance d'un câble est une fonction complexe dans laquelle interviennent toutes les caractéristiques de la liaison et particulièrement la résistance effective du conducteur, sa self induction apparente, la fréquence et le facteur de puissance. L'impédance dépend de la température de fonctionnement du câble qui agit sur la résistance effective du conducteur.

Le tableau 12 d'annexe À [1] résume les énoncés ci-dessus.

9. Dépréciation et entretien des installations d'éclairage public :

9.1 Causes de la dépréciation :

La modification avec le temps d'une installation d'éclairage public est due aux causes principales suivantes :

- Baisse progressive du flux émis par les sources.
- Salissement des sources.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

- Baisse du pouvoir réfléchissant ou réfractant des optiques, salissant des parties optiques.
- Mortalités prématurées des sources.
- Vibrations dues à des causes diverses.
- Pour certaines sources, variations de températures.
- Tension incorrect aux bornes des lampes et de l'appareillage.
- On limite cette dépréciation par des remplacements et un entretien systématique de l'installation (à l'exception des causes de dépréciation dues aux vibrations et à la température).

Le rendement global, à un instant donné, sera égal au rendement initial diminué en proportion de la baisse imputable aux divers facteurs.

En fait, pour une installation non entretenue, le rendement tend rapidement vers 0.

Même avec un entretien systématique, on estime les valeurs moyennes pratiques inférieures de 25 à 30% à celles du rendement initial.

Pour cette raison les recommandations relatives à l'éclairage public conseillent dans beaucoup de pays de calculer les installations, non pour réaliser un éclairement donné E, ou une luminance L, mais pour réaliser un éclairement K E et une luminance K L ; K étant égal à :

$$K=1/(1-0.25)=1.33 \text{ [1]}$$

Sources lumineuses :

Il est difficile d'indiquer des valeurs précises en ce qui concerne la baisse du flux des lampes. Les chiffres annoncés sont variables suivant la durée d'allumage, l'état du salissement, la température. Les indications des constructeurs sont très générales et ne correspondent le plus souvent pas au cas particulier traité.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

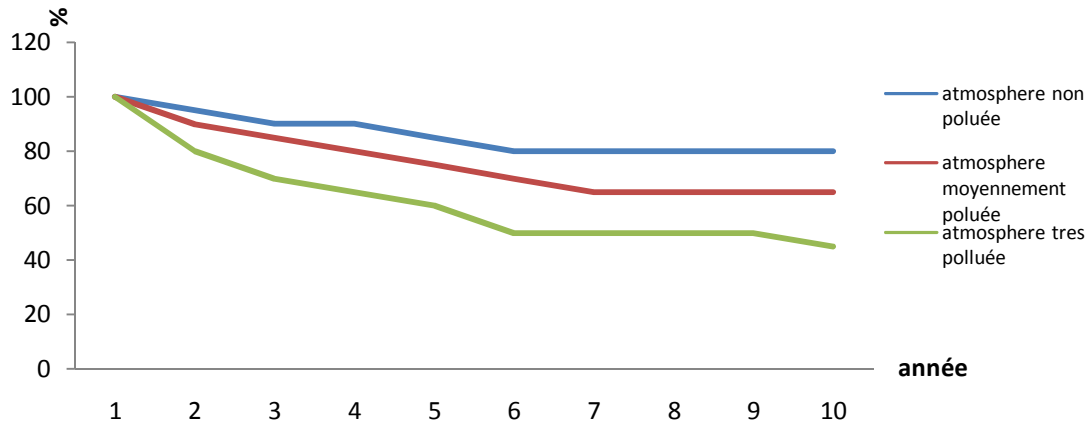


Figure 1.1: Description, ou flux résiduel en % du flux initial d'un appareil d'éclairage public suivant le nombre d'année écoulées depuis la mise en service et l'état de pollution atmosphérique. [1]

10. Entretien des installations :

Toute installation d'éclairage public doit être entretenue. L'accroissement du prix de la main-d'œuvre et l'allongement des trajets des véhicules d'entretien rendent de plus en plus nécessaire le groupement des opérations telles que : surveillance, entretien, remplacement, etc. …

11. Catégories d'intervention :

En raison de l'encombrement fréquent des voies et de la langue durée des lampes à décharge, il ya de plus en plus intérêt à supprimer ou a réduire le remplacement des lampes mortes et a pratiquer le remplacement systématique.

Au cours de ses remplacements, on devra effectuer les opérations suivantes :

- Nettoyage de la lampe, du luminaire et de son système optique.
- Mise correcte au foyer de l'optique.
- Vérification de l'appareillage auxiliaire, et des petites parties optiques du luminaire.

Dans les régions où la pollution est très forte, on raccourcira les intervalles d'entretien.

Lors des tournées d'entretien, on devra vérifier :

- Les prises de terre et le bon isolement de tous les éléments métalliques.
- Les portes donnant accès à l'intérieur des supports.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

- La fixation de la crosse et les signaux lumineux qui peuvent être adjoints aux candélabres,
- L'état des peintures anticorrosion. La peinture devra être refaite, en principe tous les 5 à 7 ans.

12. Devis quantitatif et estimatif de l'installation d'un lampadaire :

L'installation d'un seul lampadaire revient à :

- L'ouverture et remblais de la tranchée de dimensions 0.30x0.40 m, dans un terrain de toute nature et la remise en l'état des lieux.
- Fourniture et pose de sable fin pour lit de pose d'une épaisseur de 10cm.
- Fourniture et pose de câble en cuivre sur 28mm^2 pour mise à la terre des masses métalliques.
- Fourniture et pose de fourreau pour câble (P.V.C.Ø 60 mm).
- Fourniture et pose de grillage de signalisation « émail rouge ».
- Béton pour massif support de candélabre.
- Fourniture et pose de câble force 4*10 mm^2 R.02V U=1000.
- Fourniture et pose de câble force 4*4 mm^2 R.02V U=1000.
- Fourniture et pose de câble 2*2.5 mm^2 V.G.V U=1000.
- Fourniture et pose de candélabre H=5,00 avec ligne de scellement y compris peinture laquée en deux couches.
- Fourniture et pose du luminaire 125W avec crosse y compris peinture laquée en 02 couches.
- Fourniture et pose du luminaire 125W avec crosse sur façade y compris peinture laquée en 02 couches.
- Fourniture et pose d'une armoire de commande complète.
- Fourniture et pose d'un piquet de mise à terre.
- Fourniture et pose de fourreau métallique.

Le coût de l'installation revient à **722 767,50** dinars. [2]

Pour plus de détail voir tableau 13 d'annexe A.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

13. Exemple de coût de la consommation électrique de l'éclairage publique de l'APC de Béni-Yenni pour l'année 2011

Trimestre	Coût
1er	494 730,44 DA
2eme	137 740,73 DA
3eme	220 721,81 DA
4eme	316 446,31 DA
TOTAL	1 169 639,29 DA

Tableau 3 : Coût de la consommation électrique [2]

Conclusion :

Les systèmes d'éclairage classiques sont énergivores et ont un impact nocif sur l'environnement du fait qu'ils utilisent des lampes a base de matériaux toxiques en plus du coût élevé de la maintenance et de l'installation souvent en cuivre qui est de moins au moins disponible et cible de vol. Pour compenser ces défaillances on propose un système d'éclairage à base d'énergies renouvelables qui sera intelligent, économique, fiable et à base de dispositifs d'éclairage modernes.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Introduction :

C'est un euphémisme d'affirmer que le solaire photovoltaïque est en pleine expansion en ce début du troisième millénaire. Même les experts ont été surpris par l'incroyable progression de ce secteur économique, qui a explosé les prévisions les plus optimistes et affiche un dynamisme à tous les niveaux : investissements, développement technologique, maîtrise des coûts, implantation de nouvelles usines, vente et installation de systèmes photovoltaïques, exploitation de centrales. Dans ce chapitre, on présentera l'éclairage à base de LED utilisant les énergies renouvelables.

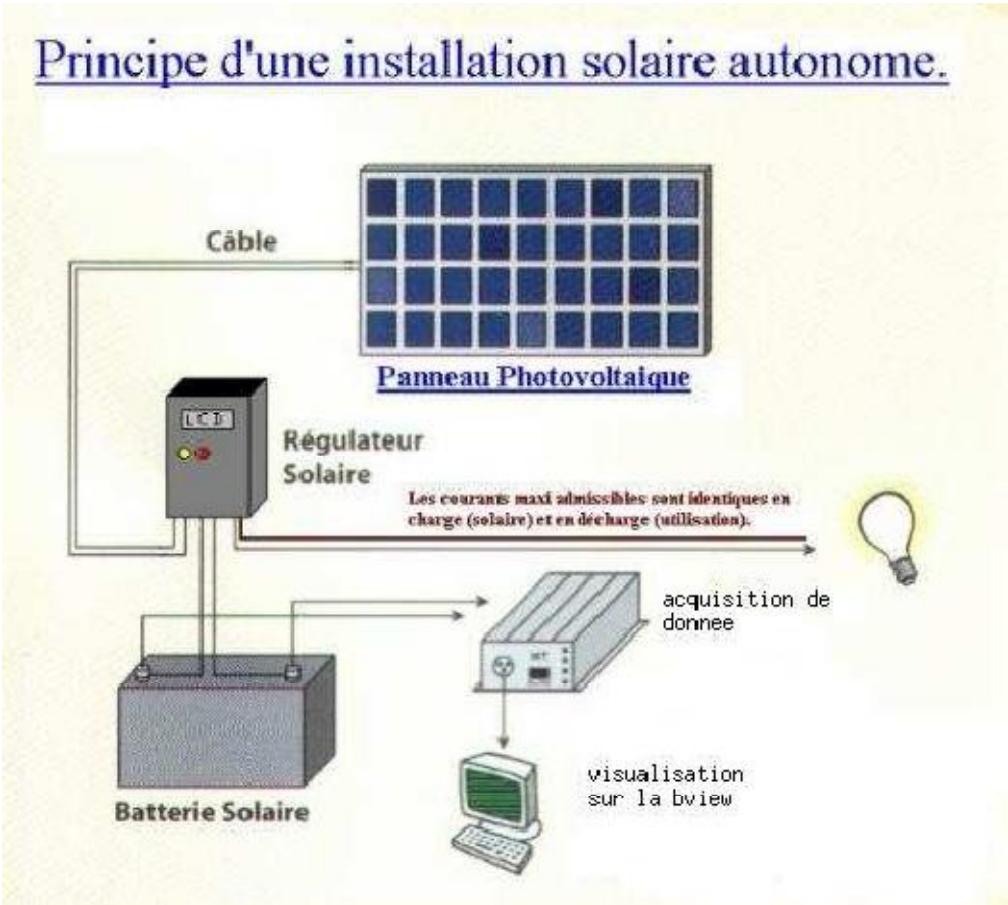


Figure1 : Principe d'une installation solaire autonome

1. Le générateur photovoltaïque :

Les cellules solaires et modules photovoltaïques sont des composants de conversion d'énergie qui produisent de l'électricité lorsqu'ils sont exposés à la lumière. On parle généralement d'énergie solaire photovoltaïque, car le soleil est la source lumineuse la plus intense de notre

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

planète, la plupart des applications sont en plein air. Mais on préfère l'expression de l'énergie lumière, pour insister sur le fait que toute source de lumière, même artificielle peut générer de l'électricité à travers une cellule solaire.

La nature du courant :

Les cellules solaires et les modules photovoltaïques produisent de l'électricité en courant continu (DC=Direct Current) comme les batteries, et non pas comme celle du secteur, qui en Algérie est en courant alternatif 220 VAC (AC= Alternative Curent) à fréquence de 50 Hz. Pour alimenter des appareils en courant alternatif ou pour se connecter au secteur et y injecter l'électricité produite à partir de l'énergie photovoltaïque, on a donc besoin de convertisseurs DC/AC qui produisent un courant alternatif à partir du continu, autrement dit des onduleurs. En extérieur (sous exposition solaire), la production électrique d'un panneau solaire dépend :

- De sa technologie
- Du rayonnement reçu
- Et de la durée d'exposition

En valeur instantanée, sous un ensoleillement maximum de 1 000 W/m^2 [3], un module photovoltaïque en silicium cristallin de 1 m^2 produit une puissance instantanée d'environ 130 W (pour un rendement du module de 13%). En valeur globale sur une journée, s'il est placé de façon optimale, on peut appliquer les règles suivantes [3] :

- En France /Suisse / Belgique : 1 m^2 donne entre 150 et 650 Wh par jour entre l'hiver et l'été et cela selon les régions.
- En Afrique : 1 m^2 donne entre 400 et 800 Wh par jour selon le pays.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

1.1 Anatomie d'un photo-générateur :

Photo générateur au silicium cristallin :

Figure 2.2 : Photo générateur au silicium cristallin

Le silicium peut être a l'état massif, il est dit dans ce cas cristallin, du fait de sa structure ordonnée. Il est produit sous forme de barreaux purifiés, de section ronde ou carrée, qui sont ensuite découpées en plaquettes d'environ 0.2mm d'épaisseur. Selon la technologie employée, ce silicium cristallin peut être ;

Monocristallin : les photopiles sont formées d'un seul cristal ordonné. Ce matériau est fabriqué en barreaux étirés à partir d'un germe, ou recristallisés à haute température.

Poly cristallin : il est constitué de cristaux de 1 mm à environ 2 cm assemblés, appelés grains. Ce matériau, moins onéreux, est élaboré dans de grands creusets industriels par fonte et refroidissement de blocs de silicium purifié. Dans les deux cas le silicium est découpé en tranches pas des scies a fil.

Sur ces plaquettes, on réalise alors l'incorporation des dopants par des techniques de diffusion ou d'incorporation sous vide. Puis, le silicium est couvert d'une couche antireflet en face avant, qui réduit à moins de 5% les pertes par réflexion de la lumière incidente, et qui lui donne une couleur bleu foncé, caractéristique des photo générateurs au silicium cristallin. Le dessus et le dessous de la plaquette doivent être couverts de contacts métalliques pour collecter l'électricité générée. Pour laisser passer la lumière, l'électrode avant est déposée sous forme de grille, l'arrière étant simplement recouvert d'une couche métallique continue. Ainsi, la photopile est opérationnelle. Cependant, sa faible tension de fonctionnement (autour de 0.6V) la rend plus utilisable dans la pratique, et il convient d'en monter plusieurs en série pour augmenter cette tension. On place alors les photopiles élémentaires entre deux supports (généralement en verre) après les avoir reliées entre elles en série par des fils conducteur extra plats. A l'aide d'une résine d'assemblage pour joindre les deux supports (faite a base d'éthyle-

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

vinyle acétate) au cour d'une opération dite encapsulation, essentielle pour la protection contre les intempéries , on constitue ainsi un panneau solaire avec sortie par câble ou boite a bornes, prêt a l'emploi. On remarque que la photopiles au silicium cristallin est assez fragile et nécessite systématiquement une encapsulation, au moins pour le renfort mécanique. Cela va de pair avec son usage exclusivement en milieu extérieur, qui s'explique par ses bonnes performances au soleil.

Photo générateur au silicium amorphe :

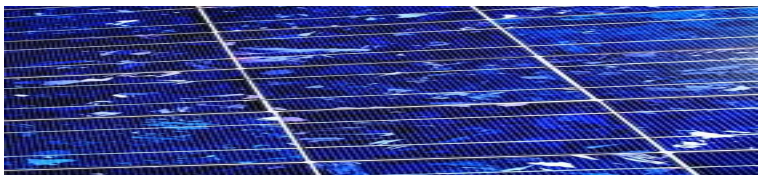


Figure 2.3: Photo générateur au silicium amorphe

Le silicium amorphe a une structure désordonnée, c'est-à-dire non cristallisée, ou vitreuse. Cependant, il possède un coefficient d'absorption de la lumière d'environ mille fois supérieur à celui du silicium cristallin. Une fine couche de 0.3 micro mètre est donc suffisante pour absorber l'essentiel du spectre visible. Dans cette technologie, le silicium est produit directement sur une plaque de verre, à partir du gaz silane Sih4 (qui constitue la matière première). Les plaques de verre sont placées dans une enceinte chauffée ou l'on fait le vide. Puis du silane est injecté et décomposé par une décharge radiofréquence. Le silicium libéré se dépose alors sur les plaques. La présence d'hydrogène (H) est également nécessaire pour la qualité du matériau (il limite le nombre de défauts, en saturant des liaisons pendantes du silicium présentes à cause de la structure désordonnée). L'adjonction des dopants (pour réaliser les couches p et n) est réalisé par ajout de gaz PH3 (phosphore) ou B2H6 (diborane) au silane.

En pratique, le verre comporte, sur la face ou l'on dépose le silicium, une couche mince transparente et conductrice faite d'oxyde d'étain (Sn O4) servant d'électrode (+). L'électrode arrière est produite par un dépôt métallique sur le silicium. La mise en série est réalisée au cours de la fabrication des couches par un astucieux découpage au laser des différentes couches, permettant de mettre en contact l'électrode (-) d'une photopile avec l'électrode (+) de la suivante. Cette technique présente l'avantage de pouvoir être réalisée même sur de très petits formats. Les photos générateurs au silicium amorphe sont donc susceptibles de générer

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

à moindre coût des tensions de 3.6V ou 12V, même sur des petites surfaces. La figure suivante montre le principe de fonctionnement d'un photo générateur. [4]

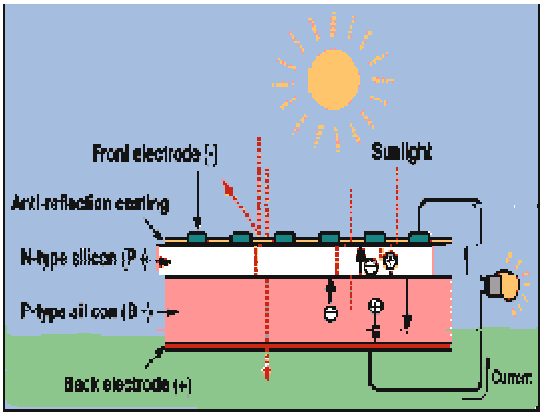


Figure 2.4 : Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque [4]

Un photo générateur est une tranche de silicium que l'on prend en sandwich entre deux électrodes métalliques (+) et (-) pour collecter le courant produit. Mais pour attirer ces électrons vers les électrodes, il faut une force interne, qui est une différence de potentiel DDP entres ses bornes générant ainsi une circulation de courant. Cette force interne sera réalisée par dopage des parties avant et arrière des tranches de silicium. L'absorption d'un photon par un semi conducteur donne naissance a une paire d'électron trou lorsque son énergie et supérieure a celle de la largeur de la bande interdite du matériau. Le champ électrique interne à la jonction entraîne alors le trou vers la région P et l'électron vers la région N.

- Dopage de type P : sur une surface par adjonction d'atomes de Bore (B), contenant moins d'électron périphérique par atome que le silicium.
- Dopage de type N : sur l'autre face, par adjonction d'atomes de phosphore (P) contenant plus d'électron périphérique par atome que le silicium.

On obtient ainsi une jonction possédant un champ électrique interne pour entrainer vers le circuit extérieur les charges électriques libérées sous illumination.

1.2 Groupement des cellules photovoltaïques :

La tension générée par une cellule photovoltaïque au silicium mono ou multi cristallin, fonctionnant au point de puissance maximale sous l'éclairement de référence de 1kW.m^{-2}, est de l'ordre de 0,55 V et le courant est fonction de la surface de la cellule. Il convient donc de grouper en série et parallèle les cellules élémentaires pour adapter tension et courant en fonction des contraintes de la charge à alimenter.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Il est important de noter dès à présent que la caractéristique courant/tension d'un groupement de cellules photovoltaïques, qu'elles coupent, sera directement homothétique de la courbe I(V) d'une cellule de base. Il en sera de même pour tout le réseau de caractéristiques. En conséquence, tout ce qui a été dit pour une cellule individuelle restera valable pour un groupement.

Module et 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 boite de connexion. Les électrodes supérieures d'une cellule sont connectées à la face arrière de la cellule suivante. La figure 5-a donne le schéma d'un module fermé sur sa résistance optimale R'.

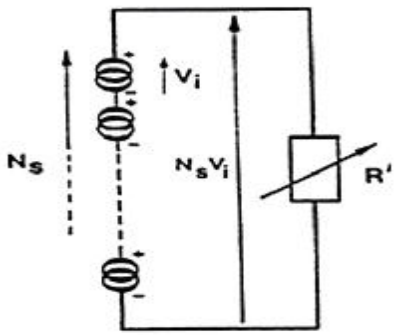


Figure 2.5-a : Schéma d'un module fermé série d'un groupement des cellules en série

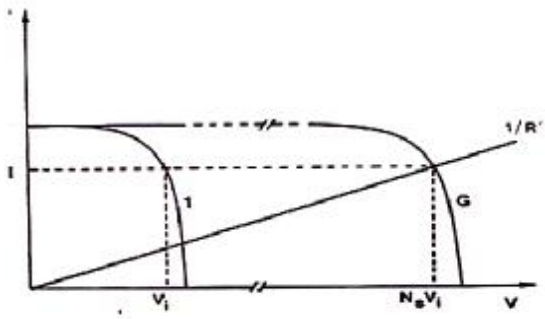


figure 2.5-b : Courbe de puissance du groupement

On constate immédiatement sur cette figure, correspondant à la mise en série de Ns générateurs de courant, que le courant généré par les cellules est le même dans toute la branche ainsi que dans la charge. Une première règle est donc qu'il ne faudra connecter en série que des cellules identiques.

La figure 5-b présente la courbe de puissance (caractéristique courant-tension) du groupement ainsi réalisé. La courbe est la caractéristique de l'une des Ns cellules du groupement série. La caractéristique du groupement (G) est obtenue en multipliant point par point et pour un même courant, la tension par N_s. Fermé sur l'impédance R', le groupement

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

série délivrera le courant I sous la tension N_sVi. Chacune des N_s cellules générant ce courant I et la tension Vi. La construction graphique de la figure 5-b suppose que la connexion en série des cellules n'introduit pas de résistances parasites (série ou shunt) supplémentaires. L'impédance optimale pour le groupement série est N_s fois plus grande que l'impédance optimale pour une cellule de base.

Groupement de cellules ou modules en parallèle

Il est possible d'augmenter le courant fourni à une charge en plaçant en parallèle plusieurs cellules ou modules photovoltaïques comme indiqué sur la figure 6-a. Sur cette figure, 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 les branches).

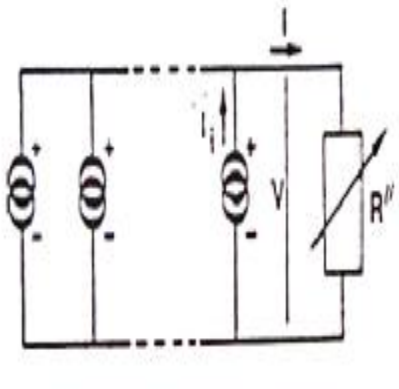


Figure2.6-a : Schéma d'un module fermé d'un Groupement des cellules en parallèle

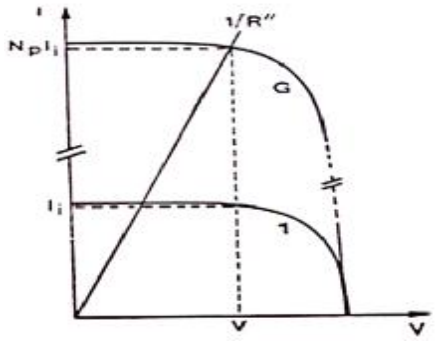


Figure 2.6-b : Caractéristique I (V) d'un Groupement des cellules en parallèle

La deuxième règle est donc qu'il ne faudra connecter en parallèle que des cellules des modules, ou des branches identiques. La figure 6-b présente la courbe de puissance résultante (G) pour le groupement parallèle considéré. Cette courbe est obtenue en multipliant point par point par N_p (nombre d'éléments en parallèle) et pour chaque valeur de la tension, le courant de la courbe correspondant à une cellule élémentaire fermé sur une résistance R'', le groupement parallèle délivrera le courant $N_p.I_i$ sous la tension V, chacune des N_p branches en parallèle générant le courant I_i. La construction graphique de la figure 6-b suppose que la connexion en parallèle n'introduit pas des résistances parasites (série ou shunt) supplémentaires. L'impédance optimale pour le groupement parallèle est N_p fois plus faible que l'impédance optimale pour une branche.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Un module ou un ensemble de modules photovoltaïques n'est que très rarement employé seul : dans le cas de la connexion réseau. Il ya au moins un onduleur, et dans le cas d'une alimentation autonome, une batterie la plupart du temps. D'autres éléments sont souvent nécessaires et l'ensemble constitue un système photovoltaïque, ou générateur photovoltaïque, dont les fonctions sont :

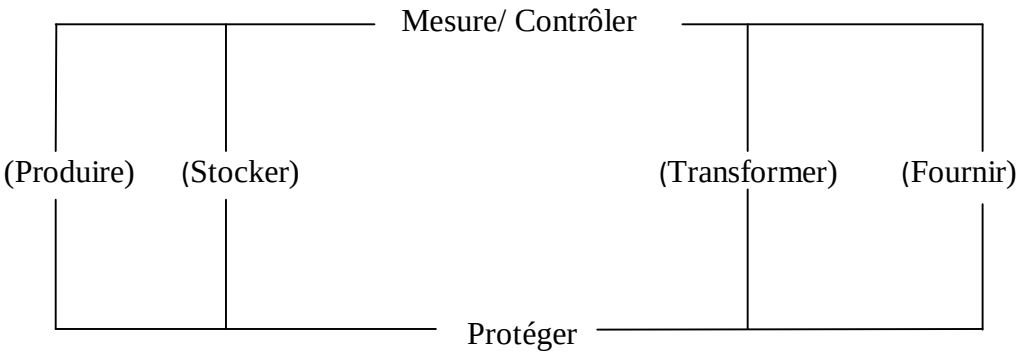


Figure 2.7 : Les fonctions d'un générateur photovoltaïque

Il y a deux grandes familles de générateurs photovoltaïques :

- Les installations raccordées au réseau dont l'électricité produite est injectée dans le réseau collectif.
- Les installations autonomes destinées à alimenter sur place certaines fonctions, soit sans autre source d'énergie, soit avec une source d'énergie complémentaire, on parle alors de systèmes hybrides.

Parmi les fonctions de la figure précédente, celles qui figurent entre parenthèses ne sont pas toujours présentes. Les fonctions mesurer, contrôler et protéger sont indispensables pour connaître le fonctionnement du système et pouvoir le dépanner, et pour que les composants ne soient pas endommagés ou durent le plus longtemps possible. Dans un système autonome on surveille surtout la batterie, qui a la durée de vie la plus faible.

Systèmes autonomes et hybrides :

Système autonome (au fil du soleil)

Ce sont les systèmes les plus simples puisque l'énergie photovoltaïque est utilisée directement à partir des panneaux, sans stockage électrique.

On peut les trouver dans deux cas :

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

A / Alimentation directe :

Dans ce cas, les fonctions se réduisent à <produire> et <fournir>.

L'appareil alimenté ne fonctionne qu'en présence de lumière, et dès que l'éclairement est suffisant pour atteindre la puissance demandée. C'est intéressant pour toutes les applications qui n'ont pas besoin de fonctionner dans l'obscurité, et pour lesquelles le besoin en énergie coïncide avec la présence de lumière. S'il y a de la lumière, ça fonctionne, sinon, ça s'arrête. Mais il faut calculer le panneau ou la cellule solaire de sorte qu'il y ait assez de puissance pour alimenter l'appareil à l'éclairement le plus faible rencontré, et c'est souvent contraignant puisque par le fait, on ne profite pas toujours des éclairements plus élevés : pas de stockage, donc pas de récupération du surplus d'énergie solaire.

B/ Le pompage solaire (au fil du soleil) :

Il s'agit de stocker de l'eau dans un réservoir. La pompe solaire est branchée directement sur les panneaux solaires par l'intermédiaire d'un régulateur ou d'un transformateur. On place ensuite un réservoir en hauteur pour recevoir l'eau pompée. Le débit d'arrivée d'eau dans le réservoir est variable, directement fonction du rayonnement solaire, d'où l'expression « au fil du soleil ». Il existe un stockage dans ce cas, mais de type hydraulique.

Systèmes autonomes avec batterie

C'est la configuration la plus courante des systèmes photovoltaïques autonomes que les anglophones appellent «Stand-Alone Systems ». L'ensemble est le plus souvent en courant continu (DC), ce qui est préférable car plus simple (quoique nécessitant un câblage plus important). Mais dès qu'on touche à l'habitat, il ya souvent des appareils en courant alternatif (AC) à alimenter. Tout simplement parce qu'ils n'existent pas en continu.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

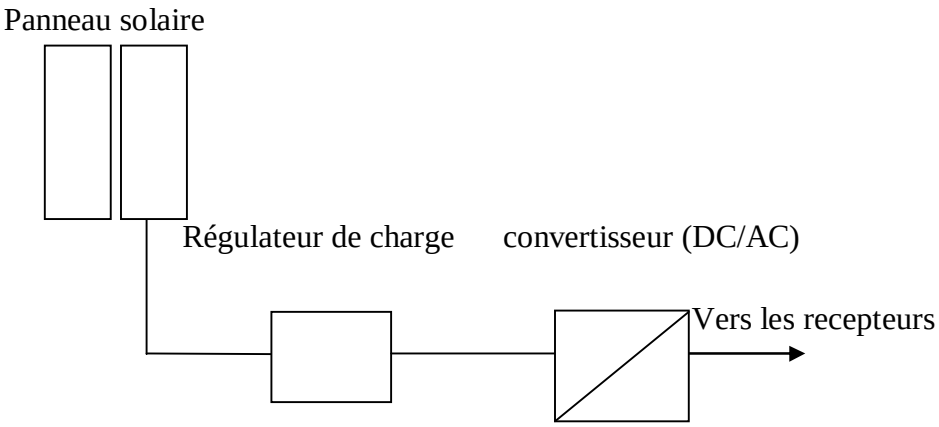


Figure2.8 : Système photovoltiaque autonome avec batterie

1.3 Dimensionnement du photo-générateur :

Le dimensionnement du photo générateur à utiliser peut se faire selon deux méthodes différentes :

- La première est d'imposer une dimension choisi pour répondre au coté esthétique du produit à condition que la tension qu'il délivre répond à la condition de charge de la batterie du système.
- La deuxième étant de définir le nombre de LED a utiliser pour avoir le même flux lumineux que le système existant puis par la suite calculer la puissance brut du photo-générateur afin d'avoir la consommation journalière du système qu'on devra diviser par le nombre d'heures d'ensoleillement de la région ou sera installé notre système.

Le nombre d'heures d'ensoleillement pour différentes régions d'Algérie est donné dans le tableau 1, 2, 3 de l'annexe B. [5] [6]

Pour cela on doit connaître la consommation journalière en Watt de notre système multiplié par le nombre d'heures d'utilisation.

Pour calculer la puissance du photo-générateur, on devise la consommation journalière du système sur l'ensoleillement de la région où il sera situé :

Puissance PV [Wcrête] =consommation journalière(Wh)/nombre-heures-ensoleillement(h) (1) [3]

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2. Éclairage à base de LED :

L'avènement des LEDs transforme en profondeur le monde de l'éclairage. La nouvelle source lumineuse que constituent les LEDs suscite des développements, application et défis entièrement nouveaux. De surcroît, les LED évoluent à un rythme effréné.

Les LED sont très petites en comparaison avec des sources lumineuses plus classiques comme les lampes fluorescentes. En d'autres termes, la source lumineuse d'un luminaire peut être divisée. Cela donne la possibilité de créer des luminaires plus fins et d'expérimenter avec les formes de manière beaucoup plus créative.

2.1 Avantage de l'éclairage à base de LED:

- Les éclairages à base de LEDs coûtent plus cher que les autres technologies. Mais les défenseurs de la LED considèrent que leurs performances réelles permettent de réduire fortement les factures d'électricité et les rendent ainsi compétitives.
- Les LED peuvent fonctionner jusqu'à 50 000 heures [7], ce qui dans un bureau peut représenter 10 ans de fonctionnement, alors que des tubes fluo compact devront être renouvelés tous les 2 ans.
- Elles fonctionnent à basse tension, avec, par LED, une différence de tension d'environ 3V. Si pourtant l'on commute 30 LED en série dans un seul luminaire, on obtient déjà 90V.
- La plupart des LED ont une plus large distribution lumineuse et diffusent la lumière avec un angle de 80 à 140° (angle complet). À l'aide d'optiques secondaires et tertiaires (lentilles, diffuseurs, réflecteurs ou leurs combinaisons), nous pouvons atteindre des distributions lumineuses spécifiques. Une distribution lumineuse adaptée est importante pour conserver dans chaque application la puissance spécifique aussi basse que possible, et donc également la consommation d'énergie.
- Les LED sont très petites en comparaison avec des sources lumineuses plus classiques comme les lampes fluorescentes. En d'autres termes, la source lumineuse d'un luminaire peut être divisée. Cela donne la possibilité de créer des luminaires plus fins et d'expérimenter avec les formes de manière beaucoup plus créative.
- Le flux lumineux spécifique des LED progresse à vue d'œil. Aujourd'hui, elles supplantent largement les lampes halogènes et à incandescence en termes de flux lumineux. En comparaison avec les lampes fluorescentes compactes également, elles sont désormais devenues réellement compétitives. On peut s'attendre à ce qu'elles puissent bientôt concurrencer les solutions fluo linéaires les plus efficaces. On peut

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

affirmer grosso modo que chaque année, pour le même flux lumineux, une diminution de prix de 10 % intervient ou que l'on bénéficie pour le même prix de 10 % de flux lumineux spécifique en plus.

- les LED, comparées à d'autres sources lumineuses, possèdent le potentiel pour représenter dans le futur la plus petite empreinte écologique. De surcroît, elles ne contiennent pas de mercure, contrairement aux lampes fluorescentes.
- Flux lumineux immédiat lors du démarrage. Les LED réagissent directement aux changements dans l'alimentation. Après l'allumage, elles atteignent immédiatement le flux lumineux maximal ; elles conviennent par conséquent particulièrement aux applications aux fréquentes commutations et où la lumière ne brille souvent que pendant une courte période.
- les LED peuvent aussi sans problème être rallumées alors qu'elles sont encore chaudes, une commutation fréquente n'ayant pas d'influence négative sur la durée de vie.
- Les LED ne développent pas de rayonnement ultraviolet (UV) ou infrarouge (IR) dans le faisceau.

2.2 Les différents types de LED et leur puissance:

Les trois technologies principales sont :

Les LED SMD (Surface Mounted Device)

On peut classer les LED SMD dans deux catégories: les LED basse puissance, et haute puissance. Elles sont montées dans des produits différents et permettent de couvrir des domaines d'application distincts.

LED SMD basse puissance

Elles sont montées sur les bandeaux et certains spots ou ampoules et sont de type "SMD" (Surface Mount Device). On trouve le plus souvent les modèles 3528 "simple cœur" et 5050 "triple cœur". Le modèle triple cœur permet d'intégrer trois LED de couleurs différentes dans une seule LED et est utilisée pour réaliser des rubans pouvant changer de couleur (RGB ou RVB (rouge, vert, bleu) en Français).

L'image suivante présente deux types de rubans :

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

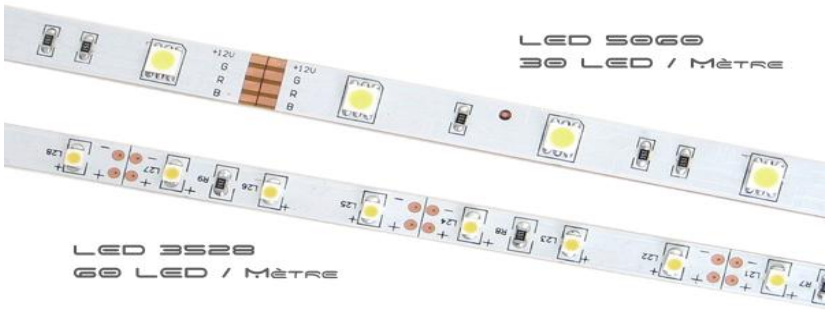


Figure 2.9 : Rubans à base de LED

Ce type de LED génère environ [7] :

- 55 lumens/Watt en blanc naturel,
- 45 lumens/Watt en blanc chaud.

A titre indicatif, une ampoule classique génère 15 lumens / Watt [7]. De plus, la puissance lumineuse dépend bien entendu du nombre de LED du produit.

LED SMD haute puissance

Elles font au moins 1W et sont montées sur tout type de supports : spots, ampoules, luminaires encastrés, d'extérieur...

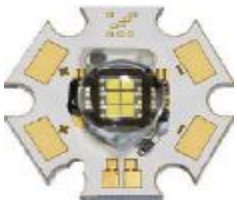


Figure 2.10: LED SMD 1 Watt

LED haute puissance 5W Osram:

Elles nécessitent des systèmes permettant de dissiper la chaleur (radiateurs). La chaleur produite n'est pas très élevée et vous pourrez toujours toucher une ampoule, même après des heures d'utilisation. Par contre, les LED sont sensibles à la chaleur, et sans système de dissipation adéquat, elles vieillissent prématurément. La puissance lumineuse restituée n'est pas toujours proportionnelle à la puissance consommée. Ce type de LED génère environ :

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Pour une LED de **1W** [7] :

- 90 lumens/Watt en blanc naturel,
- 75 lumens/Watt en blanc chaud.

Pour une LED de **3W** :

- 55 lumens/Watt en blanc naturel,
- 45 lumens/Watt en blanc chaud,

Il faut donc privilégier les LED de 1W qui possèdent un meilleur rapport "lumens / Watt", et dont la tension à leurs bornes est de 3 Volt [9], mais les LED de 3W permettent toutefois un éclairage beaucoup plus économique que l'halogène pour un encombrement minimal. Le tableau 6(voir annexe C) donne les puissances équivalentes en éclairage halogène pour des LED de 1W.

On peut trouver des LED haute puissance encore plus puissantes : 10W, 25W, 50W... en général sur des spots extérieurs. Attention dans ce cas à leur mise en œuvre : la lumière générée est très importante par rapport à leur surface d'émission et il faudra les positionner assez loin des zones à éclairer.

Les LED COB (Chip On Board).

Ces LED permettent de générer la lumière sur une plus grande surface. Ceci facilite leur mise en œuvre et permet une meilleure dissipation de la chaleur. Ce type de LED génère environ [7] :

- 60 lumens/Watt en blanc naturel.
- 55 lumens/Watt en blanc chaud.

Conclusion :

L'utilisation de l'énergie solaire et des LED permet de réaliser un système d'éclairage plus intéressant coté énergie, mais en y ajoutant certaines fonctions il deviendra intelligent, donc beaucoup plus économique et rentable.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Ce nouveau système est basé sur un principe d'éclairage automatique, il permet de réaliser une économie substantielle sur la consommation électrique de l'éclairage routier grâce à l'utilisation de LED mais aussi, et c'est une bonne part de son originalité, par une stratégie de contrôle de l'éclairage qui adapte la quantité de lumière aux besoins de vision de nuit des utilisateurs : On éclaire minimalement quand il n'y pas d'utilisateur de la chaussée et on éclaire de manière optimale toute activité nocturne. La consommation énergétique est ainsi minimisée, tout en préservant la sécurité et le confort visuel. En pratique, chaque luminaire est équipé de capteurs de mouvement et de présence ainsi que "d'intelligence" qui lui permettent de reconnaître les utilisateur et d'anticiper ses besoins et de gérer l'éclairage coordonné d'un groupe de luminaires successifs de manière à fournir des conditions agréables de sécurité et d'ambiance lumineuse tout en ayant la consommation énergétique la plus limitée possible. Cela est rendu possible par l'échange d'informations entre luminaires voisins à chaque modification de leur environnement, ainsi que par la dynamique de réponse des LEDs qui passent quasi-instantanément de l'éclairage minimum de sécurité à l'éclairage maximum et permettent le "dimming" pour adapter automatiquement l'éclairement aux conditions ambiantes de luminosité. A noter également que le système est autonome en le sens qu'il ne réclame, pour son fonctionnement, que les modules placés sur les luminaires.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

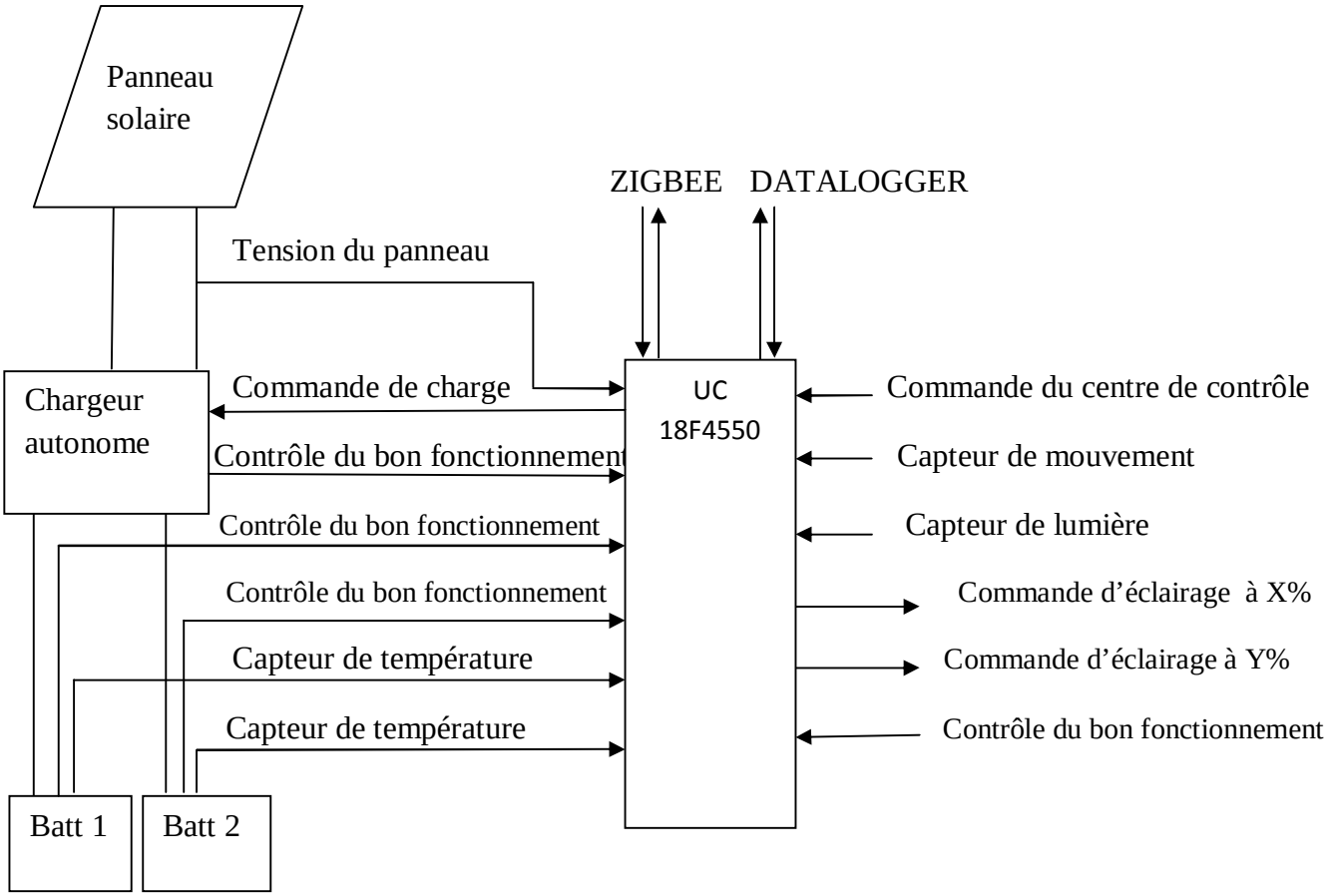


Figure 3.1 : schéma synoptique du concept

Remarque : X et Y c'est des taux d'éclairage choisis préalablement.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

1. Stockage de l’énergie :

Les applications autonomes purement photovoltaïques doivent impérativement pouvoir fournir du courant à tout moment, y compris quand le courant consommé est supérieur au courant produit au moment de l’utilisation, et sans possibilité de recourir à une autre source d’énergie. C’est le cas de la plupart des applications avec stockage. Notamment les applications domestiques isolées : les éclairages fonctionnent surtout la nuit. Le stockage sera dimensionné pour assurer le fonctionnement pendant les périodes où la production photovoltaïque est nulle ou inférieur au besoin. Le stockage de l’energie dans le système photovoltaique autonome est en géneral assuré par des batteries .

1.1 Les differents types de batteries:

Batterie au Plomb :

Il s’agit de la technologie la plus utilisée dans les systèmes solaires autonomes. Elle offre actuellement la meilleure réponse en terme de prix et de durée de vie. De plus elle présente les caractéristiques les plus recherchées d’une batterie solaire : un rendement élevé, une durée de vie longue avec un grand nombre de cycles et une auto décharge faible. Elle est constituée de deux électrodes de Plomb et d’oxyde de Plomb plongées dans un électrolyte composé d’eau

distillée additionnée d’acide sulfurique.

Figure 3.2: Batterie au plomb

Lors de la décharge, les élecrodes se transforment en sulfate de Plomb. Cette réaction électrochimique des électrodes s’accompagne d’une production d’eau, baissant ainsi la densité de l’électrolite. Lors de la charge, la réaction d’oxydoréduction se déroule dans le sens inverse et les électrodes se désulfatent : l’électrode négative se transforme en Plomb pur et l’électrode positive en dioxyde de Plomb. En fonction de la forme des électrodes positives, on distingue de grands types de batteries :

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Batterie à plaques :

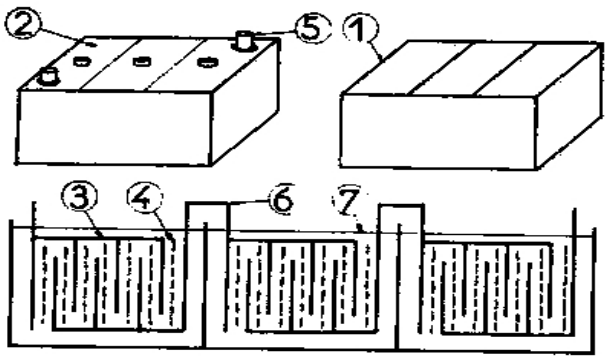


Figure 3.3: Batterie plomb à plaques

1. Bac.
2. Couvercle.
3. Plaques.
4. Séparateurs.
5. Bornes, le plus gros diamètre est le +.
6. Barrettes de liaison des éléments.
7. Électrolyte (acide sulfurique)

Ce sont les batteries les plus courrantes et les plus économiques. Les électrodes sont en forme de grilles en alliage de Plomb qui assure la tenue mécanique et la collecte de la plaque. Ces batteries présentent une durée de vie relativement courte de 3 à 4 ans [17] , qu'il est possible d'accroitre en augumentant l'épaisseur des plaques: plus les plaques sont épaisses, plus les batteries supportent la décharge profonde et lente, plus elles sont adaptées à une utilisation photovoltaique. Les batteries industrielles équipées de plaques de 5 à 8 mm d'épaisseur conviennent parfaitement aux systèmes photovoltaiques puissants.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Batteries tubulaires :

Figure 3.4: Batterie au plomb tubulaire

L'électrode positive se présente sous la forme d'un tube : le matériau actif entoure une épine en alliage de Plomb. Les épines verticales sont relieés entre elles par une barre horizontale assurant la collecte du courrant. Elles se caractérisent par une durée de vie plus longue 8 à 12 ans [8], car elles acceptent un plus grand nombre de cycles charge/décharge. Elles sont systématiquement utilisées pour les grosses installations solaires.

Types de batteries au plomb:

Les batteries ouvertes :

les plus économiques, renferment un electrolyte liquide libre. Elles demandent un entretien régulier qui consiste à rajouter de l'eau distillée, celle-ci perdant par gazéification. A chaque cycle il se produit une petite perte d'eau qu'il faut compenser régulierement.

Les batteries fermées :

Elles sont caracterisées par un electrolyte stabilisé par un gel de silicat de sodium(SiO_2) ou par un materiau AGM(Absorbent Glass Mat), sorte de separateur en microfibre de verre absorbant. Sous cet aspect, l'electrolyte devient plus durable et confere aux batteries une durée de vie plus longue, soit le double des batteries ouvertes. Elle sont aussi equipées de soupapes de sécurité prevues pour l'echappement des gaz d'hydrogene en éxcés en cas de surcharge anormale. Le tableau 1 résume les differentes batteries au plomb(annexe C)

Paramètres et caractéristiques des batteries solaires Plomb acide :

Ces batteries se caractérisent par de nombreux paramètres à prendre en compte lors de la conception et du dimentionnement du système de stockage.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

La capacité :

La capacité peut definir une quantité d'énergie éxprimée en Wh, elle est obtenue en multipliant la capacité (exprimée en Ah) par la tension supposée constante tout au long de la décharge. La capacité est inversement proportionnelle à la vitesse de décharge : plus ce courant est faible et constant, plus la capacité est importante.pour plus de detail voir tableau 2(annexe C) [8].

Batteries au Nickel :

Figure 3.5: Batterie au nickel cadium

Les premieres batteries au nickel mises sur le marché furent celles au Nickel-Cadium (NiCd). Elles utilisent de l'hydroxyde de Nickel pour les électrodes positives et de l'oxyde de Cadium pour les électrodes négatives. L'electrolyte est un milieu aqueux alcalin (hydroxyde de potassium). Ces batteries se caracterisent par une grande fiabilité, une grande cyclabilité (un nembre elevé de cycle charge/decharge),une puissance elevée apres décharge partielle et de très bonnes performances à des températures inferieures à 0°C (absence de congélation de l'elecrolyte). Cependant, sa densité d'energie massique reste faible,de l'ordre de 40Wh/kg [17].

Le prix d'une batterie au NiCd est environ 4 à 5 fois plus elevé que celui d'une batterie au Plomb-acide néaumoins elles sont caracterisées par une longue durée de vie de 15 à 20 ans [8], ces batteries sont utilisées dans des instalations photovoltaïques particulières : un lieu très isolé ou à accés difficiles.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Batteries au Lithium :

Figure 3.6: Batterie au Lithium

La technologie au lithium regroupe différents types de betteries :

Batterie au lithium-métal :

Le principe est fondé sur le passage d'ion Li^+ de l'électrode négative en lithium métalique à l'électrode positive pendant la décharge et l'inverse pendant la charge. Le lithium métal est très peu utilisé en raison de sa sensibilité au courcircuit interne, rendant les batteries dangeureuses et explosives.

Batterie au lithium-ion :

La technologie de lithium-ion est préférée à celle de lithium-métal pour des raisons de reversibilité et de sécurité, les principeaux avantages de ce type d'accumulateurs sont la tension nominale par élément, située entre 3 et 4 volts, sa densité d'énergie massique interessante (110 Wh/kg) [8], sa durée de vie est prolongée et son utilisation possible sur une large gamme de température.

Batterie au lithium polymère :

elle se caractérise par son faible poid, sa flexibilité, sa grande stabilité et sécurité et sa durée de stockage étendue grace à sa faible auto décharge. Le tableau 3(voir annexe C) [8] présente les caractéristiques des différents accumulateurs .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

1.2 Choix et dimentionnement de la batterie :

1.2.1 Choix :

On a choisi une batterie acide- plomb ouvertes à plaques minces solaire de 12V avec un taux de décharge de 50%.

Ce choix est basé sur le fait qu'ill s'agit de la technologie la plus utilisée dans les systèmes solaires autonomes. Elle offre actuellement la meilleure réponse en terme de prix et de durée de vie. De plus elle présente les caractéristiques les plus recherchées d'une batterie solaire : un rendement élevé, une durée de vie longue avec un grand nombre de cycles et une auto décharge faible.

Dans notre conception on va utiliser deux batteries, une pour le système principal et l'autre pour le panneau à LED. Les deux batteries seront branchées en série chargées par le même chargeur.

1.2.2 Dimentionnement:

Pour calculer la capacité de la batterie à utiliser il faut diviser la consommation journalière du système sur la tension de la batterie.

Capacité-batterie (Ah) = consommation journalière (Watt heures) /tension-batterie(V) (2) [3]

Pour avoir une capacité avec des jours d'autonomie il faut multiplier la capacité de la formule (II) par le nombre de jour d'autonomie.

Le courant nécessaire pour une charge lente de la batterie est égal à un dixième de sa capacité.

Courant-charge (A) = capacité-batterie(Ah)/10 (3) [3]

Ce courant définit le chargeur à utiliser.

La durée de charge= (Capacité-batterie*1.4)/courant-chargeur (4) [3]

2. Régulateur de charge:

Placé entre les modules photovoltaïques et les batteries, le contrôleur de charge est l'élément régulateur central d'un système photovoltaïque autonome : il contrôle les flux d'énergie.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

- Les panneaux solaires n'envoient pas à tout moment de la journée un flux continu d'électricité. Il peut y avoir des surcharges. Le contrôleur de charge est là pour réguler ce flux afin d'alimenter les batteries avec régularité et les protéger.
- Par ailleurs, les jours où le ciel est très couvert et que les panneaux ne délivrent plus d'énergie, il peut arriver que l'utilisateur sollicite une importante décharge aux batteries pour sa consommation. Le régulateur est encore là pour prévenir une décharge trop profonde qui endommagerait les batteries.

Le contrôleur de charge assure à la fois les fonctions de surveillance, de protection (sécurité de l'installation), et dans les systèmes les plus élaborés, il commande la recharge par d'autres sources d'énergie (génératrice thermique d'appoint, éolienne, hydraulique). Les deux principales fonctions de ces régulateurs sont le contrôle de charge et de la décharge de la batterie.

2.1 Fonctions de régulateur :

Protection contre les surcharges :

L'une des principales fonctions du régulateur est d'empêcher la surcharge se produisant en fin de charge de la batterie. Lors de la charge à courant constant, la tension de la batterie augmente jusqu'à atteindre pratiquement le niveau de fin de charge au-delà duquel elle augmente rapidement. Cette soudaine élévation de tension correspondant à la transformation quasi complète de la manière active et au début de la gazéification de l'électrolyte (décomposition de l'eau de l'électrolyte en hydrogène et en oxygène occasionnée par une électrolyse). Si cette gazéification se poursuit, la batterie sera en surcharge, favorisant l'accélération de la corrosion du Plomb, la perte d'électrolyte et la dégradation des plaques de Plomb, réduisent ainsi la durée de vie de la batterie. Le régulateur intervient juste avant la surcharge de la batterie, c'est-à-dire un début la gazéification, en réduisant l'apport énergétique. Le courant est limité par des court-circuitages brefs rapides du générateur solaire. Pour une batterie de 12 V, ce niveau d'intervention varie de 13.8 V pour une batterie fermée sans entretien à 14.4 V pour une batterie ouverte [8]. En fait, la réduction de puissance ne se fait pas brutalement mais progressivement sur une petite plage de tension. Le contrôle de la tension de charge utilise deux valeurs caractéristiques:

- La tension de fin de charge : V_{fc}
- La tension de recharge : V_{rc}

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Protection contre les décharges profondes :

L'autre fonction principale du régulateur est d'empêcher la décharge complète de la batterie. Fortement nuisible à sa durée de vie si elle se répète régulièrement. Durant la décharge, la tension de la batterie diminue régulièrement de façon linéaire puis chute rapidement en fin de décharge : vers 60% de la décharge [8], les matériaux actifs deviennent de moins en moins accessibles (porosité réduite), empêchant l'électrolyte d'atteindre en profondeur la masse active. Si la décharge se poursuit plus longtemps, le sulfate formé sur les plaques tend à se transformer en de gros cristaux permanents bloquant le passage du courant. Ce phénomène de sulfatation tend, dans un premier temps, à réduire la capacité de la batterie et, dans un second temps à raccourcir sa durée de vie.

Le régulateur doit donc couper l'alimentation des appareils connectés sur la batterie lorsque la tension de celle-ci est descendue en dessous du seuil critique. Les récepteurs reconnectés automatiquement lorsque la batterie a été rechargée par les générateurs solaires et que le seuil de commutation de charge sont atteint. Cette reconnexion des récepteurs peut se faire également manuellement. Il est vivement recommandé de réenclencher la connexion des récepteurs dès que la batterie a retrouvé sa charge complète ; dans ce cas, la reconnexion est suivie d'une coupure et ainsi de suite, obligeant la batterie à travailler à un niveau de faible charge, ce qui favorise la sulfatation. La valeur du seuil critique (seuil de délestage) évolue avec le vieillissement de la batterie (âge, sulfatation, corrosion…), la température et le niveau du courant de décharge par rapport à la capacité. Cette variation du seuil choisi initialement est assez élevée : le régulateur arrête la décharge prématurément bien avant d'atteindre le seuil critique initial. Sa valeur est fonction de la profondeur de décharge de la batterie et dépend du régime de décharge. (Voir tableau 4 annexe C).

Autres fonctions :

- Rôle protecteur: Le régulateur présente d'autres fonctions de protection électronique : protection contre les inversions de polarité des modules et des batteries.
- Compensation thermique: Les tensions de fin de charge et de fin de décharge d'une batterie sont fortement dépendantes de la température. Il est donc important que le régulateur lise précisément cette grandeur. Le régulateur adapte la tension de charge aux changements de température ambiante à l'aide d'une sonde de température collée sur le boitier de la batterie. D'une manière générale, la compensation thermique est de l'ordre de 5mV/cellule/°C, soit 30 mV/°C pour une batterie de 12 V [18].

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

- Communication d'information: La plupart de ces régulateurs sont équipés de voyants ou témoins lumineux destinés à fournir un ensemble d'indications tel que l'état de charge de la batterie, l'état de fonctionnement du générateur, le mode de fonctionnement du générateur, le mode de fonctionnement en cours, l'état des différentes protections, etc. certains régulateurs plus performants peuvent communiquer ces données à des ordinateurs au moyen d'une liaison(USB).

2.2 Technologie des régulateurs :

Régulateurs shunts tout ou rien :

Le principe de fonctionnement est un simple aiguillage : tout le courant délivré par les panneaux photovoltaïques, passe normalement dans les batteries jusqu'à ce que le seuil de coupure soit atteint. Alors, le courant est dérivé dans l'interrupteur équipé d'une diode. Cette diode joue également le rôle de blocage du courant nocturne pouvant «s'écouler» des batteries. L'interrupteur le plus souvent utilisé est un MOSFET à faible résistance de passage, qui est plus intéressant qu'un transistor bipolaire qui dissipe trop d'énergie.

Le régulateur shunt linéaire :

Ce type de régulateur maintient une tension constante aux bornes des batteries lorsqu'elles atteignent leur pleine charge. L'avantage est que la charge totale des batteries est garantie. L'inconvénient, c'est que la puissance non utilisée provenant des panneaux photovoltaïques doit être dissipée par un transistor en parallèle, ce qui limite ce type de régulation aux petits courants.

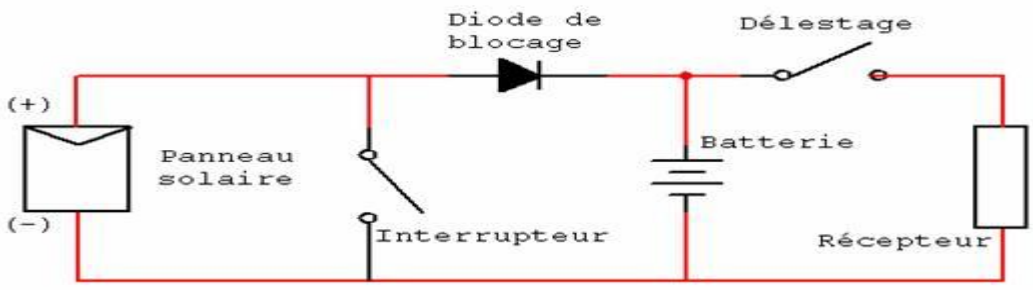


Figure3.7: Principe du régulateur shunt

Le régulateur série tout ou rien

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Ce type de régulateur est très répandu et a supplanté le régulateur shunt. L'interrupteur de charge est ici en série avec les batteries et il s'ouvre lorsque la fin de charge est atteinte. La différence avec la technique « shunt », c'est que le relais peut être commutant en laissant passer le courant vers un autre récepteur. Cette propriété permet d'utiliser la totalité de la puissance solaire en alimentant un récepteur auxiliaire (ventilation, pompage, chauffage en pays froid).

Le régulateur série linéaire

Dans ce modèle, on ajoute une source de courant parallèle avec l'interrupteur pour réaliser l'égalisation des batteries par flottement : un transistor contrôlé par une simple résistance en série avec une diode. Le désavantage par rapport au type « shunt » est que l'interrupteur, selon sa résistance de passage, ajoute une chute de tension supplémentaire entre les panneaux et les batteries.

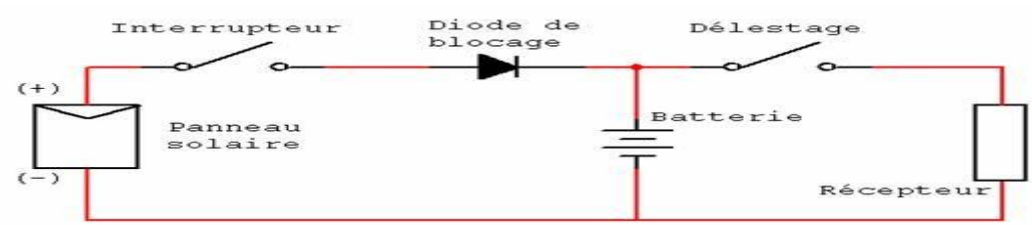


Figure 3.8: Principe du régulateur série

Le régulateur MPPT

Dans ce régulateur, un circuit électronique mesure en permanence la tension et le courant des panneaux pour tirer de l'énergie au point de puissance maximale MPPT (Maximum Power Point Tracking). Ceci permet de garantir que le maximum d'énergie sera récupéré, quels que soient la température et l'ensoleillement. L'avantage de ce genre de régulateur, est qu'il permet de travailler dans une grande plage de température et ainsi récupérer l'excès non négligeable de tension en hiver lorsque le point de puissance maximale peut monter au-dessus de 18 Volts dans un système de 12 Volts [18].Cette technologie est réservée aux systèmes de plusieurs centaines de Watts pour que le gain d'énergie compense le prix plus élevé de ce type de régulateur.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

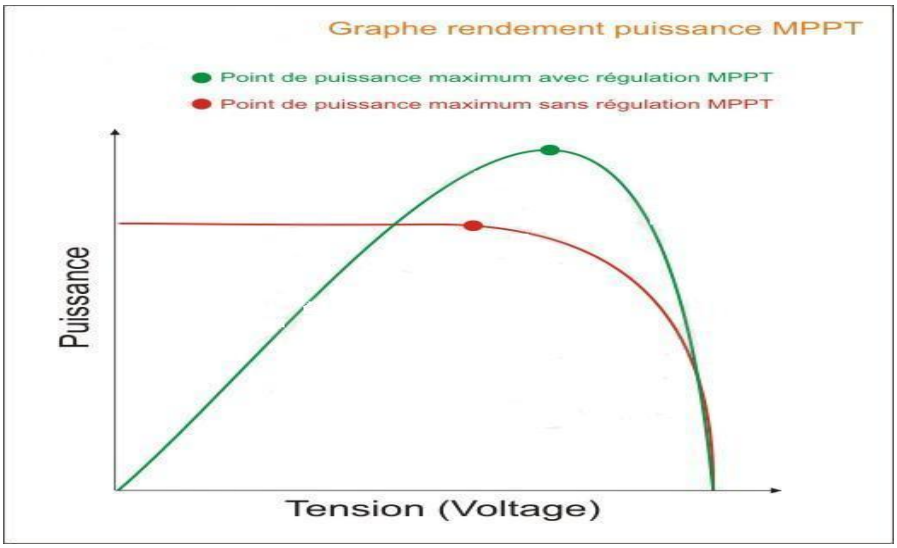


Figure 3.9: Rendement de puissance du MPPT

Figure 3.10 : *Régulateur MPPT*

Le tableau 5(voir annexe C) résume les différents régulateurs

2.3 Critères de choix des régulateurs :

Les paramètres essentiels déterminant le choix d'un régulateur en fonction de son utilisation et de son environnement sont :

- le premier paramètre à prendre en considération est la puissance ou le courant maximal qu'il peut contrôler pour une tension nominale donnée. Ce courant devra tenir compte de conditions d'ensoleillement particulières qui peuvent générer des rayonnements solaires instantanés supérieurs à 1kW /m^2.
- Une valeur sûre pour le choix du courant du régulateur est 1.5 fois le courant de court-circuit Icc pour un régulateur shunt et 1.5 fois le courant nominal Im pour un régulateur série.

Consommation interne :

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Le courant de repos des régulateurs varie typiquement entre 1 et 2.5mA. Il est intéressant de connaitre la valeur de ce courant pour calculer les pertes que cela représente. Les autres pertes du régulateur proviennent de la résistance de passage de l'interrupteur et de la diode de blocage. On choisira plutôt un régulateur à diode Schottky et parfois un régulateur shunt pour de petits systèmes.

Précision de seuils :

Les seuils de coupure et de délestage du régulateur devraient rester stables à plus ou moins 2% de leur valeur nominale durant la vie du système. Il faut également veiller à ce que la chute de tension régulateur-batterie reste négligeable pour la précision des seuils dans un montage à deux conducteurs, sinon il faut utiliser un régulateur ayant une mesure séparée de la tension.

2.4 Choix du régulateur :

Notre choix s'est porté sur un régulateur MPPT du fait qu'il permet de garantir que le maximum d'énergie soit récupéré, quels que soient la température et l'ensoleillement. De plus, il permet de travailler dans une grande plage de température et avec une tension constante.

3. Les capteurs :

3.1Capteur de mouvement :

Il existe un large éventail de capteurs, qui selon leur utilisation, permettent d'obtenir une information de type "localisation" par la détection de proximité, de passage, de mouvement ou la mesure d'une distance, d'une vitesse, . . . Nous allons présenter quelques capteurs qui sont utilisés dans des dispositifs de détection de présence

- **Les ultrasons :**

Figure 3.11 : L'ultrason

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Les capteurs à ultrason sont composés d'un émetteur et d'un récepteur et utilisent la méthode de la télémétrie à ultrason pour calculer la distance entre l'émetteur et un objet distant. Cette méthode consiste à mesurer le temps que prend une impulsion ultrasonique pour atteindre l'objet et revenir par réflexion à son point de départ. L'onde sonore utilisée a une fréquence de plus de 20 kHz. Connaissant la vitesse de propagation de ce type d'onde, qui est d'environ 30 cm/ms, la distance franchie par les ultrasons. Au cours du temps (effet Doppler). Ce procédé est utilisé dans les radars. Cette méthode est un moyen de détecter le mouvement.
Des mesures sur les ondes électromagnétiques à basses fréquences sont très souvent utilisées dans la détection de mouvement en domotique. Des précautions d'utilisation s'imposent car les ondes radio traversent les murs donc deux capteurs dans une pièce ou juste séparés par un mur risquent de donner des résultats incohérents.

- **Les télémètres :**

Figure 3.12: Télémètre

Un télémètre laser permet de connaître la distance d'une cible. Un rayon modulé en fréquence est projeté sur une cible. La cible renvoie ce rayon vers l'appareil. Le temps mis par le rayon pour revenir est mesuré et la distance séparant l'utilisateur de la cible est calculée, de la même façon que le capteur à ultrason décrit précédemment.

- **Les capteurs infrarouges :**

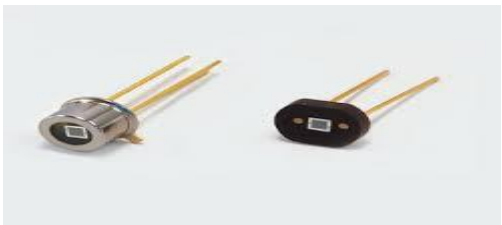


Figure 3.13 : Capteur infra rouge

L'utilisation des ondes infrarouges pour la détection de présence est le moyen le plus populaire. Cette détection est qualifiée de passive car le signal électrique est généré en fonction du rayonnement thermique naturel émis par la cible. L'autre type de détection est

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

appelée détection active car elle utilise un émetteur Infrarouge et un récepteur. S'il n'y a pas d'objet entre l'émetteur et le récepteur, ce dernier détectera le rayonnement IR. Par contre, si un objet coupe le faisceau infrarouge, alors l'émetteur décèlera une présence.

Les types de détecteurs infra rouge :

Les détecteurs IR font partie de la famille des détecteurs volumétriques. Il existe principalement les types de détecteurs suivants :

- Les détecteurs grands angles : l'angle d'ouverture varie entre 90° et 180°. Leur portée de détection peut atteindre 20m [15]. Ce type de détecteurs est utilisé couramment, car placé judicieusement, il couvre le volume d'une pièce.
- Les détecteurs longue portée : l'angle d'ouverture est très faible (quelques degrés), leur portée de détection peut atteindre 60m [15], ils sont utilisés pour la surveillance des couloires et des corridors.
- Les détecteurs de type rideau : leur zone de détection est très fine, l'angle d'ouverture varie entre 1 et 20° [15], ils sont utilisés pour la détection des intrus.

Critères de Choix d'un détecteur de mouvement :

En fonction de vos besoins, voici quelques critères à prendre en compte lors du choix d'un détecteur de présence :

- **Temps** : le temps d'éclairage suite à un mouvement cela peut varier de quelques secondes à plusieurs minutes.
- **Angle de détection** : c'est l'angle dont le détecteur de mouvement couvrira pour détecter un mouvement.
- **Portée de la détection** : les produits sur le marché propose entre 3 et 12 mètres de portée pour la détection
- **Détection Automatique Jour/Nuit** : ce critère est relativement important. le détecteur de mouvement doit différencier le jour et la nuit. En effet, si le détecteur de mouvement ne différencie pas les zones éclairées et les zones sombres, cela amène des gâchis en termes d'électricité car il n'y a aucune nécessité que le détecteur envoie un signal pour le déclenchement de l'éclairage s'il y a la présence de lumière naturelle. La lumière s'allume à partir d'un seuil de pénombre. Certains détecteurs de mouvement sont équipés d'un senseur de lumière (détecteur crépusculaire) faisant en

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

sorte que le détecteur n'allume l'éclairage que lorsque la lumière du jour est assez faible.

Selon ces critères on va utiliser un capteur infra rouge (IR) à longue porté avec un angle d'ouverture de 180° et une portée de détection de 20m.

3.2 Capteurs de Lumière

- **La Photorésistance** :

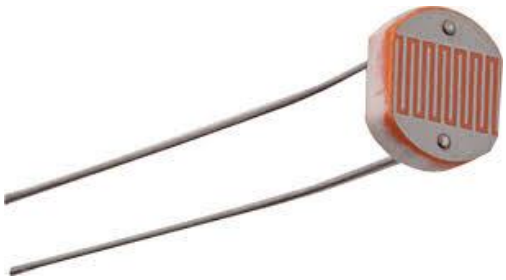


Figure 3.14 : Photorésistance

Résistance dont la valeur varie (diminue en général) en fonction de l'intensité lumineuse. Utilisé notamment pour faire varier la lumière artificielle en fonction de la lumière du jour.

- **La Photodiode** :

Figure 3.15 : La photodiode

Diode qui lorsqu'elle est polarisée en inverse, produit un courant qui augmente proportionnellement à l'intensité lumineuse. Utilisé dans la fibre optique.

- **Le Phototransistor** :

Figure 3.16 : Phototransistor

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Transistor dont la base est sensible aux rayonnements lumineux. Il crée un courant lorsqu'il est éclairé, sa sensibilité est entre 100 et 400 fois supérieure à celle d'une photodiode mais le courant d'obscurité est aussi plus important. De plus la constante de temps est plus importante (base plus épaisse) et donc la fréquence de coupure plus basse que celle des photodiodes.

On a choisi une photorésistance (LDR) pour sa grande sensibilité à l'intensité lumineuse et son temps de réponse intéressent.

3.2 Les capteurs de température :

- **LM35** : (Sondes de température centigrades de précision)

Figure 3.17 : Capteur de température LM35

Les séries LM35 sont des sondes de température de circuit intégré de précision, dont la tension de rendement est linéairement proportionnelle à la température (centigrade). Le LM35 a ainsi un avantage par rapport aux sondes de température linéaires calibrées en ° Kelvin, car l'utilisateur n'est pas obligé de soustraire une grande tension constante de son rendement pour obtenir la graduation centigrade commode. Le LM35 n'exige aucun calibrage ou réglage externe pour fournir des exactitudes typiques de ±1⁄4°C à la température ambiante et de ±3⁄4°C au-dessus d'un plein −55 à +150°C.

- **DS1820** (1–WireTM Digital Thermomètre)

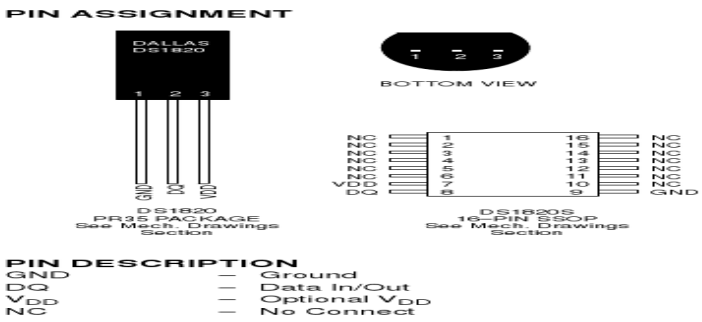


Figure 3.18: Capteur de température DS1820

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Le thermomètre digital DS1820 fournit 9 bits de lectures de la température qui indiquent la température du dispositif. L'information est envoyée de/vers le DS1820 au-dessus d'une interface 1-Wire, de sorte que seulement un fil (et terre) doivent être reliés d'un microprocesseur central à un DS1820 [16]. La puissance pour la lecture, l'écriture, et l'exécution des conversions de la température peut être dérivée de la ligne de données elle-même sans le besoin de source d'énergie externe.

Le choix s'est porté sur le thermomètre digital DS1820 du fait qu'il fait en interne la conversion analogique numérique, sa sortie est branchée vers une broche numérique de circuit numérique de commande mais aussi car on peut utiliser plusieurs capteurs avec les deux mêmes fils.

4. Les moyens de communication sans fil:

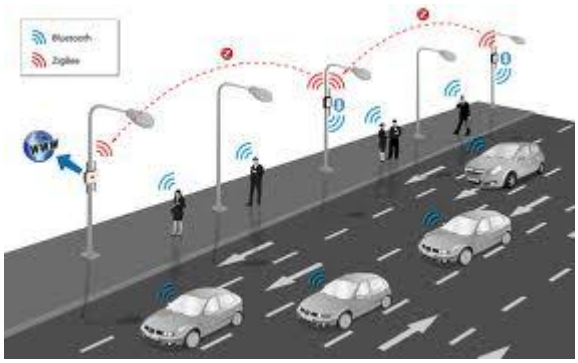


Figure 3.19 : La communication sans fil

4.1 Le zigbee :

Zigbee est une spécification pour un ensemble de protocoles de communication de haut niveau utilisés pour créer des réseaux personnels construits à partir de petites radios numériques de faible puissance. Zigbee est basée sur une norme IEEE 802.15. Bien que de faible puissance, le dispositif Zigbee transmet souvent des données sur de longues distances par le passage de données à travers des dispositifs intermédiaires pour créer un réseau maillé, c'est à dire, un réseau sans contrôle centralisé ou haute puissance émetteur / récepteur en mesure d'atteindre tous les appareils en réseau.

Le Zigbee est utilisé dans des applications qui nécessitent un faible taux de données, batterie longue durée, et le réseautage sécurisé. Le Zigbee a un taux défini de 250 kbit /s [10], mieux adapté pour les données périodiques ou intermittentes, ou une transmission de signal unique à partir d'un dispositif de capteur ou de saisie. Les applications incluent les

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

commutateurs sans fil de lumière, des systèmes de gestion du trafic, et d'autres équipements industriels et de consommation qui nécessite le transfert sans fil de courte portée des données à des vitesses relativement faibles. La technologie définie par la spécification Zigbee est conçu pour être simple et moins coûteuse que d'autres WPAN, telles que Bluetooth ou Wifi.

4.2 Le wifi :

Wifi est un ensemble de protocoles de communication sans fil régis par les normes du groupe IEEE 802.11 (ISO/CEI 8802-11). Un réseau Wifi permet de relier sans fil plusieurs appareils informatiques (ordinateur, routeur, décodeur Internet, etc.) au sein d'un réseau informatique afin de permettre la transmission de données entre eux. Grâce aux normes Wifi, il est possible de créer des réseaux locaux sans fil à haut débit.

Dans la pratique, le Wifi permet de relier des ordinateurs portables, des machines de bureau, des assistants personnels (PDA), des objets communicants ou même des périphériques à une liaison haut débit sur un rayon de plusieurs dizaines de mètres en intérieur (généralement entre une vingtaine et une cinquantaine de mètres) .

La transmission des données étant hertzienne, la puissance du signal varie proportionnellement en $1/d^2$ où d est la distance. Donc plus la distance augmente plus le signal devient faible. Donc on adapte le débit binaire en fonction de la qualité du signal entre deux adaptateurs réseau.

Avantages et inconvénients du wifi :

Mobilité : La connexion au réseau sans fil permet de se déplacer librement dans le rayon disponible. On peut ainsi emmener son laptop de la salle de réunion à l'atelier sans avoir à brancher/débrancher quoi que se soit.

Facilité : Un réseau Wifi bien configuré permet de se connecter très facilement, à condition, bien sûr, de posséder une autorisation. Il suffit généralement de se trouver dans la zone de couverture pour être connecté.

Souplesse : La souplesse d'installation du Wifi permet d'adapter facilement la zone d'action en fonction des besoins. Si le point d'accès est trop faible, on ajoute des répéteurs pour étendre la couverture.

Coût : La plupart des éléments du réseau Wifi (point d'accès, répéteurs, antennes…) peuvent être simplement posés. L'installation peut donc parfois se faire sans le moindre outillage, ce qui réduit les coûts de main-d'œuvre. Le budget de fonctionnement est similaire à un réseau

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

filaire.

Evolutivité : La facilité d'extension ou de restriction du réseau permet d'avoir toujours une couverture Wifi correspondante aux besoins réels.

Inconvénients du réseau Wifi :

Qualité et continuité du signal : Un réseau Wifi bien installé et bien configuré est généralement fiable et d'une qualité constante. Cependant, il suffit parfois de peu pour perturber le signal : un radar de gendarmerie ou un émetteur Bluetooth, par exemple.
Sécurité : Le Wifi étant un réseau sans fil, il est possible de s'y connecter sans intervention matérielle. Cela veut dire qu'il faut particulièrement étudier la sécurisation du réseau si l'on veut éviter la présence d'indésirables ou la fuite d'informations.

4.3 Le Bluetooth :

Bluetooth est une spécification de l'industrie des télécommunications. Elle utilise une technique radio courte distance destinée à simplifier les connexions entre les appareils électroniques. Elle a été conçue dans le but de remplacer les câbles. Le système Bluetooth opère dans les bandes de fréquences ISM* (Industrial, Scientific and Medical) 2,4 GHz dont l'exploitation ne nécessite pas de licence. Cette bande de fréquences est comprise entre 2 400 et 2 483,5 MHz [12]. Un transceiver à saut de fréquences est utilisé pour limiter les interférences et l'atténuation. Il existe trois classes de modules radio Bluetooth sur le marché voir tableau 9 de l'annexe C.

La portée d'une liaison RF à 2,45 GHz dépend :

- de la puissance émise : 3 classes d'émission, possibilité de mettre en œuvre un contrôle de la puissance pour réduire le taux d'erreurs à un niveau acceptable, avec une consommation minimale.
- du gain des antennes : une antenne de bonne qualité permet d'augmenter la portée, mais est difficile à installer à l'intérieur d'un téléphone ou d'un PC portables.
- de l'environnement : l'onde radio doit contourner ou traverser plusieurs obstacles.
- (corps humain, cloisons …) qui absorberont une partie de l'énergie émise. Elle peut aussi être diffractée par un obstacle conducteur et renvoyée dans toutes les directions. Enfin l'arrivée sur l'antenne du récepteur d'ondes ayant suivi des trajets différents peut aussi conduire à des interférences destructives.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Les 3 catégories de puissance d'émission [12] :

- classe 1 : puissance maximale émise 100 mW soit 20dBm, contrôle de la puissance par pas de 2 dB min / 8 dB max dans la gamme 4 dBm - 20 dBm.
- classe 2 : puissance maximale 2,5 mW soit 4 dBm, contrôle de puissance facultatif.
- classe 3 : puissance maximale 1 mW soit 0 dBm, contrôle de puissance facultative.

Comparaison entre les trois systèmes :

	Bluetooth	Wifi	zigbee
Application	Remplacement de câble	Web, mail, vidéo	Gestion et contrôle
Taille du réseau (nombre de nœuds)	7	32	10-1000
Durée de vie de la batterie (jour)	1-7	1-5	100-1000
Standard des couches basses	802.15.1	802.11b	804.15.4
La bande passante(Kbps)	720	11	20-250
La portée(m)	1-10	1-100	1-75
Optimisé pour	Faible coût, commodité.	Vitesse	Faible consommation d'énergie, faible cout, fiabilité, évolutivité.

Tableau 1 : Comparaison entre les trois moyens de communication sans fil.

On a opté pour le zigbee comme moyen de communication, car il offre le meilleur rapport qualité, consommation énergétique.

Le ZIGBEE fonctionne dans 12 canaux de la bande 2,4 GHz. La puissance émission est ajustable entre 10 mW et 60 mW. La portée théorique à l'intérieur est de 100 m et de 1500 m en extérieur [10]. Ils doivent être alimentés entre 2,8 et 3,4 V. La consommation en réception est 50 mA. Elle passe à 210 mA en émission 60 MW [10]. En mode "sleep" la consommation est inférieure à 10 mA. Pour plus de détail voir tableau 7 de l'annexe C.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

5. Le Data Logger (l'horloge RTC) :

Notre choix s'est porté sur le module 8583 qui a une grande mémoire 2Ko de RAM Donc elle permet de sauvegarder toutes les informations qui lui seront communiquées tels que le temps de charge, nombre de cycle charge/décharge de la batterie, l'heure de détection de la tension max que délivrera le panneau solaire….

Figure 3.20 : L'horloge à temps réel

Le PCF8583 est un module d'horloge et de calendrier, basé sur 2048 bit de RAM statique organisé en tant que 256 mots par 8 bits [13]. Des adresses et les données sont transférées en série par l'intermédiaire du bus bidirectionnel I2C. Le registre d'adresse intégré est incrémenté automatiquement après chaque octet de données écrites ou lues. La goupille A0 d'adresse est utilisée pour programmer l'adresse de matériel, permettant le raccordement de deux dispositifs à l'autobus sans matériel additionnel. Le circuit intégré d'oscillateur de 32.768 kilohertz et les 8 premiers octets du RAM sont employés pour l'horloge, le calendrier, et les contre-fonctions. Les 8 prochains octets peuvent être programmés comme registres d'alarme ou être employés en tant qu'espace libre de RAM. Les 240 octets demeurant sont des endroits libres de RAM [13].

Le registre RTC est comme suit :

La RTC contient 8 broches/pins :

4 Pin 1 : entrée oscillateur 50 Hz.
5 Pin 2 : sortie oscillateur.
6 Pin 3 : entrée d'adresse.
7 Pin 4 : la masse (GND).
8 Pin 5 : ligne de données périodiques.
9 Pin 6 : ligne d'horloge périodique.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

10 Pin 7 : ouvrir- vidanger l'interruption produite (actif au niveau bas).

11 Pin 8 : tension d'alimentation. Pour plus de détails voir datasheet en annexe.

Le RTC se réinitialise après chaque coupure d'alimentation, pour cela il ne faut jamais retirer la pile ou la laisser tomber de son emplacement une fois que l'heure est initialisée dans le module RTC.

6. Le microcontrôleur :

Figure 3.21 : Le pic 18F4550

On a choisi un pic 18F4550 pour :

- facilité de programmation, rapidité d'exécution,
- son jeu de 75 instructions,
- 35 entrées/sorties,
- Il contient des interfaces embarquées : UART, I2C, SPI, SPP, USB
- Les périphériques : CAN, Comparateur, PMW, Minuterie

Le PIC sera en communication permanente avec les deux modules RTC et ZIGBEE :

- Avec le zigbee : pour transmettre une éventuelle panne ou disfonctionnement du système la communication entre le PIC et le zigbee se fera via le bus I2C. l'information circulera d'un pylône à un autre.

  On va attribuer à chaque pylône un identifiant qui sera enregistré dans la EEProm du PIC, ainsi on facilitera l'entretiens.
- Avec la RTC : pour enregistrement des données qui seront utilisées avec le temps comme des statistique afin d'améliorer le système mis en place, comme le temps de charge et de décharge des batteries.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Organigramme :

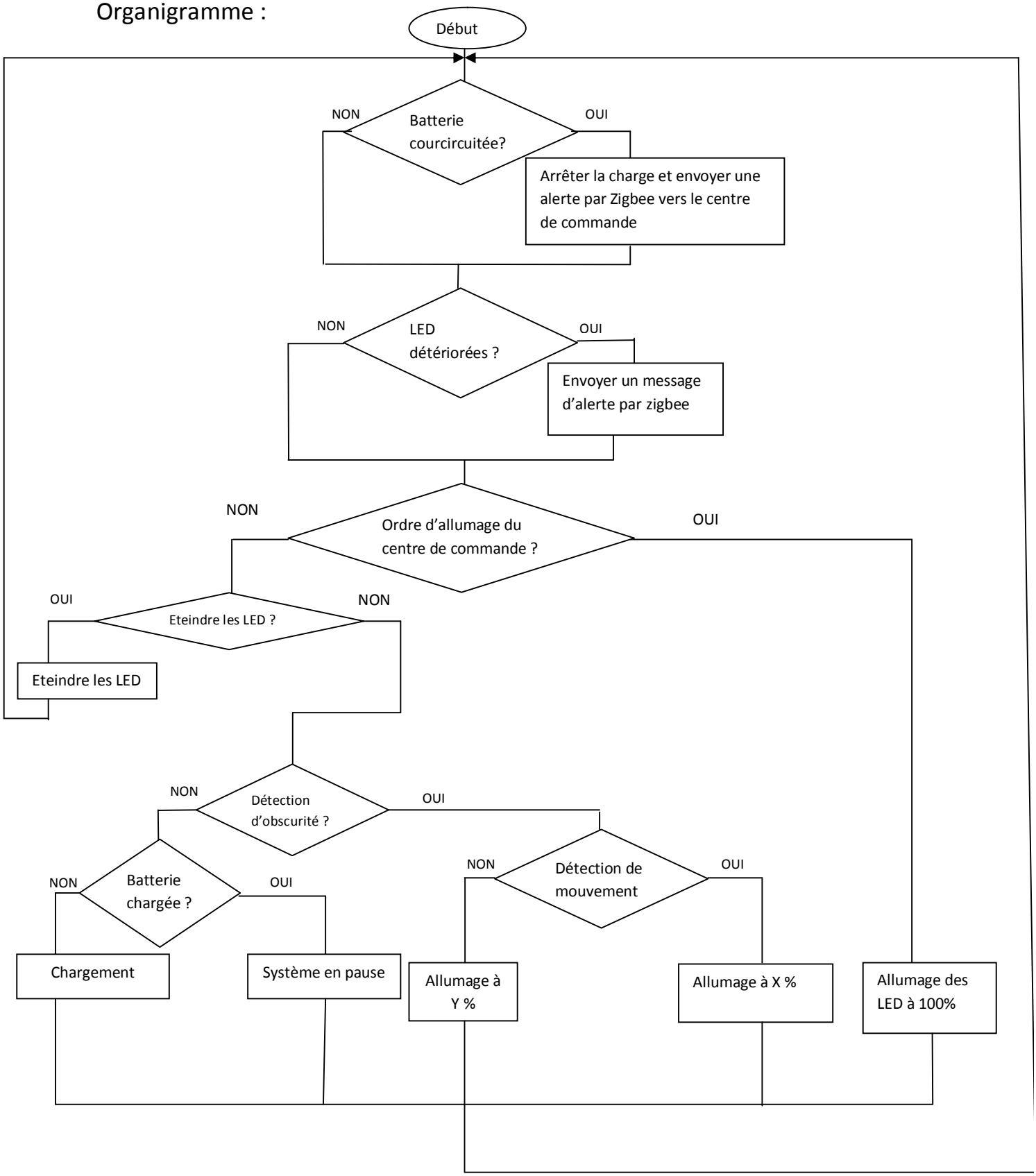


Figure 3.22 : Organigramme de fonctionnement du concept.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Dans notre conception on a un système d'éclairage autonome dont le fonctionnement est comme suit :

- de prime à bord le système fera un test de bon fonctionnement de la batterie :
  Si la batterie est en bon état, il passera au test de contrôle de LEDs.
- Le contrôle de bon fonctionnement des LEDs peut aussi se faire par un centre de contrôle via un système de communication (module zigbee) qui est la particularité de cette conception. Ce module zigbee sera en communication permanente avec le microcontrôleur et le centre de contrôle ainsi via ce zigbee le centre de contrôle pourra commander soit l'allumage soit l'extinction des panneaux à LED, mais aussi vérifier le bon fonctionnement de tous les modules. L'information délivrée par le module sera transmise d'un pylône à un autre. Ces derniers seront doté d'un identifiant enregistré dans leurs EEPROM et qui permettra au centre de contrôle de déceler lequel des pylônes présente une éventuelle panne.
- Les tests d'obscurité et de présence :

Si la LDR ne détecte pas d'obscurité notre système fera un test de charge. Sinon il effectue le test de présence : s'il ya présence, le panneau s'allume à X%, sinon il s'allume à Y%.

Ces tests se feront tout en surveillant la température des batteries.

- Le microcontrôleur est doté d'un WATCH DOG qui permettra le redémarrage du système en cas de plantage de celui-ci.

Conclusion :

Cette étude nous confirme que le système d'éclairage autonome à base de LED réduit à plus de la moitié la consommation en énergie par rapport au système d'éclairage classique existant.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Introduction :

Dans ce chapitre on a présenté les schémas électriques des modules qu'on a réalisés.

1. Le chargeur de batterie :

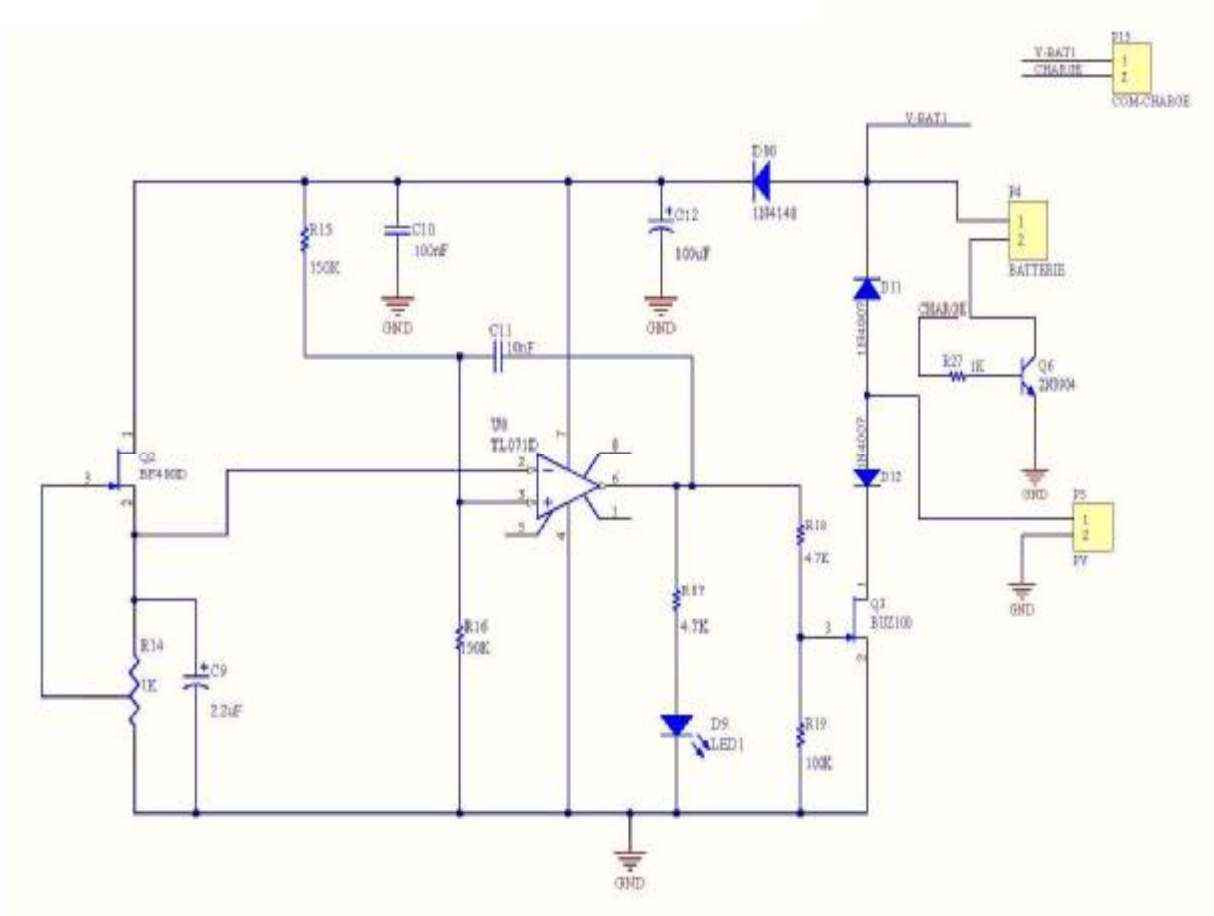


Figure 1 : Schéma électrique du chargeur de batterie

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

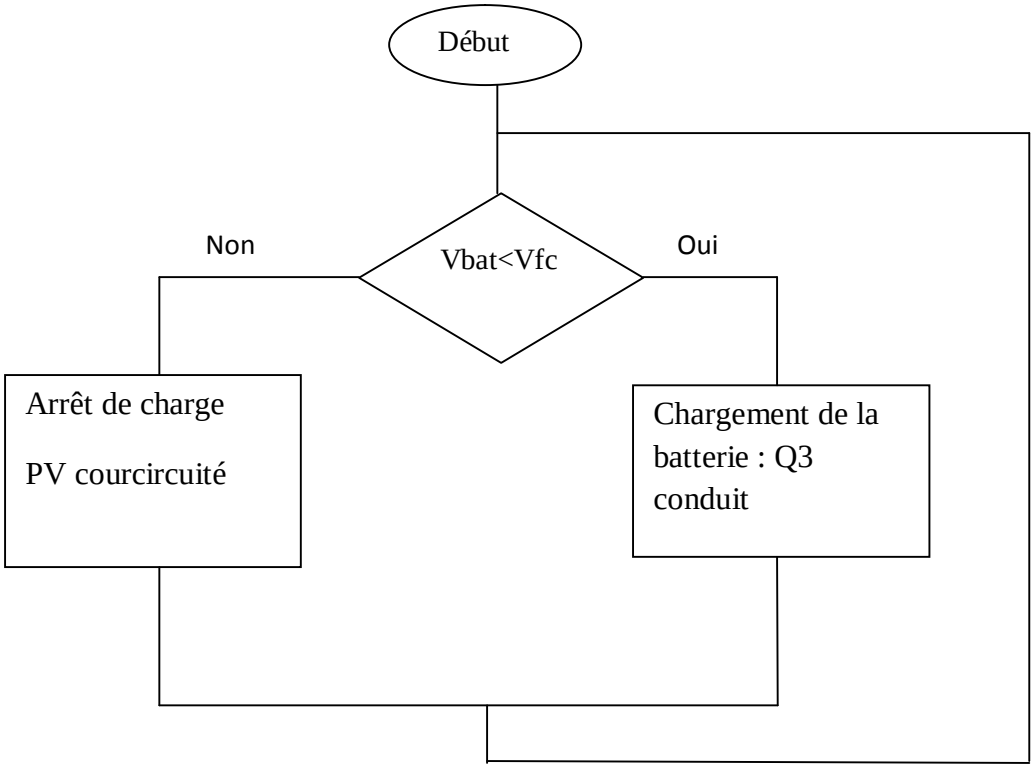


Figure 4.2 : Organigramme de fonctionnement du chargeur de batterie

Le chargeur de batterie est un chargeur de 53 Watt qui débite un courant de charge de 4.41 A ce chargeur accomplit deux tâches :

- protection contre le reflux.
- limitation de la tension de charge.

Son principe de fonctionnement est :
si la tension aux bornes de l'accumulateur dépasse celle du panneau solaire, la diode D11 empêche le courant de circuler du positif de l'accumulateur à celui du panneau solaire. Le courant de charge passe librement dans le sens contraire. Le courant solaire peut aussi passer par D12 et Q3 lorsque le transistor conduit. D11 ET D12 sont des diodes
à barrière de Schottky à faible tension de seuil pour diminuer le plus possible de perte. Ce

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

transistor est commandé par l'amplificateur opérationnel U8 qui fait office de comparateur. Q2 et R14 permettent de fournir une tension de référence égalisée par C9 égale à la moitié environ de la tension finale de la charge. L'amplificateur opérationnel compare la tension de référence à la tension de l'accumulateur réduite de moitié par R15 et R16 et de 0,6v par D10. La sortie de l'amplificateur opérationnel reste au niveau bas tant que la tension de l'accumulateur est moindre que la tension finale de charge, de sorte que la voie par Q3 est inhibée. La Led 1 est éteinte, ce qui signifie que l'intégralité du courant solaire est envoyée à l'accumulateur. Si la tension aux bornes de l'accumulateur dépasse la tension en fin de charge, la sortie du comparateur passe au niveau HAUT, LED1 s'allume, ce qui fait commuter Q3 et court-circuite le panneau solaire.

2. Panneau à LED :

On a utilisé 60 LEDs blanche de 0.8 Watt dont la tension au bord de chaque LED est de 4 Volt. On a utilisé deux transistors bipolaires Q2 pour un éclairage à 40% de la puissance totale et Q3 pour un éclairage à 60%, pour avoir un éclairage à 100% faut commander les deux transistors.

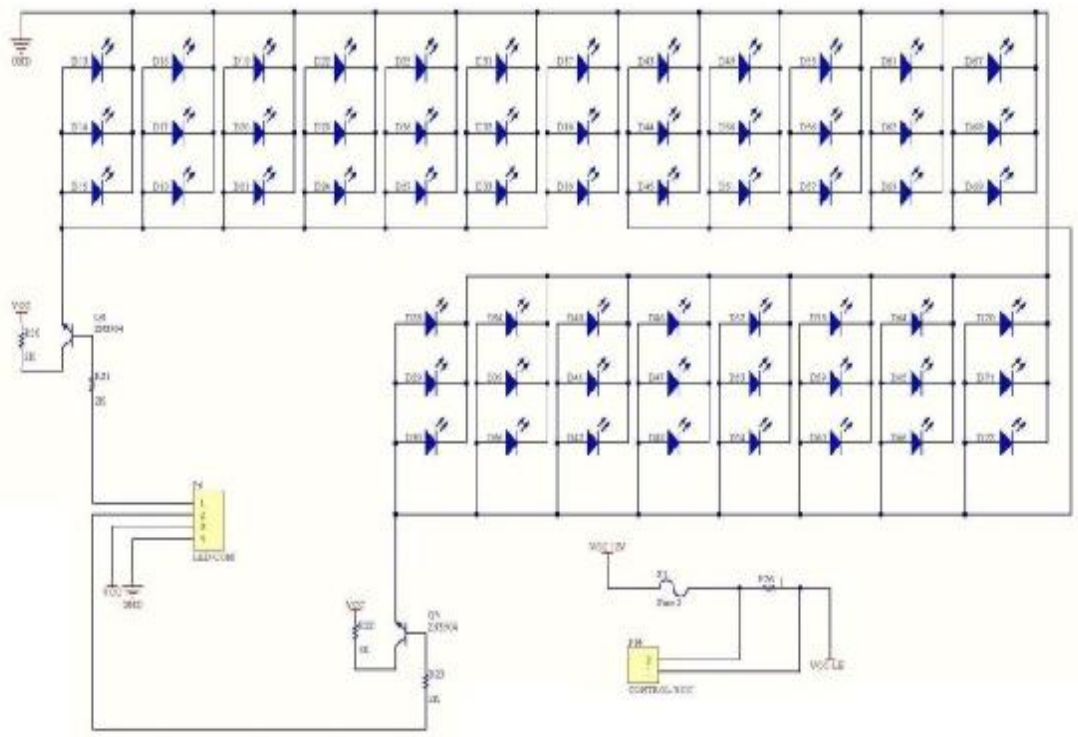


Figure2 : Schéma électrique du panneau à LED

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

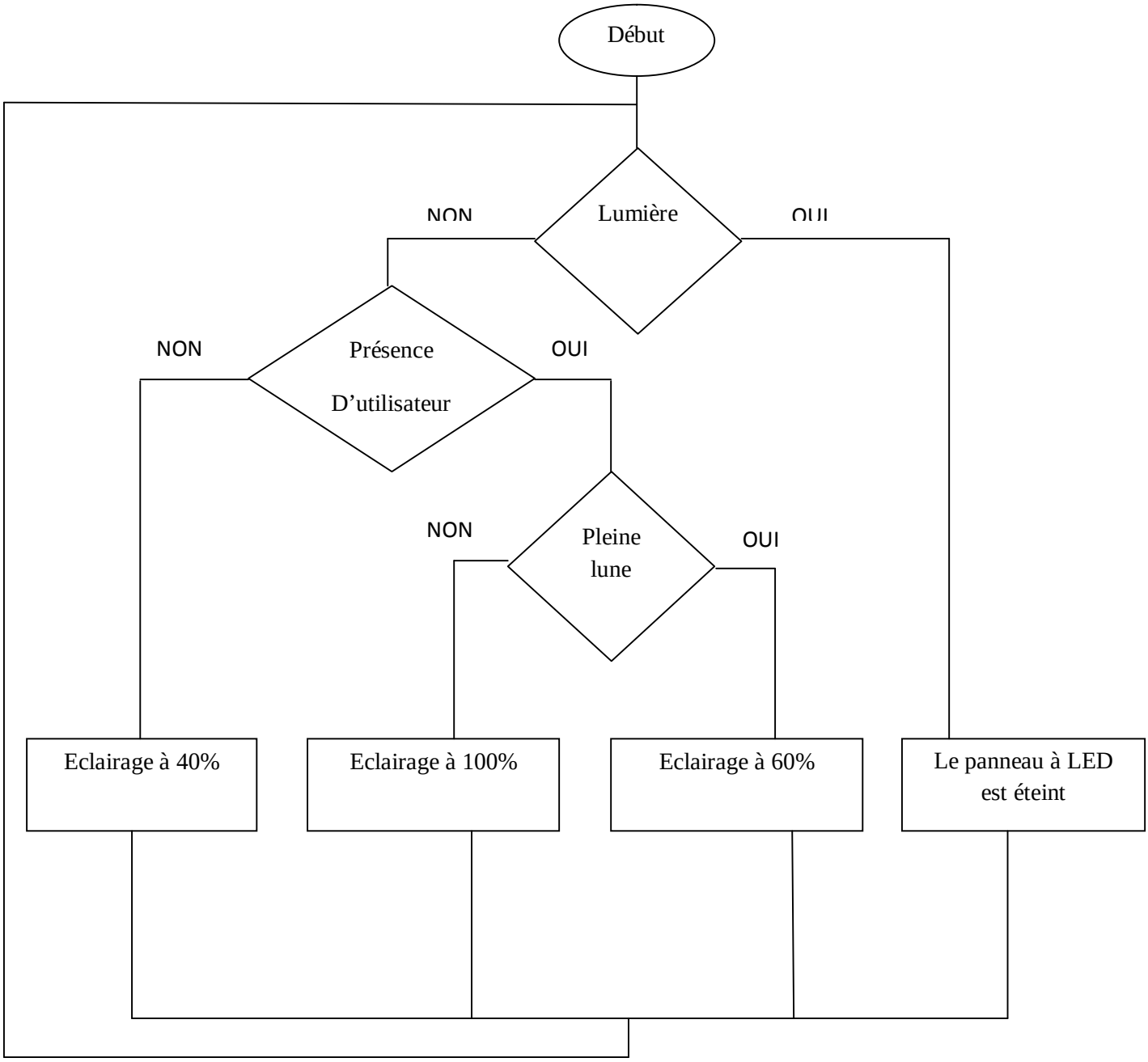


Figure 4.4: Organigramme de fonctionnement du panneau à LED

La consommation journalière de ces LEDs est de :

(60LED*0.8W)* 8h= 384Wh/j

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Avec : 8h correspond au nombre d'heures d'utilisation.

Pour pouvoir allumer toutes les LEDs on devra avoir un panneau solaire avec une puissance :

De la formule (1) la puissance est : 384Wh/4h= 96W.

Si on utilise un panneau solaire avec des cellules au Silicium amorphe dont le rendement est de 14% et un rayonnement de 1000W/m^2 on aura un panneau de :

96W/0.14=685.71W

685.71/1000=0.685 m^2= 6857.14 cm^2

Donc un panneau de 82.8 cm*82/8 cm.

Et pour un panneau avec des cellules au Silicium monocristallin dont le rendement est de 16%

On aura un panneau de 77.45cm*77.45cm

Pour la batterie il nous faut une batterie au plomb avec une capacité de :

De la formule (2) la capacité = 384Wh/12V= 32Ah

L e 12Volts étant la tension de l'accumulateur. Pour charger cette batterie il nous faut un courant de charge qui est égal au dixième de la capacité de l'accumulateur donc un courant de 3.2 A.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

3. capteur de mouvement (PIR) :

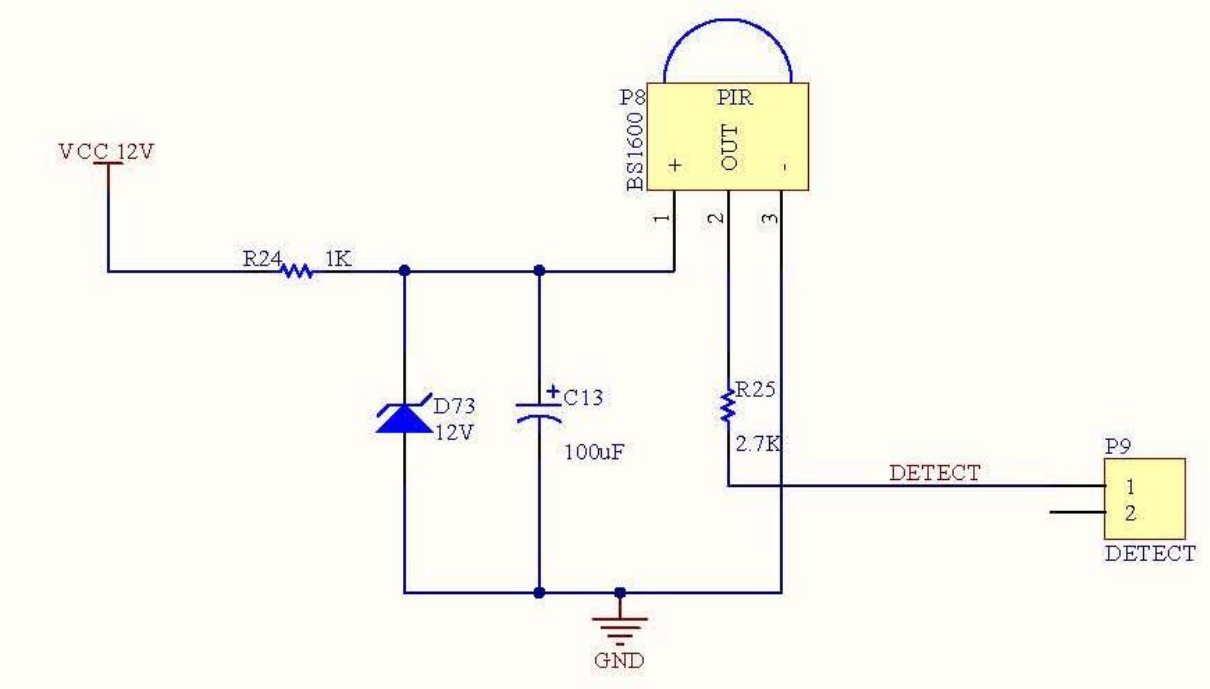


Figure 3 : Schéma électrique du capteur de mouvement

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

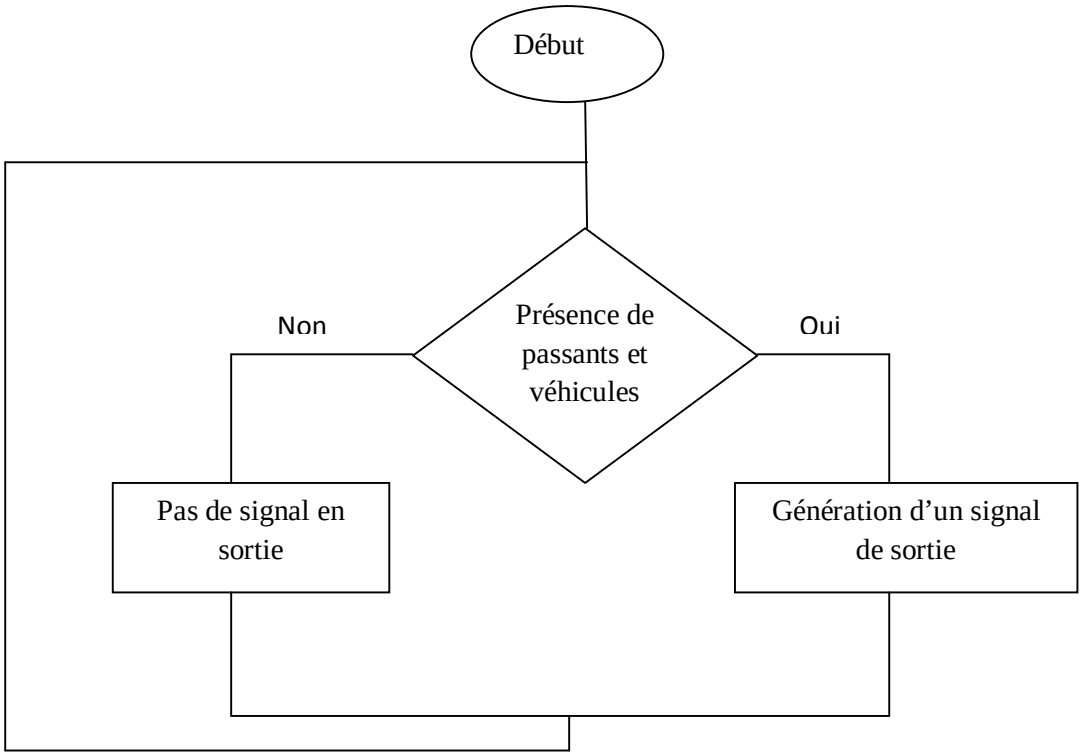


Figure 4. : Organigramme de fonctionnement du PIR

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Ce capteur est alimenté avec une tension de 12 Volts donc la broche 1 de ce dernier sera branchée directement à VCC avec une résistance de rappel de 1K, la broche 3 sera reliée à la masse et la sortie (OUT) sera reliée à un convertisseur de tension LM7805 pour avoir 5 Volts en sortie pour être reliée directement au PIC.

4. Capteur de lumière (LDR) :

Le capteur de lumière (LDR) est branché avec une résistance de rappel de 4.7K pour ne pas laisser l'entrée du circuit flottante. Ce capteur se distingue par sa grande sensibilité son faible coût facilité de mise en œuvre et sa large gamme spectrale.

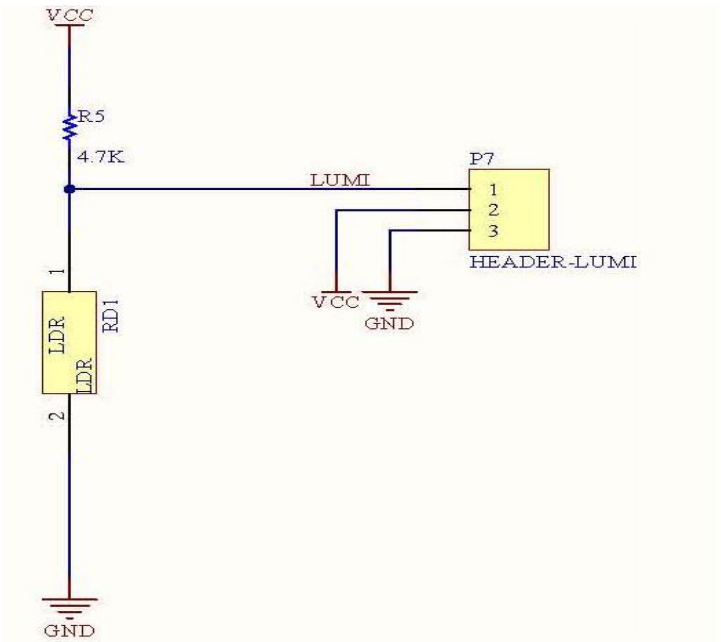
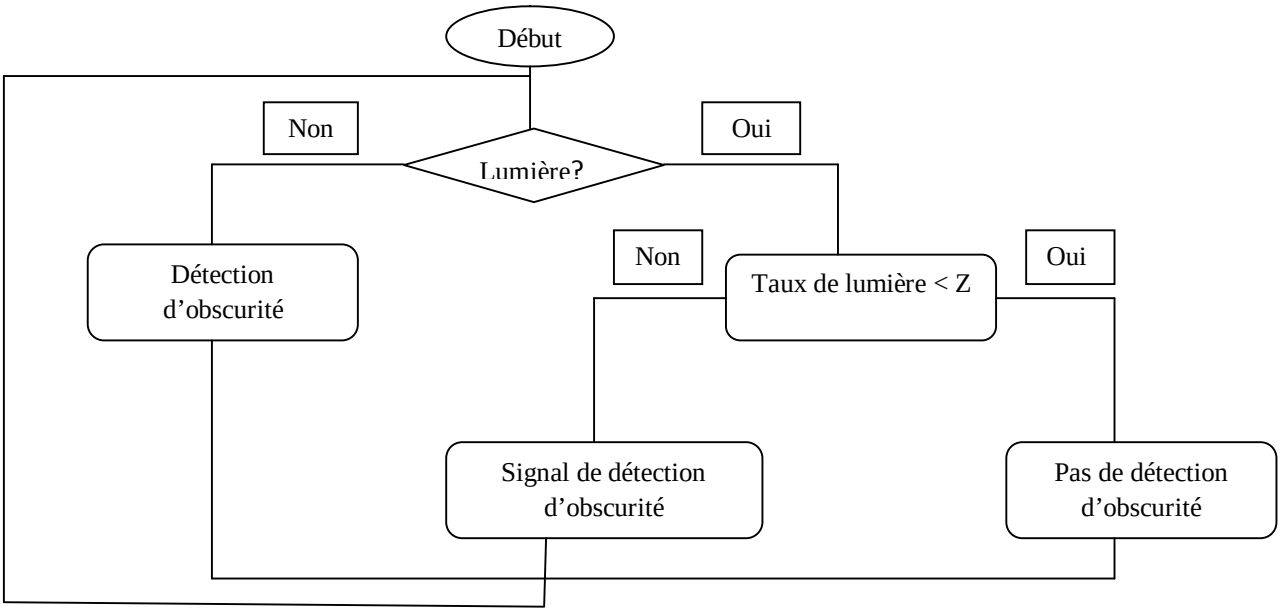


Figure 4 : Schéma électrique du capteur de lumière LDR

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



Z : luminosité minimale.

Figure : Organigramme de fonctionnement de la LDR

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

5. Capteur de température DS1820 :

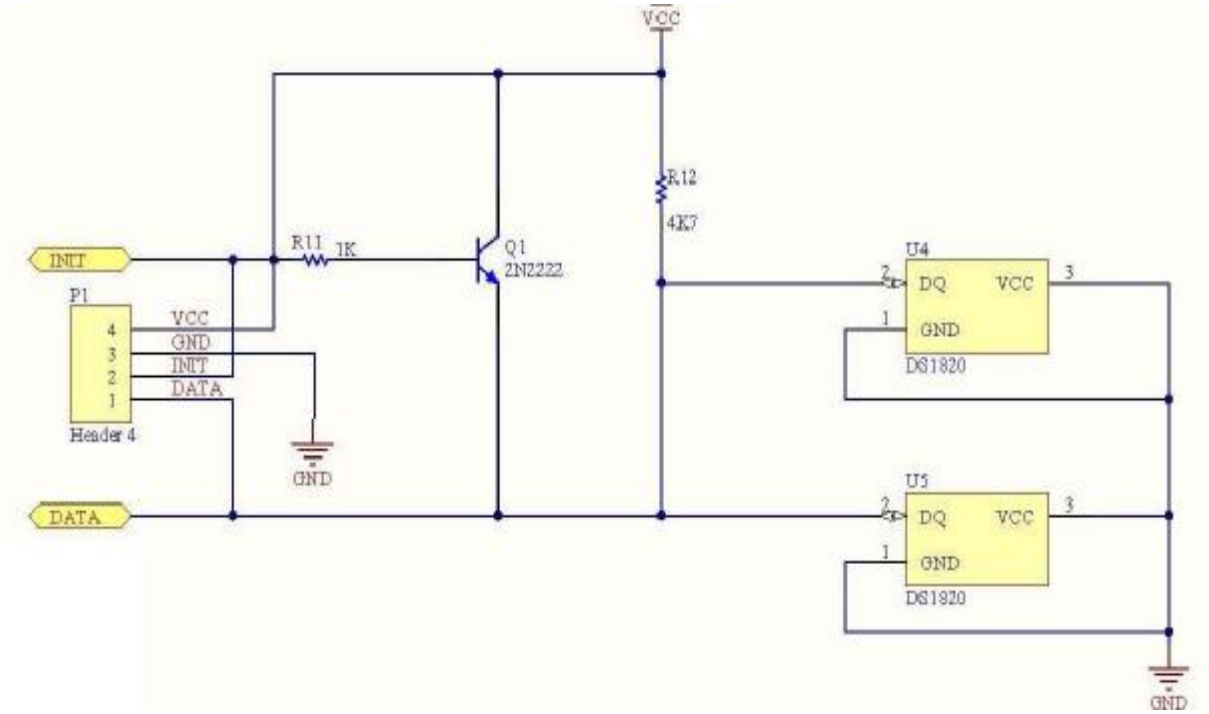


Figure 5 : Schéma électrique du capteur DS1820

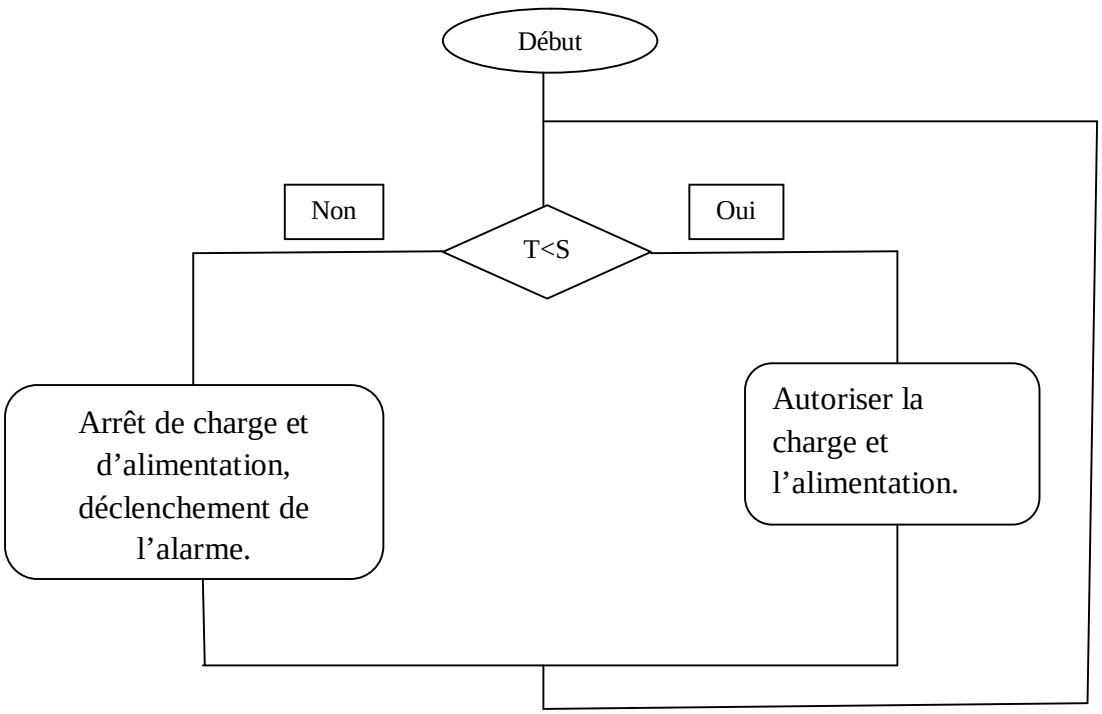


Figure : Organigramme de fonctionnement du DS1820.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Le capteur DS1820 est un capteur de la technologie 1-WIRE il possède 3 broches la première est reliée à VCC qui doit être compris entre 3.3 et 5.5 Volts, la deuxième est DQ c'est la sortie du capteur vers une broche numérique du circuit numérique de commande (PIC) vu que DS1820 réalise en interne la conversion analogique/numérique et renvoie le résultat de la mesure sous forme de données série sur 12 bits. On peut utiliser plusieurs capteurs avec les deux mêmes fils vu que chaque DS1820 possède une adresse unique. La branche 3 est reliée à la masse.

6. L'horloge à temps réel (RTC) :

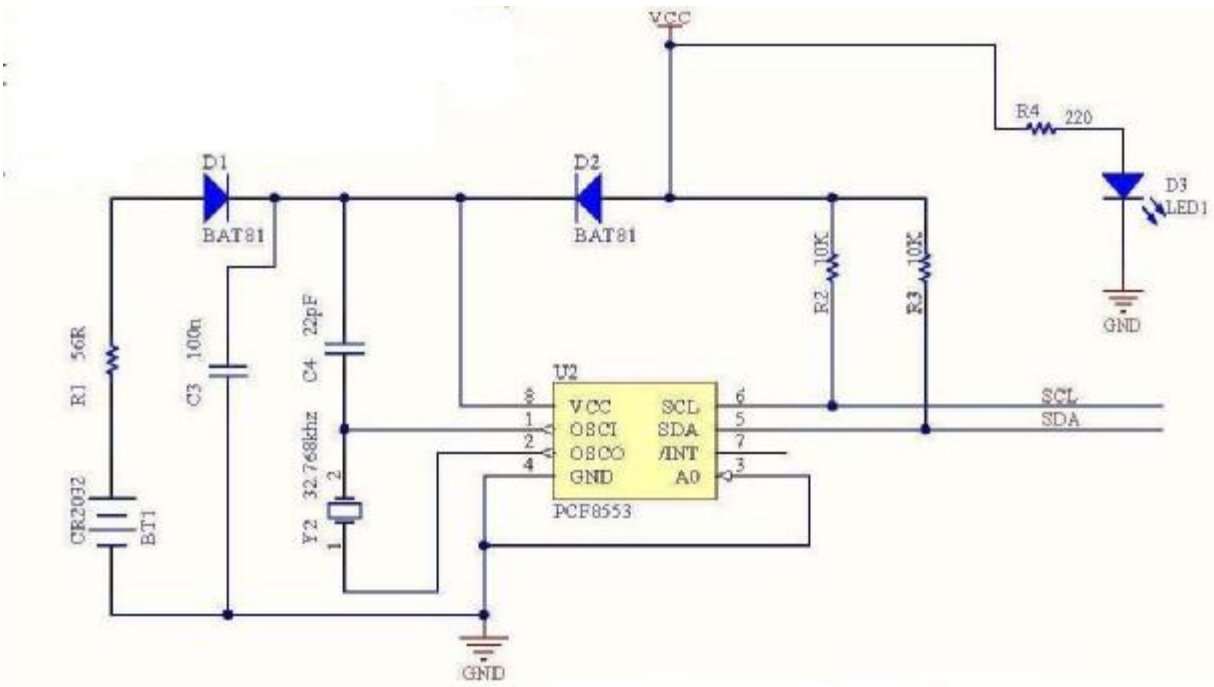


Figure 6 : Schéma électrique de la RTC

Le système doit intégrer un circuit d'horloge qui se charge de la gestion de l'heure et de la date, pour cela on a fait une implantation standard du circuit PCF8583 selon le schéma de la figure 6. Ce circuit d'horloge est configuré pour générer un signal carré de fréquence de 1HZ sur la broche 7(SQW, INT) pour commander les interruptions du PIC. Le circuit intègre aussi une pile de sauvegarde et un système de communication rapide (via diodes Schottky) et cela pour permettre l'alimentation du circuit via cette pile en cas d'absence d'alimentation principale.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

7. Le système de communication XBEE :

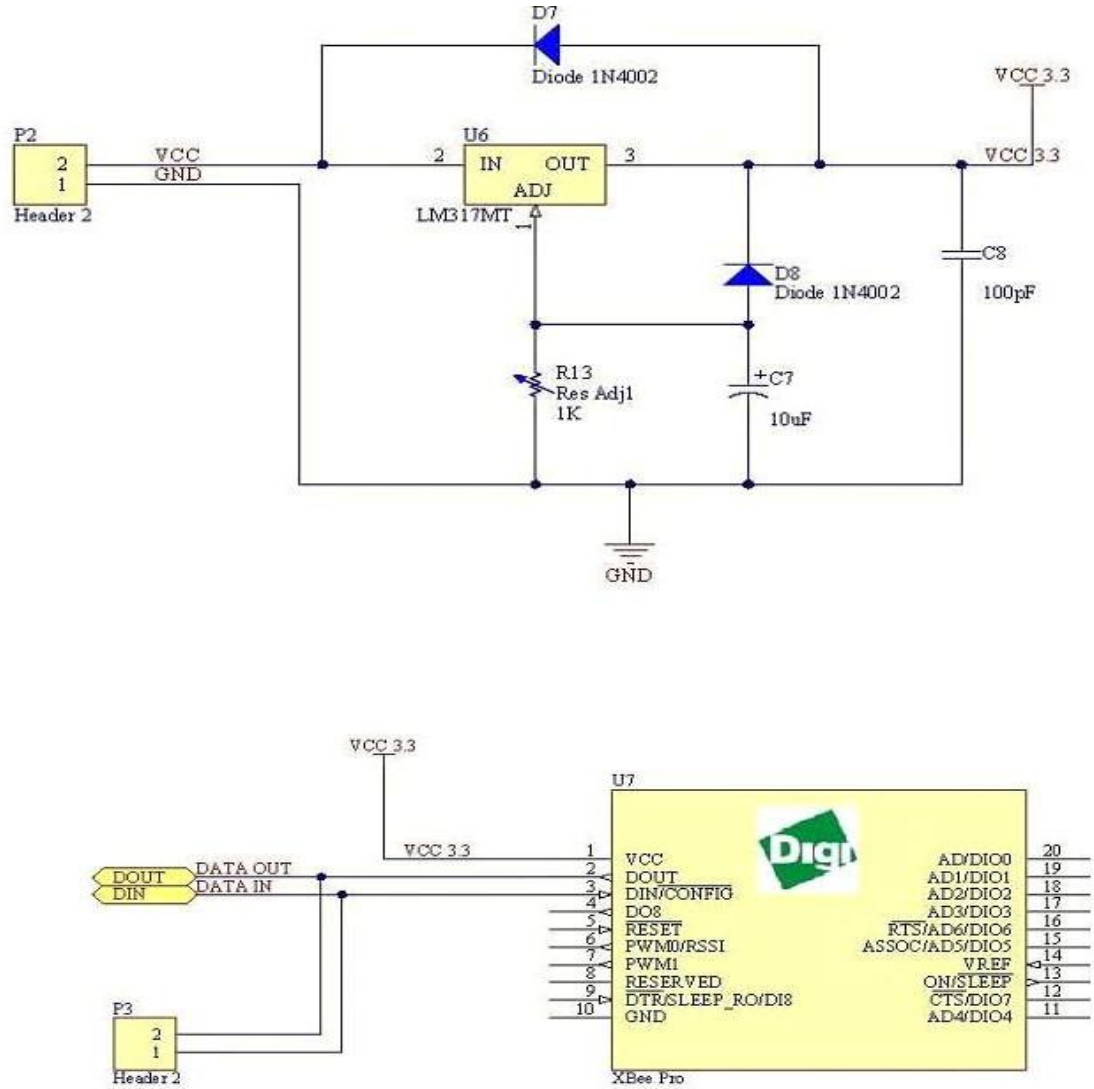


Figure 7 : Schéma électrique de l'alimentation du XBEE

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

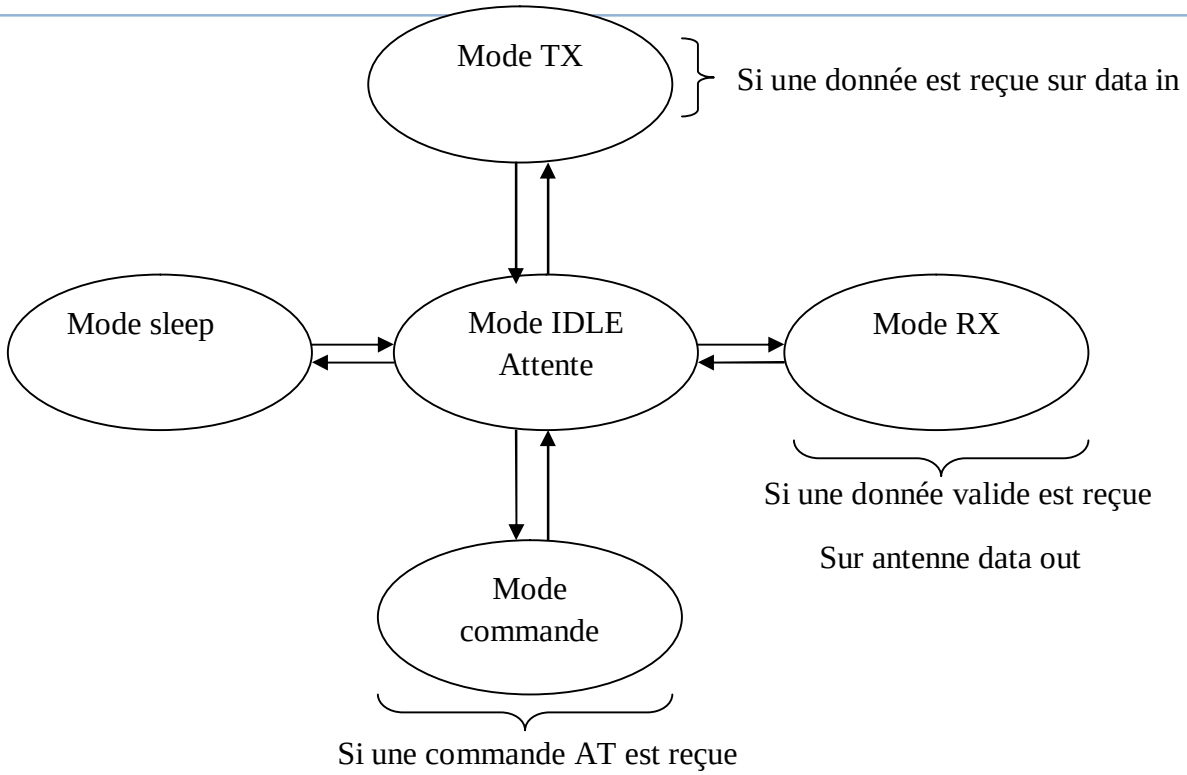


Figure : Organigramme de fonctionnement d'un module XBEE

La tension d'alimentation du XBEE est de 3.3 Volts c'est pourquoi on a mis un convertisseur de tension LM317MT avec une résistance ajustable de 1K, ainsi la tension de sortie du circuit sera de 3.3 Volt. La pin 1 du module XBEE sera reliée à cette tension.

- Flux entrant sur Data IN par CTS : Quand le buffer émission est plein, le XBee le signale en mettant CTS à "1" pour que l'on stoppe l'envoi des données sur Data IN. Dés que le buffer est libre, CTS repasse à "0", et on peut renvoyer des données sur DATA IN.
- Flux sortant sur Data OUT par RTS. Pour que le contrôle de flux par RTS soit actif Il faut envoyer d'abord une commande AT pour l'autoriser: commande ATD6 suivie du paramètre "1". Quand la commande est active, si un "1" est appliquée à RTS, le XBee ne sort plus de données sur Data OUT. Quand on applique un "0" sur RTS, les données ressortent du XBee par Data OUT.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

8. L'alimentation du pic :

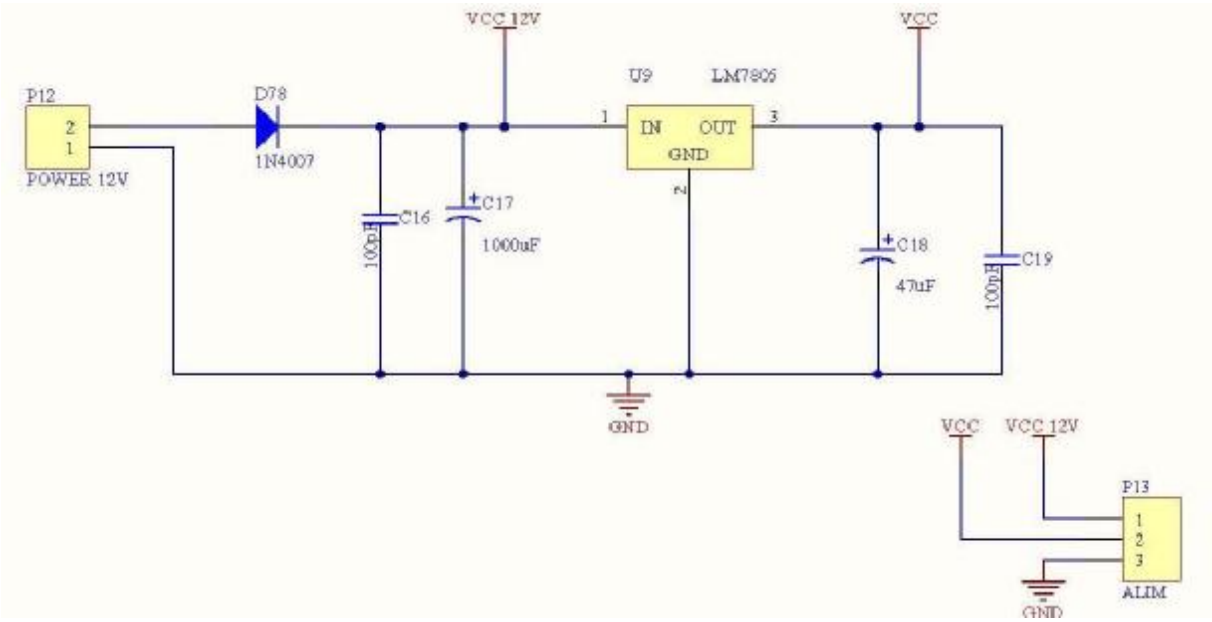


Figure 8 : Schéma électrique de l'alimentation du PIC

La tension d'alimentation du pic est de 5Volts c'est la raison pour laquelle on a utilisé un convertisseur de tension 12V vers 5V (LM7805)

9. L'afficheur LCD :

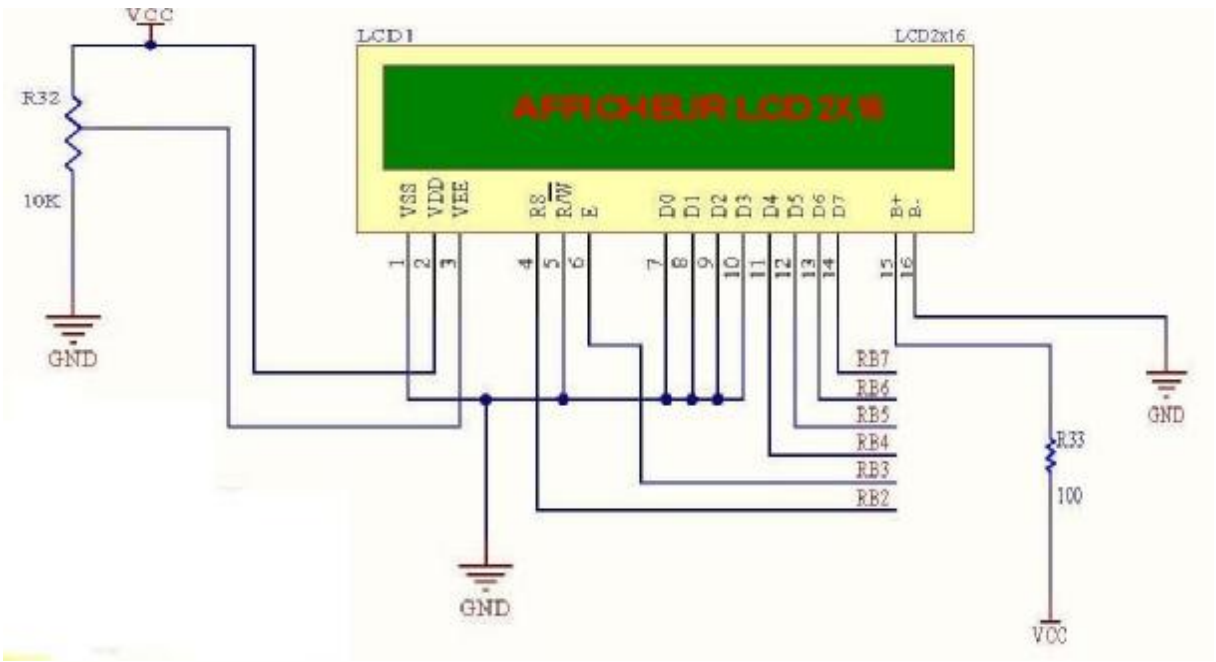


Figure9 : Schéma électrique de l'afficheur LCD

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Dans notre prototype on a ajouté un afficheur LCD qui ne sera pas utilisé dans le système final, il va servir pour afficher les informations suivantes :

Les tensions des batteries, la date, l'heure et la température.

10. Le microcontrôleur et ses périphéries :

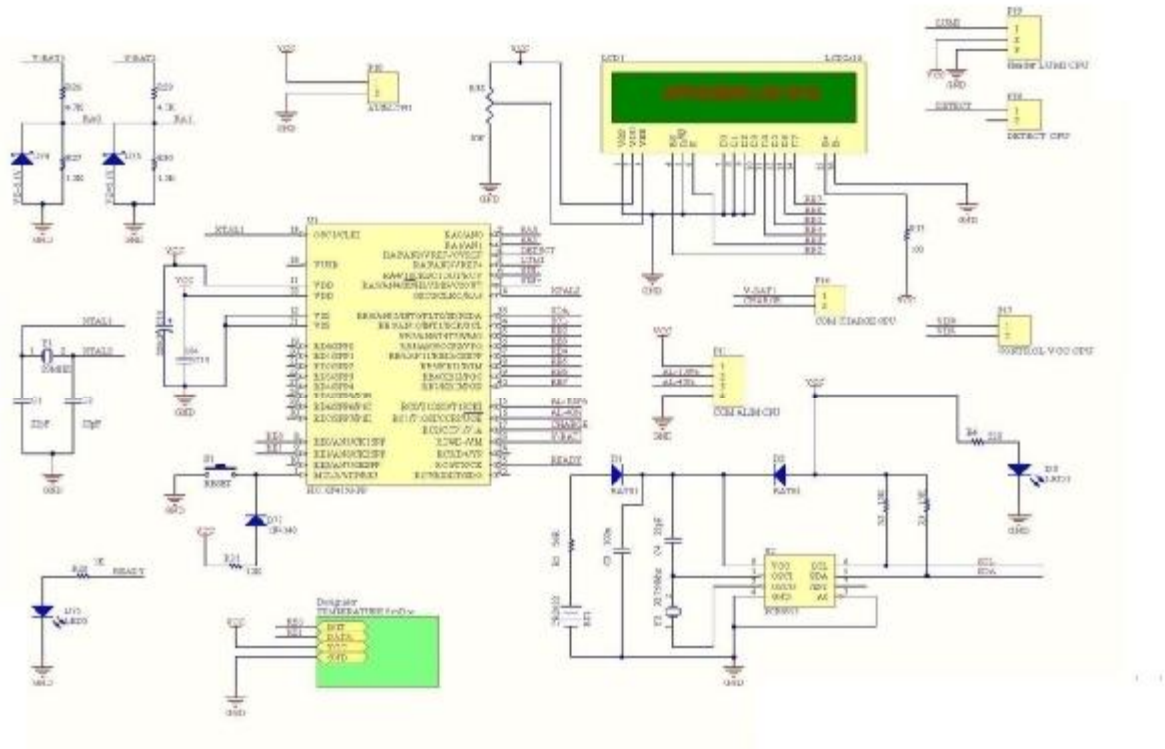


Figure10 : Schéma du microcontrôleur et ses périphéries

Les sorties du DS1820, LDR, Capteur de mouvement, RTC, l'afficheur LCD seront branchées au PIC.

- L'afficheur LCD sera branché via le port B (RB2-RB7)
- Le DS1820 : le port E (RE0 et RE1)
- Les signaux d'horloge : pins 13 et 14 du PIC
- La commande de l'allumage : port C (RC0 et RC1)
- Les détecteurs de mouvement et de lumière : port A (RA2 et RA3) respectivement
- Les tensions des batteries : port A (RA0 et RA1)
- La RTC : les pins 33 et 34 du PIC (SDA et SCL)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

11. Le coût de la réalisation :

LE COMPOSANT	Nombre de composant	PRIX TOTAL (dinars)
Panneau solaire	1	38 500,00
Batterie 12V 32Ah	1	4000.00
Le pic 18F4550	1	714
RTC	1	286
XBEE	1	2750
DS1820	2	440
PIR	1	877
LDR	1	110
La pile CR203	1	203.5
Les résistances	25	213
Les résistances ajustables	2	297
Les capacités polarisées	7	924
Les capacités non polarisées	10	1254
Diodes zener	1	27.5
Diodes Schottky	5	115.17
LM317MT	1	12.1
LM2931	1	200
XTAL 20 MHZ	1	60
XTAL 32.768 KHZ	1	89
LES MOSFET	2	108
Connecteurs	13	1755
TL071D	1	88
LEDs	60	17160
	Total :	58 038.27

Conclusion :

On a montré dans ce chapitre que le coût de l'installation d'un seul lampadaire qui était de 720 000 dinars pour les systèmes d'éclairages classiques se divise sur cinq environ avec notre nouveau système.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Conclusion générale :

L'Algérie dispose d'un potentiel énergétique solaire infini dépassant les 5 milliards de GWh/an, avec une moyenne annuelle d'ensoleillement variant de 2550 heures dans le Nord à 3819 heures dans le Sahara avec une capacité de production respective de 1700 et 2650 KWh/m^2/an [18]. Ce constat qualitatif favorise l'exploitation et l'épanouissement de cette ressource énergétique.

Notre nouveau système d'éclairage basé sur cette ressource énergétique, est dit intelligent puisqu'il s'allume que lorsqu'il y'a présence de passant ou véhicules, de plus comme il est à base de LED qui consomment moins d'énergie, il est plus économiques par rapport aux systèmes d'éclairage classiques. Sans oublier la facilité de son entretien et le manque de câblage en cuivre très coûteux.

Comme perspective à notre travail on envisage :

- D'utiliser un suiveur de soleil afin d'optimiser le rendement du panneau solaire et donc d'avoir une tension de sortie relativement constante du photo générateur.
- De placer de petites éoliennes quand cela est possible afin de compenser le manque de rendement des panneaux solaires pendant les journées sans ensoleillement.
- D'ajouter un système d'auto nettoyage pour les panneaux solaires qui se déclenchera automatiquement dés que la tension délivrée par ces derniers diminue d'une certaine valeur alors que l'ensoleillement est bon.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

[1] : Guide de l'éclairage public (SONELGAZ).

[2] : Document officiel de l'APC de Ben yenni, tizi ouzou.

[3] : Rapport de stage microlampoo.pdf

[4] : www.google.fr/ étude –conception –réalisation –d-un- suiveur-soleil/2008-2009/ISET Siliana

[5] : http://www.temperatureweather.com

[6] : https://www.holidaycheck.fr/climate-weather-ville:html

[7] : Dossier LED : éclairage avec une nouvelle source lumineuse (2éme édition décembre 2011) ETAP.

[8] : ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE 3 EME édition d'Anne Labouret- Michel Villoz

[9] : http://french.alibaba.com/produits/1W-high-power-smd-led.html.

[10] : http://fr.wikipedia.org/wiki/zigBee.

[11] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi.

[12] : http://fr.wikidépia.org/wiki/Bluthooth

[13]: datasheet PFC 8583.pdf

[14]: www.google.fr/cours_microcontrole_2005_pdf.

[15]: http://fr.wikipedia.org/wiki/infra-rouge.

[16]: www .google.fr/datasheet DS1820/puff.

[17] : le photovoltaïque pour tous : conception et réalisation d'installation de Antony Falk, Cristian Durschner, Karl Heinz Remmers

[18] : cellules solaires : les bases de l'énergie photovoltaïque 5ème édition d'Anne labouret, Pascal Cumunel, Jean-Paul Braun, Benjamin Faraggi.

[19] : article du journal El Watan du 22/08/2013 http://www.elwatan.com

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Annexe A

Tableau n°1 : Les types d'éclairage public

Type		**Très important**	**Important**	**Moyen**	**Réduit**	**Très réduit**
Type 1	Vitesse circulation	xxxxxxxxxx	xxxxxxxxxx			
	Trafic automobile	xxxxxxxxxx	xxxxxxxxxx			
	Nécessité respect des couleurs					xxxxxxxxxx
	Trafic piéton					xxxxxxxxxx
Type 2	Vitesse circulation			xxxxxxxxxx		
	Trafic automobile	xxxxxxxxxx	xxxxxxxxxx			
	Nécessité respect des couleurs		xxxxxxxxxx			
	Trafic piéton	xxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxx		
Type 3	Vitesse circulation			xxxxxxxxxx	xxxxxxxxxx	
	Trafic automobile			xxxxxxxxxx	xxxxxxxxxx	
	Nécessité respect des couleurs		xxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxx		
	Trafic piéton			xxxxxxxxxx	xxxxxxxxxx	
	Vitesse circulation		xxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxx		

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Type 4	Trafic automobile				xxxxxxxxxx	xxxxxxxxxx
	Nécessité respect des couleurs				xxxxxxxxxx	xxxxxxxxxx
	Trafic piéton				xxxxxxxxxx	
Type 5	Vitesse circulation					xxxxxxxxxx
	Trafic automobile					xxxxxxxxxx
	Nécessité respect des couleurs		xxxxxxxxxxx			
	Trafic piéton		xxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxx		

Tableau n°2 : Classification des routes

Situation	**Nature de la voie**	**Types d'éclairages recommandés**
Rase campagne	• Autoroute et accès • Route interurbain • Route secondaire	1 1 4
Pénétration ou contournement	• Route de pénétration d'une agglomération importante. • Rue de pénétration d'une agglomération importante. • Contournement ou boulevard circulaire	1 2 2 1 2

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Agglomération	• Rue importante • Rue commerçante • Rue secondaire • Allée, quartier résidentiel, cité, parc public	2 2 3 5

Tableau n°3 *:* Luminances et éclairements recommandés

Type d'éclairage	Luminance moyenne Revêtement sec Cd/m^2	Eclairement moyen Lx
Type 1	2 – 2.5	Voir tableau 3
Type 2	2 – 4	Voir tableau 3
Type 3	-	10 – 30
Type 4	-	5 – 10
Type 5	-	-

Tableau 4 : Eclairement nécessaire (lx) pour obtenir une luminance moyenne de 1cd /m2

	Type de revêtement			
Type de luminance	Béton brillant 20%	Béton mat 20%	Asphaltes brillant 10%	Asphalte mat 10%
Défilé (I_{max} de 50 à 60°)	7 – 12	9 - 14	12 – 20	16 – 27
Semi-défilé. (I_{max} de 50 à 70°)	6 – 12	8 - 14	11 – 20	14 - 27
Non défilé.	6 – 8	7 - 11	10 – 16	13 - 21

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Tableau n°6 : Uniformité moyenne d'éclairement (Emin / Emoy)

Type d'éclairage	Uniformité moyenne d'éclairement
Type 3	20 - 40%

Tableau n°7 : Valeur minimale d'éclairement :

Type 4	2 lx
Type 5	1 lx

Tableau n°8 : Types de luminaires

Type d'éclairage	Luminaire défile	Luminaire semi-défile	Luminaire non défile
Type 1	Recommandé	Admis	Déconseillé
Type 2	Recommandé	Admis	Déconseillé
Type 3	Recommandé	Admis	Déconseillé
Type 4	Recommandé	Admis	Déconseillé
Type 5	Déconseillé	Admis	Admis

Tableau n°9 *:* Le flux des lampes et puissances absorbées avec appareillages

Type	Puissance	Ø moyen en Lm	puissance avec appareillage
Fluo-ballon	50 W	2000	59 W
	80 W	3800	90 W
	125 W	6800	136 W
	250 W	13500	265 W
	400 W	23000	420 W

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

	700 W 1000 W 2000 W	42000 60000 120000		728 W 1031 W 2060 W
Iodures métalliques	250 W 375 W 400 W 1000 W 2000 W 3500 W	20000 30000 30000 85000 180000 300000		275 W 420 W 420 W 1031W 2060 W 3650 W
Mixte	100 W 160 W 250 W 500 W	9000 3000 5700 14000		100 W 160 W 250 W 500 W
Tube fluorescent blanc industrie	20 W 40 W 64 W	1150 3200 5100		28 W 48 W 77 W
Incandescence standard	65 W 75 W 100 W 150 W 200 W	700 850 1380 2100 2950		65 W 75 W 100 W 150 W 200 W
Sodium H.P	250 W 400 W 1000 W 150 W	Tc 25500 48000 130000	BD 25000 47000 120000	280 W 440 W 1090 W 170 W

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

		14500	-	
Sodium B.P	35 W 55 W 90 W 135 W 180 W	4650 7700 12700 21500 33000		54 W 74 W 111 W 164 W 209 W
Halogènes SE	500 1000 1500	10000 22000 33000		500 W 1000 W 1500 W
Halogène DE	500 1000 2000	10000 24000 54000		500 W 1000 W 2000 W
Tube fluorescent blanc – brille de lux	20 W 40 W 65 W	850 2100 3300		28 W 48 W 77 W
Incandescence standard	300 W 500 W 750 W 1000 W 1500 W 2000 W	4750 8450 13500 18500 30000 40000		300 W 500 W 750 W 1000 W 1500 W 2000 W

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Tableau n°10 : Disposition des sources en alignement

Eclairage type	**Hauteur H(m)**	**Intervalle D/H**	**Disposition des sources**
1	10 ,12.5 16-18 ou plus	2.5-3 2.5-3	Deux voies de circulation= unilatérale 1 chaussée de 2-3 voies et plus : unilatéral 2 chaussées de 2-3 voies et plus : bilatéral opposée ou rétro axial centrale
2	8-10-12.5	3-4	Trois voies de circulation : bilatéral quinconce Quatre voies de circulation : bilatéral opposition
3	8-10-12.5	3-4	l<H unilatéral H<l<1.5H bilatéral quinconce l>1.5H bilatéral opposition
4	8-10	3-5	Unilatéral
5	3.20-6.30	4.5	l<6m unilatéral l>6m bilatéral quinconce ou bilatéral opposition

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Tableau n°11 : Détermination de la chute de tension en volt pour une valeur de 3% :

Tension en volt	Chute de tension pour un pourcentage de 3%
110	3.3 Volt
220	6.6 Volt
380	11.4Volt

Tableau n°12 : Impédance des câbles basse tension

Section en mm^2	Indépendance cos=0.8
1.5	11.5
2.5	6.9
4	4.4
6	2.9
10	1.7
16	1.13
25	0.73
35	0.54
50	0.4
70	0.3

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Tableau n°13 : devis quantitatif et estimatif de l'installation d'un lampadaire

N°	Désignation des travaux	U	Quantité	P/Unitaire	Montant H .T
01	Ouverture et remblais de la tranchée dans terrain toute nature et compris remise a l'état des lieux (0.30*0.40)	m^3	45.00	500 ,00	22 500 ,00
02	F/P sable fin pour lit de pose ép.=10cm	m^3	12.00	1000.00	12 000,00
03	F/P câble en cuivre sur 28mm^2 pour mise à la terre des masses métalliques	m	400.00	320 ,00	128 000,00
04	F/P fourreau pour câble (P.V.C.Ø 60 mm)	m	30,0	100,00	3 000,00
05	F/P grillage de signalisation « email rouge »	m	350,00	55,00	19 250,00
06	Béton pour massif support de candélabre	m^3	4,00	5 000,00	20 000,00

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

07	F/P câble force 4*10 mm^2 R.02V U=1000	m	06,00	750,00	4 500,00
08	F/P câble force 4*4 mm^2 R.02V U=1000	m	400,00	250,00	100 000 ,00
09	F/P câble 2*2.5 mm^2 V.G.V U=1000	m	85,00	100,00	8 500,00
10	F/P candélabre H=5,00 avec ligne de scellement y compris peinture laquée en deux couches	U	13	6 500,00	84 500,00
11	F/P luminaire 125W avec crosse y compris peinture laquée en 02 couches	U	13	5 500,00	71 500,00
12	F/P luminaire 125W avec crosse sur façade y compris peinture laquée en 02 couches	U	20	5 700,00	114 000,00
	F/P armoire	U	01	20 000,00	20 000,00

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

13	de commande complète	U	05	800 ,00	4 000,00
14	F/P piquet de mise à terre	m	30,00	200,00	6 000,00
15	F/P fourreau métallique				
				T HT	617 750,00
				TVA 17%	105 017,50
				T TTC	722 767,50

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Annexe B

Tableau 1 :L'ensoleillement annuel sur Oran et Mascara

Mois	Jan	févr	mars	avril	Mai	juin	Juillet	aout	Sept	oct	nov	dec
Ensoleillement	6h	7h	7h	9h	10h	11h	12h	11h	9h	7h	6h	6h

Tableau 2 :L'ensoleillement annuel a Alger, Annaba, Boumerdes, Jijel, Skikda et Tizi ouzou

Mois	Jan	févr	mars	avril	Mai	juin	Juillet	aout	Sept	oct	nov	dec
Ensoleillement	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	10h	9h	7h	5h	4h

Tableau 3 :L'ensoleillement annuel à Ghardaïa et Hassi-messaoud

Mois	Jan	févr.	mars	avril	mai	juin	Juillet	aout	Sept	oct	nov	dec
Ensoleillement	10h	10h	10h	10h	10h	12h	14h	14h	12h	10h	10h	10h

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Annexe C

Tableau 1 : Les types d'éclairage public

		Cycles de vie 80% du taux de décharge	Taux de décharge maximal %	Investissement (euro/KWh)	Capacité (Ah)
	Plaques minces solaires	250	50	100	80-370
Batteries acide-plomb ouvertes	Plaques minces industrielles	750	80	150	700-1500
	Plaques tubulaires	1000	80	200	700-2000
Batteries acide-plomb étanches	AGM(Absorbent Glass Mat)	1200	80	170	Jusqu'à 5500
	Batteries à électrolyte gélifié	1200	80	200	Jusqu'à 6000

Tableau 2 : Capacité effective en fonction de la durée de décharge

Durée de décharge	Tension finale (V)	AGM (%)	Gel (%)
20 h	10.8	105	103
10 h		100	100
5 h		95	95
3 h		82	81
1 h		66	65

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

30 mn	9.6	52	49
15 mn		42	38
10 mn		36	27
5 mn		27	18

Tableau 3 : Caractéristiques des différents accumulateurs .

Accumulateur	Densité energitique (Wh/kg)	Densité volumique (Wh/l)	Nombre de cycle charge/ décharge	Tolérance à la surcharge	Auto décharge par mois (%)	Voltage nominal d'une cellule (V)
Plomb	30 – 50	75 – 120	400 - 1200	haute	5	2.05
NiCd	45 – 80	80 – 150	1500 – 2000	Moyenne	>20	1.35
NiMH	60 – 120	220 – 230	800 - 1000	faible	>30	1.20
Li-ion	110 – 160	220 – 400	500 – 10000	Très basse	10	3.60

Tableau 4 : Profondeur de décharge

Profondeur de décharge (%)	courant de décharge		
	C/100	C/20	C/10
10	2.14	2.11	2.08
50	2.08	2.03	2.01
100	1.80	1.80	1.80

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Tableau 5: récapitulatif des types de régulateurs.

Type de régulateur	Méthode de charge	Avantages	Désavantages
Interrupteur shunt	ON/OFF	Faible résistance de passage entre le panneau et la batterie. Simple, fiable si bien dimensionné.	Dissipation de l'interrupteur à l'Icc du panneau. Diode de blocage indispensable. Fin de charge difficile à atteindre tension élevée sur l'interrupteur en cas de surtension.
Shunt linéaire	Tension constante	Fin de charge optimale. Faible résistance de passage entre le panneau et la batterie.	Dissipation thermique importante. Diode de blocage indispensable. Tension de hot spot élevée.
Interrupteur série	ON/OFF	Dissipation de l'interrupteur à Imax<Isc. Simple et fiable. Surtension sur l'interrupteur réduite d'une tension de batterie.	Fin de charge difficile à atteindre.
Série linéaire	Tension constante	Fin de charge optimale. Surtension sur l'interrupteur réduite	Dissipation thermique importante. Tension de passage

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

		d'une tension de batterie.	élevée.
PWM série	Tension constante	Fin de charge optimale. Dissipation thermique réduite.	Tension de passage élevée. Electronique plus complexe. Génère des parasites possibles sur des équipements sensibles proches.
MPPT	Tension constante	Rendement élevé à toute température.	Coût. Génère des parasites possibles sur des équipements sensibles proches.

Tableau 6 : Les puissances équivalentes en éclairage halogène pour des LED de 1W.

Nombre de led de 1W	Equivalent halogène en W		lumens	
	Blanc chaud	Blanc naturel	Blanc chaud	Blanc froid
1	7	8	75	85
2	14	15	150	170
3	20	23	225	255
4	27	31	300	340
5	34	39	375	425
6	41	46	450	10
7	48	54	525	595
8	55	62	600	680
9	61	70	675	765
10	68	77	750	850
11	75	85	825	935
12	82	93	900	1020

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Tableau 7: Spécification du XBEE :

Spécifications		XBEE	XBEE PRO
Performances	Portée intérieur/milieu urbain	Jusqu'à 30m	Jusqu'à 100m
	portée extérieur champs libre	Jusqu'à 100m	Jusqu'à 1.6Km
	Puissance d'émission RF	1mW (0dBm)	60mW (18dBm)
	Vitesse de transmission RF	250Kbps	250 kbps
	Sensibilité de réception	-92dBm	-100dBm
Alimentation et consommation	Tension d'alimentation	2.8-3.4 VDC	2.8-3.4 VDC
	Courant en émission	45 mA à (3.3V)	215 mA à (3.3V)
	Courant en réception	50 mA à 3.3V	50 mA à (3.3V)
	Courant de repos	< 10 micro A	< 10 micro A
Autres caractéristiques générales	Fréquence	ISM 2.4GHz	ISM 2.4GHz
	Dimension	24.4 mm*27.6 mm	24.4 mm*32.9 mm
	Température de Fonctionnement	-40 à 80° C	-40 à 80° C
	Antennes optionnelles	Connecteur UFL, antenne chip ou whip intégrée	Connecteur UFL, antenne chip ou whip intégrée
Réseau	Nombre de canaux	16 canaux séquence direct	12 canaux séquence direct

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Tableau 8: Brochage du XBEE :

Pins	Nom	direction	Description
1	VCC	-	Power supply
2	Dout	output	UART Data Out
3	DIN / CONFIG	Input	UART Data In
4	DO8*	Output	Digital Output 8
5	RESET	input	Module Reset (reset pulse must be at least 200 ns)
6	PWM0 / RSSI	output	PWM Output 0 / RX Signal Strength Indicator
7	PWM1	output	PWM Output 1
8	[reserved]	-	Do not connect
9	DTR / SLEEP_RQ / DI8	input	Pin Sleep Control Line or Digital Input 8
10	GND	-	Ground
11	AD4 / DIO4	Either	Analog Input 4 or Digital I/O 4
12	**CTS** / DIO7	Either	Clear-to-Send Flow Control or Digital I/O 7
13	ON / **SLEEP**	output	Module Status Indicator
14	VREF	Input	Voltage Reference for A/D Inputs
15	Associate / AD5 / DIO5	Either	Associated Indicator, Analog Input 5 or Digital I/O 5
16	**RTS** / AD6 / DIO6	Either	Request-to-Send Flow Control, Analog Input 6 or Digital I/O 6
17	AD3 / DIO3	Either	Analog Input 3 or Digital I/O 3
18	AD2 / DIO2	Either	Analog Input 2 or Digital I/O 2

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

19	AD1 / DIO1	Either	Analog Input 1 or Digital I/O 1
20	AD0 / DIO0	Either	Analog Input 0 or Digital I/O 0

Tableau 9 : Les classes de radio Bluetooth

Classe	Puissance	Portée
1	100mW	100 mètres
2	2.5mW	10 à 20 mètres
3	1mW	Quelques mètres

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Clock/calendar with 240 × 8-bit RAM PCF8583

1 FEATURES

- I²C-bus interface operating supply voltage: 2.5 V to 6 V
- Clock operating supply voltage (0 to +70 °C): 1.0 V to 6.0 V
- 240 × 8-bit low-voltage RAM
- Data retention voltage: 1.0 V to 6 V
- Operating current (at f_{SCL} = 0 Hz): max. 50 µA
- Clock function with four year calendar
- Universal timer with alarm and overflow indication
- 24 or 12 hour format
- 32.768 kHz or 50 Hz time base
- Serial input/output bus (I²C)
- Automatic word address incrementing
- Programmable alarm, timer and interrupt function
- Slave address:
  - READ: A1 or A3
  - WRITE: A0 or A2.

2 GENERAL DESCRIPTION

The PCF8583 is a clock/calendar circuit based on a 2048-bit static CMOS RAM organized as 256 words by 8 bits. Addresses and data are transferred serially via the two-line bidirectional I²C-bus. The built-in word address register is incremented automatically after each written or read data byte. Address pin A0 is used for programming the hardware address, allowing the connection of two devices to the bus without additional hardware.

The built-in 32.768 kHz oscillator circuit and the first 8 bytes of the RAM are used for the clock/calendar and counter functions. The next 8 bytes may be programmed as alarm registers or used as free RAM space. The remaining 240 bytes are free RAM locations.

3 QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
V_{DD}	supply voltage operating mode	I²C-bus active	2.5	–	6.0	V
		I²C-bus inactive	1.0	–	6.0	V
I_{DD}	supply current operating mode	f_{SCL} = 100 kHz	–	–	200	µA
I_{DDO}	supply current clock mode	f_{SCL} = 0 Hz; V_{DD} = 5 V	–	10	50	µA
		f_{SCL} = 0 Hz; V_{DD} = 1 V	–	2	10	µA
T_{amb}	operating ambient temperature range		−40	–	+85	°C
T_{stg}	storage temperature range		−65	–	+150	°C

4 ORDERING INFORMATION

TYPE NUMBER	PACKAGE		
	NAME	DESCRIPTION	VERSION
PCF8583P	DIP8	plastic dual in-line package; 8 leads (300 mil)	SOT97-1
PCF8583T	SO8	plastic small outline package; 8 leads; body width 7.5 mm	SOT176-1

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

5 BLOCK DIAGRAM

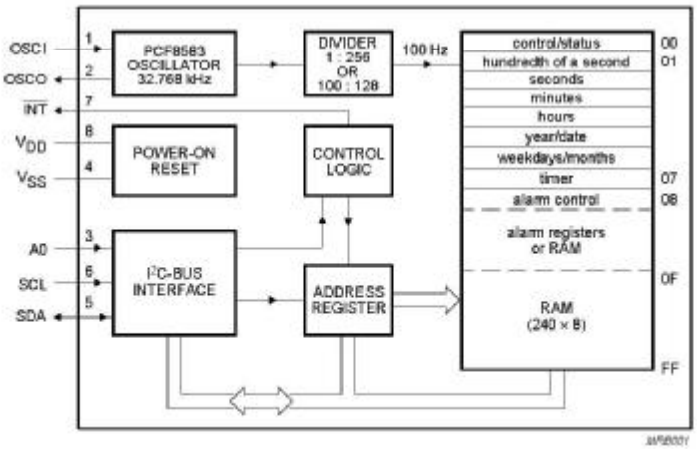


Fig.1 Block diagram.

6 PINNING

SYMBOL	PIN	DESCRIPTION
OSCI	1	oscillator input, 50 Hz or event-pulse input
OSCO	2	oscillator output
A0	3	address input
V_{SS}	4	negative supply
SDA	5	serial data line
SCL	6	serial clock line
$\overline{INT}$	7	open drain interrupt output (active LOW)
V_{DD}	8	positive supply

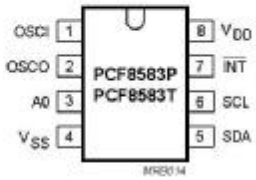


Fig.2 Pinning diagram.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

DALLAS SEMICONDUCTOR MAXIM

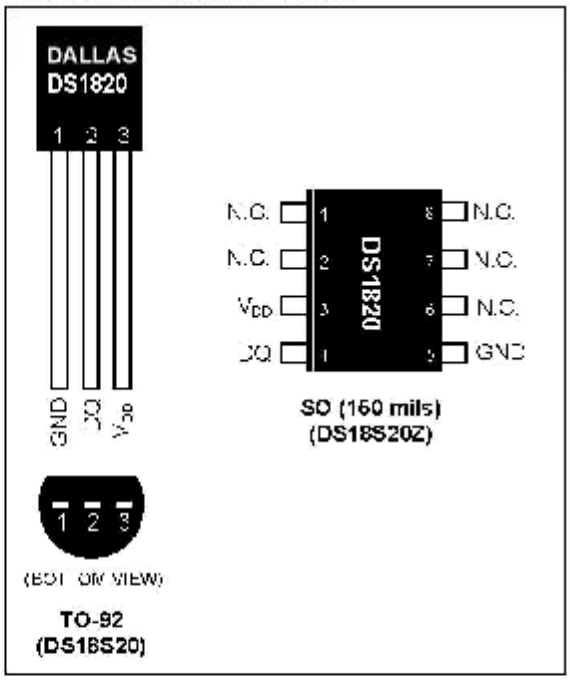
DS18S20
High-Precision 1-Wire Digital Thermometer

www.maxim-ic.com

FEATURES

- Unique 1-Wire® Interface Requires Only One Port Pin for Communication
- Each Device has a Unique 64-Bit Serial Code Stored in an On-Board ROM
- Multidrop Capability Simplifies Distributed Temperature Sensing Applications
- Requires No External Components
- Can Be Powered From Data Line. Power Supply Range is 3.0V to 5.5V
- Measures Temperatures from -55°C to +125°C (-67°F to +257°F)
- ±0.5°C Accuracy from -10°C to +85°C
- 9-Bit Thermometer Resolution
- Converts Temperature in 750ms (max)
- User-Definable Nonvolatile (NV) Alarm Settings
- Alarm Search Command Identifies and Addresses Devices Whose Temperature is Outside Programmed Limits (Temperature Alarm Condition)
- Applications Include Thermostatic Controls, Industrial Systems, Consumer Products, Thermometers, or Any Thermally Sensitive System

PIN CONFIGURATIONS



DESCRIPTION

The DS18S20 digital thermometer provides 9-bit Celsius temperature measurements and has an alarm function with nonvolatile user-programmable upper and lower trigger points. The DS18S20 communicates over a 1-Wire bus that by definition requires only one data line (and ground) for communication with a central microprocessor. It has an operating temperature range of −55°C to +125°C and is accurate to ±0.5°C over the range of −10°C to +85°C. In addition, the DS18S20 can derive power directly from the data line ("parasite power"), eliminating the need for an external power supply.

Each DS18S20 has a unique 64-bit serial code, which allows multiple DS18S20s to function on the same 1-Wire bus. Thus, it is simple to use one microprocessor to control many DS18S20s distributed over a large area. Applications that can benefit from this feature include HVAC environmental controls, temperature monitoring systems inside buildings, equipment, or machinery, and process monitoring and control systems.

1-Wire is a registered trademark of Maxim Integrated Products, Inc.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

MICROCHIP PIC18F2455/2550/4455/4550

28/40/44-Pin, High-Performance, Enhanced Flash, USB Microcontrollers with nanoWatt Technology

Universal Serial Bus Features:

- USB V2.0 Compliant
- Low Speed (1.5 Mb/s) and Full Speed (12 Mb/s)
- Supports Control, Interrupt, Isochronous and Bulk Transfers
- Supports up to 32 Endpoints (16 bidirectional)
- 1-Kbyte Dual Access RAM for USB
- On-Chip USB Transceiver with On-Chip Voltage Regulator
- Interface for Off-Chip USB Transceiver
- Streaming Parallel Port (SPP) for USB streaming transfers (40/44-pin devices only)

Power-Managed Modes:

- Run: CPU on, peripherals on
- Idle: CPU off, peripherals on
- Sleep: CPU off, peripherals off
- Idle mode currents down to 5.8 µA typical
- Sleep mode currents down to 0.1 µA typical
- Timer1 Oscillator: 1.1 µA typical, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 2.1 µA typical
- Two-Speed Oscillator Start-up

Flexible Oscillator Structure:

- Four Crystal modes, including High Precision PLL for USB
- Two External Clock modes, up to 48 MHz
- Internal Oscillator Block:
  - 8 user-selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
  - User-tunable to compensate for frequency drift
- Secondary Oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Dual Oscillator options allow microcontroller and USB module to run at different clock speeds
- Fail-Safe Clock Monitor:
  - Allows for safe shutdown if any clock stops

Peripheral Highlights:

- High-Current Sink/Source: 25 mA/25 mA
- Three External Interrupts
- Four Timer modules (Timer0 to Timer3)
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules:
  - Capture is 16-bit, max. resolution 5.2 ns (TCY/16)
  - Compare is 16-bit, max. resolution 83.3 ns (TCY)
  - PWM output: PWM resolution is 1 to 10-bit
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module:
  - Multiple output modes
  - Selectable polarity
  - Programmable dead time
  - Auto-shutdown and auto-restart
- Enhanced USART module:
  - LIN bus support
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module supporting 3-wire SPI (all 4 modes) and I²C™ Master and Slave modes
- 10-bit, up to 13-channel Analog-to-Digital Converter module (A/D) with Programmable Acquisition Time
- Dual Analog Comparators with Input Multiplexing

Special Microcontroller Features:

- C Compiler Optimized Architecture with optional Extended Instruction Set
- 100,000 Erase/Write Cycle Enhanced Flash Program Memory typical
- 1,000,000 Erase/Write Cycle Data EEPROM Memory typical
- Flash/Data EEPROM Retention: > 40 years
- Self-Programmable under Software Control
- Priority Levels for Interrupts
- 8 x 8 Single-Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
  - Programmable period from 41 ms to 131s
- Programmable Code Protection
- Single-Supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins
- Optional dedicated ICD/ICSP port (44-pin devices only)
- Wide Operating Voltage Range (2.0V to 5.5V)

Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-Bit A/D (ch)	CCP/ECCP (PWM)	SPP	MSSP		EAUSART	Comparators	Timers 8/16-Bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					SPI	Master I²C™			
PIC18F2455	24K	12288	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F2550	32K	16384	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4455	24K	12288	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4550	32K	16384	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3

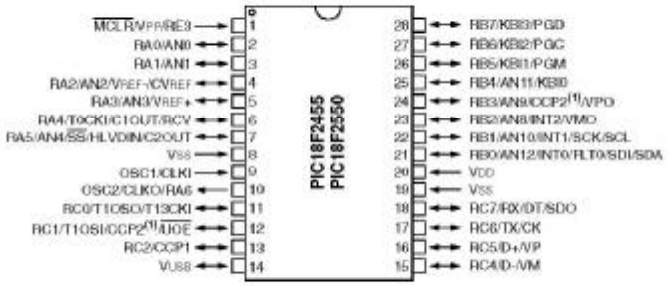
© 2006 Microchip Technology Inc.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

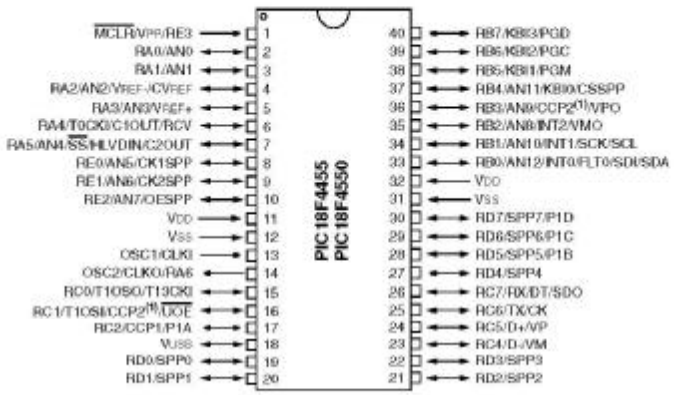
PIC18F2455/2550/4455/4550

Pin Diagrams

28-Pin PDIP, SOIC



40-Pin PDIP



Note 1: RB3 is the alternate pin for CCP2 multiplexing.

 © 2006 Microchip Technology Inc.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Product Datasheet

XBee® Multipoint RF Modules

Embedded RF Modules for OEMs

Providing critical end-point connectivity to Digi's Drop-in Networking product family, XBee multipoint RF modules are low-cost and easy to deploy.

Features/Benefits

- 802.15.4/Multipoint network topologies
- 2.4 GHz for worldwide deployment
- 900 MHz for long-range deployment
- Fully interoperable with other Digi Drop-in Networking products, including gateways, device adapters and extenders
- Common XBee footprint for a variety of RF modules
- Low-power sleep modes
- Multiple antenna options
- Industrial temperature rating (-40° C to 85° C)
- Low power and long range variants available

Overview

XBee Product Family

The XBee family of embedded RF modules provides OEMs with a common footprint shared by multiple platforms, including multipoint and ZigBee/Mesh topologies, and both 2.4 GHz and 900 MHz solutions. OEMs deploying the XBee can substitute one XBee for another, depending upon dynamic application needs, with minimal development, reduced risk and shorter time-to-market.

Why XBee Multipoint RF Modules?

XBee multipoint RF modules are ideal for applications requiring low latency and predictable communication timing. Providing quick, robust communication in point-to-point, peer-to-peer, and multipoint/star configurations, XBee multipoint products enable robust end-point connectivity with ease. Whether deployed as a pure cable replacement for simple serial communication, or as part of a more complex hub-and-spoke network of sensors, XBee multipoint RF modules maximize wireless performance and ease of development.

Drop-in Networking End-Point Connectivity

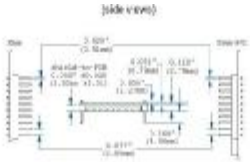
XBee OEM RF modules are part of Digi's Drop-in Networking family of end-to-end connectivity solutions. By seamlessly interfacing with compatible gateways, device adapters and extenders, XBee embedded RF modules provide developers with true beyond-the-horizon connectivity.

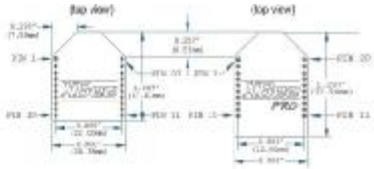
www.digi.com

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Platform	XBee® 802.15.4 (Series 1)	XBee-PRO® 802.15.4 (Series 1)	XBee-PRO® XSC
Performance			
RF Data Rate	250 kbps	250 kbps	10 kbps / 9.6 kbps
Indor/Urban Range	100 ft (30 m)	300 ft (100 m)	Up to 1700 ft (500 m)
Outdoor/RF Line-of-Sight Range	300 ft (100 m)	1 mi (1.6 km)	Up to 6 mi (9.6 km)
Transmit Power	1 mW (+0 dBm)	60 mW (+18 dBm)*	100 mW (+20 dBm)
Receiver Sensitivity (1% PER)	-92 dBm	-100 dBm	-106 dBm
Features			
Serial Data Interface	3.3V CMOS UART	3.3V CMOS UART	3.3V CMOS UART (5V Tolerant)
Configuration Method	API or AT Commands, local or over-the-air	API or AT Commands, local or over-the-air	AT Commands
Frequency Band	2.4 GHz	2.4 GHz	902 MHz to 928 MHz
Interference Immunity	DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)	DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)	FHSS (Frequency-Hopping Spread Spectrum)
Serial Data Rate	1200 bps - 250 kbps	1200 bps - 250 kbps	1200 bps - 57.6 kbps
ADC Inputs	(6) 10-bit ADC Inputs	(6) 10-bit ADC Inputs	None
Digital I/O	8	8	None
Antenna Options	Chip, Wire Whip, U.F.L. & RPSMA	Chip, Wire Whip, U.FL, & RPSMA	Wire Whip, U.FL, RPSMA
Networking & Security			
Encryption	128-bit AES	128-bit AES	No
Reliable Packet Delivery	Retries/Acknowledgments	Retries/Acknowledgments	Retries/Acknowledgments
IDs and Channels	PAN ID, 64-bit IEEE MAC, 16 Channels	PAN ID, 64-bit IEEE MAC, 12 Channels	PAN ID, 32-bit Address, 7 Channels
Power Requirements			
Supply Voltage	2.8 - 3.4VDC	2.8 - 3.4VDC	3.0 - 3.6VDC
Transmit Current	45 mA @ 3.3VDC	215 mA @ 3.3VDC	265 mA typical
Receive Current	50 mA @ 3.3VDC	55 mA @ 3.3VDC	55 mA typical
Power-Down Current	<10 uA @ 25° C	<10 uA @ 25° C	45 uA pin Sleep
Regulatory Approvals			
FCC (USA)	OUR-XBEE	OUR-XBEEPRO	MCQ-XBEEXSC
IC (Canada)	4214A-XBEE	4214A-XBEEPRO	1846A-XBEEXSC
ETSI (Europe)	Yes	Yes* Max TX 10 mW	No
C-TICK Australia	Yes	Yes	No
Telec (Japan)	Yes	Yes*	No

* XBee-PRO 802.15.4 TX Power restricted to 10 mW in Europe and Japan.





Please visit www.digi.com for part numbers.

DIGI SERVICE AND SUPPORT - You can purchase with confidence knowing that Digi is here to support you with expert technical support and a one-year warranty. www.digi.com/support

WHEN RELIABILITY MATTERS™

Digi International
11001 Bren Road E.
Minnetonka, MN 55343
U.S.A.
PH: 877-912-3444
952-912-3444
FX: 952-912-4952
email: info@digi.com

Digi International France
91 rue des Peupliers
92200 Neuilly sur Seine
PH: +33-1-55-61-98-98
FX: +33-1-55-61-98-99
www.digi.fr

Digi International KK
NPS Building Sixth 8F
22-14 Sakuragaoka-cho,
Shibuya-ku
Tokyo 150-0031, Japan
PH: +81-3-5428-0261
FX: +81-3-5428-0262
www.digi-intl.co.jp

Digi International (HK) Limited
Suite 1703-06, 17/F,
K'Wah Centre
191 Java Road
North Point, Hong Kong
PH: +852-2833-1008
FX: +852-2572-9989
www.digi.cn

Digi International, the leader in device networking for business, develops reliable products and technologies to connect and securely manage local or remote electronic devices over the network or via the web. With over 20 million ports shipped worldwide since 1985, Digi offers the highest levels of performance, flexibility and quality.

www.digi.com

© 2006-2008 Digi International Inc.
All rights reserved. Digi, Digi International, the Digi logo, the When Reliability Matters logo, XBee and XBee-PRO are trademarks or registered trademarks of Digi International Inc. in the United States and other countries worldwide. All other trademarks are the property of their respective owners.

91001412
B1/308

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com