

**MINISTER DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU**

**Faculté de Génie Electrique et Informatique
Département Electronique**



**Mémoire
MASTER ACADEMIQUE
Domaine : Sciences et technologies
Filière : Génie électrique
Spécialité : Matériaux et Dispositifs Electroniques et Photovoltaïques**

Présenté par

M^r BENMADDI Azzedine

M^r MOHAMMEDI Meziane

Thème :

Dimensionnement et conception d'une installation photovoltaïque pour la FGEI et optimisation de la consommation.

Devant le jury composé de :

M^r Hamid HAMICHE

MCB UMMTO

Président

M^r Rachid ZIRMI

MCB UMMTO

Encadreur

M^r Boussaad IDJERI

MAA UMMTO

Examineur

Mémoire soutenu publiquement le 06/07/2017

Remerciements

Nous tenons à remercier chaleureusement Monsieur ZERMI Rachid enseignant à l`université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou de nous avoir encadré et proposé le thème de ce mémoire ainsi que son aide précieuse pour bien mener ce travail.

Nous remercions les membres du jury de leur présence et d`avoir accepté d`évaluer et d`examiner ce travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous nos enseignants qui ont participé à notre formation.

Touts nos respects et nos gratitudes à tous ceux qui ont contribué de prêt ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

- *A mes chers parents qui ont tout fait pour ma réussite.*
- *A mes frères et mes sœurs sans oublier mon petit neveu **Farhat**.*
- *A ma grande famille.*
- *A mes cousins.*
- *A mes amis.*

Azzedine

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

- *A la mémoire de ma grande mère,
dieu ait son âme au paradis.*
- *A mes chers parents qui ont tout fait
pour ma réussite.*
- *A mes frères et mes sœurs.*
- *A ma grande famille.*
- *A mes cousins.*
- *A mes amis.*

Meziane

Sommaire

Introduction générale..... Erreur ! Signet non défini.

Chapitre I

1. Introduction	Erreur ! Signet non défini.
2. Le principe de l'effet photovoltaïque	Erreur ! Signet non défini.
3. La cellule photovoltaïque	Erreur ! Signet non défini.
3.1. Définition d'une cellule photovoltaïque	Erreur ! Signet non défini.
3.2. Le Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque	Erreur ! Signet non défini.
3.3. Le module photovoltaïque	Erreur ! Signet non défini.
3.4. Champ photovoltaïque	Erreur ! Signet non défini.
4. Le matériau de base de la cellule photovoltaïque	Erreur ! Signet non défini.
4.1. Silicium monocristallin	Erreur ! Signet non défini.
4.2. le silicium multicristallin	Erreur ! Signet non défini.
4.3. Le silicium amorphe	Erreur ! Signet non défini.
5. Modélisation du module photovoltaïque	Erreur ! Signet non défini.
5.1. Modèle électrique idéal	Erreur ! Signet non défini.
5.2. Modèle électrique réel	Erreur ! Signet non défini.
6. Paramètres électriques du module photovoltaïque	Erreur ! Signet non défini.
6.1. Tension de circuit- ouvert (V_{co})	Erreur ! Signet non défini.
6.2. Courant de court-circuit (I_{cc})	Erreur ! Signet non défini.
6.3. Puissance maximale (P_{max})	Erreur ! Signet non défini.
6.4. Facteur de forme (FF)	Erreur ! Signet non défini.
6.5. Rendement (η)	Erreur ! Signet non défini.
7. Regroupement des cellules	Erreur ! Signet non défini.
7.1. Regroupement des cellules en série	Erreur ! Signet non défini.

7.2. regroupement des cellules en parallèle.....	Erreur ! Signet non défini.
7.3. Regroupement des cellules (série et parallèle).....	Erreur ! Signet non défini.
8. Conclusion.....	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre II

1. Introduction.....	Erreur ! Signet non défini.
2. Module photovoltaïques /générateur photovoltaïque.....	Erreur ! Signet non défini.
3. Système de stockage.....	Erreur ! Signet non défini.
3.1. Les batteries.....	Erreur ! Signet non défini.
3.2. Les types de batteries.....	Erreur ! Signet non défini.
3.2.1. Batteries au plomb.....	Erreur ! Signet non défini.
3.2.2. Batteries nickel-hydrure métallique, cadmium-nickel et lithium-ion.....	Erreur ! Signet non défini.
3.3. Charge et décharge.....	Erreur ! Signet non défini.
4. Système de régulation.....	Erreur ! Signet non défini.
4.1. Le Régulateur de charge.....	Erreur ! Signet non défini.
4.2. Types des régulateurs de charge.....	Erreur ! Signet non défini.
4.2.1. Le régulateur série.....	Erreur ! Signet non défini.
4.2.2. Le régulateur shunt.....	Erreur ! Signet non défini.
4.2.3. Le régulateur (MLI).....	Erreur ! Signet non défini.
4.2.4. Le régulateur MPPT.....	Erreur ! Signet non défini.
4.3. Comparaison de différentes technologies de régulateurs.....	Erreur ! Signet non défini.
5. Système de conversion.....	Erreur ! Signet non défini.
5.1. Le convertisseur continu -continu.....	Erreur ! Signet non défini.
5.2. Le convertisseur continu- alternatif.....	Erreur ! Signet non défini.
6. La charge.....	Erreur ! Signet non défini.
7. Installation des panneaux.....	Erreur ! Signet non défini.
7.1. Disposition des panneaux.....	Erreur ! Signet non défini.
8. Installions les éléments de la batterie.....	Erreur ! Signet non défini.
9. Les dispositifs de sécurité.....	Erreur ! Signet non défini.
9.1. La mise à la terre.....	Erreur ! Signet non défini.

9.1.1.	Protection contre les surtensions dues à la foudre	Erreur ! Signet non défini.
9.1.2.	Protection contre les courants de fuite et décharges statiques	Erreur ! Signet non défini.
9.1.3.	Protection contre les défauts d'isolation côté CA	Erreur ! Signet non défini.
9.2.	Les interrupteurs-disjoncteurs CC	Erreur ! Signet non défini.
9.2.1.	Position et calibrage.....	Erreur ! Signet non défini.
9.3.	Le fusible CC	Erreur ! Signet non défini.
10.	Conclusion.....	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre III

1.	Introduction	Erreur ! Signet non défini.
2.	Présentation du site	Erreur ! Signet non défini.
2.1.	Localisation du site	Erreur ! Signet non défini.
3.	Bilan énergétique de la FGEI	Erreur ! Signet non défini.
4.	Optimisation de l'énergie	Erreur ! Signet non défini.
4.1.	Tube LED.....	Erreur ! Signet non défini.
4.1.1.	Notions fondamentales de terminologie et de photométrie	Erreur ! Signet non défini.
4.2.	Détecteur de présence.....	Erreur ! Signet non défini.
4.3.	Utilisation de la lumière du jour.....	Erreur ! Signet non défini.
5.	Dimensionnement photovoltaïque	Erreur ! Signet non défini.
5.1.	Dimensionnement de générateur	Erreur ! Signet non défini.
5.2.	Dimensionnement de la batterie de stockage.....	Erreur ! Signet non défini.
5.3.	Choix du régulateur	Erreur ! Signet non défini.
5.4.	Choix de l'onduleur.....	Erreur ! Signet non défini.
5.5.	Câblage du système	Erreur ! Signet non défini.
5.6.	Dispositifs de protection électrique	Erreur ! Signet non défini.
6.	Dimensionnement des champs photovoltaïques	Erreur ! Signet non défini.
6.1.	Champ I (département ELN).....	Erreur ! Signet non défini.
6.2.	Champ II (département AUT).....	Erreur ! Signet non défini.
6.3.	Champ III (département ETH)	Erreur ! Signet non défini.

6.4. Champ IV (CNAS)	Erreur ! Signet non défini.
7. Site d'emplacement des champs	Erreur ! Signet non défini.
7.1. Calcul des surfaces	Erreur ! Signet non défini.
7.2. Schéma bloc du système	Erreur ! Signet non défini.
7.3. Répartition et branchement de panneaux.....	Erreur ! Signet non défini.
8. Estimation du cout.....	Erreur ! Signet non défini.
9. Conclusion.....	Erreur ! Signet non défini.

Conclusion générale	70
---------------------------	----

Liste des figures

CHAPITRE I

Figure I-1: le principe de fonctionnement d'une cellule solaire.

Figure I-2: Module photovoltaïque.

Figure I-3: champ photovoltaïque.

Figure I-4: cellule monocristallin(a) et multicristallin (b).

Figure I-5: cellule amorphe.

Figure I-6: circuit électrique idéal du module PV.

Figure I-7: Circuit électrique réel du module PV.

Figure I-8: caractéristiques résultantes d'un groupement de (N_s) cellules en série.

Figure I-9: caractéristiques résultantes d'un groupement de (N_p) cellules en parallèle.

Figure I-10: caractéristiques résultantes d'un groupement de (N_s) cellules en série et (N_p) cellules en parallèle

CHAPITRE II

Figure II.1: Schéma simplifié d'un système **PV**.

Figure II-2: Champ photovoltaïque.

Figure II.3: Paramètres de régulateur de charge.

Figure II.5: Schéma de régulateur shunt.

Figure II.4: Schéma électrique de Régulateur série.

Figure II.6: Comparaison de performances de différents types de régulateurs.

CHAPITRE III

Figure III-1: Processus de dimensionnement d'une installation solaire non raccordée au réseau

Figure III-1: Processus de dimensionnement d'une installation solaire non raccordée au réseau

Figure III-2: vue du bâtiment de la faculté de génie électrique et informatique.

Figure III-3: Histogramme représentant la consommation des étages de la FGEI

Figure III.4: Flux lumineux d'une source.

Figure III.5: Eclairage d'une surface.

Figure III.6: Intensité lumineuse d'une source.

Figure III.7: Luminance d'une surface éclairée par une source.

Figure III-8: Les flux lumineux au niveau du RDC.

Figure III-9: Présentation des positions des différentes consommations au niveau du 1^{er} étage.

Figure III-11: présentation de l'éclairage au niveau du 3^{eme} étage.

Figure III-12: Histogramme représentant la consommation des étages de la FGEI.

Figure III-13: Histogramme de comparaison entre les consommations.

Figure III-14: Comparaison entre la consommation par néons fluorescents et tubes LEDs.

Figure III-15: Schéma de principe du fonctionnement de détecteur de présence.

Figure III-16: Côté droit et gauche de la FGEI.

Figure III-17: Schéma de calcul de la distance entre les lignes de panneaux.

Figure III-18: Zone d'installation des champs.

Figure III-19: Surface d'emplacement des champs.

Figure III-20 : Schéma bloc du système.

Figure III-21 : Schéma de répartition des panneaux pour les champs I, II, III.

Figure III-22 : Schéma de répartition des panneaux pour le champ IV.

Liste des tableaux

Tableau III-1: Consommation du rez-de-chaussée.

Tableau III-2: présentation de la consommation du 1^{er} étage.

Tableau III-3: présentation de la consommation du 2^{eme} étage.

Tableau III-4: Présentation de la consommation du 3^{eme} étage.

Tableau III-5: Présentation des éclairagements moyens nécessaires dans différents endroits du département.

Tableau III-6: LEDs à utiliser.

Tableau III-7: Lampes à utiliser.

Tableau III-8: présentation des consommations de rez-de-chaussée.

Tableau III-9: Présentation des consommations de 1^{er} étage.

Tableau III-10: présentation des consommations de 2^{eme} étage.

Tableau III-11: Présentation de la consommation de 3eme étage.

Tableau III-12: Comparaison entre la consommation des néons.

Tableau III-13: Bilan énergétique de département ELN.

Tableau III-14: Dimensionnement de champ I.

Tableau III-15: Bilan énergétique de département AUT.

Tableau III-16: Dimensionnement de champ II.

Tableau III-17: Bilan énergétique de département ETH.

Tableau III-18: Dimensionnement de champ III.

Tableau III-19: Bilan énergétique de la CNAS.

Tableau III-20: Dimensionnement champ IV.

Tableau III-21: Surfaces du site.

Tableau III-22: Surfaces des champs.

Tableau III-23 : Estimation du cout de l'installation.

Mots clefs

FGEI : faculté génie électrique et informatique.

PV : Photovoltaïque.

GPV : Générateur photovoltaïque.

MPPT: Maximum Power Point Tracking.

DC : Courant Continu.

AC : Courant Alternatif.

Résumé

Dans ce mémoire, nous avons effectué un dimensionnement d'une installation photovoltaïque pour la FGEI et l'optimisation de la consommation, la FGEI située à Tizi-Ouzou, cette installation destinée à (l'alimentation des éclairages et des équipements informatiques) des administrations.

Nous avons donc cherché dans un premier temps d'estimer les besoins énergétiques des étages en éclairages et dans un deuxième temps, procédé à l'optimisation de la consommation comme nous avons proposé quelques techniques pour réduire cette consommation par exemples (la technologie LED, les détecteurs de mouvements et l'utilisation de la lumière du jour), ensuite nous avons divisé notre installation en 4 champs indépendants .

Après avoir évalué les bilans énergétiques de chaque administrations on a entamé les différents calculs et les choix des éléments de chaque champ et en dernier temps on a estimé le cout de l'installation.

Introduction générale

Introduction générale

La grande partie de l'énergie consommée par l'homme provient des combustibles fossiles dont l'utilisation massive conduit à l'épuisement de ses réserves et pose une menace réelle à l'environnement.

La prise de conscience des dangers de pollutions et le rapprochement de l'échéance d'épuisement de ces ressources ont largement stimulés la recherche d'autres types d'énergies de caractère renouvelable (énergie solaire, énergie éolienne....) plus propres qui préserveraient le patrimoine naturel de la planète pour les générations futures[2].

L'énergie solaire photovoltaïque a des propriétés fondamentales qui permet à l'homme de la capter ; la stocker ; la convertir en autre forme plus appropriée à son utilisation, cependant la mise au point de l'électricité solaire nous offre la perspective d'un approvisionnement en énergie.

Les systèmes photovoltaïque nécessitent un dimensionnement pour toute application tenant compte de la localisation, du besoin et de l'autonomie de la batterie et nécessitent ainsi une régulation du fonctionnement de l'équipement et un système de conversion.

L'objectif de ce travail est d'optimiser l'énergie surtout après l'apparition de la technologie des LEDs (économique, efficace en plus elle a une très grande longévité), et de dimensionner un système photovoltaïque afin de l'adapter à une application dans les administrations de la faculté de génie électrique et informatique [2].

Dans le premier chapitre nous décrivons en premier lieu une étude approfondie sur les cellules solaires incluant leurs structures et principe de fonctionnement ainsi que les différents paramètres et la mise en oeuvre des modules photovoltaïques.

Dans le second chapitre, nous avons présenté les différents éléments constituant un système photovoltaïque et leurs caractéristiques.

Le troisième chapitre est consacré à l'optimisation de l'énergie et au dimensionnement d'une installation photovoltaïque et de l'adapter aux administrations de la faculté de génie électrique et informatique [4].

En fin nous terminons par une conclusion générale.

Chapitre I

Générateur photovoltaïque

1. Introduction

Dans ce chapitre nous décrivons en premier lieu le principe de fonctionnement des cellules photovoltaïques ainsi leurs caractéristiques principale. Dans la deuxième partie nous étudions les déférentes technologies des cellules solaires ainsi que la mise en œuvre des modules photovoltaïques.

2. Le principe de l'effet photovoltaïque

L'énergie solaire photovoltaïque provient de la transformation directe d'une partie du Rayonnement solaire en énergie électrique. Cette conversion d'énergie s'effectue par le biais d'une cellule dite photovoltaïque basée sue un phénomène physique appelé effet Photovoltaïque qui consiste à produire une force électromotrice lorsque la surface de cette Cellule est exposée à la lumière [1][2].

La cellule photovoltaïque élémentaire constitue un générateur de très faible puissance vis-à-vis des besoins de la plupart des applications domestiques ou industrielles. Une cellule élémentaire de quelques dizaines de centimètres carrés délivre, au maximum, quelques watts sous une tension inférieure au un volt [3].

Pour produire plus de puissance, plusieurs cellules doivent être assemblées afin de créer un module ou un champ photovoltaïque. La connexion en série des cellules permet d'augmenter facilement la tension de l'ensemble, tandis que la mise en parallèle permet d'accroitre le courant. Le câblage série/parallèle est donc utilisé pour obtenir globalement un générateur PV aux caractéristiques souhaitées.

3. La cellule photovoltaïque

3.1. Définition d'une cellule photovoltaïque

La cellule photovoltaïque ou encore photopile est le plus petit élément d'une installation photovoltaïque. Elle est composé de matériau semi-conducteur et transforme directement l'énergie lumineuse en énergie électrique.les cellules photovoltaïques sont constituées :

- D'une fine couche semi-conductrice (matériau possède une bande interdite, qui joue le rôle de la barrière d'énergie que les électrons ne peuvent franchir sans une excitation

extérieure, et dont il est possible de faire varier les propriétés électroniques) tel que le silicium, qui est un matériau présentant une conductivité électrique relativement bonne.

- D'une couche antireflet permettant une pénétration maximale des rayons solaires.
- D'une grille conductrice sur le dessus ou cathode et d'un métal conducteur sur le dessous ou anode.
- Les plus récentes possèdent même une nouvelle combinaison de multicouche réfléchissant juste en dessous du semi-conducteur, permettant à la lumière de rebondir plus longtemps dans celui-ci pour améliorer le rendement [4].

3.2. Le Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque

Les cellules photovoltaïques sont fabriquées à partir d'une jonction PN (figure I-1) au silicium (diode). Pour obtenir du silicium dopé N, on ajoute du phosphore. Ce type de dopage permet au matériau de libérer facilement des électrons (charge -).

Pour obtenir du silicium dopé P, on ajoute du bore. Dans ce cas, le matériau crée facilement des lacunes électroniques appelées trous (charge +).

La jonction PN est obtenue en dopant les deux faces d'une tranche de silicium. Sous l'action d'un rayonnement solaire, les atomes de la jonction libèrent des charges électriques de signes opposés qui s'accumulent de part et d'autre de la jonction pour former un générateur électrique [5].

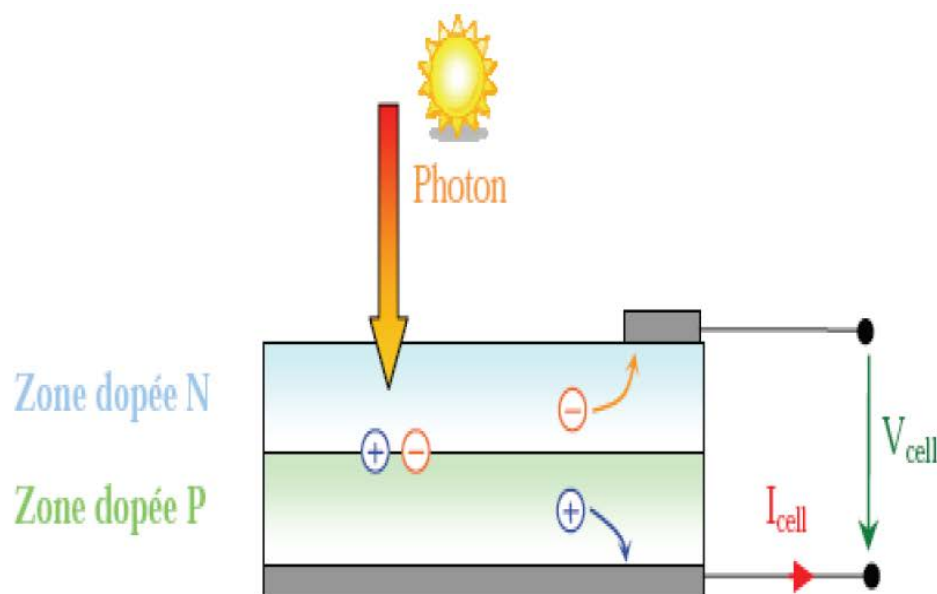


Figure I-1: le principe de fonctionnement d'une cellule solaire [6].

3.3. Le module photovoltaïque

Un générateur photovoltaïque ou module (figure I-2) est constitué d'un ensemble de cellules photovoltaïques élémentaires montées en série et /ou parallèle afin d'obtenir des caractéristiques électrique désirées tels que la puissance, le courant de court circuit et la tension en circuit ouvert [7].



Figure I-2: Module photovoltaïque.

3.4. Champ photovoltaïque

Le champ photovoltaïque (figure I-3) se compose de modules photovoltaïques interconnectés en série et/ou en parallèle afin de produire la puissance requise. Ces modules sont montés sur une armature métallique qui permet de supporter le champ solaire avec un angle d'inclinaison spécifique [8].



Figure I-3: champ photovoltaïque.

4. Le matériau de base de la cellule photovoltaïque

La filière silicium représente aujourd'hui l'essentiel de la production mondiale des panneaux photovoltaïque. Il s'agit d'un matériau extrêmement abondant, stable et non toxique. Cette filière est elle-même subdivisée en plusieurs technologies distinctes de part la nature du silicium employé et /ou sa méthode de fabrication. Cette filière comporte trois technologies : le silicium monocristallin et le silicium multicristallin, silicium amorphe [4].

4.1. Silicium monocristallin

Lors du refroidissement, le silicium se solidifie en ne formant qu'un seul cristal de grande dimension. On découpe en suit le cristal en fines tranches qui donneront les cellules. Ces cellules sont en générale d'un bleu uniforme. Intense et brillant. Elles sont utilisées, mais ne sont pas majoritaires sur le marche de l'énergie photovoltaïque.

Le rendement du silicium monocristallin est plus élevé, il est compris entre 12 et 20% pour les cellules industrielles. Son cout élevé est aujourd'hui un handicap et le silicium monocristallin perd du terrain devant le silicium multicristallin [4].

4.2. le silicium multicristallin

Le silicium multicristallin(poly cristallin) est devenu aujourd'hui la technologie la plus utilisé (figure I-4). A elle seule elle représente près de 50% du marché. Ces cellule sont obtenues par couplage de cristaux de silicium, ce qui rend sa structure hétérogène, son rendement est légèrement inférieur au silicium monocristallin, il est copris entre 10 et 14% selon les fabricants. En revanche sa fabrication est beaucoup plus simple, les couts de production sont donc plus faible [4].



(a)



(b)

Figure I-4: cellule monocristallin(a) et multicristallin (b).

4.3. Le silicium amorphe

Le silicium intégré dans les cellules a-SI n'a pas fait l'objet d'une cristallisation (figure 1-5). Ses atomes sont donc agencés sans réelle organisation, ce qui leur permet de mieux capter la lumière (par rapport au silicium cristallin). Problème : les charges générées ont plus de difficultés pour se déplacer à cause de la désorganisation de la matière, ce qui se traduit par un mauvais coefficient de conversion. Par conséquent, leur rendement est faible.

La désorganisation atomique a d'autres conséquences : les électrons de valence des atomes de Si ne forment pas toujours des liaisons covalentes au sein du semi-conducteur. Il apparaît alors des liaisons pendantes qui peuvent agir sur les propriétés électroniques du matériau. Pour limiter ce phénomène, les couches de silicium sont régulièrement passivées avec de l'hydrogène (a-Si : H). Des atomes d'hydrogène établissent des liaisons avec les électrons restés libres, et réduisent ainsi le nombre de liaisons pendantes [4].



Figure I-5: cellule amorphe.

5. Modélisation du module photovoltaïque

De nombreux modèles mathématiques de modules photovoltaïques, ont été développés, dont le but est l'obtention de la caractéristique Courant-Tension pour l'analyse et l'évaluation des performances des systèmes photovoltaïques [8].

5.1. Modèle électrique idéal

Le module photovoltaïque peut être représenté par le circuit électrique équivalent donné par la figure (I.6) composé d'un générateur de courant qui produit un courant I_{ph} proportionnel à la puissance lumineuse incidente, et d'une diode parallèle qui correspond à l'aire de transition P-N du module PV. Le courant généré par le module s'écrit [8].

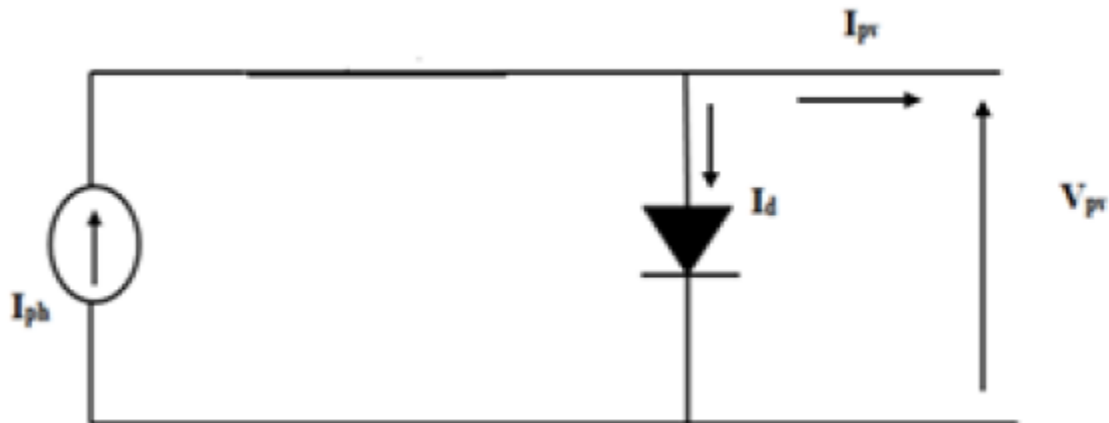


Figure I-6: circuit électrique idéal du module PV.

$$I_{pv} = I_{ph} - I_d \quad (1.1)$$

Où I_{pv} est le courant délivré par le module PV, I_{ph} est le photo-courant de la diode. La diode étant un élément non linéaire, sa caractéristique Courant –Tension est donnée par la relation.

$$I_d = I_0 \left(e^{\frac{V_{pv}}{v_t}} - 1 \right) \quad (1.2)$$

Où I_0 est le courant de saturation de diode, V_{pv} est la tension délivré par le module PV, $v_t = \frac{kt}{q}$ est la tension thermique, T est la température absolue en K et I_{ph} et photo-courant

.Donc, la relation (1.1) sera :

$$I_{pv} = I_{ph} - I_0 \left(e^{\frac{v_{pv}}{kt}} - 1 \right) \quad (1.3)$$

5.2. Modèle électrique réel

Dans le cas réel, on observe une perte de tension en sortie ainsi que des courants de fuite, alors le model photovoltaïque précédent ne rendait pas compte de tous les phénomènes présents lors de la conversion d'énergie lumineuse. On modélise donc cette perte de tension par une résistance en série R_s et les courants de fuite par une résistance en parallèle R_p . La figure (I.7) représente schéma électrique équivalent d'un module photovoltaïque réel [4].

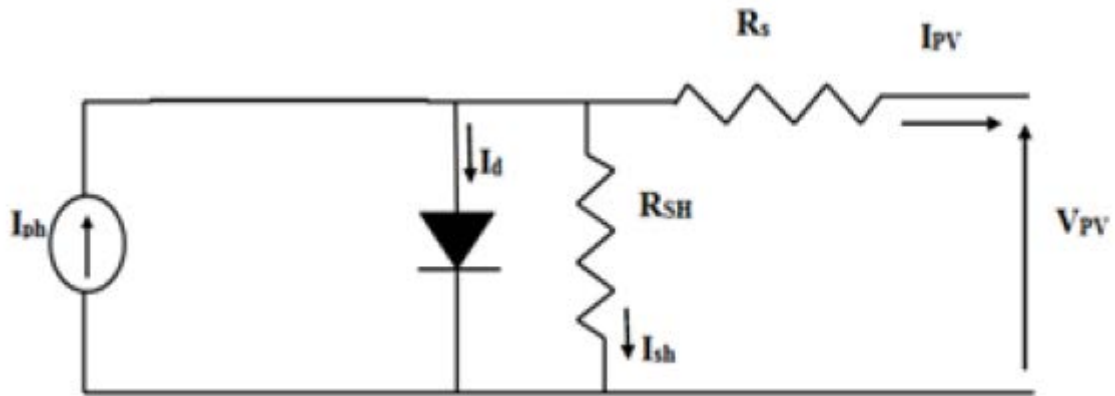


Figure I-7: Circuit électrique réel du module PV.

Le courant généré par le module PV est donné par la loi de Kirchhoff :

$$I_{pv} = I_{ph} - I_d - I_{sh} \quad (1.4)$$

$$I_d = I_0 \left(e^{\frac{q(V_{pv} + R_s I)}{A \cdot K \cdot T \cdot c}} - 1 \right) \quad (1.5)$$

$$I_{sh} = \frac{V_{pv} + R_s I_{pv}}{R_s} \quad (1.6)$$

$$I_{pv} = I_{ph} - I_0 \left(e^{\frac{q(V_{pv} + R_s I)}{A \cdot K \cdot T \cdot c}} - 1 \right) - \frac{V_{pv} + R_s I_{pv}}{R_{sh}} \quad (1.7)$$

Où I_{pv} est le courant fourni par le module PV, $I_{ph} = I_{cc} \left(\frac{G}{1000} \right)$ est le photo-courant dépendant de l'éclairement (G), K est la constante de Boltzmann ($1,381 \cdot 10^{-23}$ joule/Kelvin), q est la charge d'électron= $1,602 \cdot 10^{-19}$ C, T est la température du module PV en kelvin et A est le facteur d'idéalité de la jonction ($1 < A < 2$).

6. Paramètres électriques du module photovoltaïque

Les différents paramètres caractérisant un module photovoltaïque sont la tension de circuit ouvert (V_{co}), courant de court-circuit (I_{cc}), puissance maximale P_{max} , facteur de forme FF et rendement.

Ils sont extraits des caractéristiques courant-tension $I(V)$, permettent de comparer différents modules éclairés dans des conditions identiques [8].

6.1. Tension de circuit- ouvert (V_{co})

Si on place un module sous une source lumineuse constante sans aucune circulation de courant, on obtient à ses bornes une tension maximale continue, dite tension à circuit ouvert V_{co} [9].

$$V_C = N_s 0.6V \quad (1.8)$$

Où 0.6V est la tension pour une cellule PV élémentaire et N_s est le nombre de cellules. On l'obtient en branchant directement un voltmètre aux bornes du module PV.

6.2. Courant de court-circuit (I_{cc})

Lorsqu'on place le module PV en court-circuit, il débite son courant maximal à tension nulle. On dit courant de court-circuit I_{cc} . On obtient sa valeur en branchant un ampèremètre aux bornes du module. Dans les modules PV au silicium, le courant I_{cc} est de l'ordre de 12mA/cm² [10].

6.3. Puissance maximale (P_{max})

La puissance fournie au circuit extérieur par un module photovoltaïque sous éclairage dépend de la résistance de charge (résistance externe placée aux bornes du module). Cette puissance est maximale (notée P_{max}) pour un point de fonctionnement P_{max} (I_{opt} , V_{opt}) de la courbe Courant-Tension [9].

$$P_{max} = I_{opt} V_{opt} \quad (1.9)$$

6.4. Facteur de forme (FF)

On appelle facteur de forme (FF) le rapport entre la puissance maximale fournie par le module PV $P_{max}(I_{opt}, V_{opt})$, et le produit du courant de court-circuit I_{cc} par la tension de circuit ouvert V_{co} (c'est à dire la puissance maximale d'un module idéal).

$$FF = \frac{I_{opt} V_{opt}}{I_{cc} V_{co}} = \frac{P_{max}}{I_{cc} V_{co}} \quad (1.10)$$

Le facteur de forme indique la qualité du module, plus il s'approche de l'unité plus le module est performant, Il est de l'ordre de 0.7 pour les modules performants, et diminue avec la température [9].

6.5. Rendement (η)

Le rendement énergétique d'un module PV est le rapport entre la puissance électrique maximale fournie par le module $P_{max}(I_{opt}, V_{opt})$ et la puissance solaire incidente. Il est donné par [8] :

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{inc}} = \frac{I_{opt} V_{opt}}{P_{inc}} \quad (1.11)$$

Avec P_{inc} est égale au produit de l'éclairement et de la surface totale du module Pv. Ce paramètre reflète la qualité de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique.

7. Regroupement des cellules

7.1. Regroupement des cellules en série

Une association de (N_s) cellules en série permet d'augmenter la tension du générateur photovoltaïque (GPV). Les cellules sont alors traversée par le même courant et la caractéristique résultante de groupement série est obtenue par addition des tensions élémentaire de chaque cellule, un tel regroupement est représenté par la figure (I-8). L'équation (1.12) résume les caractéristique électriques d'une association série de (N_s) cellules [11].

$$V_{coNs} = N_s * I_{co} ; I_{cc} = I_{ccNs} \quad (1.12)$$

V_{coNs} : La somme de la tension en circuit ouvert de N_s cellules en série.

I_{ccNs} : Courant de court-circuit de N_s cellule en série.

Ce système d'association est généralement le plus communément utilisé pour les modules photovoltaïques du commerce.

Comme la surface de cellules devient de plus en plus importante, le courant produit par une seule cellule augmente régulièrement au fur et à mesure de l'évolution technologique alors que sa tension reste toujours très faible.

L'association série permet ainsi d'augmenter la tension de l'ensemble et donc d'accroître la puissance de l'ensemble.

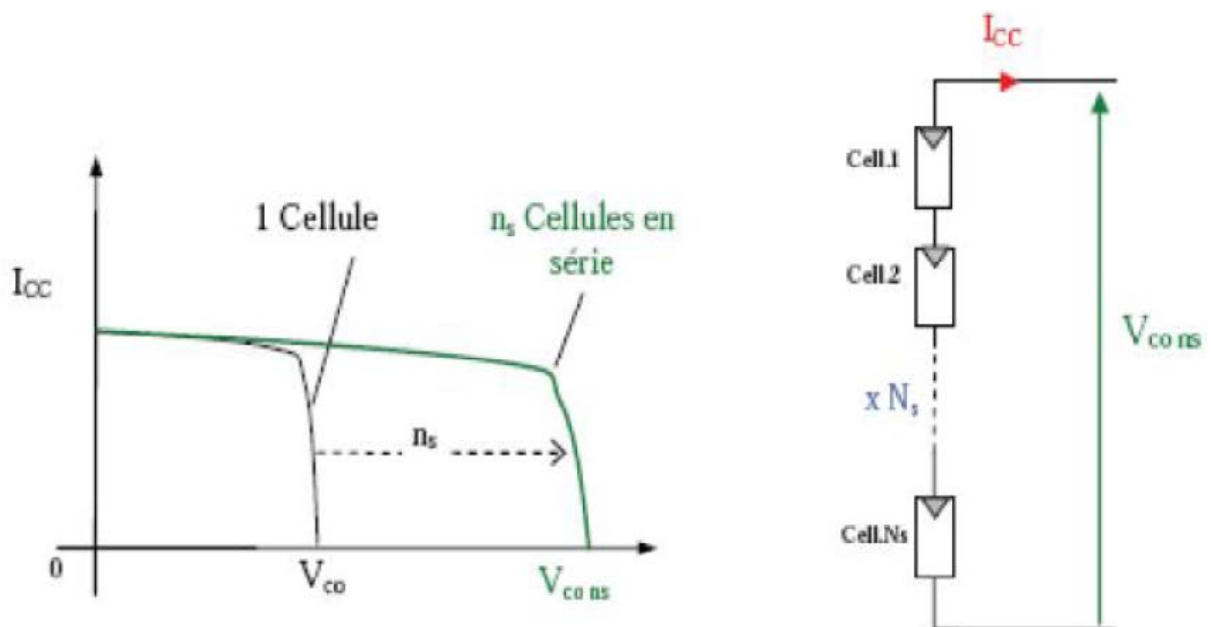


Figure I-8: caractéristiques résultantes d'un groupement de (N_s) cellules en série.

7.2. regroupement des cellules en parallèle

Une association parallèle de (N_p) cellules est possible et permet d'accroître le courant de sortie du générateur ainsi créée. Dans un groupement de cellules identiques connectées en parallèle, les cellules sont soumises à la même tension et le caractéristique résultante du groupement est obtenue par addition des courants.

L'équation (1.13) et la figure (I-9) résument les caractéristiques électrique d'une association parallèle de (N_p) cellules [11].

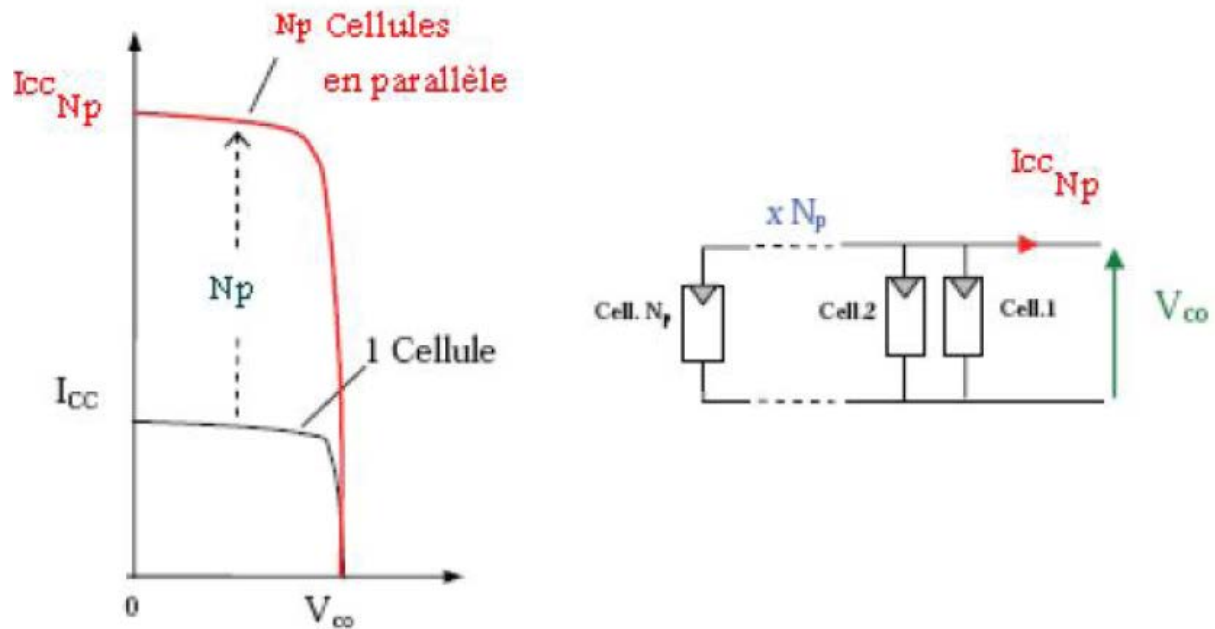


Figure I-9: caractéristiques résultantes d'un groupement de (N_p) cellules en parallèle.

Avec :

$$I_{ccNp} = N_p * I_{cc} ; V_{co} = V_{coNp} \quad (1.13)$$

I_{ccNp} : La somme des courant de court-circuit de (N_p) cellules en parallèle.

V_{coNp} : La tension du circuit ouvert de (N_p) cellules en parallèle.

7.3. Regroupement des cellules (série et parallèle)

On utilise généralement ce type d'association pour en tirer une tension importante puisque l'association en série des photopiles délivre une tension égale à la somme des tensions individuelles et un courant égal à celui d'une seule cellule. La caractéristique d'un groupement de deux modules solaires est représentée ci-dessous, ce qui peut être généralisé sur une gamme de N_s modules solaires en série. Ce genre de groupement augmente le courant. Afin d'obtenir des puissances de quelques kW, sous une tension convenable, il est nécessaire d'associer les modules en panneaux et de monter les panneaux en rangées de panneaux série et parallèle pour former ce que l'on appelle un générateur photovoltaïque.

La figure (I.10) suivante montre la caractéristique résultante obtenue en associant, en série N_s et en parallèle N_p , cellules identiques [11].

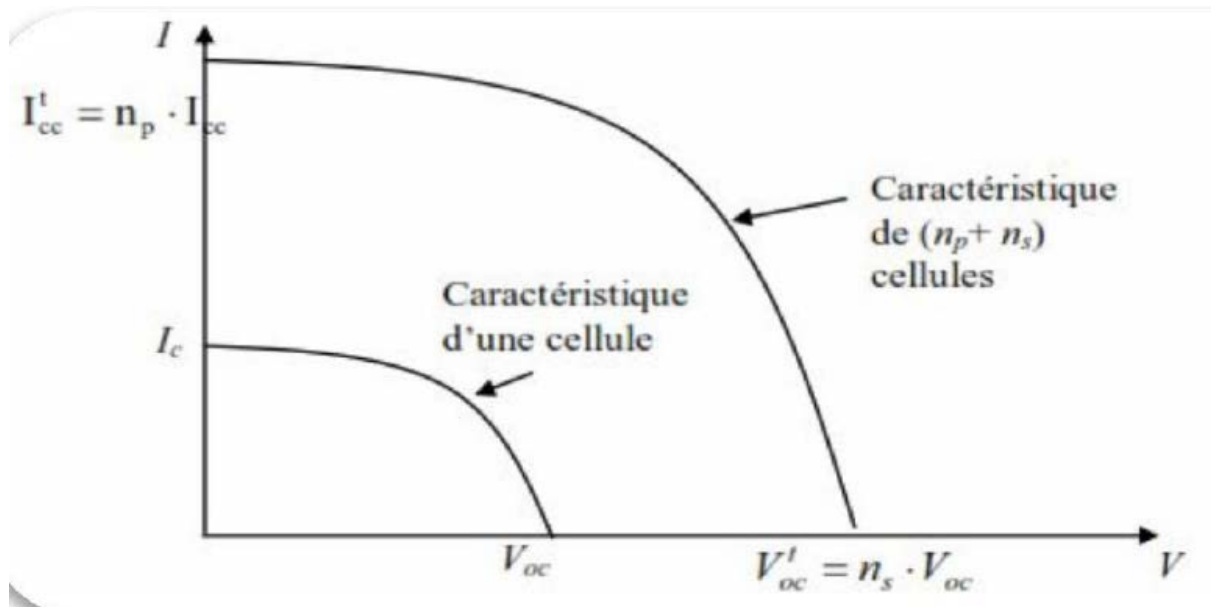


Figure I-10: caractéristiques résultantes d'un groupement de (N_s) cellules en série et (N_p) cellules en parallèle

Avec

N_s : le nombre des cellules associées en série.

N_p : le nombre des cellules associées en parallèle.

V_{oc}^t $V_{toc} = N_s * V_{oc}$: le nombre des cellules associées en série * tension de circuit ouvert.

$I_{cc}^t = N_p * I_{cc}$: le nombre des cellules associées en parallèle * courant de court circuit.

8. Conclusion

Ce chapitre s'est consacré à présenter le générateur photovoltaïque. Nous avons étudié le générateur photovoltaïque pour différentes puissances générées (cellules, modules et champs). Ensuite, nous avons la modélisation des modules ainsi ses paramètres électriques.

Chapitre II

Différents éléments d'une installation photovoltaïque

1. Introduction

Les critères de dimensionnement à respecter lors d'une étude des installations photovoltaïques sont sensiblement identiques. Nous nous intéressons dans ce présent chapitre aux différents éléments constituant un système photovoltaïque. La figure suivante nous donne le schéma simplifié d'une installation photovoltaïque :

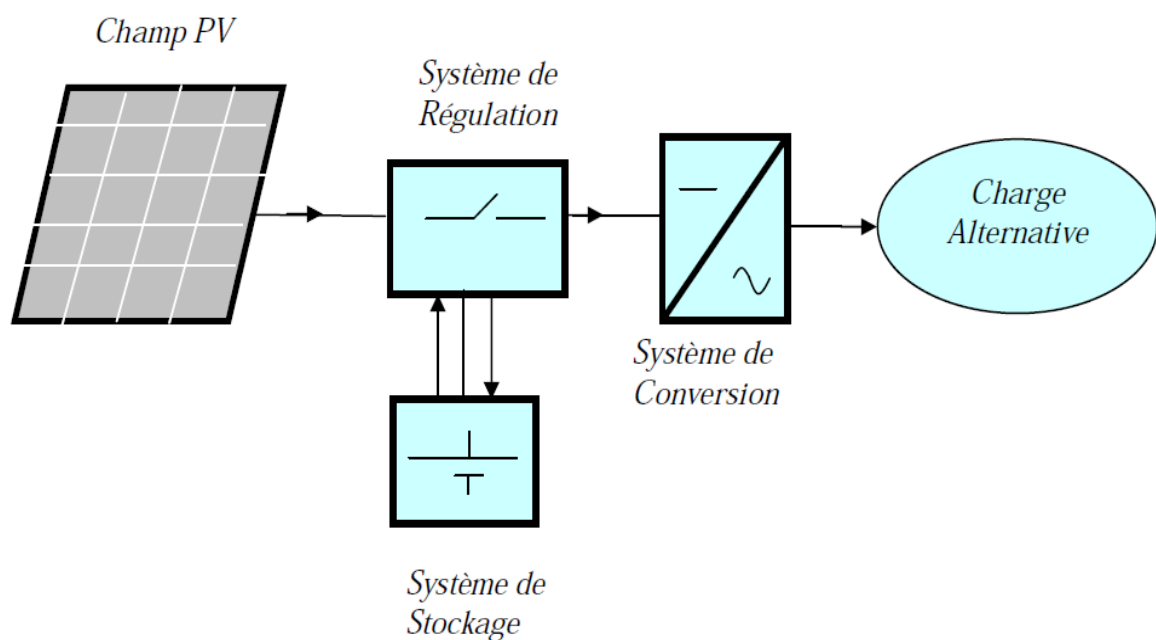


Figure II.1: Schéma simplifié d'un système PV.

2. Module photovoltaïques /générateur photovoltaïque

Un module photovoltaïque est composé de plusieurs cellules solaire reliées les unes aux autres, d'une protection contre les intempéries sous forme de vitre et de stratifié, d'une protection contre les surtensions sous forme d'une ou plusieurs diodes by-bas et d'un dispositif de branchement. La plupart des modules disposent également d'un cadre et d'autre possèdent une vitre en face arrière. Ces modules sont montés sur une armature métallique qui permet de supporter le champ solaire avec un angle d'inclinaison spécifique [12].



Figure II-2: Champ photovoltaïque.

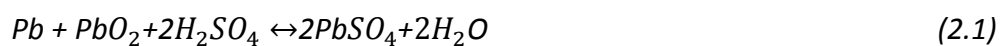
3. Système de stockage

3.1. Les batteries

Les batteries sont des ensembles de cellules électrochimiques (qui convertissent l'énergie chimique en énergie électrique) connectées en série, ces cellules électrochimiques ne sont pas des cellules photovoltaïques, dont le principe de fonctionnement est complètement différent. Les cellules de batteries se composent de deux électrodes(ou plaques) émergées dans une solution d'électrolyte. Lorsqu'un circuit se crée entre les électrodes, un courant circule, provoqué par les réactions chimiques réversibles entre les électrodes et l'électrolyte dans la cellule. Certaines cellules ne peuvent pas être rechargées .ce sont des batteries sèches ou primaires, D'autres Se rechargent indéfiniment, ce sont les batteries secondaires ou batteries d'accumulateurs. Lors de la charge, l'énergie électrique fournie par le générateur électrique est stockée dans les cellules sous forme d'énergie chimique .Lors de la décharge l'énergie chimique emmagasinée est retirée de la batterie et convertie en énergie électrique. Les types de batteries d'accumulateurs rechargeables et plus répandus au monde sont les batteries au plomb (plomb-acide), lithium-ion, nickel-hydrure métallique et au nickel cadmium [13].

- **Equation de la charge et de la décharge de la batterie**

← Charge



Décharge →

3.2. Les types de batteries

3.2.1. Batteries au plomb

Les batteries au plomb sont la réponse la plus simple au problème de stockage de la charge PV. Les sections qui suivent leur sont donc exclusivement consacrées. Les divers types de batteries au plomb se répartissent en deux grandes catégories : les batteries à décharge profonde, d'une part et les batteries à décharge peu profonde d'autre part. On privilégie généralement les batteries à décharge profonde dans les centrales solaires parce que le fait de prélever l'essentiel de l'énergie stockée ne les endommage pas et n'affecte pas leur longévité. Les batteries à décharge peu profonde ou de (de démarrage) destinées à l'automobile, sont conçues pour fournir une puissance importante pendant une durée brève on y prélève une quantité d'énergie trop importante avant de les recharger les plaques risquent d'être détériorées. Utilisées dans les installations photovoltaïques, les batteries à décharge peu profonde doivent être gérées avec le plus grand soin et ne jamais subir une décharge profonde [13].

3.2.2. Batteries nickel-hydrure métallique, cadmium-nickel et lithium-ion

Ce type de batteries sont semblables les unes aux autres et différent aux batteries au plomb courantes en ce sens qu'elles sont scellées, portables, ne demandent aucun entretien et servent à alimenter les petits appareils (on les appelle aussi batteries de poche). Elles fonctionnent par réaction chimique entre une électrode positive et une électrode négative baignant dans un électrolyte. Chaque élément nicad (nickel-cadmium) ou à hydrure métallique a une tension d'environ 1.3V (de 3.3 au 4.0V par élément pour les batteries lithium ion).

En règle générale, le coût de ces trois types de batteries par unité de stockage est plus élevé que celui des batteries au plomb. Pas étonnant, donc, que la plupart des concepteurs de systèmes PV choisissent les batteries au plomb. Cependant ces trois types de batteries présentent aussi des avantages que les concepteurs de systèmes PV de faible puissance ne doivent pas ignorer.

Les batteries au nickel-cadmium et aux hydrures métalliques acceptent une décharge complète sans risque de dommage pour les éléments et peuvent rester plus longtemps faiblement chargées aussi fonctionnent sur des plages de températures plus larges que les

batteries au plomb, leur durée de vie dépasse celle de la plupart des types de batteries au plomb [13].

3.3. Charge et décharge

Le courant de charge est le courant électrique fourni à la batterie et stocké par elle. Comme un réservoir, qui se remplit plus ou moins vite selon le débit du tuyau qui l'alimente, une batterie se charge plus ou moins vite selon le débit du courant qui la charge.

Il va de soi qu'une part de l'énergie est dissipée sous forme de chaleur au cours du processus de charge et de décharge. Selon le type et l'âge de la batterie, les pertes d'énergie se situent entre 10 et 30 % pour les batteries au plomb et elles sont bien plus importantes encore avec de très vieilles batteries. Les courants faibles (3 à 5% de la capacité de la batterie) sont mieux adaptés à la charge des batteries. Le courant de charge de la batterie ne doit pas dépasser 10% de sa capacité nominale. Ainsi, le courant de charge d'une batterie de 70 Ah ne devrait jamais dépasser 7A. Lorsque le courant de charge est fort, électrolyte se transforme rapidement en gaz et les cellules risquent d'être détériorées.

Lorsqu'une charge connectée consomme de l'énergie stockée dans la batterie, celle-ci se décharge. L'intensité du courant de décharge correspond au débit de la batterie. On obtient la quantité d'énergie consommée sur une durée donnée en multipliant l'intensité du courant de décharge par la durée de fonctionnement de la charge [13].

4. Système de régulation

4.1. Le Régulateur de charge

Cet élément sert à augmenter la durée de vie des accumulateurs tout en atteignant les rendements les plus élevés possible, en adaptant de façon optimale l'électricité produite par le générateur photovoltaïque (tension et courant de charge) et destinée à la charge des accumulateurs.

Les régulateurs de charge assurent principalement les tâches suivantes :

- Protection d'accumulateur contre les décharges profondes ; Limitation de la tension de charge terminale (protection contre les surcharges) ; Prévention de la décharge des batteries pendant la nuit dans les résistances internes du générateur photovoltaïque.
- Adaptation du comportement de la charge au type d'accumulateur, (particulièrement important pour les accumulateurs gel).

- Protection contre les inversions de pôles.
- Protection contre les surcharges et le court-circuit.
- Affichage de la fonction de charge instantanée ainsi que du courant et de tension [14].

La figure suivante nous donne les différents paramètres du régulateur de charge :

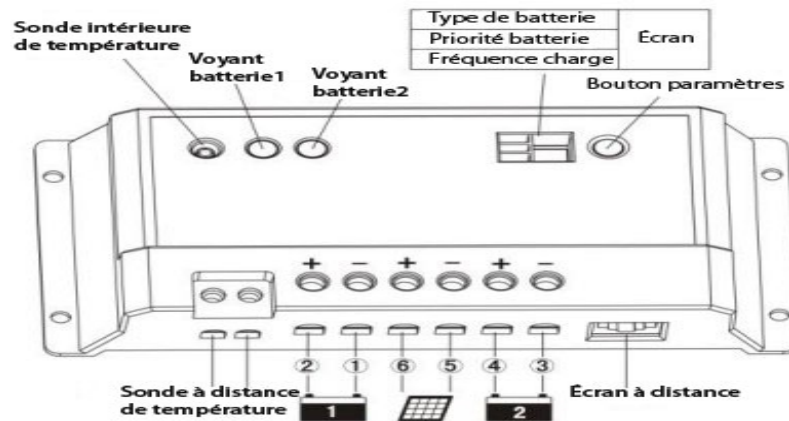


Figure II.3: Paramètres de régulateur de charge.

4.2. Types des régulateurs de charge

4.2.1. Le régulateur série

Le régulateur série utilise des relais ou des commutateurs électroniques en série entre le module et la batterie pour déconnecter le module lorsque la tension de la batterie atteint un niveau prédéterminé. Quand l'état de charge de la batterie baisse après utilisation de la charge, le régulateur reconnecte le chargeur afin qu'il recharge la batterie pendant le cycle solaire suivant. Ce type est le plus simple et le moins cher, mais aussi si le moins courant dans les installations modernes [14].

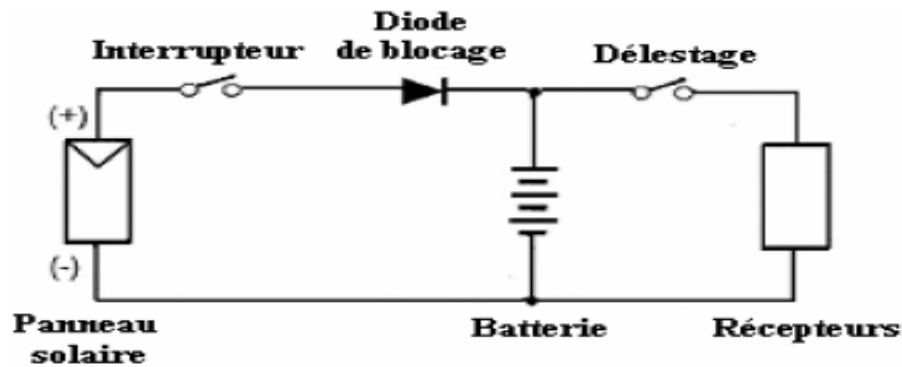


Figure II.4: Schéma électrique de Régulateur série.

4.2.2. Le régulateur shunt

Le régulateur shunt se monte en parallèle entre le panneau solaire photovoltaïque et la batterie réduit progressivement le courant fourni par le panneau à la batterie dès que les critères de fin de charge de la batterie (tension de la batterie ou mieux encore, son état de charge) commencent à être atteints puis dérivent le courant vers une résistance et le renvoient vers le panneau, dont la conception lui permet de bien supporter le court-circuit. Les régulateurs de ce type sont généralement bon marché, de conception simple, et bien adaptés aux installations PV de faible puissance non raccordées au réseau [14].

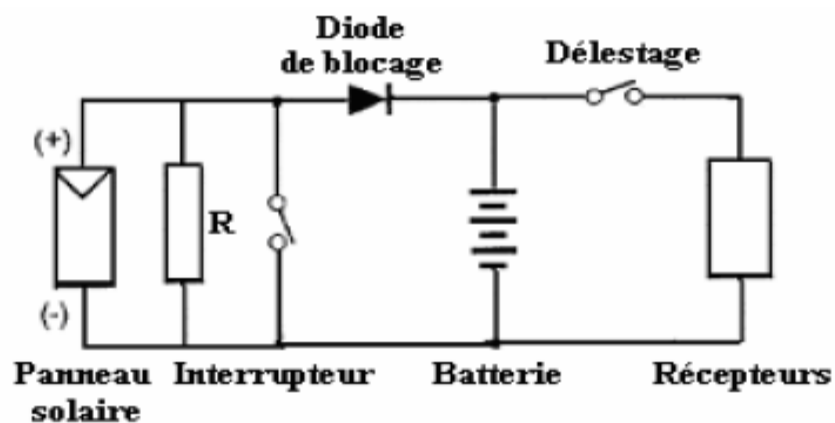


Figure II.5: Schéma de régulateur shunt.

4.2.3. Le régulateur (MLI)

Le régulateur MLI envoie à la batterie des impulsions variables selon l'état de charge. Lorsque l'état de charge est faible, l'impulsion est large (la charge élevée) ou la charge est continue. Lorsque l'état de charge est élevé, le régulateur envoie des impulsions de charge de plus en plus étroites. Lorsque l'état de charge est maximale (mode charge d'entretien) la

batterie reçoit de temps en temps une impulsion étroite. Le régulateur mesure l'état de charge et juste l'impulsion en conséquence. (Les régulateur PVM et MPPT utilisent des fonctions des régulateurs série ou shunt) [14].

4.2.4. Le régulateur MPPT

Le régulateur MPPT utilise une électronique de conversion cc/cc pour suivre le point de puissance maximale de la courbe caractéristique I/V du module ou du panneau solaire photovoltaïque. La tension au point de puissance maximale d'un module est souvent bien plus élevée que la tension de charge de la batterie. Ceci signifie qu'un module de 100 Wc peut charger une batterie à 75Wc à 14V –le point de puissance maximale pouvant être 16V. En maintenant la tension de charge au point de puissance maximale les régulateurs MPPT accroissent de 10 à 35% la quantité d'énergie fournie par le panneau solaire. Etant donné qu'ils peuvent également accepter des tensions plus élevées en provenance du module, ils peuvent être utilisés avec des modules à tension plus élevée et convertir le courant en 12V (la tension nominale de la batterie). On les trouve plutôt dans les installations de forte puissance, ou optimisation de la production des panneaux solaires permet des réductions de couts significatives [14].

4.3. Comparaison de différentes technologies de régulateurs

Les avantages et les désavantages des différentes technologies de régulateurs sont donnés dans le tableau suivant [15]:

Type de régulateur	Méthode de charge	Avantage	Désavantage
Shunt-interrupteur	On/Off	<ul style="list-style-type: none"> Faible résistance de passage entre panneau et batterie. Simple, fiable si bien dimensionné. 	<ul style="list-style-type: none"> Fin de charge difficile à atteindre. Diode de blocage importante. Tension de passage plus élevée. Tension plus élevée sur l'interrupteur en cas de surtension.
Shunt-linéaire	Tension constante	<ul style="list-style-type: none"> Fin de charge optimale. Faible résistance de passage entre panneau et batterie. 	<ul style="list-style-type: none"> Dissipation thermique importante. Diode de blocage importante. Tension de hot spot plus élevée.
Série-interrupteur	On/Off	<ul style="list-style-type: none"> Simple et fiable. Faible résistance de passage entre panneau et batterie. 	Fin de charge difficile à atteindre.
Série-linéaire	Tension constante	<ul style="list-style-type: none"> Fin de charge optimale. Surtension sur l'interrupteur Réduite. 	<ul style="list-style-type: none"> Dissipation thermique importante. Tension de passage plus élevée.
Série-PWM	Tension constante	<ul style="list-style-type: none"> Fin de charge optimale. Dissipation thermique réduite. 	<ul style="list-style-type: none"> Tension de passage plus élevée. Electronique plus complexe. Génère des parasites sur les équipements sensibles proches.
MPPT	Tension constante	Rendement plus élevé à haute température	<ul style="list-style-type: none"> Coût Génère des parasites sur les équipements sensibles proches.

Figure II.6: Comparaison de performances de différents types de régulateurs.

5. Système de conversion

Un convertisseur d'énergie est un équipement que l'on dispose généralement soit entre le champ PV et la charge (sans stockage avec charge en continu, il portera le nom de convertisseur continu), soit entre la batterie et la charge (il sera alors appelé onduleur ou convertisseur continu alternatif).

A l'onduleur est généralement associé un redresseur qui réalise la transformation du courant alternatif en courant continu et dont le rôle sera de charger les batteries et d'alimenter le circuit en continu de l'installation en cas de longue période sans soleil [12].

5.1. Le convertisseur continu -continu

Ce type de convertisseur est destiné à adapter à chaque instant l'impédance apparente de la charge à l'impédance du champ PV correspondant au point de puissance maximal.

Ce système d'adaptation est couramment appelé MPPT (maximum power point tracking). Son rendement se situe entre 90 et 95%, il a deux inconvénients pour une installation PV de faible puissance :

- Prix élevé.
- Le gain énergétique annuel par rapport à un système moins complexe (cas d'une régulation de la tension) n'est pas important [12].

5.2. Le convertisseur continu- alternatif

C'est un dispositif destiné à convertir le courant continu en courant alternatif. La formation de l'ordre de sortie peut être assurée par deux dispositifs :

➤ **Rotatif** : c'est un moteur à courant continu couplé à un alternateur, son rendement varie de 50% à 60% pour 1kW jusqu'à atteindre 90% pour 50kW.

Ses avantages sont : simplicité, onde sinusoïdale, bonne fiabilité.

Ses inconvénients sont : cherté, faible rendement (surtout pour les faibles puissances).

➤ **Statique** : on le désigne sous le nom d'onduleur. C'est un dispositif utilisant des transistors de puissance ou des thyristors. L'onde de sortie présente, dans le plus simple des cas, une forme carrée qui peut s'adapter à quelques types de charges, des pertes à vide considérables surtout pour des faibles puissances. Les onduleurs peuvent être améliorés à l'aide d'un filtrage ou par utilisation des systèmes en PWM (pulse width modulation) qui

permettent grâce à la modulation de la longueur des impulsions d'obtenir une onde de sortie sinusoïdale. Avec ce système, on obtient [12]:

- a. Un rendement élevé sur une plage du taux de charge.
- b. De faibles pertes à vide.

6. La charge

La charge est l'équipement électrique alimenté par le système peut être de type continu comme des équipements de télécommunications, le pompage d'eau, ou de type alternatif dans les cas d'usage domestique (maison solaire), ce cas nécessite un onduleur [12].

7. Installation des panneaux

Pour installer les panneaux solaires dans un site, il est nécessaire de vérifier les conditions suivantes [12]:

7.1. Disposition des panneaux

Avant d'installer les panneaux d'une installation photovoltaïque il faut tout d'abord localiser le site d'emplacement, une fois on a fait la localisation on peut faire l'orientation

a. Les coordonnées géographiques

Ce sont les coordonnées angulaires qui permettent de repère un point sur la terre.

➤ La longitude(L)

C'est l'éloignement par rapport au méridien de Greenwich, mesurée en degré. Elle est comptée positivement vers l'Est et négativement vers l'Ouest, à partir du méridien Greenwich.

➤ La latitude (\emptyset)

C'est l'éloignement d'un point sur la surface de la terre par rapport à l'équateur, mesuré en degré (mesurée à partir du centre de la terre), permettent de repérer la distance angulaire d'un point quelconque à l'équateur.

Elle varie de 0° à 90° dans hémisphère nord et de 0° à 90° dans l'hémisphère sud.

➤ L'altitude(Z)

C'est l'altitude d'un point correspondant à la distance verticale entre ce point et une surface de référence théorique (le niveau de la mer =0), elle est exprimée mètre.

b. L'orientation des panneaux

L'installation des modules peut se faire sur un toit si son orientation et son inclinaison sont bonnes ou à même le sol pour peu que l'endroit soit bien dégagé, aéré (10 cm d'espace sous les modules est vivement conseillé) et protégé. On les place habituellement avec la pente vers l'équateur (vers le sud dans l'hémisphère nord). L'inclinaison des panneaux n'est pas critique. On la prend en général égale à la latitude, avec une tolérance de 15°. La hauteur maximale du soleil variant au cours de l'année, on choisira une inclinaison supérieure ou inférieure à la latitude suivant que les besoins sont les plus importants lorsque la course du soleil est basse (éclairage, besoins importants en hiver dans l'hémisphère nord) ou haute (irrigation...).

Toutefois, l'inclinaison des modules devrait rester supérieure à 10° pour assurer l'auto nettoyage lors des pluies [16].

Les structures doivent être solides, fixées au sol, pour résister à des vents d'au moins de 150 Km/h. De plus, elles doivent être fiables dans le temps, elles doivent utiliser un matériau de bonne fiabilité (autre l'aluminium anodisé, la visserie inox et la visserie inoxydable) [12].

c. Fixation des panneaux :

La fixation des panneaux doit assurer correctement les fonctions suivantes [12]:

- Maintient de l'orientation.
- Résistance contre le vent et les autres intempéries.
- Résistance contre les agressions mécaniques.
- Protection contre les salissures, et agressions venant du sol.
- ventilation des panneaux afin de limiter leur échauffement.

8. Installions les éléments de la batterie

L'utilisation de la batterie peut présenter des dangers :

Risque d'explosion, dégagement de gaz toxiques (brouillard d'acide sulfurique).

En outre, leur durée de vie et le bon fonctionnement de toute l'installation dépend aussi bien des conditions d'installation que d'exploitation. Compte tenu de cela, l'installation de ces éléments doit être effectuée avec un grand soin.

Ils doivent être installés dans un local approprié à l'abri des intempéries, surtout quand le produit de la capacité par la tension de décharge est supérieur à 1000 V. Ce local doit satisfaire à certaines exigences, qui sont les suivantes [12]:

- D'être bien ventilé pour garantir la circulation des gaz.
- D'être à une température proche de 25°C, pour assurer le bon fonctionnement des éléments.

9. Les dispositifs de sécurité

Des dispositifs de sectionnement et de sécurité doivent, comme dans toute installation électrique, être placés aux endroits adéquats, afin de pouvoir interrompre le circuit, manuellement ou automatiquement (à la suite d'un défaut). L'interruption manuelle peut être motivée par le besoin d'isoler une partie du circuit (maintenance, contrôle, mise hors circuit des consommateurs...). L'interruption automatique doit impérativement se produire en cas de défaut, et notamment de court-circuit.

La sécurité recherchée du côté CC ne concerne pas le risque d'électrisation ou d'électrocution (les tensions sont inférieures à 50V), mais surtout le risque d'incendie. En effet, sans protection, en cas de court-circuit, le courant généré par les batteries (ou même les panneaux solaires) ne sera pas coupé, et provoquera tout à la fois des arcs électriques pouvant produire un incendie, et, par échauffement, la fonte et l'embrassement des composants inflammables. Par ailleurs, la nature même du courant continu interdit l'utilisation de dispositifs de protection conçus pour le courant alternatif, du fait de l'effet d'arc, bien souvent non interrompu dans les dispositifs de coupure prévus pour le courant alternatif [17].

9.1. La mise à la terre

La mise à la terre et la protection de l'installation CC contre les surtensions transitoires dues à la foudre est vivement recommandée. En effet, les panneaux solaires ou les éoliennes sont en grande partie métalliques et le plus souvent placés en hauteur, et par conséquent sont exposés aux phénomènes électro-atmosphériques. Les surtensions transitoires dues à la foudre peuvent endommager ou détruire tout ou partie de vos appareils, et peuvent être évacuées vers la terre au moyen d'un parafoudre CC, car les parafoudres ne protègent pas de la foudre, ce qui est le travail des paratonnerres, mais seulement des surtensions transitoires dues à la foudre) correctement relié à la terre. Les éventuels courants de fuite, de défaut, ou électrostatiques doivent aussi être évacués vers la terre.

La mise à la terre des structures métalliques (cadre des panneaux solaires, structures métalliques de fixation, mât de l'éolienne, carcasses métalliques du régulateur et du

convertisseur...) est réalisée au moyen d'un câble en cuivre souple de section 10mm² ou plus, la mise à la terre du parafoudre en 16mm². L'équi-potentialisation des conducteurs de terre est réalisée au moyen d'une barrette de terre, le contact avec la terre avec un piquet de terre en cuivre de 1,5m minimum descendu intégralement dans le sol [17].

La mise à la terre d'une installation photovoltaïque ou éolienne en site isolé devrait être obligatoire. Malheureusement, on constate bien souvent que les installateurs ou les usagers négligent ce point essentiel, mettant ainsi en péril, non seulement la pérennité de leur installation, mais aussi leur vie !

La mise à la terre adéquate d'une installation photovoltaïque ou éolienne en site isolé remplit 3 fonctions :

- La protection des appareils contre les surtensions dues à la foudre
- La protection des personnes contre les décharges statiques ou d'éventuels courants de fuite ou de défaut
- La protection des personnes contre les défauts d'isolation des appareils connectés côté CA.

9.1.1. Protection contre les surtensions dues à la foudre

Les panneaux solaires, généralement placés en hauteur, ainsi que leur structure métallique de fixation, mais aussi les éoliennes, sont susceptibles de se comporter comme des récepteurs vis-à-vis des charges électrostatiques au cours des orages. Il s'ensuit la production dans le câblage de courants induits pouvant atteindre des tensions bien supérieures aux tensions supportables par l'électronique des appareils (régulateur, convertisseur, moniteurs, etc...) et même par les batteries !

La protection de l'ensemble de l'installation s'effectue à l'aide d'un parafoudre, dont la tension nominale de service doit être, en principe sensiblement du double de la tension du système. Nos boîtiers de mise en parallèle pour installations à plusieurs modules photovoltaïques en sont pourvus. Pour les installations à un seul module, ou une seule branche de modules en série, ou encore celles où la mise en parallèle des modules n'a pas été effectuée au moyen d'un boîtier de mise en parallèle (ce qui n'est pas conseillé), il est vivement conseillé d'installer un parafoudre dans le coffret CC.

L'évacuation des courants induits par la foudre s'effectue au moyen d'un conducteur de terre 10mm² ou 16mm², d'un répartiteur de terre (barrette d'équi-potentialisation), et d'un piquet de terre [17].

9.1.2. Protection contre les courants de fuite et décharges statiques

En principe, toutes les masses métalliques (cadres des modules photovoltaïques, structures, mât, carcasses métalliques des appareils...) doivent être interconnectées (équipotentialisées) et reliées à la terre. Ceci s'effectue au moyen de conducteurs de terre 10mm² V/J, raccordés au répartiteur, puis au piquet de terre [17].

9.1.3. Protection contre les défauts d'isolation côté CA

Les appareils alimentés en CA par le convertisseur sont susceptibles de présenter des défauts d'isolation dangereux pour les utilisateurs (risque d'électrocution). Ces appareils sont en général munis d'une prise mâle « 2+T », qui comporte donc une fiche de terre destinée à évacuer les défauts d'isolation vers la terre. Il ya donc lieu, lors de la réalisation du circuit électrique domestique, de prévoir des prises murales femelles 2+T adéquates, afin de pouvoir ramener ces défauts à la terre par la barrette d'équipotentialisation et le piquet de terre [17].

9.2. Les interrupteurs-disjoncteurs CC

Ces appareils doivent être en mesure d'assurer, sur commande manuelle ou sur défaut (masse, court-circuit), le sectionnement complet du circuit électrique côté courant continu en charge (c'est-à-dire sous tension), ce qui signifie qu'ils doivent être capables de supprimer totalement l'arc électrique produit à l'ouverture (ce qui peut ne pas être le cas des interrupteurs-disjoncteurs à courant alternatif pourtant encore couramment utilisés dans les installations solaires en site isolé) [17].

9.2.1. Position et calibrage

L'interrupteur-disjoncteur CC du champ solaire : il se place à l'entrée « solaire » du régulateur. Il doit être calibré à une valeur légèrement supérieure à l'intensité de court-circuit du panneau ou du champ solaire. Il n'a pas de fonction de sécurité, puisqu'il ne réagira pas à

la mise en court-circuit des panneaux, mais par contre est très utile pour couper l'alimentation solaire lors des contrôles ou de la maintenance.

L'interrupteur-disjoncteur CC du régulateur : il se place à la sortie « batterie » du régulateur, et protège celui-ci contre le courant de la batterie en cas de défaut. Il doit être calibré à la même valeur que l'intensité maximale à la sortie « consommateur », mais peut, s'il n'y a pas de consommateur connecté à cette sortie, être calibré à la même valeur que l'interrupteur-disjoncteur d'entrée du régulateur.

L'interrupteur-disjoncteur CC des consommateurs : se place à la sortie « consommateurs » du régulateur et permet d'isoler le circuit consommateur en cas de défaut, d'intervention ou de maintenance, sans couper en même temps la charge solaire de la batterie [17].

9.3. Le fusible CC

Celui-ci est destiné à protéger l'entrée CC du convertisseur. Bien souvent, ces derniers possèdent déjà un fusible interne, mais peu accessible, et comme il n'est pas recommandé d'ouvrir ces appareils en cas de défaut, il vaut mieux placer un fusible externe à l'entrée CC [17]. Il doit être calibré à la valeur maximum du courant d'entrée, exprimé en Ampère (A) du convertisseur, soit $I(A) = P(W) / U(V)$

10. Conclusion

Dans ce chapitre on a donné un aperçu sur la constitution d'un système photovoltaïque autonome, ainsi que les principes de fonctionnement de chaque élément de ce système. Ce qui permet d'introduire au dimensionnement et l'analyse de notre système, ce qui on va voir dans le dernier chapitre.

Chapitre III

Etude et dimensionnement d'un système photovoltaïque

1. Introduction

Dans le présent chapitre nous avons présenté les différentes étapes de la conception d'installations solaires photovoltaïques non raccordées au réseau. Il faut absolument avant d'acheter et d'installer les équipements photovoltaïques, faire un plan de l'installation. Sinon, les équipements risquent d'être inadaptés, moins efficaces, et plus coûteux qu'escompté. Les cinq estimations proposées permettent de concevoir des installations solaires. Elles ne proposent pas de recettes à appliquer mécaniquement mais des guides conçus comme des aides à la compréhension du processus de planification et de conception. En prenant comme cas la Faculté Génie Electrique de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Considérons que cette installation n'assure que l'éclairage.

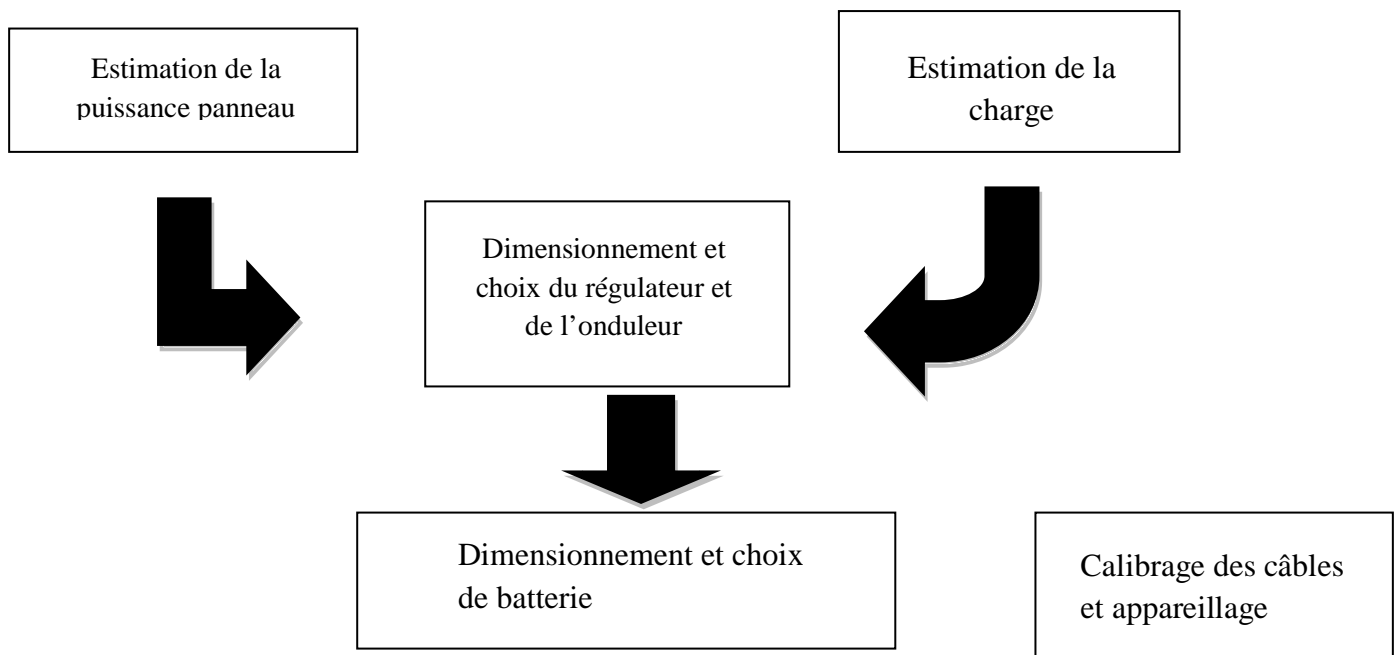


Figure III-1: Processus de dimensionnement d'une installation solaire non raccordée au réseau

2. Présentation du site

Le site d'implantation du système photovoltaïque se situe dans la Wilaya de Tizi-Ouzou et précisément au lieu dit Hasnaoua II (bâtiment de la faculté de génie électrique et informatique).

La ville de Tizi-Ouzou est située à 100 Km d'Alger, ces deux villes sont à différence d'altitude de 1°, les caractéristiques climatiques sont pratiquement les mêmes, alors on peut

supposer que les valeurs d'irradiation solaire pour la région d'Alger seront valables pour notre site.

2.1. Localisation du site

Wilaya : Tizi-Ouzou

Site : Hasnaoua II

Lieu : Faculté de génie électrique et informatique

Latitude : 36° 42 Nord

Longitude : 4° 03Est

Altitude : 140 mètres

Température ambiante min : +5°

Température ambiante max : +40°



Figure III-2: vue du bâtiment de la faculté de génie électrique et informatique.

3. Bilan énergétique de la FGEI

Nous avons évalué la consommation de l'éclairage de toute la faculté de génie électrique et informatique et on les a répartis par étage. Sachant que cette installation est faite à base de néons fluorescents de 36W et 18W. Le calcul de leurs puissances instantanées, ainsi que leurs consommations en énergie moyenne journalière, sont alors illustrées dans les tableaux suivants :

Bloc (RDC)	Gauche	Milieu	Droite	Nombre	Nombre de néons 120cm	Nombre de néons 60cm	Lampes	puissance (W)	puissance totale (W)	Nombre d'heurs /jour	Energie (Wh/j)	Energie (Wh/j/bloc)
A	Salle			1	42			36	1512	9	13608	60264
		Couloir		1	8				288		2592	
			Salle	2	48				1728		15552	
	Hall			1		68		18	1224		11016	
			Cafeteria	2		108			1944		17496	
B	Salle			4	72			36	2592	9	23328	92232
		Couloir		1	12				432		3888	
			Salle	4	72				2592		23328	
			Amphi A	1	82				2952		26568	
			Sanitaire	2			8	75	600		5400	
	Hall			1		60		18	1080		9720	
		Salle		3	72			36	2592		9	
	Couloir		1	12			432		3888			
		Salle	3	72			2592		23328			
		Amphi B	1	82			2952		26568			
		Sanitaire	2			8	75	600	5400			
Hall			1		60		18	1080	9720			
E	Laboratoire			3	108			36	3888	9		34992
	Salle			1	36				1296		11664	
		Couloir		1	24				864		7776	
			Salle	3	60				2160		19440	
			Laboratoire	1	36				1296		11664	
			Amphi C+D	2	80			2880	25920			
			Hall	1		80		18	1440		12960	
I	Laboratoire			2	72			36	2592	9	23328	92232
		Couloir		1	12				432		3888	
			Laboratoire	2	72				2592		23328	
			Amphi E	1	82				2952		26568	
			Sanitaire	2			8	75	600		5400	
	Hall			1		60		18	1080		9720	
		Salle		4	72			36	2592		9	
	Couloir		1	12			432		3888			
		Laboratoire	2	72			2592		23328			
		Amphi F	1	82			2952		26568			
		Sanitaire	2			8	75		600	5400		
Hall			1		60		18	1080	9720			
C'	Laboratoire			1	42			36	1512	9		13608
		Couloir		1	12				432		3888	
			Laboratoire	1	48				1728		15552	
	Hall			1		88		18	1584		14256	
CNAS	Bureau			5		68		18	1224	9	11016	16848
			Hall	1		36			648		5832	
Total					1496	688	32		68640	9	617760	617760

Tableau III-1: Consommation du rez-de-chaussée.

Bloc (1er étage)	Gauche	Milieu	Droite	Nombre	Nombre de néons 120cm	Nombre de néons 60cm	Lampes	Puissance (w)	Puissance totale (w)	Nombre d'heurs/jour	Energie (Wh/j)	Energie (Wh/j/bloc)
A	Salle			1	48			36	1728	9	15552	73872
	Bureau			1	12				432		3888	
		Couloir		2	20				720		6480	
	HALL			1		48		18	864		7776	
	Bureau			11	124			36	4464		40176	
B	Laboratoire			2	72			36	2592	9	23328	64368
		Couloir		1	12				432		3888	
			Laboratoire	2	72				2592		23328	
	HALL			1		52		18	936		8424	
			Sanitaire	2			8	75	600		5400	
C	Laboratoire			2	72			36	2592	9	23328	64368
		Couloir		1	12				432		3888	
			Laboratoire	2	72				2592		23328	
	HALL			1		52		18	936		8424	
			Sanitaire	2			8	75	600		5400	
E	Salle			1	36			36	1296	9	11664	68256
	Laboratoire			1	36				1296		11664	
		Couloir		1	24				864		7776	
			Laboratoire	3	72				2592		23328	
	HALL			1		52		18	936		8424	
I			Sanitaire	2			8	75	600	5400		
	Laboratoire			2	72			36	2592	9	23328	64368
		Couloir		1	12				432		3888	
			Laboratoire	2	72				2592		23328	
	HALL			1		52		18	936		8424	
		Sanitaire	2			8	75	600	5400			
F'	Laboratoire			2	72			36	2592	9	23328	64368
		Couloir		1	12				432		3888	
			Laboratoire	2	72				2592		23328	
	HALL			1		52		18	936		8424	
			Sanitaire	2			8	75	600		5400	
C'	Laboratoire			3	48			36	1728	9	15552	45360
		Couloir		1	12				432		3888	
			Laboratoire	2	60				2160		19440	
	HALL			1		40		18	720		6480	
Département ETH	Bureau			8	82			36	2952	9	26568	29808
		Couloir		1	10				360		3240	
Total					1208	348	40		52752	9	474768	474768

Tableau III-2: présentation de la consommation du 1^{er} étage.

Bloc (2 ^{eme} étage)	Gauche	Milieu	Droite	Nombre	Nombre de néons 120cm	nombre de néons 60cm	Lampes	Puissance (w)	Puissance totale (w)	Nombre d'heures/jour	Energie (Wh/j)	Energie (Wh/j/bloc)
A	Salle			1	48			36	1728	9	15552	86832
	Bureau			10	106				3816		34344	
		Couloir		2	20				720		6480	
			Bureau	6	72				2592		23328	
	Hall			1		44			18		792	
B	Laboratoire			2	72			36	2592	9	23328	64368
		Couloir		1	12				432		3888	
			Salle	1	36				1296		11664	
			Laboratoire	1	36				1296		11664	
	Hall			1		52		18	936		8424	
			Sanitaire	2			8	75	600		5400	
				2	72				2592		23328	
C		Couloir		1	12			36	432	9	3888	64368
			Laboratoire	2	72				2592		23328	
	Hall			1		52			18		936	
			Sanitaire	2			8	75	600		5400	
				2	72				2592		23328	
E	Salle			1	24			36	864	9	7776	114912
	Laboratoire			4	120				4320		38880	
		Couloir		1	24				864		7776	
			Salle	2	48				1728		15552	
			Laboratoire	3	96				3456		31104	
	Hall			1		52		18	936		8424	
			Sanitaire	2			8	75	600		5400	
				2	72				2592		23328	
I		Couloir		1	12			36	432	9	3888	64368
			Salle	3	72				2592		23328	
	Hall			1		52			18		936	
			Sanitaire	2			8	75	600		5400	
		Bureau		4	72				2592		23328	
F'		Couloir		1	12			36	432	9	3888	64368
			Bureau	4	72				2592		23328	
	Hall			1		52			18		936	
			Sanitaire	2			8	75	600		5400	
				2	60				2160		19440	
C'	Laboratoire			2	60			36	432	9	3888	45360
		Couloir		1	12				1728		15552	
			Laboratoire	3	48				720		6480	
	Hall			1		40		18	720		6480	
Département AUT	Bureau			8	82			36	2952	9	26568	29808
		Couloir		1	10				360		3240	
Total					1394	344	40		59376	9	534384	534384

Tableau III-3: présentation de la consommation du 2^{eme} étage.

Bloc (3 ^{eme} étage)	Gauche	Milieu	Droite	Nombre	Nombre de néons 120cm	nombre de néons 60cm	Lampes	Puissance (w)	Puissance totale (w)	Nombre d'heurs/jour	Energie (Wh/j)	Energie (Wh/j/bloc)
A	Bureau			11	98			36	3528	9	31752	40176
		Couloir		1	10				360		3240	
	Hall			1		32		18	576		5184	
C	Laboratoire			1	36			36	1296	9	11664	39096
		Couloir		1	6				216		1944	
			Laboratoire	1	36				1296		11664	
	Hall			1		52		18	936		8424	
			Sanitaire	2			8	75	600		5400	
E	Laboratoire			3	72			36	2592	9	23328	101088
		Couloir		1	12				432		3888	
			Laboratoire	3	72				2592		23328	
		Salle machine		1	156				5616		50544	
I	Laboratoire			1	36			36	1296	9	11664	39096
		Couloir		1	6				216		1944	
			Laboratoire	1	36				1296		11664	
	Hall			1		52		18	936		8424	
			Salle	2			8	75	600		5400	
Département ELN	Bureau			11	98			36	3528	9	31752	40176
		Couloir		1	10				360		3240	
	Hall			1		32			18		576	
Total					684	168	16		28848	9	259632	259632

Tableau III-4: Présentation de la consommation du 3^{eme} étage.

Le graphe suivant représente les consommations journalières des néons fluorescents des étages de la FGEI :

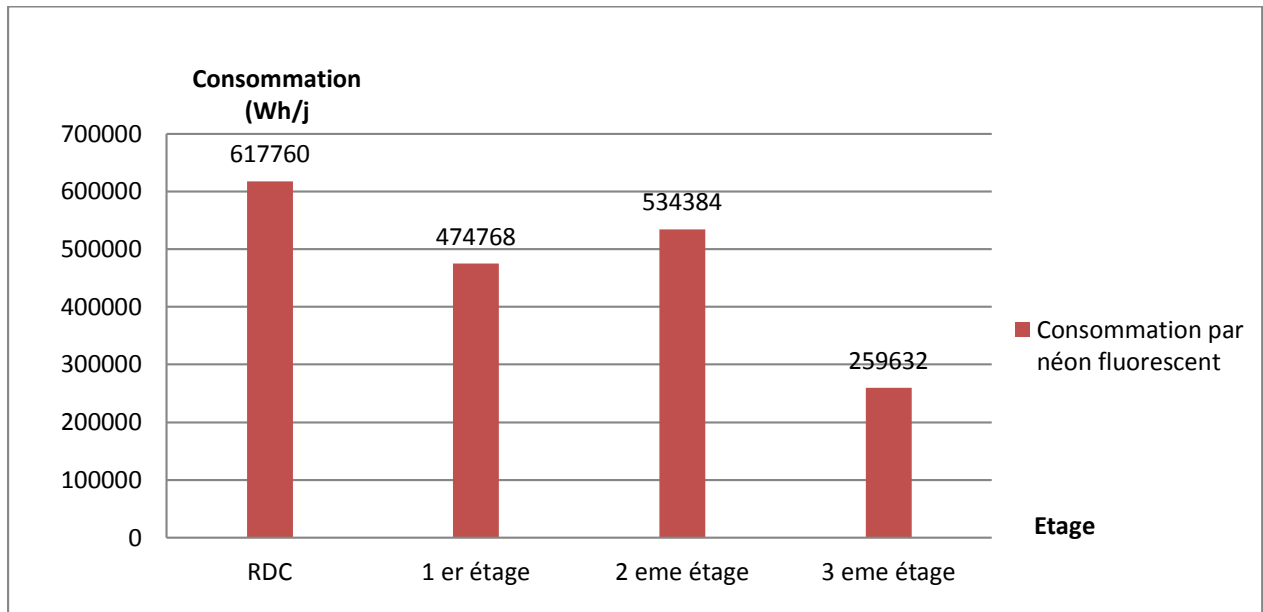


Figure III-3: Histogramme représentant la consommation des étages de la FGEI

4. Optimisation de l'énergie

Face à l'augmentation du coût de l'énergie, on propose les dispositifs permettant de contrôler et réduire la consommation. C'est le cas des néons LED ainsi que les détecteurs de présence, qui évitent le gaspillage et génèrent de substantielles économies.

4.1. Tube LED

La technologie LED évolue de mois en mois qu'auprès des producteurs et installateurs d'éclairage. Si fait que dans un avenir proche, les systèmes LED remplaceront efficacement dans beaucoup de cas rentablement les systèmes d'éclairage à tubes fluorescents [18].

4.1.1. Notions fondamentales de terminologie et de photométrie

Avant de passer en revue les différents moyens permettant d'assurer un éclairage efficace dans les établissements, nous rappelons ci-dessous quelques principes théoriques de base relatifs à la lumière et à l'éclairage [18].

➤ Le flux lumineux

Le flux lumineux (F) est la quantité de lumière rayonnée par une source dans toutes les directions de l'espace. Il s'exprime en lumens (symbole : lm). C'est d'une certaine manière la (puissance lumineuse) qu'une source émet; c'est donc sur cette base que les sources lumineuses peuvent être en partie comparées. Deux sources émettant le même flux lumineux donneront, *a priori*, la même quantité de lumière dans la pièce [18].

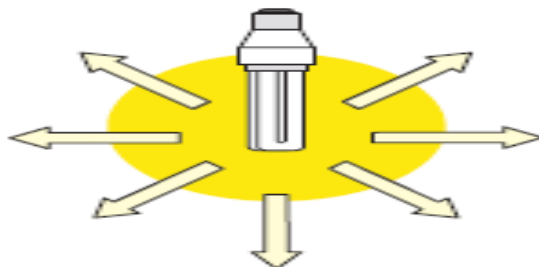


Figure III.4: Flux lumineux d'une source.

➤ L'éclairement

L'éclairement est la quantité de flux lumineux (de lumière) reçue par une surface. Il est exprimé en lux (ou lm/m^2 ; symbole: lx) : $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm}/\text{m}^2$. Les valeurs d'éclairement rencontrées à l'extérieur varient considérablement : de 0,2 lux sous une nuit de pleine lune à 100.000 lux sous un soleil d'été [18].

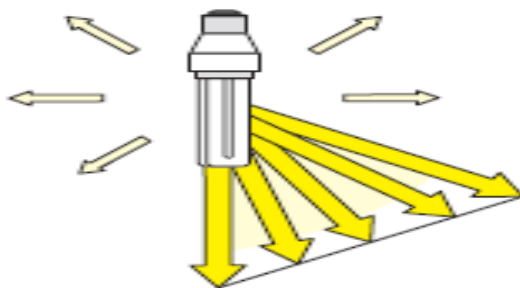


Figure III.5: Eclairement d'une surface.

➤ L'intensité lumineuse

La notion d'intensité lumineuse prend en compte l'aspect directionnel de la lumière. Elle correspond au flux lumineux émis par unité d'angle solide dans une direction donnée et s'exprime en candelas (lumens par stéradian; symbole : cd) [18].

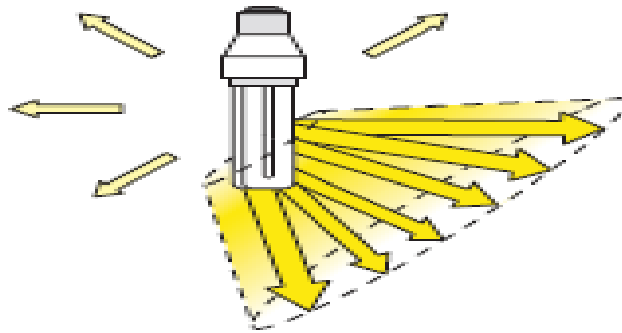


Figure III.6: Intensité lumineuse d'une source.

➤ La luminance

La luminance est la seule grandeur réellement perçue par l'œil humain. Elle est directement liée à l'éclairement rétinien et correspond à la sensation visuelle de luminosité créée par une source ou par une surface éclairée. Elle représente le rapport entre l'intensité de la source dans une direction donnée et la surface apparente de cette source. Elle s'exprime en candelas par mètre carré (symbole : cd/m^2) [18].

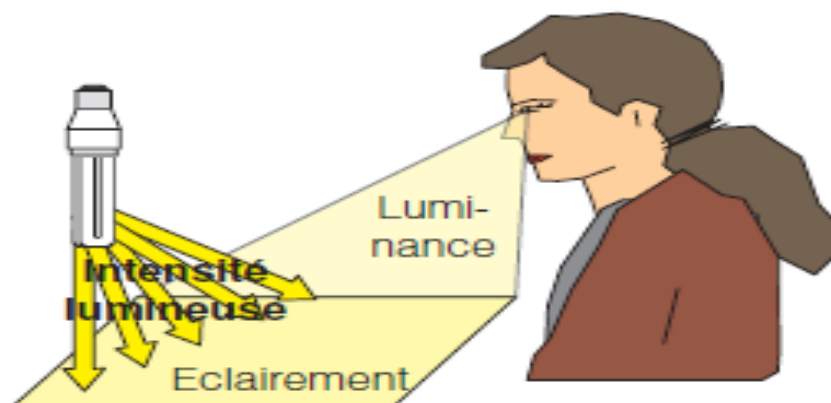


Figure III.7: Luminance d'une surface éclairée par une source.

Le tableau suivant nous donne l'éclairage moyen nécessaire aux différents endroits du département :

Activité ou lieu concerné	Eclairage moyen (LUX)
Zones de circulation (couloirs, halls, escaliers)	100
Salles de conférence et de réunions	500
Salles de lecture et amphithéâtres	
Traitement de données (laboratoire)	
Bureaux	400
Sanitaires	200

Tableau III-5: Présentation des éclairages moyens nécessaires dans différents endroits du département.

Les valeurs de flux lumineux dont dispose le rez-de-chaussée en lumens (lm) sont données par le schéma suivant :

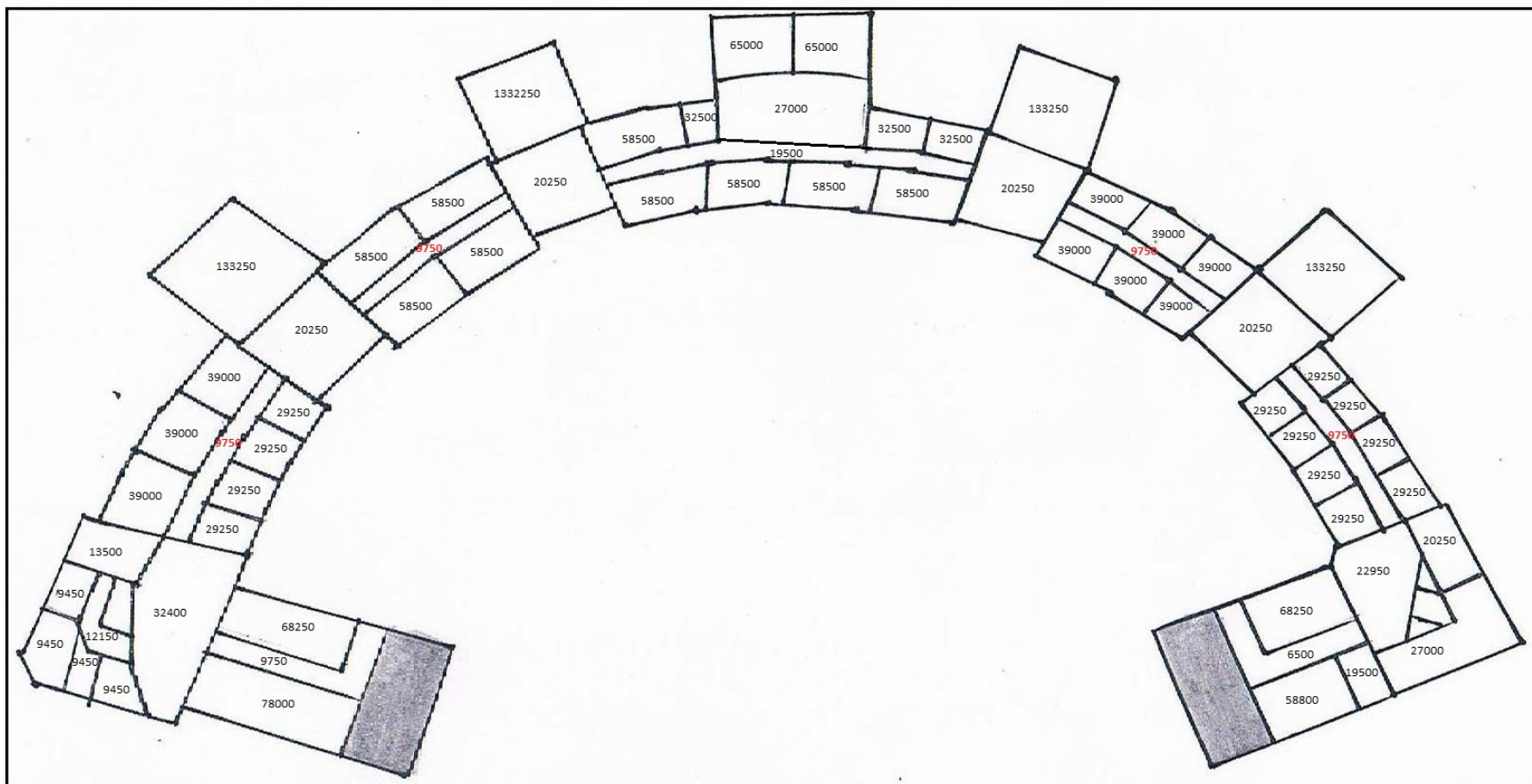


Figure III-8: Les flux lumineux au niveau du RDC.

Les valeurs de la puissance dont dispose le 1^{er} étage en Watt (W) sont données par le schéma suivant :

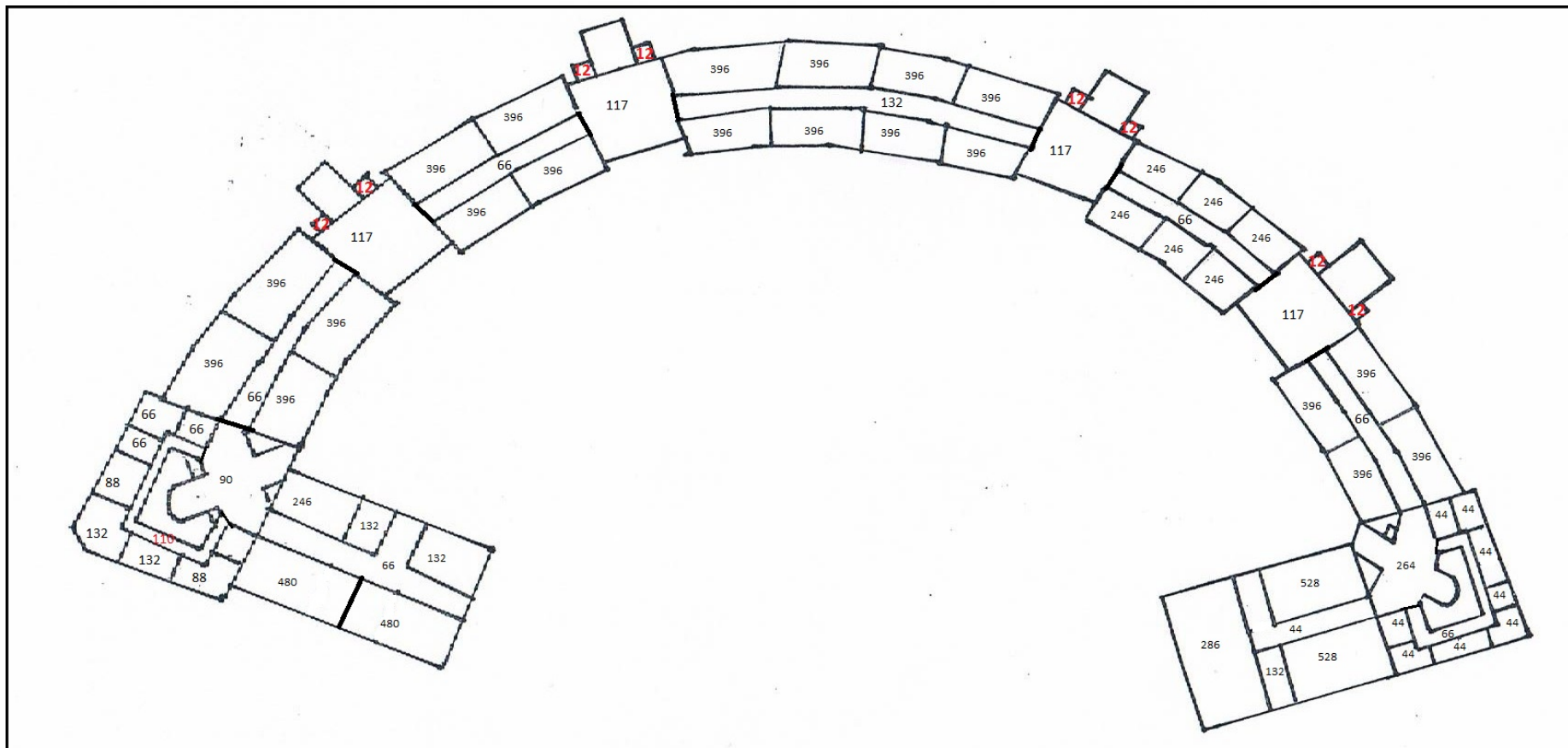


Figure III-9: Présentation des positions des différentes consommations au niveau du 1^{er} étage.

Les valeurs de la surface de chaque espace dont dispose le 2^{ème} étage sont données par le schéma suivant :

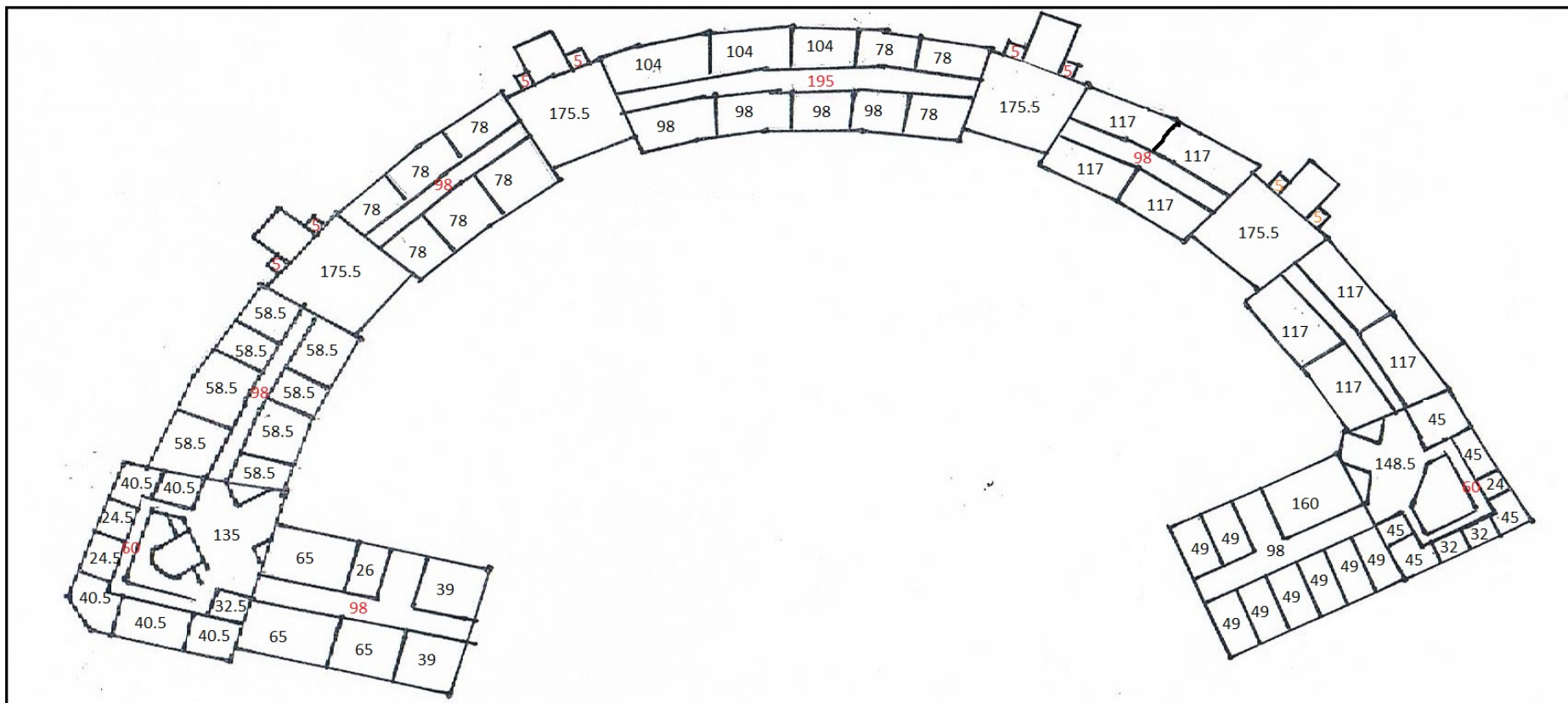


Figure III-10: Présentation des surfaces au niveau du 2^{er} étage.

Les valeurs d'éclairage dont dispose le 3^{ème} étage en lux (lx) sont données par le schéma suivant :

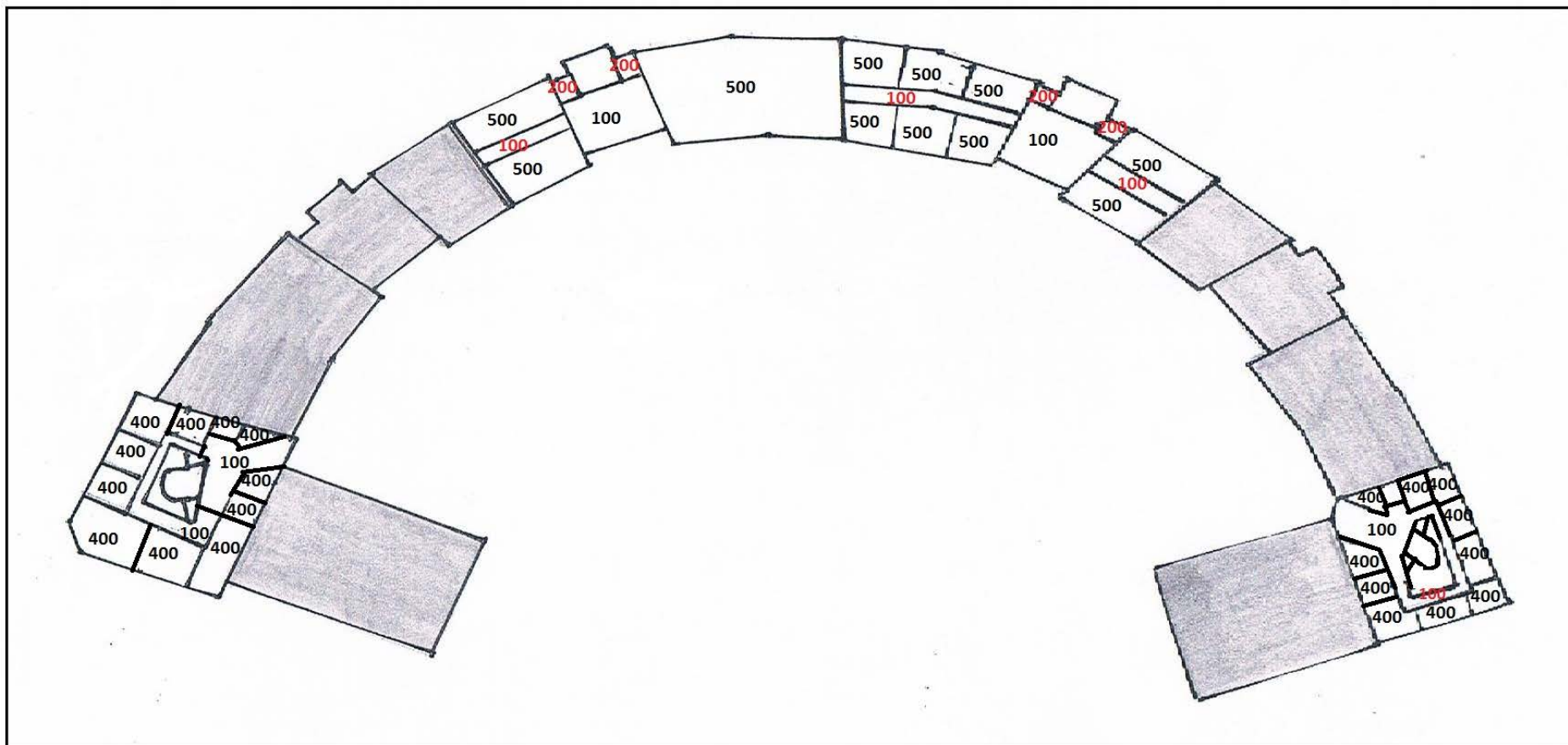


Figure III-11: présentation de l'éclairage au niveau du 3^{ème} étage

Afin de réduire cette consommation qu'est énorme de la FGEI on propose de remplacer les néons fluorescents avec des tubes LED selon les tableaux suivants :

Néon fluorescent (W)	Equivalent tube LED (W)	Flux lumineux (Lumens)
T8 36 (120 cm)	T8 22 (120 cm)	3250
T8 18 (60 cm)	T8 9 (60 cm)	1350

Tableau III-6: LEDs à utiliser.

Lampe incandescente (W)	Lampe à LED (W)	Flux lumineux (Lumens)
75	3	230

Tableau III-7: Lampes à utiliser.

Après avoir changé les néons fluorescents par les tubes LEDs et les lampes incandescentes par les lampes à LEDs, on a obtenu des résultats selon les tableaux suivants :

Bloc (RDC)	Gauche	Milieu	Droite	Nombre	Nombre de néons 120cm	Nombre de néons 60cm	Lampes	puissance (W)	puissance totale (W)	Nombre d'heurs /jour	Energie (Wh/j)	Energie (Wh/j/bloc)
A	Salle			1	21			22	462	9	4158	13518
		Couloir		1	2				44		396	
			Salle	2	24				528		4752	
	Hall			1		17		9	153		1377	
			Cafeteria	2		35			315		2835	
B	Salle			4	36			22	792	9	7128	24399
		Couloir		1	3				66		594	
			Salle	4	36				792		7128	
			Amphi A	1	41				902		8118	
			Sanitaire	2			8	3	24		216	
	Hall			1		15		9	135		1215	
C	Salle			3	36			22	792	9	7128	24399
		Couloir		1	3				66		594	
			Salle	3	36				792		7128	
			Amphi B	1	41				902		8118	
			Sanitaire	2			8	3	24		216	
	Hall			1		15		9	135		1215	
E	Laboratoire			3	54			22	1188	9	10692	34488
	Salle			1	18				396		3564	
		Couloir		1	6				132		1188	
			Salle	3	30				660		5940	
			Laboratoire	1	18				396		3564	
			Amphi C+D	2	40				880		7920	
			Hall	1		20			9		180	
I	Laboratoire			2	36			22	792	9	7128	24399
		Couloir		1	3				66		594	
			Laboratoire	2	36				792		7128	
			Amphi E	1	41				902		8118	
			Sanitaire	2			8	3	24		216	
	Hall			1		15		9	135		1215	
F'	Salle			4	36			22	792	9	7128	24399
		Couloir		1	3				66		594	
			Laboratoire	2	36				792		7128	
			Amphi F	1	41				902		8118	
			Sanitaire	2			8	3	24		216	
	Hall			1		15		9	135		1215	
C'	Laboratoire			1	21			22	462	9	4158	11448
		Couloir		1	3				66		594	
			Laboratoire	1	24				528		4752	
	Hall			1		24			9		216	
CNAS	Bureau			5		38		9	342	9	3078	3807
			Hall	1		9			81		729	
Total					725	203	32		17873	9	160857	160857

Tableau III-8: présentation des consommations de rez-de-chaussée.

Bloc (1er étage)	Gauche	Milieu	Droite	Nombre	Nombre de néons 120cm	Nombre de néons 60cm	Lampes	Puissance (w)	Puissance totale (w)	Nombre d'heures/jour	Energie (Wh/j)	Energie (Wh/j/bloc)
A	Salle			1	24			22	528	9	4752	18198
	Bureau			1	6				132		1188	
		Couloir		2	5				110		990	
	HALL			1		12		9	108		972	
	Bureau			11	52			22	1144		10296	
B	Laboratoire			2	36			18	648	9	5832	14940
		Couloir		1	3				54		486	
			Laboratoire	2	36				648		5832	
	HALL			1		13		22	286		2574	
			Sanitaire	2			8	3	24		216	
C	Laboratoire			2	36			22	792	9	7128	16119
		Couloir		1	3				66		594	
			Laboratoire	2	36				792		7128	
	HALL			1		13		9	117		1053	
			Sanitaire	2			8	3	24		216	
E	Salle			1	18			22	396	9	3564	16713
	Laboratoire			1	18				396		3564	
		Couloir		1	6				132		1188	
			Laboratoire	3	36				792		7128	
	HALL			1		13		9	117		1053	
I				2	36			22	792	9	7128	16119
		Couloir		1	3				66		594	
			Laboratoire	2	36				792		7128	
	HALL			1		13		9	117		1053	
			Sanitaire	2			8	3	24		216	
F'	Laboratoire			2	36			22	792	9	7128	16119
		Couloir		1	3				66		594	
			Laboratoire	2	36				792		7128	
	HALL			1		13		9	117		1053	
			Sanitaire	2			8	3	24		216	
C'	Laboratoire			3	24			22	528	9	4752	12096
		Couloir		1	3				66		594	
			Laboratoire	2	30				660		5940	
	HALL			1		10		9	90		810	
Département ETH	Bureau			8	35			22	770	9	6930	7920
		Couloir		1	5				110		990	
Total					562	87	40		13136	9	118224	118224

Tableau III-9: Présentation des consommations de 1^{er} étage.

Bloc (2 eme étage)	Gauche	Milieu	Droite	Nombre	Nombre de néons 120cm	nombre de néons 60cm	Lampes	Puissance (w)	Puissance totale (w)	Nombre d'heurs/jour	Energie (Wh/j)	Energie (Wh/j/bloc)
A	Salle			1	24			22	528	9	4752	34749
	Bureau			10	106				2332		20988	
		Couloir		2	5				110		990	
			Bureau	6	36				792		7128	
		Hall		1		11			9		99	
B	Laboratoire			2	36			22	792	9	7128	16119
		Couloir		1	3				66		594	
			Salle	1	18				396		3564	
			Laboratoire	1	18				396		3564	
		Hall		1		13		9	117		1053	
			Sanitaire	2			8	3	24		216	
C	Laboratoire			2	36			22	792	9	7128	16119
		Couloir		1	3				66		594	
			Laboratoire	2	36				792		7128	
		Hall		1		13		9	117		1053	
			Sanitaire	2			8	3	24		216	
E	Salle			1	12			22	264	9	2376	30969
	Laboratoire			4	60				1320		11880	
		Couloir		1	6				132		1188	
			Salle	2	24				528		4752	
			Laboratoire	3	48				1056		9504	
		Hall		1		13		9	117		1053	
			Sanitaire	2			8	3	24		216	
I	Salle			3	36			22	792	9	7128	16119
		Couloir		1	3				66		594	
			Salle	3	36				792		7128	
		Hall		1		13		9	117		1053	
			Sanitaire	2			8	3	24		216	
F'	Bureau			4	36			22	792	9	7128	16119
		Couloir		1	3				66		594	
			Bureau	4	36				792		7128	
		Hall		1		13			9		117	
			Sanitaire	2			8	3	24		216	
C'	Laboratoire			2	30			22	660	9	5940	12096
		Couloir		1	3				66		594	
			Laboratoire	3	24				528		4752	
		Hall		1		10			9		90	
Département AUT	Bureau			8	35			22	770	9	6930	7920
		Couloir		1	5				110		990	
Total					718	86	40		16690	9	150210	150210

Tableau III-10: présentation des consommations de 2^{eme} étage.

Bloc (3 eme étage)	Gauche	Milieu	Droite	Nombre	Nombre de néons 120cm	nombre de néons 60cm	Lampes	Puissance (w)	Puissance totale (w)	Nombre d'heurs/jour	Energie (wh/j)	Energie (wh/j/bloc)
A	Bureau			11	41			18	738	9	6642	8100
		Couloir		1	5				90		810	
	Hall			1		8		9	72		648	
C	Laboratoire			1	18			18	324	9	2916	8073
		Couloir		1	6				108		972	
			Laboratoire	1	18				324		2916	
	Hall			1		13		9	117		1053	
			Sanitaire	2			8	3	24		216	
E	Laboratoire			3	36			18	648	9	5832	26244
		Couloir		1	12				216		1944	
			Laboratoire	3	36				648		5832	
		Salle machine		1	78				1404		12636	
I	Laboratoire			1	18			18	324	9	2916	8073
		Couloir		1	6				108		972	
			Laboratoire	1	18				324		2916	
	Hall			1		13		9	117		1053	
			Salle	2			8	3	24		216	
Département ELN	Bureau			11	41			18	738	9	6642	8100
		Couloir		1	5				90		810	
	Hall			1		8			9		72	
Total					338	42	16		6510	9	58590	58590

Tableau III-11: Présentation de la consommation de 3eme étage.

Le graphe suivant représente les consommations journalières des tubes LEDs des étages de la FGEI :

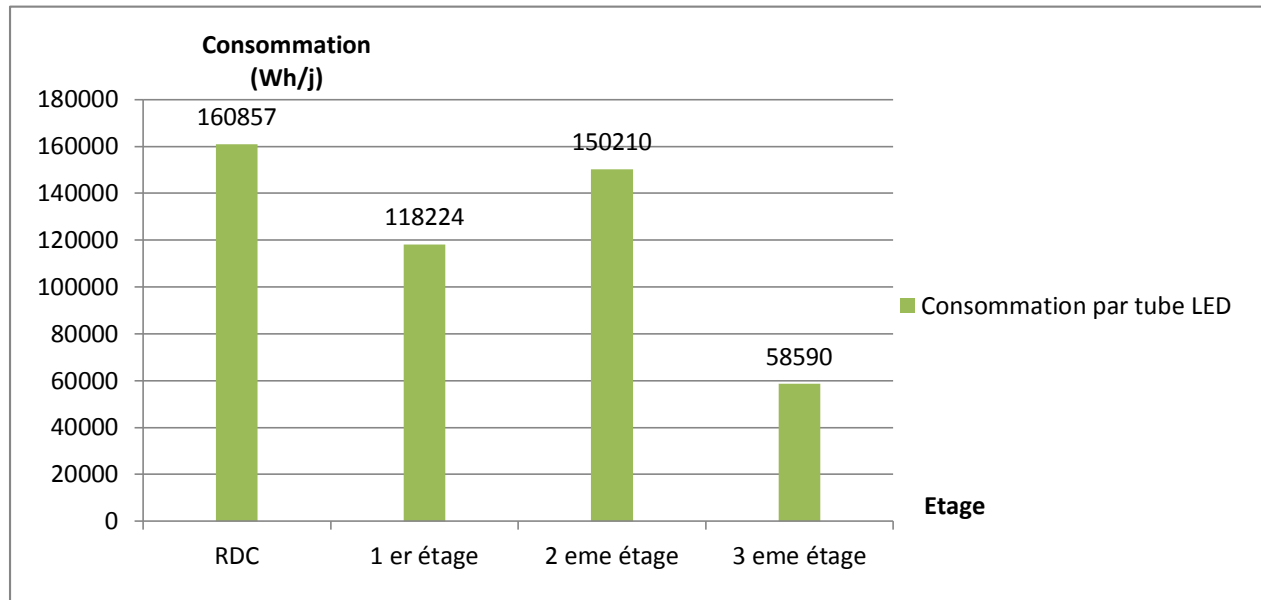


Figure III-12: Histogramme représentant la consommation des étages de l'FGEI.

Le tableau suivant nous illustre la différence entre la consommation de néons fluorescents et des tubes LEDs :

	Consommation par néons fluorescents (Wh/J)	Consommation par tubes LEDs (Wh/J)	Différence (Wh/J)
RDC	617760	160857	456903
1 er Etage	474768	118224	356544
2 ème Etage	534384	150210	384174
3 ème Etage	259632	58590	201042
Total	1886544	487881	1398663

Tableau III-12: Comparaison entre la consommation des néons

L'histogramme suivant représente une comparaison entre la consommation par néons fluorescents et tubes LEDs, on peut remarquer que la consommation avec des LEDs est inférieure au tiers de la consommation dans le cas des néons dans le cas le moins favorable.

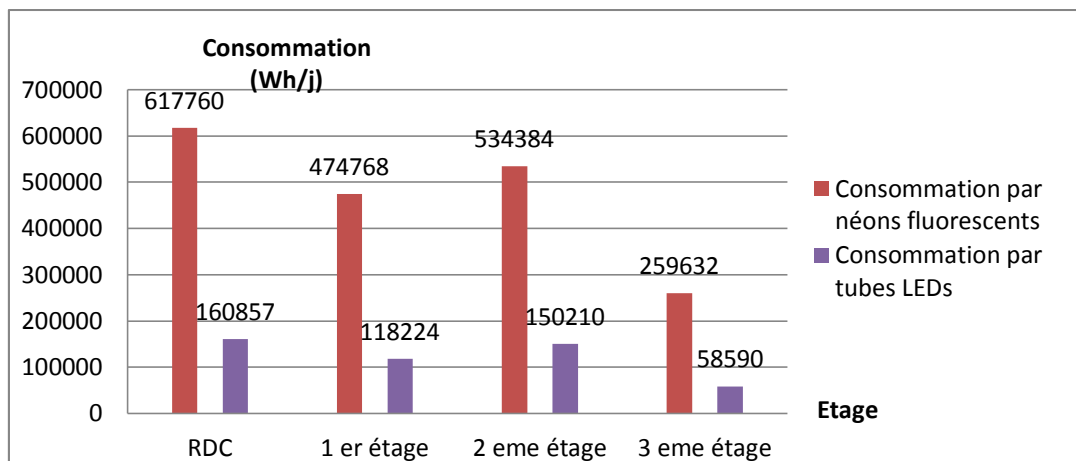


Figure III-13: Histogramme de comparaison entre les consommations.

Le secteur suivant représente la consommation globale de la FGEI par néons fluorescents et par tubes LEDs :

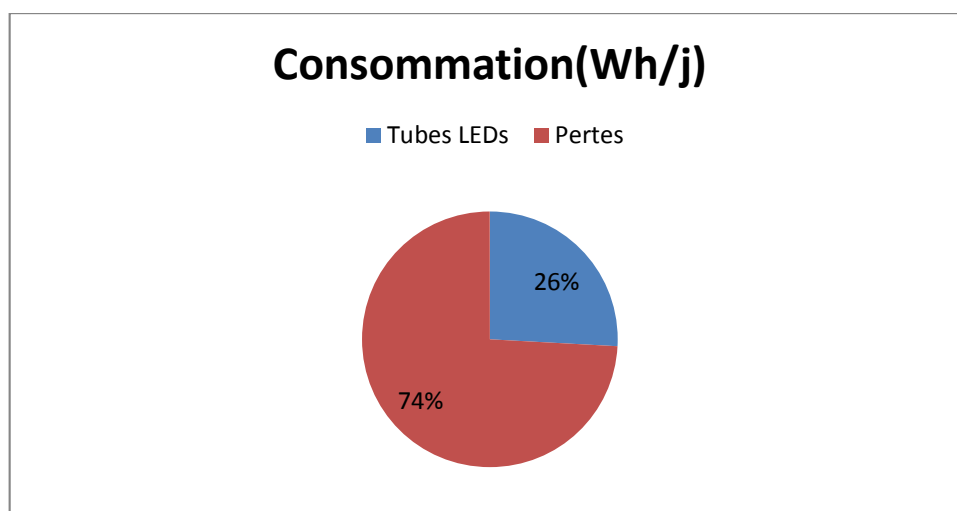


Figure III-14: Comparaison entre la consommation par néons fluorescents et tubes LEDs.

Remarque :

Suite à l'utilisation des néons à LEDs que nous avons proposé, on a constaté que la consommation journalière de la FGEI est réduite. Alors que la consommation globale par néons fluorescents était de 1886544Wh/j, sa valeur a baissé jusqu'à 487881Wh/j grâce aux tubes LEDs, ce qui nous fait une différence de consommation de 1398663Wh/j, donc une économie de près de 80% de l'énergie.

4.2. Détecteur de présence

Les détecteurs de mouvement et de présence sont équipés pour détecter des sources de chaleur en mouvement dans leur zone de détection. Chaque objet, en particulier le corps humain, émet un rayonnement thermique dont l'intensité est fonction de sa température de surface. Le rayonnement thermique, aux températures habituelles, fait partie du domaine des rayons infrarouges, invisibles pour l'œil humain. Un capteur pyroélectrique adapté au domaine infrarouge reçoit ce rayonnement et le convertit en tension électrique [19].

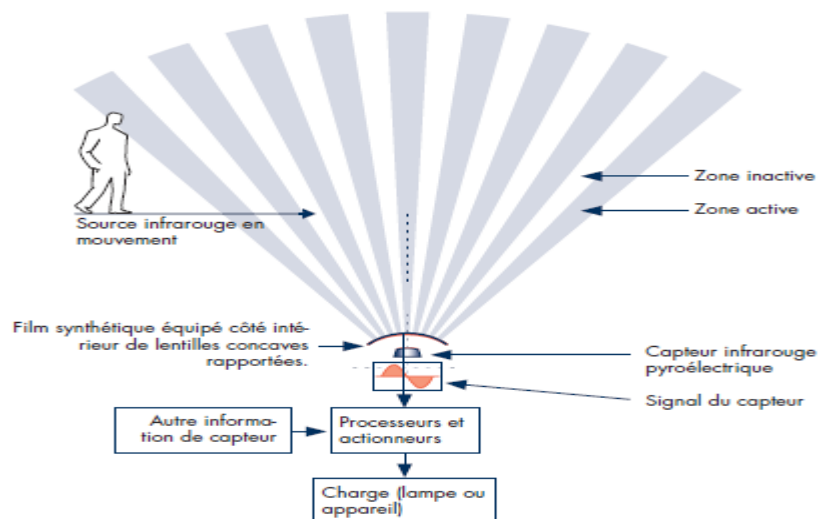


Figure III-15: Schéma de principe du fonctionnement de détecteur de présence.

On s'intéresse à ce dispositif électronique (DM), que l'on propose d'installer dans la FGEI (halls, couloirs, amphithéâtres, bureaux,.....ect). Et c'est un moyen de sécurité pendant la nuit, il détecte la présence des personnes (voleurs).

4.3. Utilisation de la lumière du jour

Comme la FGEI bénéficie d'une façade de gauche qui est ensoleillée, la solution que l'on propose pour réduire la consommation de ce côté est de profiter de cette lumière du jour, sur toutes les journées de beaux temps.



Figure III-16: Côté droit et gauche de la FGEI.

5. Dimensionnement photovoltaïque

5.1. Dimensionnement de générateur

➤ Calcul l'énergie produite

$$E_p = \frac{C_j}{R_o} \quad (3.1)$$

Avec :

E_p : Energie produite.

C_j : Consommation journalière.

R_o : rendement de l'onduleur.

➤ Calcul de la puissance crête

Après avoir estimé l'énergie journalière consommée par la charge (C_j), on peut calculer la puissance crête du générateur qui est donné par la formule suivante :

$$P_c = \frac{C_j}{K \cdot E_{\min}} \quad (3.2)$$

Avec :

C_j : La consommation moyenne quotidienne.

E_{\min} : Le rayonnement solaire global journalier minimal reçu sur le plan des modules.

K : Facteur tenant compte des diverses considérations qui affecte le rendement de l'installation.

➤ Calcul du nombre de modules

Le nombre total de module du générateur est :

$$N_m = P_c / P_{cm} \quad (3.3)$$

Avec :

P_{cm} : La puissance crête correspondante à un module.

➤ Calcul de la surface totale du générateur

La surface totale occupée par le champ sur le sol ou le toit est :

$$S_t = N \times S_m \quad (3.4)$$

Avec :

S_m : C'est la surface d'un module en m^2 .

➤ **Calcul de la surface nécessaire du champ**

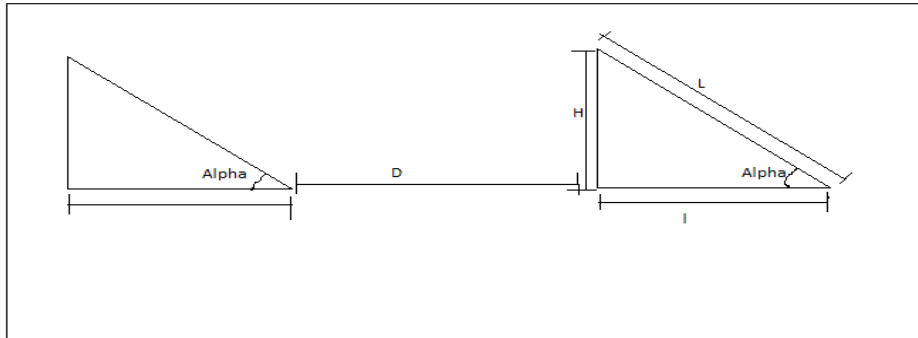


Figure III-17: Schéma de calcul de la distance entre les lignes de panneaux.

- **Calcul de l :**

$$l = \cos\alpha \times L \quad (3.5)$$

- **Calcul de H :**

$$H = \sin\alpha \times L \quad (3.6)$$

- **Calcul de la distance D :**

$$D = 4 \times H \quad (3.7)$$

- **Calcul de la surface du champ :**

$$S_n = (N_{pl} \times Y) \times (nl + (n-1) \times D) \quad (3.8)$$

Avec :

L : Longueur de panneau.

Y : Largeur de panneau.

l : Distance de panneau à la verticale.

H : Hauteur de panneau.

D : Distance entre lignes de panneaux.

$\alpha = 36^\circ$: L'angle d'inclinaison.

S_n : Surface nécessaire du champ.

N_{pl} : Nombre de panneau d'une ligne.

n : Nombre de ligne.

5.2. Dimensionnement de la batterie de stockage

➤ Choix de la tension de travail du système

La tension de travail est choisie selon la valeur de la puissance crête de la manière suivante :

-Pour $P_c < 150W_c$ implique $U = 12V$.

-Pour $150W_c < P_c < 1000W_c$ implique $U = 24V$.

-Pour $P_c > 1000W_c$ implique $U = 48V$.

➤ Estimation de la capacité de stockage

La capacité utile de la batterie en (Ah) est :

$$C_u = \frac{C_j \cdot N_j}{U} \quad (3.9)$$

$$C = C_j \times N_j \text{ (Wh)} \quad (3.10)$$

Avec :

N_j : Le nombre de jours d'autonomie du système.

U : La tension de travail de l'installation.

➤ Détermination du nombre d'élément batterie en série

On donne le nombre d'élément batterie en série par la relation :

$$N_{bs} = \frac{U}{U_b} \quad (3.11)$$

Avec :

U_b : Tension de l'élément batterie donnée par le constructeur en V.

➤ Détermination du nombre d'élément batterie en parallèle

Le nombre de branche d'élément en parallèle :

$$N_{bp} = \frac{C_u}{C_e} \quad (3.12)$$

Avec :

C_e : Capacité d'un élément batterie donné par le constructeur exprimée en (Ah).

➤ Détermination du nombre total d'élément batterie

Le nombre total d'élément batterie est donné par :

$$N_b = N_{bp} \times N_{bs} \quad (3.13)$$

5.3. Choix du régulateur

La régulation de charge sera dimensionnée pour une installation sous une tension de charge U et un courant $I_{\max} = P_c/U$ (A) [20].

➤ Les critères pour choisir son régulateur solaire

Pour choisir notre régulateur solaire, il faut prendre en considération 3 éléments principaux :

- la tension maximum en circuit ouvert de vos panneaux : Les régulateurs acceptent des plages de tension plus ou moins larges.
- la tension minimum pour charger les batteries.
- Le courant maximum du régulateur : Le courant du régulateur (exprimé en ampères) doit être supérieur à l'intensité du courant de court-circuit des panneaux solaires aux quels il est relié. Cette donnée est indiquée sur la notice de chaque panneau. Il est préférable de prendre en plus une marge de sécurité de 10% à 20%

5.4. Choix de l'onduleur

Le choix de l'onduleur à utiliser sera fait selon ses caractéristiques, qui conviennent à alimenter l'installation considérée. Dans notre cas on a [20]:

La tension d'entrée qui correspond à la tension du système mis en place U (48V) et à la demande d'électricité D (Wh/j).

La tension de sortie doit, correspondre à la tension d'alimentation des charges utilisées, notre installation à besoin de 220/230 VAC pour son fonctionnement normal.

5.5. Câblage du système

Pour assurer le bon fonctionnement d'un système photovoltaïque autonome, il reste les derniers éléments à prendre en considération lors de la phase de notre dimensionnement, il s'agit du câblage qui assure les liaisons entre les différents éléments de la centrale et leurs protections [20].

➤ Propriétés des câbles :

Tout câble électrique a une résistance qui est donnée par la formule suivante :

$$R = \frac{\rho L}{S} \quad (3-14)$$

Avec :

L : La longueur du câble en m.

S : La section du câble en mm².

ρ : La résistivité du matériau conducteur en $\mu Ohm.m$.

Les pertes en tension et en courant se produisant lors du fonctionnement dans un câble reliant deux composants sont données respectivement : au produit de la résistance du câble par le courant qui le traverse ($V_{pertes} = R \times I$), le rapport de la tension résistance ($I_{pertes} = \frac{V}{R}$).

Il est donc important de bien choisir et de bien dimensionner la section des câbles électriques de façon à limiter la baisse de tension entre les composants (à moins de 5%) et les forts courants traversent ces câbles [20].

De manière générale, on peut résumer les liaisons existant entre les divers composants dans un système avec batterie par :

- Liaison charge électrique-onduleur.
- Liaison batterie-onduleur.
- Liaison régulateur-batterie.
- Liaison champ PV-batterie.

5.6. Dispositifs de protection électrique

Les protections électriques sont constituées de fusibles, disjoncteurs différentiels...ex.

➤ Disjoncteur

Il commande toute l'installation et sert à la mettre hors tension en cas de court-circuit, ou d'appel d'une puissance supérieure à celle de chaque branche de modules.

Ce disjoncteur peut être disjoncté manuellement : on peut le faire systématiquement avant toutes interventions sur notre installation.

Il existe aussi des dispositifs différentiels qui protègent encore plus efficacement l'installation en détectant la moindre fuite de courant [13].

➤ Fusible

Reliés à chacun des appareils, il protège l'installation en coupant le courant en cas d'échauffement ou de court-circuit.

Dans notre installation, nous utilisons des fusibles pour protéger la partie génératrice PV de la partie alternative [13].

➤ Mise à la terre

Il sera également nécessaire de mettre à la terre les différentes parties du champ, et cela consiste à relier à une prise de terre, par un fil conducteur, les masses métalliques des équipements qui risquent d'être mises accidentellement en contact avec le courant. D'une part la masse à terre permet découler les courants de fuite sans danger [13].

6. Dimensionnement des champs photovoltaïques

Nous avons reparti notre installation en 4 champs indépendants, après avoir fait nos calculs nous avons illustré les résultats de chaque champ dans un tableau.

Considérons cette installation assure l'éclairage et alimente (4 ordinateurs, 2 imprimantes), nous avons remplacé les néons à fluorescence par des tubes LEDs, le bilan énergétique de chaque administration illustré dans un tableau.

6.1. Champ I (département ELN)

➤ Bilan énergétique de département ELN

Bloc (3 eme étage)	Gauche	Milieu	Outils informatique	Nombre	Nombre de néons 120cm	nombre de néons 60cm	Puissance (w)	Puissance totale (w)	Nombre d'heurs/jour	Energie (Wh/j)	Energie (Wh/j/bloc)
Département ELN	Bureau			11	41		18	738	8	5904	16400
		Couloir		1	5			90		720	
	Hall			1		8	9	72		576	
			Ordinateur	4			200	800		6400	
			Imprimante	2			700	1400	2	2800	

Tableau III-13: Bilan énergétique de département ELN.

On donne :

$$P_{cm} = 140 \text{ W} ; K = 0.65 ; R_0 = 93\% ; R_r = 95\% ; U = 48\text{V} ; U_n = 12\text{V} ; S_m = 0.99 \text{ m}^2 ;$$

$$N_j = 2 \text{ jours} ; P_f = 70\% ; R_b = 97\% ; U_b = 12\text{V}$$

➤ Dimensionnement de champ I (ELN)

Dimensionnement	Paramètres		Champ I (ELN)	Type de matériel
Générateur	Ep (Wh/j)		17263,2	Panneau Poly 140W/12V (Victron Energy)
	Pc (Wc)		4110,3	
	Npt		32	
	Nps		4	
	Npp		8	
	Stp (m2)		32	
	Surface nécessaire de champ(m ²)		64	
Stockage	C (Wh)		43158	Batteries Gel 200Ah/12v (Victron Energy)
	Cu (Ah)		899,2	
	Nbs		4	
	Nbp		5	
	Ntb		20	
Régulateur	Un (V)		150	Régulateur MPPT 150V/100A (Victron Energy)
	In (A)		100	
	Pn (W)		5000	
	Rr (%)		95	
Onduleur	Uno (V)		48	Onduleur Phonix 48V/5KVA (Victron Energy)
	Pn (VA)		5000	
	Ro (%)		95	
Câblages	Sections (mm ²)	Panneaux	6	(Victron Energy)
		Batteries	25	
		Régulateur		
		Onduleur		
		Charge		
Protection	Fusibles (A)	Panneaux	100	(Victron Energy)
		Batteries	200	
		Régulateur		
		Onduleur		
	Disjoncteurs (A)	Coté panneaux	30	
		Coté charge	30	
	Section de gable de Mise à la terre (mm ²)	Coté panneaux	6	
		Coté charge	6	

Tableau III-14: Dimensionnement de champ I

6.2. Champ II (département AUT)

➤ Bilan énergétique de département AUT

Bloc (2 ^{eme} étage)	Gauche	Milieu	Outils informatique	Nombre	Nombre de néons 120cm	Puissance (w)	Puissance totale (w)	Nombre d'heures/jour	Energie (Wh/j)	Energie (Wh/j/bloc)
Département AUT	Bureau			8	35	22	770	8	6160	16240
		Couloir		1	5		110		880	
			Ordinateur	4		200	800		6400	
			Imprimante	2		700	1400	2	2800	

Tableau III-15: Bilan énergétique de département AUT.

On donne :

$P_{cm} = 140 \text{ W}$; $K = 0.65$; $R_0 = 93\%$; $R_f = 95\%$; $U = 48\text{V}$; $U_n = 12\text{V}$; $S_m = 0.99 \text{ m}^2$;
 $N_j = 2 \text{ jours}$; $P_f = 70\%$; $R_b = 97\%$; $U_b = 12\text{V}$.

➤ Dimensionnement de champ II (AUT)

Dimensionnement	Paramètres		Champ II (AUT)	Type de matériel
Générateur	Ep (Wh/j)		17263,2	Panneau Poly 140W/12V (Victron Energy)
	Pc (Wc)		4110,3	
	Npt		32	
	Nps		4	
	Npp		8	
	Stp (m2)		32	
	Surface nécessaire de champ(m ²)		64	
Stockage	C (Wh)		43158	Batteries Gel 200Ah/12v (Victron Energy)
	Cu (Ah)		899,2	
	Nbs		4	
	Nbp		5	
	Ntb		20	
Régulateur	Un (V)		150	Régulateur MPPT 150V/100A (Victron Energy)
	In (A)		100	
	Pn (W)		5000	
	Rr (%)		95	
Onduleur	Uno (V)		48	Onduleur Phonix 48V/5KVA (Victron Energy)
	Pn (VA)		5000	
	Ro (%)		95	
Câblages	Sections (mm ²)	Panneaux	6	(Victron Energy)
		Batteries	25	
		Régulateur		
		Onduleur	25	
		Charge	4	
Protection	Fusibles (A)	Panneaux	100	(Victron Energy)
		Batteries	200	
		Régulateur		
		Onduleur	100	
	Disjoncteurs (A)	Coté panneaux	30	
		Coté charge	30	
	Section de gable de Mise à la terre (mm ²)	Coté panneaux	6	
		Coté charge	6	

Tableau III-16: Dimensionnement de champ II

6.3. Champ III (département ETH)

➤ Bilan énergétique de département ETH

Bloc (1 er étage)	Gauche	Milieu	Outils informatique	Nombre	Nombre de néons 120cm	Puissance (w)	Puissance totale (w)	Nombre d'heurs/jour	Energie (Wh/j)	Energie (Wh/j/bloc)
Département ETH	Bureau			8	35	22	770	8	6160	16240
		Couloir		1	5		110		880	
			Ordinateur	4		200	800		6400	
			Imprimante	2		700	1400	2	2800	

Tableau III-17: Bilan énergétique de département ETH.

On donne :

$P_{cm} = 140 \text{ W}$; $K = 0.65$; $R_0 = 93\%$; $R_f = 95\%$; $U = 48\text{V}$; $U_n = 12\text{V}$; $S_m = 0.99 \text{ m}^2$;
 $N_j = 2 \text{ jours}$; $P_f = 70\%$; $R_b = 97\%$; $U_b = 12\text{V}$.

➤ Dimensionnement de champ III (ETH)

Dimensionnement	Paramètres		Champ III (ETH)	Type de matériel
Générateur	Ep (Wh/j)		17263,2	Panneau Poly 140W/12V (Victron Energy)
	Pc (Wc)		4110,3	
	Npt		32	
	Nps		4	
	Npp		8	
	Stp (m2)		32	
	Surface nécessaire de champ(m ²)		64	
Stockage	C (Wh)		43158	Batteries Gel 200Ah/12v (Victron Energy)
	Cu (Ah)		899,2	
	Nbs		4	
	Nbp		5	
	Ntb		20	
Régulateur	Un (V)		150	Régulateur MPPT 150V/100A (Victron Energy)
	In (A)		100	
	Pn (W)		5000	
	Rr (%)		95	
Onduleur	Uno (V)		48	Onduleur Phonix 48V/5KVA (Victron Energy)
	Pn (VA)		5000	
	Ro (%)		95	
Câblages	Sections (mm ²)	Panneaux	6	(Victron Energy)
		Batteries	25	
		Régulateur		
		Onduleur		
		Charge		
Protection	Fusibles (A)	Panneaux	100	(Victron Energy)
		Batteries	200	
		Régulateur		
		Onduleur		
	Disjoncteurs (A)	Coté panneaux	30	
		Coté charge	30	
	Section de gable de Mise à la terre (mm ²)	Coté panneaux	6	
		Coté charge	6	

Tableau III-18: Dimensionnement de champ III.

6.4. Champ IV (CNAS)

➤ Bilan énergétique de la CNAS

Bloc (RDC)	Gauche	Milieu	Outils informatique	Nombre	Nombre de néons 60cm	puissance (W)	puissance totale (W)	Nombre d'heurs /jour	Energie (Wh/j)	Energie (Wh/j/bloc)
CNAS	Bureau			5	38	9	342	8	2736	12584
		Hall		1	9		81		648	
			Ordinateur	4		200	800		6400	
			Imprimante	2		700	1400	2	2800	

Tableau III-19: Bilan énergétique de la CNAS.

On donne :

$P_{cm} = 140 \text{ W}$; $K = 0.65$; $R_0 = 93\%$; $R_f = 95\%$; $U = 48\text{V}$; $U_n = 12\text{V}$; $S_m = 0.99 \text{ m}^2$;
 $N_j = 2 \text{ jours}$; $P_f = 70\%$; $R_b = 97\%$; $U_b = 12\text{V}$.

➤ Dimensionnement de champ IV (CNAS)

Dimensionnement	Paramètres		Champ IV (CNAS)	Type de matériel
Générateur	Ep (Wh/j)		13246,3	Panneau Poly 140W/12V (Victron Energy)
	Pc (Wc)		3153,9	
	Npt		24	
	Nps		4	
	Npp		6	
	Stp (m2)		24	
	Surface nécessaire de champ (m ²)		41	
Stockage	C (Wh)		38959,7	Batteries Gel 200Ah/12v (Victron Energy)
	Cu (Ah)		811,7	
	Nbs		4	
	Nbp		4	
	Ntb		16	
Régulateur	Un (V)		150	Régulateur MPPT 150V/100A (Victron Energy)
	In (A)		200	
	Pn (W)		5000	
	Rr (%)		95	
Onduleur	Uno (V)		48	Onduleur Phonix 48V/5KVA (Victron Energy)
	Pn (VA)		5000	
	Ro (%)		95	
Câblages	Sections (mm ²)	Panneaux	6	(Victron Energy)
		Batteries	25	
		Régulateur		
		Onduleur	25	
		Charge	4	
Protection	Fusibles (A)	Panneaux	100	(Victron Energy)
		Batteries	200	
		Régulateur		
		Onduleur	100	
	Disjoncteurs (A)	Coté panneaux	30	
		Coté charge	30	
	Section de câble de Mise à la terre	Coté panneaux	6	
		Coté charge	6	

Tableau III-20: Dimensionnement champ IV.

7. Site d'emplacement des champs



Figure III-18: Zone d'installation des champs.

7.1. Calcul des surfaces

➤ Surfaces du site

Espaces	Surface (m ²)
Toiture complète	576
Surface ombrée	180
Surface utilisable	396

Tableau III-21 : Surfaces du site.

➤ Surface des champs

Espace	Surface (m ²)
Champ I	64
Champ II	64
Champ III	64
Champ IV	48
Surface entre les champs	66
Totale	306

Tableau III-22 : Surface des champs.

➤ **Emplacement des champs**

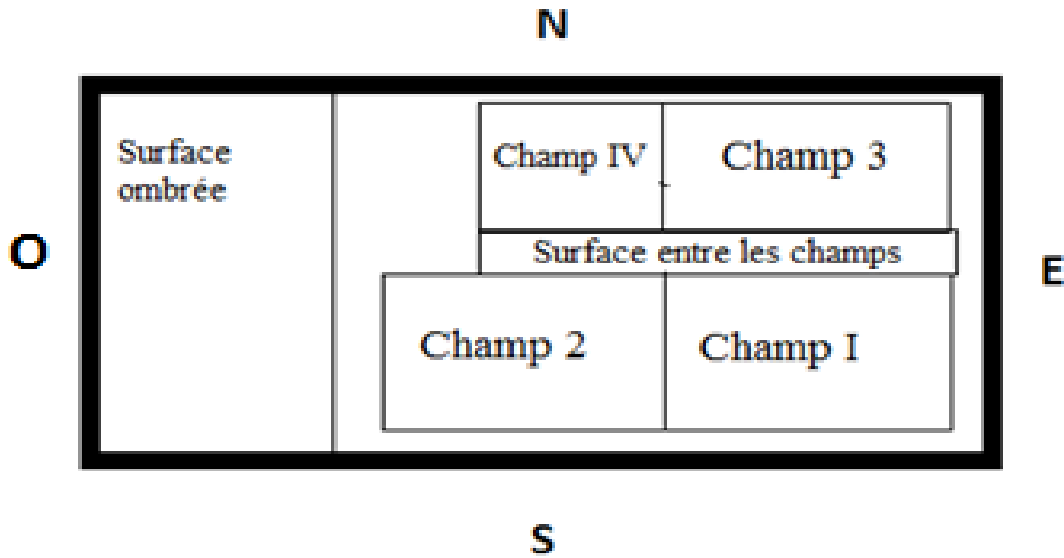


Figure III-19: Surface d'emplacement des champs.

7.2. Schéma bloc du système

La figure ci-dessous montre la constitution du système photovoltaïque autonome :

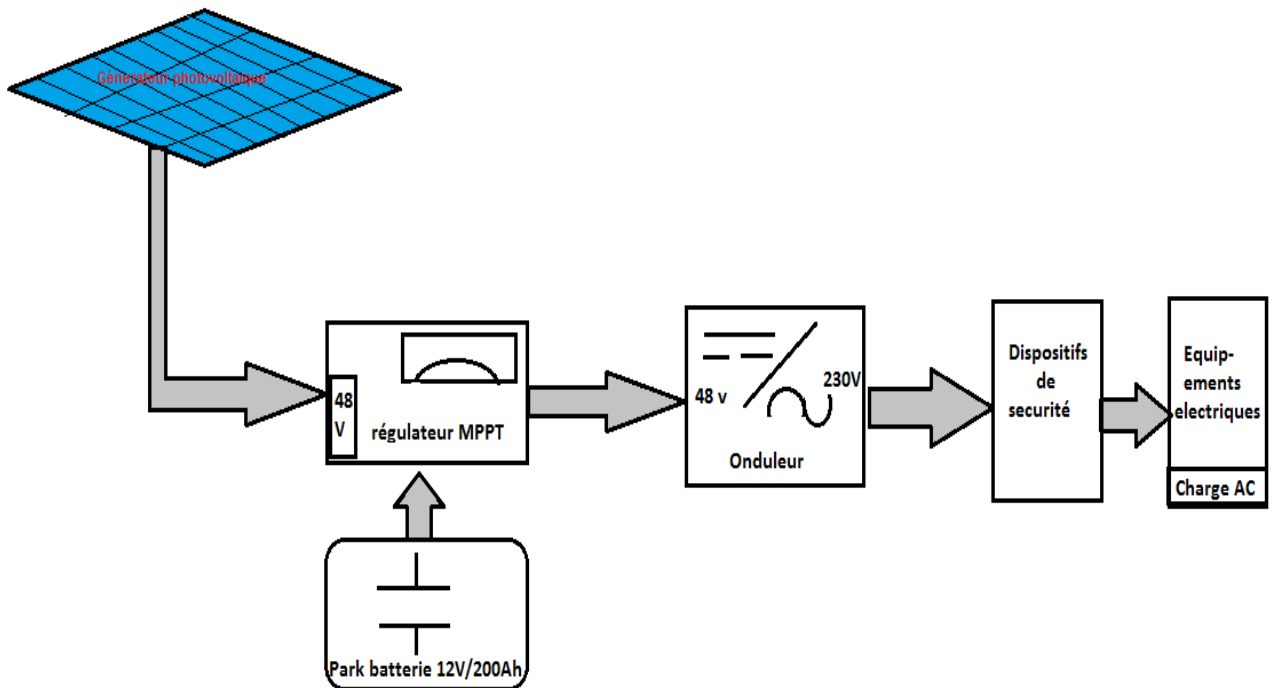


Figure III-20: Schéma bloc.

7.3. Répartition et branchement de panneaux

Comme nous avons les champs (I, II, III) ont le même nombre de panneaux, nous pouvons schématiser la répartition de panneaux selon la figure ci-dessous :

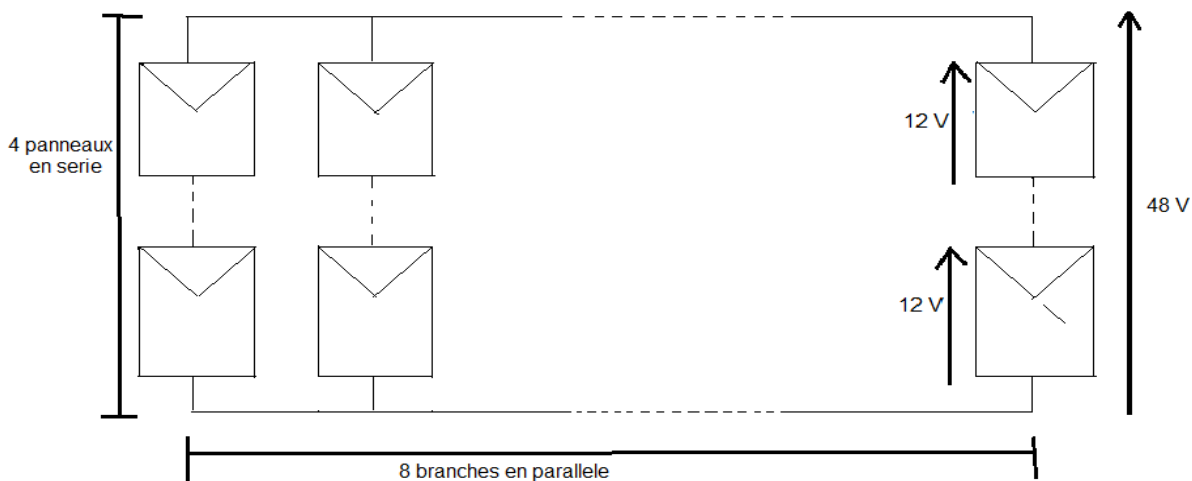


Figure III-21 : Schéma de répartition de panneaux des champs I, II, III.

Comme le champ IV dispose un nombre différent aux autres champs donc le schéma de répartition de panneaux montre dans la figure suivante :

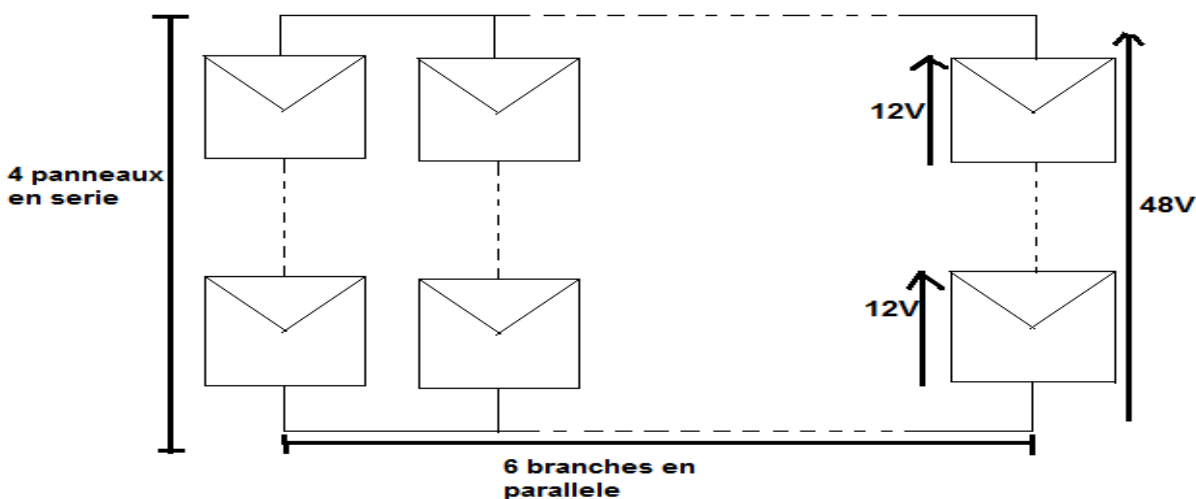


Figure III-22 : Schéma de répartition de panneaux pour le champ IV.

8. Estimation du cout

Le tableau suivant présente le nombre et le cout d'éléments constituant ce système, sachant qu'on a choisi tous les éléments de la marque (VICTRON ENERGY) :

Elément		Nombre	Prix d'unité (DA)	Cout en (DA)
Panneau		120	25000	3000000
Batterie		76	72000	5472000
Régulateur		4	91000	364000
Onduleur		4	238000	952000
Disjoncteur		8	3600	28800
Fusible		12	6000	72000
mise à la terre		8	2600	20800
Néon	T8 22W	126	2300	289800
	T8 9W	55	1700	93500
Totale				10292900

Tableau III-23 : Estimation du cout de l'installation

9. Conclusion

Le système photovoltaïque de grande puissance demande de disposer d'un nombre élevés d'éléments (module, batterie, onduleurs, régulateurs et leurs câblages) nécessaires pour son fonctionnement, le cout des ces derniers étant élevés, c'est pour cette raison l'installation est couteuse.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le présent travail nous a permis d'étudier le principe de la génération directe de l'électricité à partir d'un rayonnement lumineux. Un système photovoltaïque passe d'abord par une démarche d'économie d'énergie par exemple l'utilisation de la technologie LED qui est apparue ces derniers temps dans le système d'éclairage qu'a plusieurs caractéristiques (la fiabilité, l'efficacité, la longévité...). Puis par une conception et une installation rigoureuse avec des composants qui répondent aux besoins de la charge à alimenter. L'exemple d'application sera : (L'éclairage et l'alimentation des outils informatiques pour les administrations de la faculté génie électrique et informatique).

Les systèmes photovoltaïques autonomes sont vraiment les plus prometteurs pour la production d'énergie à cause de leurs possibilités d'autonomie assurées par les batteries.

Au long de cette étude, nous avons pu dimensionner une installation photovoltaïque, pouvant être réalisée sur le site de la faculté génie électrique et informatique, et nous avons constaté que cette installation peut être réalisé du point de vue énergétique, mais n'est pas intéressante du point de vue économique.

En effet le prix de revient de notre installation qui présente une garantie de 15 ans, plus rentable par rapport à la consommation actuelle. Le site d'emplacement de l'installation profite des forts ensoleillements qui nous permet d'assurer la puissance recherchée.

Pour toutes ces raisons nous pouvons affirmer que la réalisation de cette installation assurant une charge de plusieurs Kilowatts est d'intérêt très bénéfique en terme d'autonomie car toute l'énergie captée sera récupéré pour être stockée, et non en terme d'économie car le cout de cette installation comportant un aussi grand nombre d'éléments (modules, batteries, onduleurs, régulateurs et leurs câblages ainsi les tubes LEDs) est exorbitant.

Ce travail nous a permis de se connaitre et se familiariser les méthodes de calcul et de dimensionnement d'une installation photovoltaïque avec toutes ces complexités.

Références

Références

- [1] M.LOUOZENE, Etude Technico-économique d'un système de pompage solaire sur le site de Ouargla, mémoire de MAGISTER, 2008.
- [2] T.BENDOUN, Etude d'un système couplant un générateur photovoltaïque et une charge électrolytique mémoire MASTER, 2015.
- [3] A.AHMED AZI, contribution au développement d'un outil d'aide au diagnostic de performances des MPPT dans la chaîne de conversion photovoltaïque, mémoire MAGISTER, 2014.
- [4] AMARA Karima, contribution à l'étude de conception d'une centrale photovoltaïque de puissance (1MW), interconnectée au réseau de distribution électrique MAGISTER, 2015.
- [5] KHOUDRANE Ismail, étude d'un système de poursuite solaire pour les panneaux photovoltaïques, mémoire MASTER, 2014.
- [6] SOUFI Adel, modélisation et control de système photovoltaïque par l'espace d'ETA, mémoire MAGISTER, 2012.
- [7] A.MABROUK, étude de conception d'une stratégie de commande d'un onduleur connecté au réseau électrique, mémoire de MAGISTER, 2008.
- [8] BOUZID Kherddine, étude et réalisation d'un système photovoltaïque à base d'une carte ARDUINO-UNO, mémoire MASTER.
- [9] M .Nkouimi, outil d'aide au dimensionnement de systèmes photovoltaïque domestique, mémoire d'ingénieur, 2010.
- [10] K.HELALI, modélisation d'une cellule photovoltaïque ; étude comparative, mémoire de MAGISTER, 2012.

- [11] S.Petibon, nouvelles architectures distribuées de gestion et de conversion de l'énergie pour les applications photovoltaïques, thèse de DOCTORAT.2009.
- [12] B.Mohamed, modalisation d'un système de captage photovoltaïque autonome, mémoire de MGISTER, 2007-2008.
- [13] MARK. Hankins, installations solaires photovoltaïques autonomes, édition DUNOD, Livre.
- [14] ANTONY .Falk, CHRISTIAN. Durschner, le photovoltaïque pour tous, édition le moniteur, livre.
- [15] BRIHMAT. Fouzia, l'étude conceptuelle d'un système de conditionnement de puissance pour une centrale hybride PV/Eolien, MAGISTER, 2011,2012.
- [16] WWW.Solarelectriquepower.org.
- [17] WWW.Ecolodis-solaire.com.
- [18] A. Deneyer, P. D'Herdt et B. Deroisy, Centre scientifique et technique de la construction, 2011, Article.
- [19] WWW.Swisslux.ch.
- [20] HENNOUS Chahrezet, dimensionnement et installation d'un système photovoltaïque, mémoire INGINIORAT ,2009.