

# République Algérienne démocratique et populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université de Saad DAHLAB BLIDA 1

Faculté de technologie

Département des Énergies Renouvelables



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE :**

**MASTER EN ENERGIES RENOUVELABLES**

**OPTION : CONVERSION PHOTOVOLTAIQUE**

**THÈME :**

**CONCEPTION ET RÉALISATION D'UN ÉCLAIRAGE  
INTELLIGENT AU NIVEAU D'UN HOTEL A BLIDA  
ALIMENTÉ PAR UN SYSTÈME PHOTOVOLTAIQUE.**

Présenté par :

- MEHENNI Mohammed Aness.
- ABER Ahmed Amine Abd El Adel.

**SOUTENU DEVANT LE JURY COMPOSÉ PAR :**

Président : Dr O. AIT SAHED                      MCB                      USDB1.

Examineur : Dr R. BOUKENOUI                      MCB                      USDB1.

Examineur : Dr B. AMROUCHE                      MCA                      USDB1.

Encadreur : Mr T. DOUMAZ                      MAA                      USDB1.

Co-Encadreur : Dr M. BOUZAKI                      MCB                      USDB1.

**2021-2022**

## REMERCIEMENT

*Nous adressons nos plus sincères sentiments de reconnaissance et de remerciement envers le bon DIEU, le clément et le miséricordieux, lequel nous a accordé la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.*

*Nous voulons exprimer notre gratitude à notre encadreur **Mr. T.DOUMAZ** pour avoir dirigé ce travail. Son soutien, sa disponibilité et ses précieux conseils tout au long de cette recherche.*

*Nos vifs remerciements vont en premier lieu au **Dr. Oussama AIT SAHED** et également aux membres du jury, les **Dr. B.AMROUCHE** et **Dr R. BOUKENOUI** pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail en acceptant de l'examiner et de l'enrichir par leurs propositions.*

*Nous remercions aussi tous les membres du personnel, et des enseignants et à leur tête le **Dr. Dj. LAFRI** notre **Chef de département des Energies Renouvelables de l'Université de Blida1**.*

*Nous remercions également les parents et tous les membres de la famille pour leur soutien moral durant toute la durée de préparation du ce travail.*

*Enfin nos remerciements vont également à toutes les personnes qui ont, de près ou de loin, apporté aide et encouragement.*

## DEDICACES

*Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, que je dédie mon travail*

*A ma Mère, A. MEHLOUL,*

*« Tu m'a donnée la vie, la tendresse et le courage pour réussir.*

*Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte.*

*En témoignage, je t'offre ce modeste travail pour te remercie pour tes sacrifices et pour l'affection dont tu m'as toujours entourée ».*

*A mon père, Mohamed,*

*« L'épaule solide, l'œil attentif, compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect.*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments, que DIEU te préserve et te procure santé et longue vie. »*

*A mes sœurs : MADINA et ZOLA et la petite FELLA.*

*A mon binôme : MED ANESS*

*Un grand merci à nos chers frères durant notre parcours universitaire : Chamcham, Chenwi, Soufa, Anis et Amir.*

*A tous mes meilleures amies de la promotion 2022. A ma famille et toutes les personnes que j'aime.*

**ADEL**

## DEDICACES

*Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, que je dédie mon travail*

*A ma Mère, F.HALIMI,*

*« Tu m'a donnée la vie, la tendresse et le courage pour réussir.*

*Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte.*

*En témoignage, je t'offre ce modeste travail pour te remercie pour tes sacrifices et pour l'affection dont tu m'as toujours entourée ».*

*A mon père, Mohammed,*

*« L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne, la plus digne de mon estime et de mon respect.*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments, que Dieu te préserve et te procure santé et longue vie. »*

*A mes grands-parents.*

*A mes sœurs, Imene, Ikram et Doudou, et mon frère Zino.*

*Aux petits : ZAID, SAAD, MADJD, NOUFEL ET LA PETITE ILEF.*

*A mon binôme : ADEL.*

*Un grand merci à nos chers frères durant notre parcours universitaire : Chamcham, Chenwi, Soufa, Xlax et Amir.*

*A tous mes meilleures amies de la promotion 2022. A ma famille et toutes les personnes que j'aime.*

**MED ANESS**

ملخص:

نقدم في أطروحتنا تصميم وبناء إضاءة ذكية على مستوى فندق يتم التحكم فيه بواسطة بطاقة أرد وينو. الهدف من هذا العمل هو تشغيل إضاءة السلالم والممرات فقط عند الضرورة من أجل توفير الطاقة والتقليل من تكاليفها. وسيتم التحجيم بطريقتين، الأولى تحليلية والأخرى باستخدام برنامج التحجيم Pvsyst، الاختبارات التي تم إجراؤها تتماشى مع أهدافنا، وهي الاشتعال المتقطع.

الكلمات المفتاحية

، التحجيم ، الإضاءة ، الطاقات المتجددة ، الفنادق ، العاكس ، الألواح UNO Arduino البطاريات ، مستشعر الحركة ، لوحة :  
، الكهروضوئي، المنظم

## Résumé :

Nous présentons dans notre mémoire la conception et la réalisation d'un éclairage intelligent au niveau d'un hôtel contrôlé par une carte de contrôle à base d'Arduino Uno. L'objectif de ce travail est d'allumer l'éclairage des cages d'escaliers et les couloirs, uniquement lorsque cela est nécessaire afin d'économiser l'énergie et les couts énergétiques, et le dimensionnement sera fait par deux méthode l'une analytique et l'autre avec le logiciel Pvsyst, Les tests effectués sont conformes à nos objectifs, soit un allumage intermittent.

## Mots clés :

Batteries, capteur de mouvement, carte Arduino UNO, dimensionnement, éclairage, énergies renouvelables, hôtel, onduleur, panneaux photovoltaïques, Pvsyst, régulateur.

## Abstract

We present in our thesis the design and the realization of an intelligent lighting at the level of a hotel controlled by a control board based on Arduino Uno. The objective of this work is to turn on the lighting of stairwells and corridors, only, when necessary, in order to save energy and energy costs, and the sizing will be done by two methods, one analytical and the other with the Pvsyst software, The tests carried out are in line with our objectives, ie intermittent ignition.

## Keywords:

Batteries, motion sensor, Arduino UNO board, sizing, lighting, renewable energies, hotel, inverter, photovoltaic panels, Pvsyst, regulator.

## Liste des figures

### Chapitre 1 : RAYONNEMENT SOLAIRE ET LES SYSTEMES PV.

<b>Figure 1:</b> Mouvement de la terre .....	3
<b>Figure 2:</b> Représentation schématique du nombre de masse d'air .....	4
<b>Figure 3:</b> L'effet photovoltaïque .....	5
<b>Figure 4:</b> Structure basic d'une cellule solaire .....	6
<b>Figure 5:</b> Caractéristique courant-tension et puissance d'une cellule photovoltaïque .....	9
<b>Figure 6:</b> Courant de court-circuit d'une cellule photovoltaïque .....	10
<b>Figure 7:</b> Tension d'une cellule en circuit ouvert .....	10
<b>Figure 8:</b> Système photovoltaïque autonome .....	11
<b>Figure 9:</b> Coupe d'un panneau photovoltaïque .....	13
<b>Figure 10:</b> Branchement des modules série et parallèle .....	13
<b>Figure 11:</b> Construction d'une batterie monobloc .....	16
<b>Figure 12:</b> Principe de fonctionnement de l'accumulateur au Plomb .....	17
<b>Figure 13:</b> Micro-onduleur .....	18
<b>Figure 14:</b> Onduleur string .....	19
<b>Figure 15:</b> Onduleur centralisé .....	20
<b>Figure 16:</b> Schéma de principe d'un onduleur PV .....	21

### Chapitre 2 : DESCRIPTION SUR L'ÉCLAIRAGE

<b>Figure 17:</b> Eclairage au niveau de l'industrie .....	25
<b>Figure 18:</b> Eclairage au niveau des hôpitaux .....	26
<b>Figure 19:</b> Eclairage de sécurité .....	26
<b>Figure 20:</b> Eclairage au niveau Agriculture .....	27
<b>Figure 21:</b> Eclairage au niveau des Musées et galerie d'exposition .....	28

### Chapitre 3 : MATERIELS ET LOGICIELS UTILISES.

<b>Figure 22:</b> Arduino Uno .....	33
<b>Figure 23 :</b> Plaque d'essai Bread-Board .....	35
<b>Figure 24:</b> Capteur de Mouvement .....	36
<b>Figure 25:</b> Schéma de câblage Capteur infrarouge PIR .....	37
<b>Figure 26:</b> Leds .....	38

<b>Figure 27:</b> Relais .....	40
<b>Figure 28:</b> Interface de logiciel Arduino Ide .....	41
<b>Figure 29:</b> Interface de la Platform TinkerCad.....	42
<b>Figure 30:</b> Interface de logiciel PVsyst .....	43

## **Chapitre 4 : DIMENSIONNEMENT.**

<b>Figure 31 :</b> Le schéma descriptif de l'hôtel .....	46
<b>Figure 32:</b> La fiche technique du panneau choisi.....	48
<b>Figure 33:</b> La fiche technique du régulateur choisi .....	49
<b>Figure 34:</b> La fiche technique de la batterie choisie.....	49
<b>Figure 35:</b> La fiche technique du panneau choisi.....	51
<b>Figure 36:</b> La fiche technique du régulateur choisi.....	51
<b>Figure 37:</b> Paramètre de coordonnée géographique du site sur PVsyst .....	52
<b>Figure 38:</b> Les données météorologiques du site .....	53
<b>Figure 39:</b> Choix d'inclinaison .....	54
<b>Figure 40:</b> Les besoins de l'utilisateur .....	54
<b>Figure 41:</b> Distribution horaire.....	55
<b>Figure 42:</b> Paramètre pour définir le type de batterie.....	55
<b>Figure 43:</b> Choix parc de batterie .....	56
<b>Figure 44:</b> Choix du panneau et régulateur .....	57
<b>Figure 45:</b> Choix de site .....	58
<b>Figure 46:</b> Choix d'inclinaison .....	58
<b>Figure 47:</b> Choix des composants .....	59

## **Chapitre 5 : DESCRIPTION DE L'ÉCLAIRAGE**

<b>Figure 48:</b> Vue Circuit.....	61
<b>Figure 49:</b> Vue schématique.....	62
<b>Figure 50:</b> Vue circuit.....	62
<b>Figure 51:</b> Vue schématique.....	63
<b>Figure 52:</b> Vue circuit.....	64
<b>Figure 53:</b> Vue Schématique .....	64
<b>Figure 54:</b> Vue circuit.....	65

<b>Figure 55:</b> Vue Schématique .....	65
<b>Figure 56:</b> Organigramme de capteur de mouvement PIR.....	66
<b>Figure 57:</b> Réalisation de la maquette (la façade) .....	67
<b>Figure 58:</b> Réalisation de la maquette (les escaliers) .....	67
<b>Figure 59:</b> Test de fonctionnements sur la plaque d'essai .....	68

## Liste des Tableaux

<b>Tableau 1:</b> Tableau comparatif des différentes technologies de cellules photovoltaïques .....	<b>8</b>
<b>Tableau 2:</b> Tableau des différents paramètres des sources d'éclairage .....	<b>29</b>
<b>Tableau 3:</b> Tableau des besoins d'utilisateurs pour le système autonome.....	<b>47</b>
<b>Tableau 4:</b> Tableau des besoins d'utilisateurs pour le système connecté au réseau .....	<b>50</b>
<b>Tableau 5:</b> Tableau comparatif des prix entre les deux méthodes de dimensionnement pour le système autonome .....	<b>70</b>
<b>Tableau 6 :</b> Tableau comparatif des prix entre les deux méthodes de dimensionnement pour le système connecté au réseau .....	<b>71</b>
<b>Tableau 7:</b> Tableau des prix unitaire de la consommation selon Sonelgaz.....	<b>71</b>

## Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....	1
<b><u>CHAPITRE 1 : RAYONNEMENT SOLAIRE ET LES SYSTEMES PV :</u></b>	
I.1 Introduction.....	2
I.2 Rayonnement solaire.....	2
I.2.2 Le rayonnement solaire .....	3
I.2.3 Influence de l'atmosphère sur le rayonnement solaire .....	3
I.2.3.1 L'effet photovoltaïque.....	4
I.2.4 La cellule photovoltaïque .....	5
I.2.4.2 Historique du photovoltaïque.....	5
I.2.4.3 Les différents technologies photovoltaïques .....	7
a. Courant de Court-circuit (ICC).....	9
b. Tension en circuit ouvert (VCO).....	10
I.4 Type de systèmes photovoltaïques.....	11
I.4.1 Systèmes autonomes.....	11
I.5 Générateur photovoltaïque .....	12
I.5.1 Constitution d'un générateur PV .....	12
I.5.1.1 Association en série .....	13
I.5.1.2 Association en parallèle .....	13
I.6 Régulation.....	14
I.6.2 Principe de fonctionnement des régulateurs .....	14
I.7 Stockage .....	15
I.7.1 Définition.....	15
I.7.2 Composition d'une batterie .....	15
I.7.3 Caractéristique d'une batterie solaire.....	16
I.7.4 Principe de fonctionnement.....	17
I.8 Interfaces de conversion.....	18
I.8.2 Les différents types d'onduleur.....	18
I.8.2.2 Onduleur string .....	18
I.8.2.3 Onduleur Centralisé .....	19
I.8.3 Principe de fonctionnement.....	20
I.8.4 Caractéristique d'un onduleur PV.....	21
I.9 Conclusion.....	22
<b><u>CHAPITRE 2 : Description de l'éclairage</u></b>	
II.1 Introduction.....	24
II.2 Objectif de l'éclairage automatique et intelligent .....	24
II.3 Domaine d'utilisation de l'éclairage.....	25
II.3.2 Usage Médical et hospitalier .....	25
II.3.3 Éclairage de sécurité .....	26
II.3.4 Agriculture.....	27
II.3.5 Musées et galeries d'art.....	27
II.4 Type d'éclairage .....	28
II.4.2 Eclairage extérieures.....	28
II.5 Différentes sources d'éclairage.....	29
II.6 Gestion des systèmes automatiques de l'éclairage.....	30
II.6.2 Cellules photosensibles.....	30
II.6.3 Multi-capteurs.....	30
II.6.4 Gestion centralisée de l'éclairage .....	30
II.7 Conclusion.....	30

## **CHAPITRE 3 : Matériels et logiciels utilisés**

III.1	Introduction.....	32
III.2	La problématique.....	32
III.3	L'objective .....	32
III.4	Besoin en matériels.....	32
III.5	Besoin en Software.....	32
III.6	Les outils matériels.....	33
III.6.1	L'Arduino Uno .....	33
III.6.1.1	Caractéristiques principales.....	33
III.6.2	Carte d'essai Bread-Bord.....	34
III.6.3	Détecteurs de mouvement à infrarouge passif (PIR sensor).....	35
III.6.3.2	Principe de fonctionnement.....	36
III.6.3.3	Câblage.....	37
III.6.4	LEDS.....	37
III.6.5	Les files de connexion.....	38
III.6.5.1	Les fils mâles mâles aussi appelé « jumper ».....	38
III.6.5.2	Les fils monobrins.....	39
III.6.6	Les relais.....	39
III.6.6.1	Principe de fonctionnement.....	39
III.7	Les outils logiciels.....	40
III.7.1	Logiciel Arduino IDE.....	40
III.7.2	La plateforme Tikerade.....	41
III.7.3	PVsys.....	42
III.7.3.1	Le processus de conception d'un système dans PVsys.....	42
III.7.3.2	Les différentes applications de PVsys.....	43
III.7.3.2.1	Applications couplées au réseau.....	43
III.7.3.2.2	Applications autonomes.....	43
III.7.3.2.3	Système de pompage solaire .....	43
III.8	Conclusion.....	44

## **Chapitre 4 : Dimensionnement**

IV.1	Introduction.....	46
IV.2	Description de l'hôtel.....	46
IV.3	Schéma de l'hôtel.....	46
IV.4	Dimensionnement.....	47
IV.4.1	Dimensionnement analytique.....	47
A.	Types d'onduleur.....	47
B.	Le nombre de panneaux.....	48
C.	Choix de régulateur.....	48
D.	Nombre de Batteries.....	49
IV.4.1.2	Dans le cas où il y a le réseau électrique (système raccordé au réseau).....	50
B.	Le nombre de panneaux.....	50
C.	Choix de régulateur.....	51
IV.4.2	Dimensionnement par logiciel PVsyst.....	51
IV.4.2.1	Système autonome.....	51
a)	Etape 1.....	52
b)	Etape 2.....	52
c)	Etape 3.....	53
d)	Etape 4.....	54
e)	Etape 5.....	55
IV.4.2.2	Système connecté au réseau.....	58
IV.5	CONCLUSION.....	59

## **Chapitre 5 : Réalisations pratiques**

V.1	Introduction.....	61
V.2	Simulation sur TinkerCad.....	61
V.2.2	Cas de la réalisation de l'hôtel.....	61
V.2.2.1	Couloir.....	61
V.2.2.2	L'escalier.....	62
V.2.3	Cas de réalisation sur la maquette.....	63
V.2.3.1	Couloir.....	61
V.2.3.2	L'escalier.....	65
V.3	Organigramme de notre système.....	66
V.4	Réalisation de la maquette.....	67
V.4.1	Montage sur plaque d'essai.....	68
V.5	Conclusion.....	68

## **Chapitre 6 : Résultat et discussion**

VI.1	Introduction.....	70
VI.2	Comparaison entre les deux méthodes de dimensionnement.....	70
VI.2.1	Système autonome.....	70
VI.2.2	Système connecté au réseau.....	71
VI.3	Prix unitaire de la consommation selon sonelgaz.....	71
VI.4	Cout de la consommation selon sonelgaz.....	72
VI.4.1	Système autonome.....	72
VI.4.2	Système connecté au réseau.....	72
VI.4.3	Cout du consommation de l'hôtel sans système photovoltaïque.....	73
VI.5	Cout de la consommation avec une installation PV.....	73
VI.6	Résultats.....	73
VI.7	Conclusion.....	73
	<b>Conclusion générale.....</b>	<b>74</b>

<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>77</b>
<b>ANNEXES</b> .....	<b>78</b>
<b>ANNEXE A</b>	
<b>ANNEXE B</b>	
<b>ANNEXE C</b>	

INTRODUCTION GENERALE

---

# **INTRODUCTION GENERALE**

Le constat scientifique que notre développement moderne perturbe profondément plusieurs équilibres planétaires, particulièrement la biodiversité et le climat. Ceci marque profondément le contexte mondial actuel et indique la nécessité d'une transition vers un modèle de développement plus soutenable. Le secteur de l'énergie, fondamental dans toute forme de développement, contribue fortement à ces dérèglements planétaires. Confrontée à l'urgence climatique qui fait maintenant consensus depuis l'Accord de Paris adopté en décembre 2015, l'humanité attend beaucoup d'une « transition énergétique » qui réponde efficacement à ces enjeux.

L'énergie électrique est essentielle à la vie humaine et locomotive de tous processus de développement économique, l'utilisation de l'énergie verte dans les infrastructures demeure une nécessité pour assurer plus d'économie notamment dans les lieux à haute consommation de l'électricité comme l'éclairages publiques, les institutions publiques comme les administrations, les ministères, les mosquées et en particulier dans les hôtels qui sont souvent laissés allumés par oubli, , ou en raison d'une utilisation pendant de très longues périodes ce qui entraîne un gaspillage d'énergie et d'économie.

Ce mémoire est divisé en deux partie une partie théorique et partie pratique.

Dans le premier chapitre nous allons parler sur les composants nécessaires pour réaliser un système photovoltaïque, ainsi que les différents types d'installations.

Ensuite nous allons parler sur l'importance de l'éclairage et ses domaines d'utilisations.

Le 3ème chapitre sera consacré à une étude approfondie de la carte de contrôle Arduino et les différents composants et plateformes et logiciels utilisés afin de réaliser notre projet.

Dans le 4ème chapitre nous allons dimensionner avec deux méthodes notre système photovoltaïque pour savoirs les composants nécessaires afin d'alimenter notre hôtel.

Nous allons entamer la partie pratique et la conception de projet dans le 5ème chapitre en commençant par définir les schémas électroniques de l'installation.

Nous terminons notre travail par une conclusion générale mettant en évidence les différents résultats trouvés et les perspectives d'amélioration de notre installation.

**I. CHAPITRE I : RAYONNEMENT  
SOLAIRE ET LES SYSTEMES  
PHOTOVOLTAIQUES.**

---

### **I.1 Introduction :**

L'augmentation du coût des énergies classiques d'une part, et la limitation de leurs ressources d'autre part, font que l'énergie photovoltaïque devient de plus en plus une solution parmi les options énergétiques prometteuses avec des avantages comme l'abondance, l'absence de toute pollution et la disponibilité en plus ou moins grandes quantités en tout point du globe terrestre. Actuellement, on assiste à un regain d'intérêt pour les installations utilisant l'énergie solaire, surtout pour les applications sur des sites isolés.

La conversion photovoltaïque est l'un des modes les plus intéressants d'utilisation de l'énergie solaire. Elle permet d'obtenir de l'électricité de façon directe et autonome à l'aide d'un matériel fiable et de durée de vie relativement élevée, permettant une maintenance réduite.

Le but d'un système photovoltaïque (PV) est d'utiliser la conversion directe de l'énergie solaire par effet photovoltaïque pour subvenir aux besoins en énergie électrique.

### **I.2 Rayonnement solaire :**

#### **I.2.1 L'énergie solaire :**

Le soleil est une étoile située à environ 150 millions de kilomètre de la terre. Son rayon est 109 fois celui de la terre, et sa masse 330.000 fois celle de notre planète. C'est une étoile gazeuse composé de :

75% d'hydrogène H<sub>2</sub>.

23% d'hélium He.

02% d'autre (C, O<sub>2</sub>, Fe...).

Le soleil tire son énergie des réactions thermonucléaire qui se produisent en permanence dans son noyau on chaque second, 564 millions de tonnes d'hydrogène H<sub>2</sub> se fusionnent en 560 millions de tonnes d'hélium He. Ces réactions permettent au soleil d'envoyer à chaque instant une quantité d'énergie énorme  $3,87.10^{26}$  watts.

La terre décrit autour du soleil dans un plan dit "plan de l'écliptique", la terre tourne sur elle-même, selon un axe incline de 23° 27' sur le plan de l'écliptique[1].

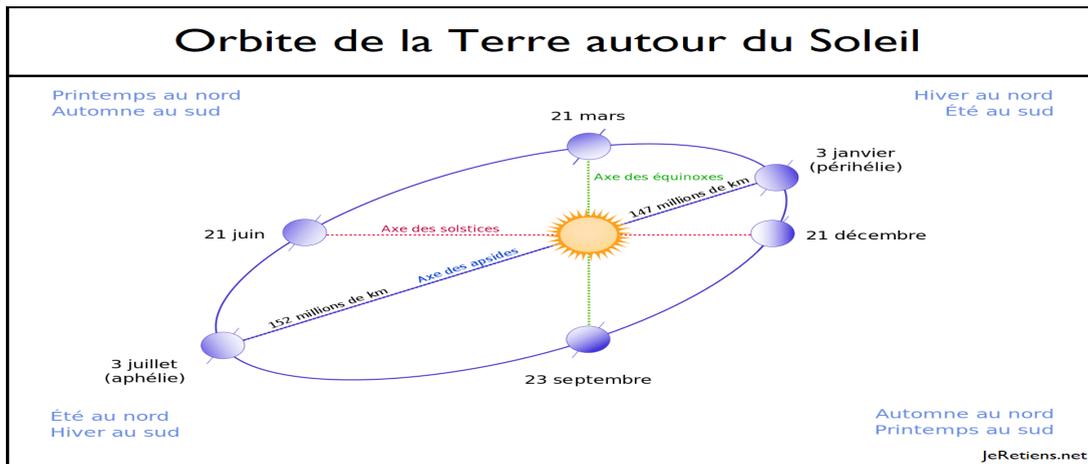


Figure 1: Mouvement de la terre.

### I.2.2 Le rayonnement solaire :

Le soleil tire son énergie de réactions thermonucléaires qui se produisant dans son noyau, l'énergie est sous forme d'ondes électromagnétiques dont l'ensemble forme le rayonnement solaire [1]. Ce rayonnement travers l'espace a une vitesse constante de 300 000 Km par second dénommée vitesse de la lumière.

Le rayonnement qui arrive à l'atmosphère de la terre a une puissance égale à  $1367 \text{ W/m}^2$ , qu'on appelle la constante solaire.

- On appelle ensoleillement ou rayonnement : la puissance du rayonnement solaire reçue par unité de surface [ $\text{W/m}^2$ ].
- On appelle irradiation : l'énergie reçue pendant un intervalle de temps, elle s'exprime en Wattheure par mètre carre par jour [ $\text{Wh/m}^2/\text{j}$ ].

Après son voyage dans l'espace, le rayonnement solaire atteint l'atmosphère va subir des transformations par absorption et par diffusion[2].

### I.2.3 Influence de l'atmosphère sur le rayonnement solaire :

Outre la composition de l'atmosphère, le facteur le plus important pour évaluer la quantité du rayonnement solaire qui atteint la surface de la terre est l'épaisseur d'atmosphère que le rayonnement doit traverser.

- **La masse d'air optique :**

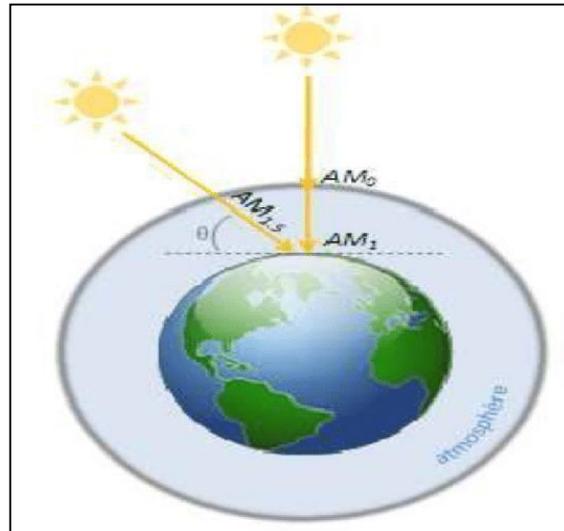
Au lieu du jour, le soleil est au-dessus de nos têtes, et ses rayons ont à traverser une épaisseur d'air moindre avant d'arriver sur terre. Mais au début et a la fin de la journée, le

Soleil est bas sur l'horizon ; la traversée de l'atmosphère se fait alors plus long. Plus grand est ce trajet, plus grande sont les atténuations du rayonnement solaire avant d'atteindre le sol. L'épaisseur d'atmosphère traversée influant donc le spectre lumineux reçu. Les normes internationales définissent différents types de spectre, selon l'équation suivante :

$$AM = \frac{1}{\cos(\theta_z)}$$

Avec : AM : Masse d'Air.

$\theta_z$  : représente l'angle entre la position du soleil et l'horizon.



**Figure 2:** Représentation schématique du nombre de masse d'air.

L'intensité reçue à la surface de la terre peut être calculée grâce à la formule suivante[1] :

$$I_D = 1.353(0.7^{AM})^{0.678}$$

### **I.2.3.1 L'effet photovoltaïque :**

L'absorption d'un photon (grain de lumière) dans le matériau semi-conducteur entraîne la formation d'une paire électron-trou. L'électron et le trou sont l'effet de la différence de potentiel dans la jonction, si on ferme le circuit par une charge (ampoule, etc.), un courant électrique circule.

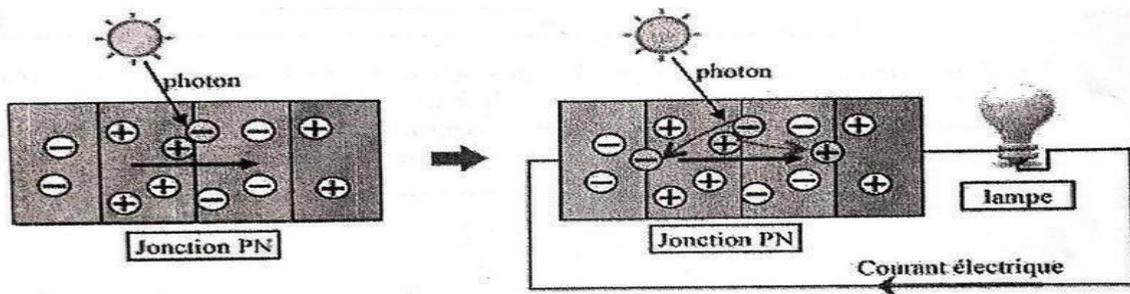


Figure 3: L'effet photovoltaïque[1].

Alors nous pouvons déduire que l'effet photovoltaïque (ou la conversion photovoltaïque) est basé sur trois étapes :

- Absorptions des photons par le matériau.
- Conversion de l'énergie du photon en énergie électrique, ce qui correspond à la création de paires électron-trou dans le matériau semi-conducteur.
- Collecte des particules générées [1].

## **I.2.4 La cellule photovoltaïque :**

### **I.2.4.1 Historique du photovoltaïque :**

Le terme « photovoltaïque » souvent abrégé par le sigle « PV », a été formé à partir des mots « photo » un mot grec signifiant lumière et « Volta » le nom du physicien italien Alessandro Volta. L'effet photovoltaïque est la conversion directe de l'énergie solaire en électricité.

L'effet photovoltaïque a été découvert pour la première fois en 1839 par le savant Antoine Becquerel. Il a constaté que certains matériaux pouvaient produire de petites quantités d'électricité quand ils étaient exposés à la lumière.

En 1839, l'ingénieur américain "Willoughby Smith" découvre les propriétés photosensibles du sélénium.

En 1839, "W.G.Adam" et "R.E.Day" explique l'effet photovoltaïque du sélénium.

En 1839,"Charles Frits" construit la première cellule en sélénium et or. Elle atteint un rendement d'environ 1%.

En 1905, "Albert Einstein" publie sur un point de vue heuristique concernant la production et la transformation de la lumière. Cet article lui vaudra le prix Nobel de physique en 1922.

En 1954, Les chercheurs américains "Gerald Pearson", "Darry Chapin" et "Calvin

Fuller" travaillent pour les laboratoires Bell mettent au point une cellule PV en silicium.

Les premières applications ont eu lieu dans les années 60 aux équipements de satellites spatiaux (Les américains lancent en 1954 le satellite Vanguard qui est alimenté par des piles photovoltaïques ayant un rendement 9%.)

Puis à partir de 1970, l'utilisation terrestre est pratiquée sur des sites isolés.

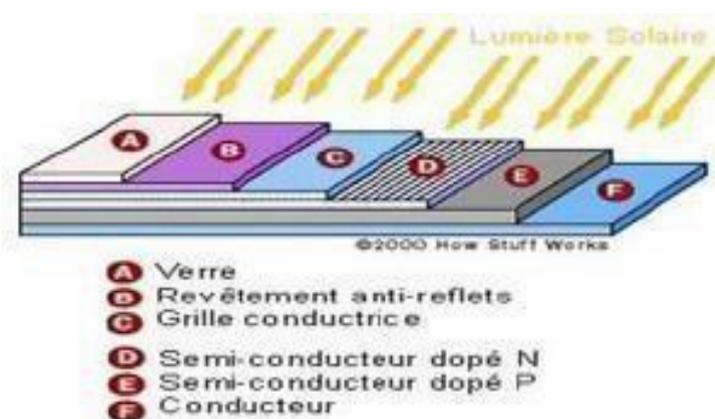
Dans les années 1980, on assiste à la mise en place des premières centrales photovoltaïques [2].

La première cellule photovoltaïque (ou photopile) a été développée aux Etats-Unis en 1954 par les chercheurs des laboratoires Bell, qui ont découvert que la photosensibilité du silicium pouvant être augmentée en ajoutant des "impuretés". C'est une technique appelée le "dopage" qui est utilisée pour tous les semi-conducteurs. Mais en dépit de l'intérêt des scientifiques au cours des années, ce n'est que lors de la course vers l'espace que les cellules ont quitté les laboratoires. En effet, les photopiles représentent la solution idéale pour satisfaire les besoins en électricité à bord des satellites, ainsi que dans tout site isolé [3].

#### **I.2.4.2 Constitution :**

La cellule PV ou encore photopile est le plus petit élément d'une installation photovoltaïque. Elle est composée de matériaux semi-conducteurs et transforme directement l'énergie lumineuse en énergie électrique. Les cellules photovoltaïques sont constituées :

- D'une fine couche semi-conductrice telle que le silicium, qui est un matériau présentant une conductivité relativement bonne.
- D'une couche anti-reflet permettent une pénétration maximale des rayons solaire.
- D'une grille conductrice sur le dessus ou cathode et d'un métal conducteur sur le dessous ou anode.



**Figure 4:** Structure basic d'une cellule solaire.

Une cellule PV est basée sur le phénomène physique appelé effet photovoltaïque qui consiste à établir une force électromotrice lorsque la surface de cette cellule est exposée à la lumière. La tension générée peut varier entre 0.3 et 0.7 en fonction du matériau utilisé et de sa disposition ainsi que de la température et du vieillissement de la cellule [4].

#### **I.2.4.3 Les différentes technologies photovoltaïques :**

Il existe de nombreuses familles et sous-familles de cellules qui diffèrent chacune selon la nature du semi-conducteur et du procédé de fabrication. Néanmoins, leurs propriétés électriques sont semblables d'une technologie à une autre.

Les principales technologies industrialisées en quantité à ce jour sont : le silicium mono ou poly cristallin (plus de 80% de la production mondiale) et le silicium en couche mince à base de silicium amorphe ou de sulfure de cadmium (CdS), de tellure de cadmium (CdTe)

Le tableau suivant (**Tableau 1**) exprime les différentes technologies des cellules photovoltaïques :

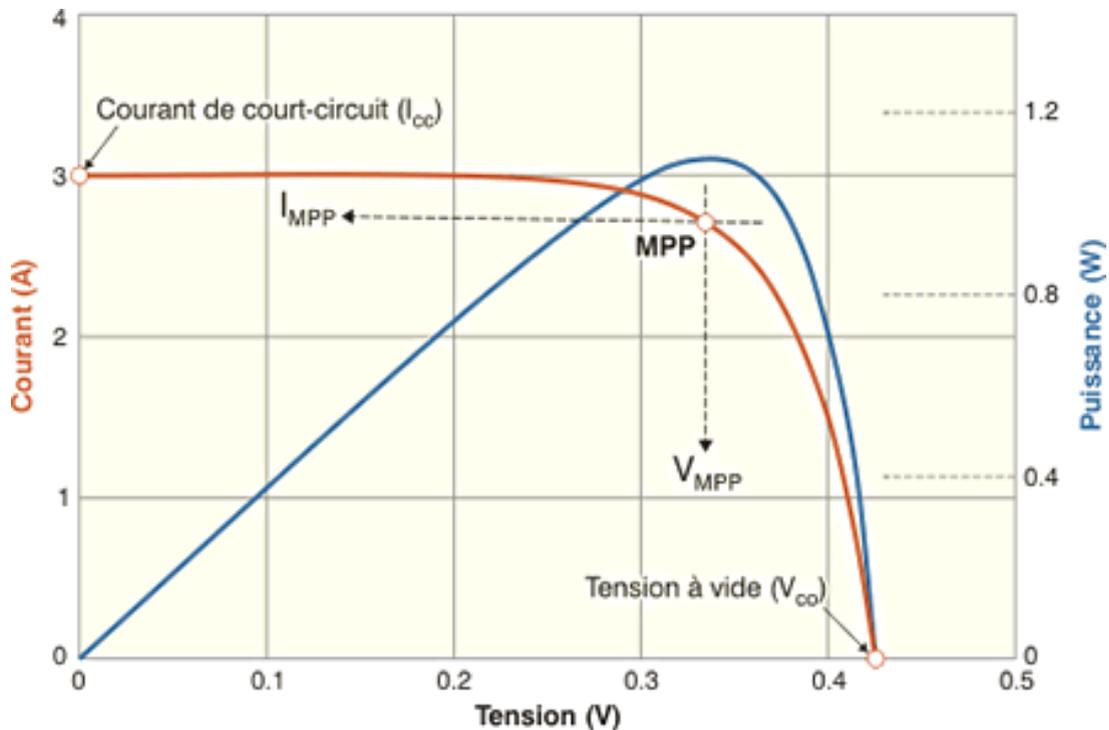
**Tableau 1:** Tableau comparatif des différentes technologies de cellules photovoltaïques [1].

Types de cellules	Silicium Mono cristallin	Silicium amorphe cristallin	Silicium amorphe (couche mince)	Cellule Cdte (couche mince)
Rendement industriel	12-20%	10-15%	5-10%	8-11%
Part marché	85%		5%	10%
Durée de vie	25-30 ans		Environ 10 ans	>25 ans
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Technologie connu et maîtrisée</li> <li>-Bon rendement</li> <li>-Durée de vie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Technologie et connu maîtrisée</li> <li>-Bon rendement</li> <li>-durée de vie</li> <li>-Moins cher que la technologie monocristalline</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Meilleure marché</li> <li>-Rendement moins affecté par un faible éclairage</li> <li>-Plus souple</li> <li>-Installation plus facile</li> <li>- Moins énergivore</li> <li>-Meilleure résistance à la température</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Bonne résistance à la température</li> <li>-Plus d'absorption de rayonnement diffus que le cristallin</li> </ul>
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Couteuse</li> <li>-Rendement faible sous un faible éclairage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Rendement faible sous un faible éclairage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Rendement</li> <li>-Durée de vie</li> <li>-Processus industriel pas encore optimal</li> <li>- Moins écologique que le cristallin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Rendement plus faible que le cristallin</li> <li>-Matériau toxique nécessite donc un processus de recyclage complexe</li> <li>- Moins d'absorption que l'amorphe</li> <li>-Sensibilité à l'humidité</li> </ul>

**I.2.4.4 La caractéristique électrique d'une cellule photovoltaïque :**

La puissance électrique délivrée par une cellule photovoltaïque est le produit de la tension par le courant qu'elle génère. Ces deux grandeurs, courant et tension dépendent à la fois des propriétés électriques de la cellule mais aussi de la charge électrique a ses bornes.

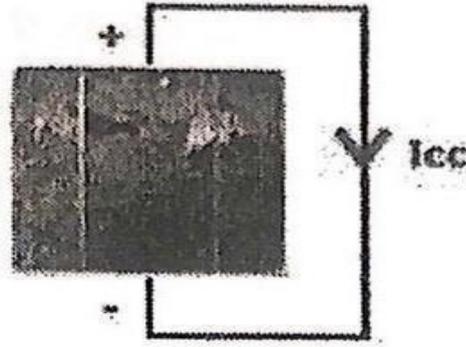
Les propriétés électriques de la cellule sont synthétisées dans un graphe qu'on appelle caractéristique courant-tension. Tout dipôle électrique est entièrement défini par sa caractéristique courant-tension, qui lui est propre [1].



**Figure 5:** Caractéristique courant-tension et puissance d'une cellule photovoltaïque [1].

**a. Courant de Court-circuit ( $I_{cc}$ ) :**

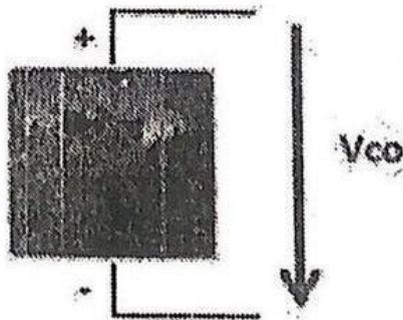
Il s'agit du courant qui traverse la cellule photovoltaïque lorsque celle-ci est court-circuit, c'est-à-dire lorsque le pôle + est relié au pôle - (la tension à ses bornes est alors nulle). Dans ce cas, la puissance fournie par la cellule  $P = V \cdot I$  est nulle [1].



**Figure 6:** Courant de court-circuit d'une cellule photovoltaïque [1].

**b. Tension en circuit ouvert ( $V_{co}$ ) :**

Il s'agit de la tension aux bornes de la cellule lorsque celle-ci est en circuit ouvert, c'est-à-dire lorsque le pôle + et le pôle - sont isolés électriquement de tout autre circuit électrique (le courant la traversant est alors nul). Dans ce cas, la puissance fournie par la cellule  $P = V \cdot I$  est nulle.



**Figure 7:** Tension d'une cellule en circuit ouvert [1].

La caractéristique courant-tension d'une cellule photovoltaïque met en évidence un point de maximum  $P_{MPP}$ . Ce point est le produit d'un courant et d'une tension donnée. On appelle respectivement  $I_{MPP}$  et  $U_{MPP}$  le courant et la tension correspondant au point de puissance maximum. C'est-à-dire  $P_{MPP} = I_{MPP} \cdot U_{MPP}$  [1].

### I.3 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN SYSTEME PV

Généralement une installation photovoltaïque autonome est constituée du générateur PV, du stockage, du régulateur et éventuellement des interfaces de conversion continue alternatif. Dans ce chapitre en va parler sur ces 4 composants et leur principe de fonctionnement.

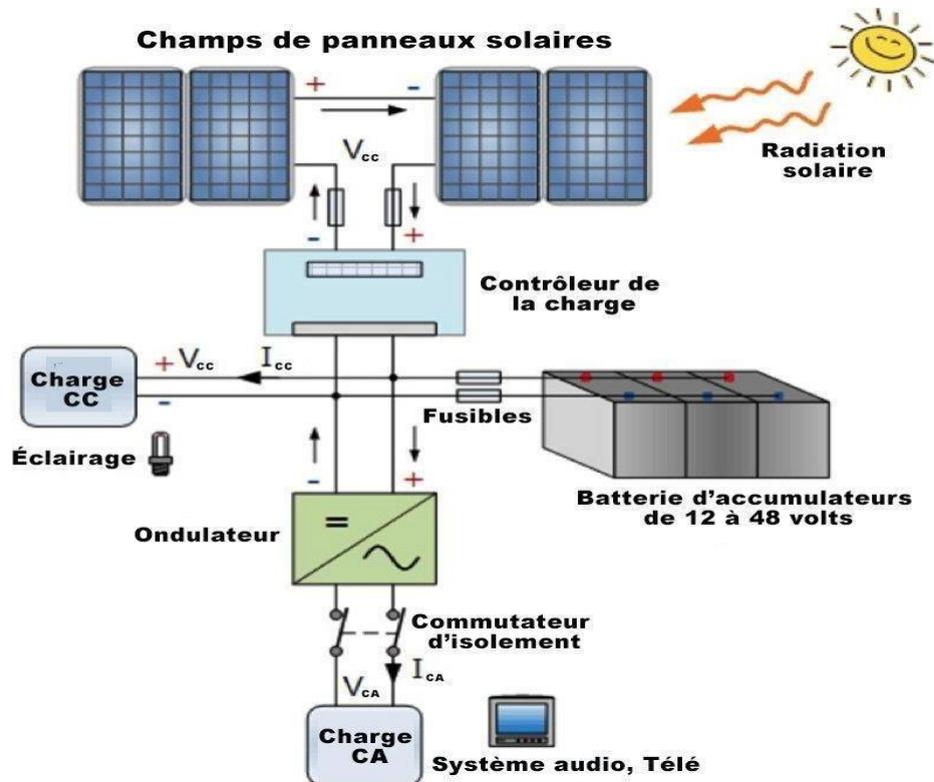


Figure 8: Système photovoltaïque autonome.

### I.4 Type de systèmes photovoltaïques

Les systèmes PV sont deux types :

- Autonomes
- reliés au réseau [BELAKHEL SOLTANI] :

#### I.4.1 Systèmes autonomes

C'est un système photovoltaïque complètement indépendant d'autre source d'énergie et qui alimente l'utilisateur en électricité sans être connecté au réseau électrique. Dans la majorité des cas, un système autonome exigera des batteries pour stocker l'énergie. Ils servent habituellement à alimenter les maisons en site isolé, sur des îles, en montagne ainsi qu'à des applications comme la surveillance à distance et le pompage de l'eau. En règle générale, les systèmes PV autonomes sont installés là où ils constituent la source d'énergie électrique la plus économique.

#### **I.4.2 Systèmes photovoltaïques connectés au réseau**

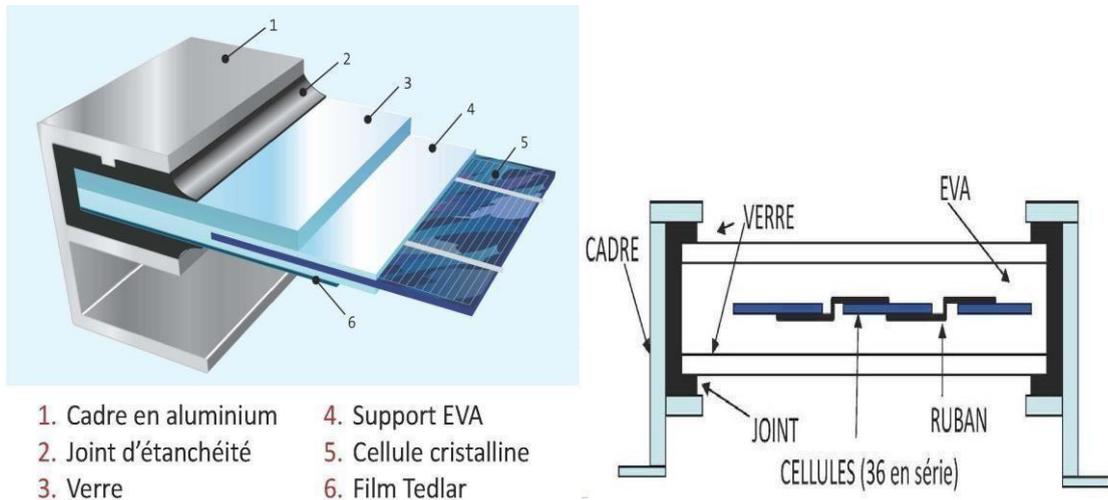
Le champ photovoltaïque est couplé directement au réseau électrique à l'aide d'un convertisseur courant continu- courant alternatif (CC-CA). Etant donné que l'énergie est normalement emmagasinée dans le réseau même, les accumulateurs ne sont pas nécessaires à moins que vous ne vouliez une forme autonome d'énergie pendant les pannes d'électricité. L'énergie produite est consommée sur place le surplus étant injecté dans le réseau, qui alimente les maisons de nuit ou pendant les jours sans soleil.

#### **I.5 Générateur photovoltaïque.**

##### **I.5.1 Constitution d'un générateur PV :**

Un module photovoltaïque est un générateur électrique de courant continu lorsqu'il est exposé à la lumière. Il est constitué de :

- 1-un cadre rigide le plus souvent en aluminium permettant la fixation mécanique.
- 2- d'un joint périphérique pour évite les pénétrations d'humidité.
- 3- le verre à la face avant ayant des caractéristiques spécifiques (bonne transparence, résistance à l'impact et a l'abrasion, étanchéité a l'humidité).
- 4-le support EVA pour l'enrobage des cellules.
- 5-les cellules cristallines (Wafer).
- 6-le film tedlar ou verre ayant les caractéristiques suivant (Protection contre le poinçonnement et les chocs, bonne évacuation de la chaleur, étanchéité a l'humidité) [6].



**Figure 9:** Coupe d'un panneau photovoltaïque.

A l'intérieur se trouve un ensemble de cellules photovoltaïques reliées électriquement entre elles. Elles sont assemblées en série ou en parallèle à l'intérieur du module afin de cumuler leur puissance et de les rendre plus résistantes à l'environnement externe.

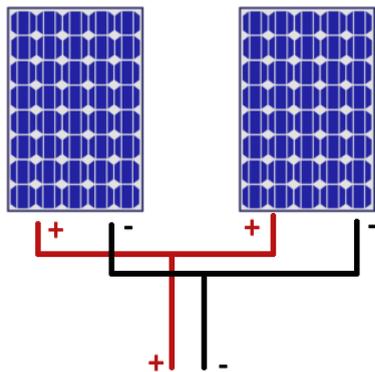
**I.5.1.1 Association en série :**

En additionnant des cellules ou des modules identiques en série, le courant de la branche reste le même mais la tension augmente proportionnelle au nombre de cellule (ou module) en série.

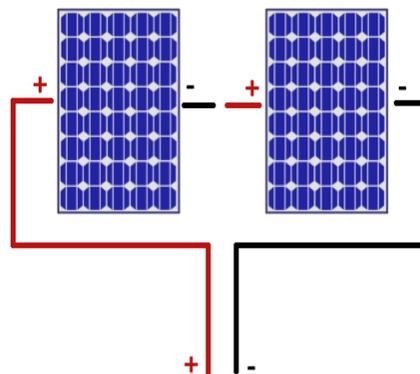
**I.5.1.2 Association en parallèle :**

En additionnant des cellules ou des modules identiques en parallèle, la tension de la branche est égale à la tension de chaque module et l'intensité augmente proportionnel au nombre de cellule (ou module) dans la branche [3].

Branchement de panneaux en parallèle



Branchement de panneaux en série



**Figure 10:** Branchement des modules série et parallèle.

## **I.6 Régulation**

### **I.6.1 Rôle de la régulation dans les systèmes PV :**

Le régulateur assure deux fonctions principales :

- La protection des batteries contre les surcharges et les décharges profondes.
- L'optimisation du transfert d'énergie du générateur PV à l'utilisation.

### **I.6.2 Principe de fonctionnement des régulateurs :**

Information sur l'état de charge : La densité de l'électrolyte de la batterie est théoriquement un excellent indicateur d'état de charge, mais souvent cet indicateur ne prend sa valeur caractéristique que plusieurs jours après sa charge. De plus, il faudrait agiter l'électrolyte pour faire une bonne mesure. Enfin, cette mesure est difficile à automatiser.

Finalement l'indicateur utilisé est la tension aux bornes de la batterie. Cette grandeur est la seule facilement mesurable capable de donner une estimation de l'état de charge.

Le régulateur doit maintenir l'état de charge des batteries entre deux seuils, un seuil haut et un seuil bas. Pour éviter tout phénomène de battement de la régulation. Le choix des seuils de régulation dépend des caractéristiques des batteries et des conditions d'utilisation (régime de charge, décharge, température).

Il existe plusieurs types de régulateur, on peut citer deux types : Le régulateur série et Le régulateur shunt (parallèle)

**I.7 Stockage :**

**I.7.1 Définition :**

Une batterie au plomb acide est un ensemble d'éléments de 2 volts connectés en série pour obtenir la tension d'utilisation désirée. Ces éléments sont constitués de plaques positives et négatives, assemblées en alternance.

Le nombre de plaques de chaque polarité, leur surface, ainsi que la quantité d'acide disponible dans l'électrolyte (composé chimique liquide ou gélifié dont le rôle est de fournir les ions sulfates nécessaires aux réactions d'oxydoréduction produites lors des recharges et décharges d'une batterie) sont des paramètres qui définissent la capacité de l'élément (aptitude pour une batterie chargée de restituer un certain nombre d'ampères heure, en régime de courant de décharge constant, sous une tension d'arrêt et une température définies) [5].

Dans chaque installation photovoltaïque autonome (dite aussi isolé) on trouve des batteries pour stocker l'énergie produit par les panneaux photovoltaïques. Ces batteries spécifiques sont appelées "batterie à décharge lente ou stationnaire" (ou pour simplifier batteries solaire) [6].

**I.7.2 Composition d'une batterie :**

Une batterie solaire comporte des électrodes positives et négatives composées d'alliage dissemblable plongées dans un électrolyte (acide). L'ensemble est encapsulé dans un bac scelle ou muni d'un bouchon de remplissage et d'un évent.

Il existe des batteries solaires fonctionnant en 2 Volts, 6 Volts, 12 Volts (tension nominale), dont la capacité (en Ampères heure) est inversement proportionnelle à la tension : les batteries ayant la capacité de stockage la plus élevée sont les batteries 2 Volt.

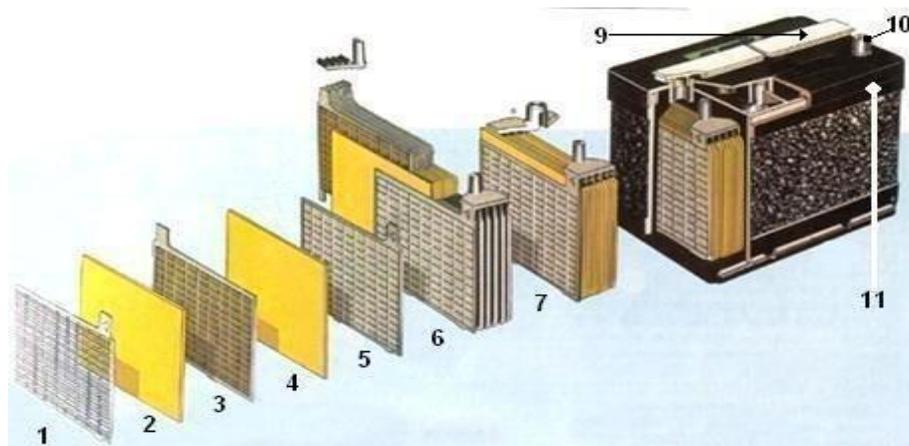


Figure 11: Construction d'une batterie monobloc.

- |                      |                       |
|----------------------|-----------------------|
| 1 : Grille           | 7 : Élément complet   |
| 2 : Séparateur       | 8 : Pont              |
| 3 : Plaque positive  | 9 : Rampe de bouchons |
| 4 : Plaque négative  | 10 : Borne            |
| 5 : Barrette         | 11 : Bac              |
| 6 : Faisceau négatif |                       |

Une batterie est constituée par plusieurs cellules ou des éléments reliés en série, pour augmenter le voltage à des valeurs normales aux applications électriques. Pour cette raison, une batterie de 6 V est composée de trois cellules, et une de 12 V de 6 cellules.

Les éléments des batteries sont souvent montés dans des bacs isolés du sol pour éviter le refroidissement de l'électrolyte par l'intermédiaire de support de bois [4].

### **I.7.3 Caractéristique d'une batterie solaire :**

Les systèmes photovoltaïques exigent habituellement des batteries qui peuvent être chargées pendant le jour et déchargées durant la nuit.

Ces batteries doivent fonctionner ainsi pendant des années, sans marquer d'anomalie ou de dysfonctionnement pour pouvoir satisfaire la demande des jours où il n'y a que peu ou pas de soleil [6].

Ce qui définit principalement une batterie solaire c'est :

- **Sa capacité en Ampère heure :**

Les Ampères heure d'une batterie sont simplement le nombre d'Ampères qu'elle fournit multiplié par le nombre d'heures pendant lesquelles circule ce courant. Théoriquement, par

exemple, une batterie de 200 Ah peut fournir 200 A pendant une heure, ou 50 A pendant 4 heures, ou 4 A pendant 50 heures [4].

La capacité de batterie dépend de plusieurs facteurs. Elle est déterminée sous des conditions de décharge fixée, habituellement à courant constant ( $C=I.t$ ) avec  $t$  : le temps de décharge au bout de laquelle la tension atteint une certaine valeur prédéfinie.

En pratique, cette capacité dépend du courant, du temps de décharge ainsi que de la température [6].

- **Sa tension :**

C'est la tension à laquelle l'énergie stockée est restituée normalement à la charge.

- **Le taux d'autodécharge :**

L'autodécharge est la perte de capacité en laissant l'accumulateur au repos (sans charge) pendant un temps donné.

- **La profondeur de décharge :**

Cependant, affecte même les batteries de cycle profond. Plus la décharge est grande plus la durée de vie de la batterie est réduite.

#### I.7.4 Principe de fonctionnement :

Une réaction chimique intervient lorsque la batterie alimente une charge connectée à ces deux électrodes. Pendant la décharge, il y a une oxydation à la plaque négative qui se traduit par une perte d'électrons et réduction à la plaque positive ou gain d'électrons. L'électrolyte en présence dans la batterie facilite le déplacement des charges électrochimiques sous forme d'ions. Le processus inverse se produit quand la batterie se recharge, on voit apparaître immédiatement une force électromotrice entre les deux électrodes. Les équations des réactions suivantes décrivent la réaction principale [5].

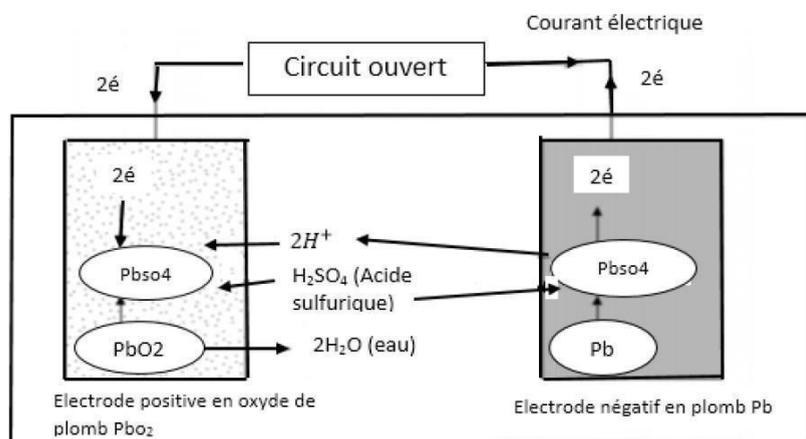


Figure 12: Principe de fonctionnement de l'accumulateur au Plomb Electrode.



Electrode negative:  $\text{Pb(s)} + \text{HSO}_4^-(\text{aq}) \rightarrow \text{PbSO}_4(\text{s}) + \text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^-$

Reaction:  $\text{PbO}_2(\text{s}) + \text{Pb(s)} + 2\text{HSO}_4^-(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) \leftrightarrow 2\text{PbSO}_4(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O(l)}$

## **I.8 Interfaces de conversion :**

### **I.8.1 Définition :**

Les fonctions de l'onduleur sont de convertir et d'acheminer l'électricité produite, avec un maximum d'efficacité et en toute sécurité, vers le réseau électrique, dans le cas du raccordé réseau, ou à l'utilisateur, dans le cas des sites isolés. L'onduleur convertit le courant continu des modules photovoltaïques en courant alternatif identique à celui du réseau.

On peut classer les onduleurs en fonction de leur différence d'intégration au système photovoltaïque : les micro-onduleurs, les onduleurs string et les onduleurs centraux [6].

### **I.8.2 Les différents types d'onduleur :**

#### **I.8.2.1 Les micro-onduleurs :**

Le micro-onduleur appelé aussi onduleur module, est un onduleur qui est incorporé directement derrière le panneau PV (sous forme de kit), l'ensemble fournit alors du courant alternatif.

Ce kit est idéal pour les installations à petites puissances (moins d'un kW)



**Figure 13:** Micro-onduleur.

#### **I.8.2.2 Onduleur string :**

L'onduleur string est un onduleur qui regroupe un ensemble de panneaux (string = une chaîne de panneaux interconnectés en série jusqu'à avoir la tension nominale de l'onduleur). Pour augmenter en puissance on regroupe plusieurs chaînes jusqu'à atteindre la puissance de l'onduleur (plusieurs kW par onduleur)



**Figure 14:** Onduleur string.

Pour les installations qui présentent une configuration hétérogène (diverse inclinaison et orientation, module et strings de taille différentes), il est préférable d'opter pour un concept décentralisé : c'est à dire utilise plusieurs onduleurs.

Un onduleur recherche le meilleur point de fonctionnement des panneaux ou de la série des panneaux qu'il gère. Avec plusieurs onduleurs, on peut s'adapter aux différents points de fonctionnement des différents ensembles de modules du système. On branche alors un onduleur string avec une série des panneaux aux mêmes caractéristiques.

### **I.8.2.3 Onduleur Centralisé :**

Un système centralisé présente de nombreux atouts dans le cas de projets présentant de grand générateur photovoltaïque homogène (peut atteindre 1 MW par onduleur). Leur coût au watt-crête peut être plus faible et la maintenance peut être facilitée sur un lieu centralisé.

Les grands parcs sont tenus de participer à la gestion du réseau. Celle-ci se révèle beaucoup plus simple à mettre en place avec un nombre d'onduleur limités. Il en est de même concernant la surveillance du réseau. Au-delà d'une certaine taille d'installation, il devient donc plus judicieux d'opter pour une solution centralisée car ça devient plus compliqué de recourir à un système décentralisé [6].



**Figure 15:** Onduleur centralisé.

### **I.8.3 Principe de fonctionnement :**

Une des caractéristiques les plus importants d'un onduleur est son efficacité de conversion. Cette valeur indique le rapport entre l'énergie produite en courant alternatif par rapport à celle « insérée » en courant continu. Les appareils modernes peuvent fonctionner avec un rendement d'environ 98%.

Les onduleurs sont des structures en pont constituées le plus souvent d'interrupteurs électronique comme des IGBT (en anglais Insulated Gate Bipolar Transistor) (transistors de puissance)

Dans le cas standard, par un jeu de commutation commandée de manière appropriée, le plus souvent par MLI, l'énergie électrique continue fournie est modulée afin d'obtenir un signal alternatif a la fréquence du réseau.

Il existe de nombre circuits électronique qui permettent de réaliser la conversion d'énergies électrique, le montage le plus simple est compose de thyristors. Cette technique était utilisée dans les premiers onduleurs PV et elle est disponible en monophasé et triphasé.

Peu cher, ce montage présente cependant un courant de sortie plus ou moins rectangulaire.

Ce montage est un circuit simple compose d'un pont de transistor commande par PWM. Le signal alternatif obtenu est ensuite filtré par l'inductance  $L_d$  située avant le transformateur afin d'obtenir un signal alternatif sinusoïdal a la fréquence du réseau. Ce dernier signal est ensuite ajusté à la tension du réseau par le transformateur et une fréquence de 50Hz qui apporte en même temps une isolation galvanique.

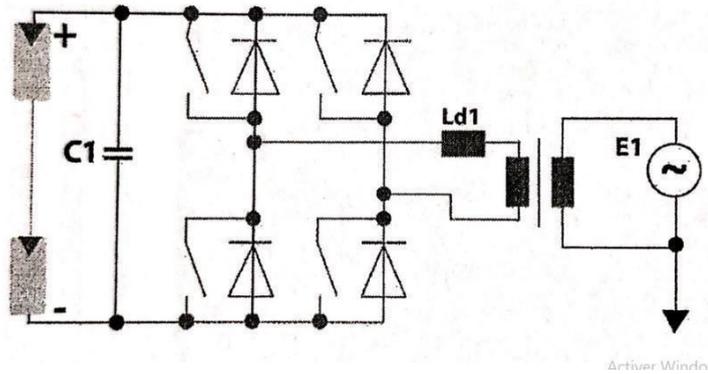


Figure 16: Schéma de principe d'un onduleur PV.

Le choix du convertisseur (ou onduleur) est fonction des paramètres suivant :

- Sa puissance.
- Son rendement.
- Sa forme de signal [6].

#### **I.8.4 Caractéristique d'un onduleur PV :**

##### ▲ Puissance nominale :

Il faut connaître la puissance totale nécessaire au fonctionnement des appareils utilisant le courant alternatif pour pouvoir choisir la taille et la puissance nominal de l'onduleur. Il est toujours conseillé de surdimensionné légèrement la puissance nominale de l'onduleur par rapport à la puissance totale des appareils.

##### ▲ Puissance de maximale ou puissance crête :

La majorité des appareils équipé d'un moteur (comme les réfrigérateurs, les outils électriques, etc.) ont besoin d'un courant très important lors de leur démarrage, équivalent à une puissance très élevée, appelée aussi puissance crête. L'onduleur doit pouvoir supporter cette puissance pendant un court instant lors du démarrage.

##### ▲ Tension d'entrée :

Choisir une tension d'entrée en courant continu pouvant supporter la tension de la batterie et/ou celle du générateur (ex : panneaux solaire). Cette tension correspond à la tension de la source d'alimentation.

##### ▲ Tension de sortie :

Elle doit correspond à la tension des appareils qui seront utilisés (en général 220/230 Volts alternatif) et doit être réglée pour reste stable quel que soit le niveau de tension dans la batterie (tant que la batterie reste dans une plage de tension acceptable).

- **Rendement :**

Le rendement s'exprime en % et correspond au rapport entre la puissance utile et la puissance absorbée de l'onduleur. Plus le rendement est élevé moins les pertes seront importantes et plus l'appareil sera considéré comme performant.

- **Forme de signal (ou onde) :**

Les appareils alimentés à partir de l'onduleur doivent pouvoir supporter la forme du signal (ou onde) de sortie de l'onduleur. On peut alors recenser les types suivants :

- Signal (ou onde) sinusoïdale pure :

Il est recommandé pour tous les types d'installation car il produit un courant électrique semblable à celui du réseau de distribution électrique. Cependant, il ne possède généralement pas de système de synchronisation réseau.

- Signal (ou onde) carré :

Il est peu coûteux car la qualité de son signal est souvent médiocre et est utilisé pour de petites charges. Certains appareils tels que le réfrigérateur ne fonctionnent pas avec ce type d'onduleur.

Ce type d'onduleur est de moins en moins utilisé.

- Signal (ou onde) trapézoïdal ou "sinus modifié" :

Il convient à la plupart des appareils (éclairage, équipement électronique, moteur) et présente généralement un bon rapport qualité/prix [6].

### **I.9 Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons donné une description sur l'énergie solaire et les principaux composants du système PV à savoir le générateur PV, le régulateur, les batteries, l'interface de conversion (ou onduleur) et leur principe de fonctionnement.

## **II. CHAPITRE II : Description de l'éclairage**

### **II.1 Introduction :**

L'éclairage est un ensemble de moyens mis en œuvre pour obtenir une perception visuelle correcte de notre environnement (le soir).

Les technologies d'éclairage sont donc indissociables de la vision, et leur mise en œuvre est toujours conditionnée à un objectif principal : « voir clair », c'est-à-dire percevoir notre environnement à travers notre vision.

Ce chapitre présentera brièvement les concepts de base de l'éclairage, et découvrez différentes sources lumineuses.

### **II.2 Objectif de l'éclairage automatique et intelligent :**

Les systèmes d'éclairage intelligents et automatiques permettent : Une forte économie d'énergie. Ces réductions de consommation sont réalisables car Les lampes utilisées dans de tels systèmes sont en communication constante les unes avec les autres et l'environnement, grâce à des contrôles intégrés et en adaptant leurs performances :

- Les conditions variables telles que la lumière du jour et la circulation piétonnière.
- L'éclairage automatique pour éviter également de chercher des interrupteurs dans l'obscurité.
- Un déclenchement automatique lors de la présence humain.
- Adaptation aux zones à fort trafic des lieux, telles que les couloirs, les escaliers, les caves, les vides sanitaires et les greniers.

Les contacts fréquents peuvent également être évités en utilisant un système d'éclairage automatique. Avoir un interrupteur est un must pour tout le monde, mais surtout à certains endroits publics, surtout à l'ère des épidémies et des virus. Avec l'avancement de la technologie électronique, en particulier l'avancement des capteurs bon marché, La combinaison de l'éclairage LED avec des capteurs ouvre une nouvelle frontière : l'éclairage intelligent.

L'éclairage intelligent repose sur l'idée de mieux utiliser l'éclairage afin d'économiser beaucoup d'électricité. Cela dit, non seulement les ampoules sont plus efficaces, mais elles sont mieux utilisées avec des commandes automatiques pour les allumer ou les atténuer en fonction des conditions environnantes. Le marché de l'éclairage intelligent est actuellement destiné au secteur commercial, mais comme la technologie continue de s'améliorer au niveau des coûts, une intégration à grande échelle dans le secteur résidentiel pourrait bientôt être démocratisée.

### **II.3 Domaine d'utilisation de l'éclairage :**

#### **II.3.1 Usage Industriel :**

D'origine fonctionnelle, l'éclairage industriel doit répondre aux normes concernant l'éclairage des postes de travail. Ce type d'éclairage est spécialement adapté aux locaux où il est installé, où les contraintes de volumes, d'empoussièrement et de maintenance sont particulières. Dans les industries où sont effectuées des tâches de mécanique fine et de précision, ainsi que les secteurs de l'électronique, des renforts d'éclairage sur les postes de travail sont installés [7].

L'éclairage utilisé dans les locaux industriels est généralement de conception simple avec une recherche d'efficacité et de facilité d'emploi, munis de source peu consommatrice en énergie, Certains secteurs industriels (chimique notamment) nécessitent l'emploi d'appareils protégés. Les industries où le rendu des couleurs est important (imprimerie) nécessitent l'emploi de lampes adaptées.



**Figure 17:** Eclairage au niveau de l'industrie.

#### **II.3.2 Usage Médical et hospitalier :**

L'éclairage des locaux est essentiellement utilitaire. L'éclairage des salles d'opération, de certaines salles d'examen et de soins, ainsi que les salles de soins des cabinets dentaires et des prothésistes dentaires utilise des appareils d'éclairage adaptés (forts niveaux d'éclairage, contrôle des luminances, spectre des températures de couleur, bon IRC, etc.).



**Figure 18:** Eclairage au niveau des hôpitaux.

### **II.3.3 Éclairage de sécurité :**

Dans les lieux de travail ou accueillant du public, (magasin, hôtel, bureau, atelier), un éclairage dit de sécurité, ou de secours, est requis par la plupart des réglementations. Ces luminaires spécifiques se mettent automatiquement en fonction, lors des coupures de courant électrique ou dans les situations d'urgences (incendie, évacuation). Ils émettent une lumière relativement faible, mais suffisante; placés aux endroits stratégiques (changement de direction, porte, escalier, porte de sortie), ils balisent le ou les itinéraires vers la ou les sorties de secours [7].



**Figure 19:** Eclairage de sécurité.

### II.3.4 Agriculture :

Certains pays se sont fait une spécialité de la culture sous serre avec température et éclairage contrôlés afin d'accélérer le processus de maturation des plantes. Cette culture utilise des lampes émettant dans des longueurs d'ondes spécifiques aux plantes. De même, l'élevage intensif en batterie de la volaille utilise l'éclairage pour accélérer la croissance en raccourcissant le cycle diurne/nocturne [7].



**Figure 20:** Eclairage au niveau Agriculture.

### II.3.5 Musées et galeries d'art :

Depuis les années 1990, la fibre optique est utilisée pour véhiculer la lumière sur un trajet de quelques dizaines de centimètres depuis une source vers l'objet à mettre en valeur, permettant d'obtenir des éclairages ponctuels et discrets, pouvant être élégamment intégrés à une vitrine de présentation, et offrant l'avantage de rayonner très peu d'infrarouge, limitant ainsi le risque d'élévation de température à l'intérieur de la vitrine, néfaste aux œuvres d'art.



**Figure 21:** Eclairage au niveau des Musées et galerie d'exposition.

### **II.4 Type d'éclairage :**

#### **II.4.1 Eclairage intérieurs :**

Les options pour l'éclairage intérieur se regroupent en deux catégories : les commandes manuelles et les commandes automatiques. Les commandes manuelles sont souvent les plus rentables, mais elles requièrent l'intervention humaine. Par exemple, éteindre manuellement l'éclairage en fin de journée selon une routine quotidienne peut constituer la solution la plus efficace pour commander l'éclairage dans les bâtiments industriels où il y a des heures fixes de travail. D'un autre côté, dans les immeubles de bureaux équipés en groupes d'interrupteurs à proximité des ascenseurs, les employés qui quittent les lieux laissent en principe l'éclairage en fonction, car ils ne savent pas exactement quel interrupteur commande quel secteur du bâtiment; la tâche est donc laissée aux soins du personnel d'entretien ou de sécurité [8], [7].

#### **II.4.2 Eclairage extérieures :**

Généralement commandée par des détecteurs (cellule photoélectrique) permet d'assurer l'éclairage seulement la nuit, ce type peut aussi commander par commande automatique ou commande par capteur, des systèmes de commande d'éclairage informatisée ou le système de commande mécanique, Par exemple commande d'éclairage publique [7], [8].

**II.5 Différent source d'éclairage :** Le tableau (**Tableau2**) suivant présente les différents paramètres de sources d'éclairage

**Tableau 2:** Tableau des différents paramètres des sources d'éclairage.

Source d'éclairage	Les Lampes à incandescence	Les lampes à décharge	Les lampes fluocompacte	Diodes électroluminescentes (LEDs)
Puissance [9]	De 5 à 500 Watts	De 18 à 2000 Watts	De 18 à 56 Watts	De 1 à 18 Watts
Durée de vie [9]	1500 heures	6000 heures	de 6 000 à 15 000 heures	de 25 000 à 30 000 heures
Avantages [10]	-La lampe à incandescence peut être utilisée dans toutes les pièces de la maison. Elle est actuellement la moins chère du marché. Elle offre également un excellent rendu des couleurs et s'allume à pleine puissance instantanément.	-Elle a une grande durée de vie et dégage moins de chaleur. C'est aussi une lampe puissante et économique.	-La lampe fluocompacte a une bonne efficacité, aussi bien que la lampe incandescente et possède une grande durée de vie.	-Sa durée de vie est très longue et sa consommation électrique est faible. La lampe LED ne produit pas d'UV contrairement aux autres lampes.
Inconvénients [10]	-La lampe à Incandescence produit énormément de chaleur et très peu de lumière, et n'est pas du tout économique. Elle a également une courte durée de vie.	-Elle éblouit et elle émet beaucoup de lumière ce qui provoque une pollution lumineuse (dans le ciel).	-La lampe contient des poudres fluorescentes et un gaz à base de vapeur de mercure dans le tube. Elle doit donc être traitée comme un déchet dangereux à la fin de sa durée de vie.	-Le prix de la lampe LED est élevé. Son rendu de couleur est assez décevant. Par ailleurs, les LED de lumière bleue selon l'intensité peuvent endommager partiellement la rétine de l'œil.

### **II.6 Gestion des systèmes automatique de l'éclairage :**

#### **II.6.1 Détecteurs de présence :**

Détecteurs infrarouges permettant d'éclairer les zones de travail ou les circulations seulement lorsqu'elles sont occupées. Ils peuvent être intégrés au luminaire ou bien être installés isolément au mur ou au plafond. Bien étudier leur implantation leur angle de détection ainsi que leur temporisation.

Utilisation : Locaux à occupation intermittente, toilettes [11].

#### **II.6.2 Cellules photosensibles :**

Détecteurs permettant d'allumer, d'éteindre voire d'adapter l'éclairage produit par un ou plusieurs luminaires en fonction de la lumière ambiante. Ils peuvent être intégrés au luminaire ou bien être installés isolément au mur ou au plafond. Utilisation Dans tout local bénéficiant de l'éclairage naturel [11].

#### **II.6.3 Multi-capteurs :**

Ils peuvent être intégrés aux luminaires ou séparés de ceux-ci. Ils permettent de remplacer plusieurs détecteurs comme la cellule photosensible et le détecteur de présence, mais intégrer également un récepteur de commande infrarouge (commande à distance) [11].

#### **II.6.4 Gestion centralisée de l'éclairage :**

La gestion centralisée permet le contrôle, la commande et la gestion horaire et calendaire de la gestion d'éclairage, Elle permet aussi de connaître l'état et les consommations de l'installation d'éclairage.

Ce système présente l'avantage de pouvoir modifier les allumages des bureaux en fonction des aménagements successifs par programmation, donc sans toucher au câblage électrique et sans ouvrir de faux plafonds [11].

### **II.7 Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons d'abord parlé de l'éclairage en général, puis des différentes modalités d'éclairage intelligent. L'objectif étant d'automatiser la commande d'un système d'éclairage, un tour d'horizon sur le sujet est donc proposé dans ce chapitre.

### **III. Chapitre III : Matériels et logiciels utilisés**

### **III.1 Introduction :**

Dans ce chapitre nous présentons les outils matériels et environnements logiciels utilisés pour développer notre système et ainsi que les différentes plateformes d'exécution de ses différentes parties.

### **III.2 La problématique :**

La lumière est nécessaire pour monter ou descendre un escalier quand il fait noir, et les lumières d'escalier doivent être allumés si nécessaire. Malheureusement, dans la plupart des hôtels les lumières d'escaliers, des couloirs et des halls d'entrée sont allumées et laissées allumées par oubli, ou en raison d'une utilisation prolongée, pendant de très longues périodes, ce qui entraîne également un gaspillage d'énergie et financier.

### **III.3 L'objectif :**

L'objectif de notre projet est d'allumer l'éclairage de la cage d'escalier et les couloirs, uniquement lorsque cela est nécessaire, pour économiser de l'énergie et des coûts énergétiques. Des capteurs et des détecteurs peuvent désormais être utilisés pour éclairer automatiquement les environs de notre escalier et ces lumières peuvent également être allumées / éteintes à l'aide de ces détecteurs.

- Pour la réalisation de notre système nous avons besoin des composants suivants :

### **III.4 Besoin en matériels :**

- Carte arduino Uno (Microcontrôleur) avec alimentation USB.
- Carte d'essai (Bread-Board).
- Fils de connexion.
- Câbles pour alimentation ou transmission de données.
- des relais pour le pilotage des lampes et des Leds.
- Détecteurs de mouvement PIR
- Source d'énergie (système photovoltaïque)

### **III.5 Besoin en Software :**

- Arduino IDE sous Windows.
- TinkerCad
- Logiciel PVsyst

### III.6 Les outils matériels:

Dans cette partie nous parlons d'équipements qui rentrent la réalisation de notre projet.

#### III.6.1 L'Arduino Uno:

La carte Arduino est un microcontrôleur, c'est à dire une sorte de mini-ordinateur qui sert d'interface entre l'environnement (actions, mesures de grandeurs...) et un utilisateur. Elle se programme nativement dans un langage dérivé du C : le langage « Arduino » [12].

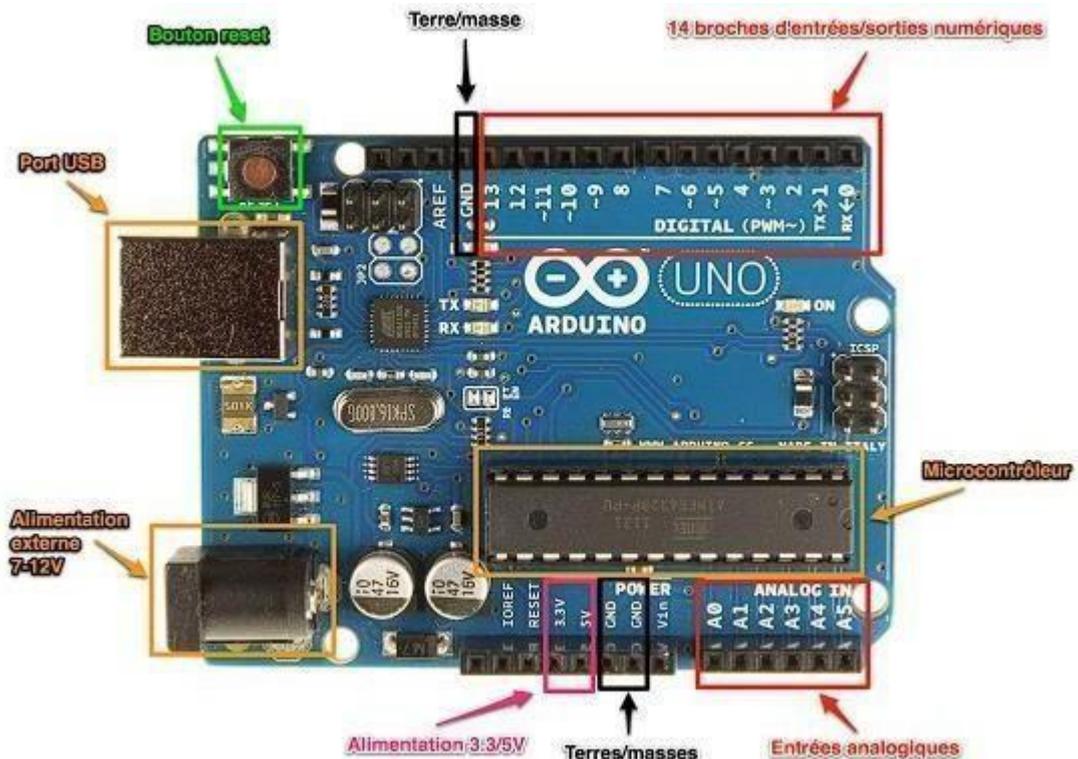


Figure 22: Arduino Uno [12].

#### III.6.1.1 Caractéristiques principales:

- Alimentation:
  - via port USB ou
  - 7 à 12 V sur connecteur alim 5,5 x 2,1 mm
- Microprocesseur: ATmega328
- Mémoire flash: 32 kB
- Mémoire SRAM: 2 kB
- Mémoire EEPROM: 1 kB

- Interfaces:
  - 14 broches d'E/S dont 6 PWM
  - 6 entrées analogiques 10 bits
  - Bus série, I2C et SPI
- Intensité par E/S: 40 mA
- Cadencement: 16 MHz
- Gestion des interruptions
- Fiche USB B
- Version: Rev. 3
- Dimensions: 74 x 53 x 15 mm

### **III.6.2 Carte d'essai Bread-Bord :**

La planche de montage expérimental (appelé en anglais breadboard et platine Labdec en Français) est un outil essentiel pour l'électronique. Ce dispositif permet de réaliser le prototype d'un circuit électronique et de le tester. L'avantage de ce système est d'être totalement réutilisable, car il ne nécessite pas de soudure. De plus, il permet une grande variété de composants afin de réaliser des circuits électroniques, du plus simple circuit jusqu'au microprocesseur. Elle est recouverte de trous (espacés de 0.1") dans lesquels on insère directement les broches des composants électroniques. Sous ces trous, des languettes métalliques jouent un double rôle. Elles agissent d'abord comme des pinces qui retiennent fermement les broches des composants. En plus, ces languettes permettent de connecter électriquement les broches des composants.

La disposition des languettes peut varier suivant le type de breadboard. Par contre, la plupart des modèles de breadboard ont une section plastifiée en leur milieu sur le sens de la longueur [13].

Ces trous sont liés en colonnes et en rangées comme il est illustré dans la figure :

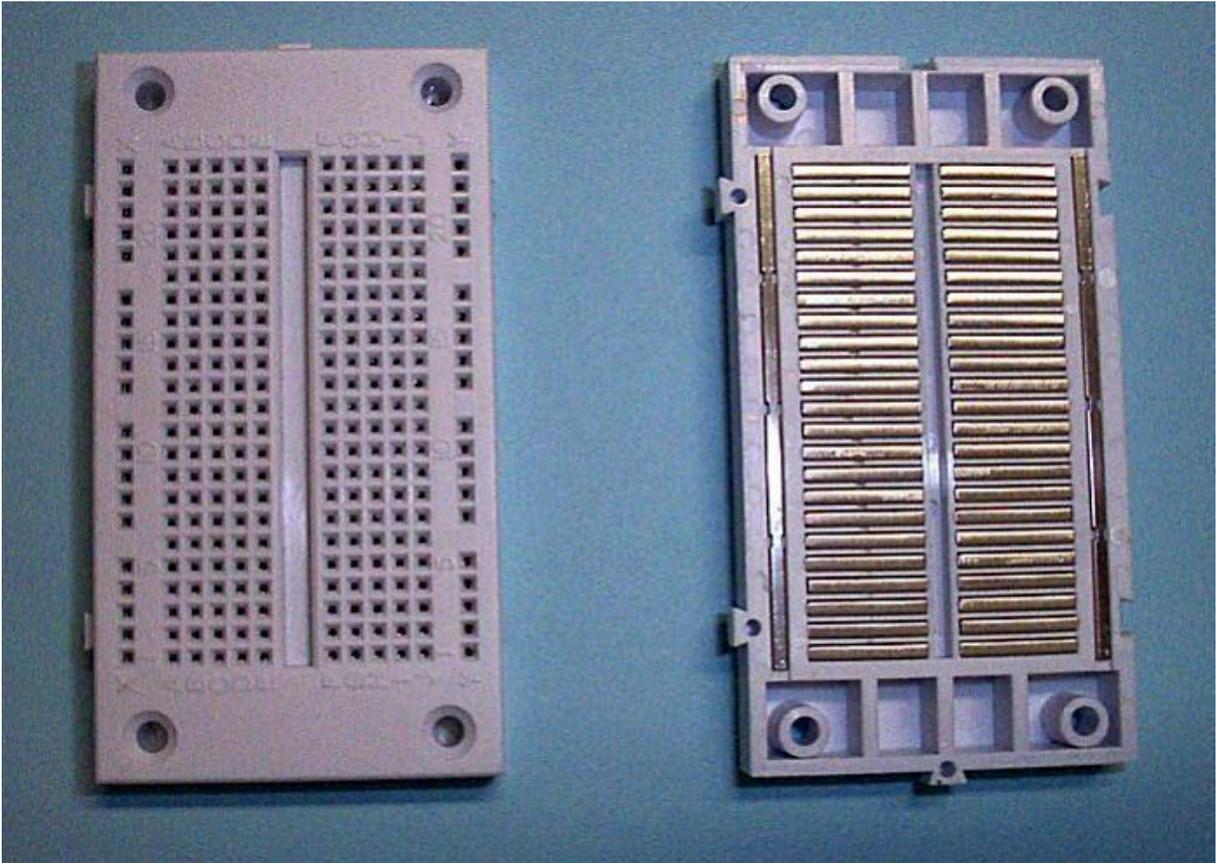


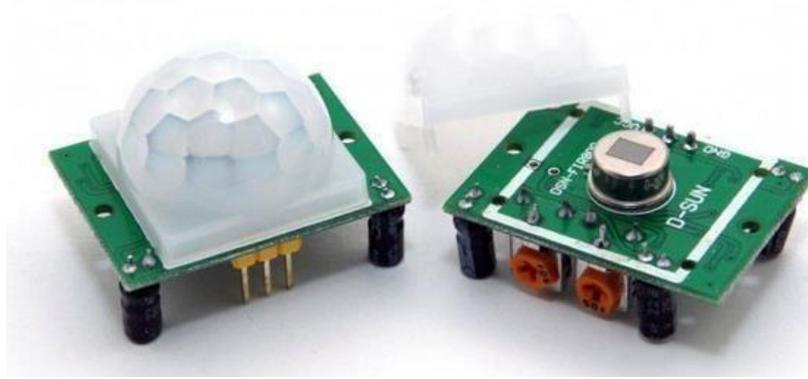
Figure 23 : Plaque d'essai Bread-Board [13].

### **III.6.3 Détecteurs de mouvement à infrarouge passif (PIR sensor) :**

#### **III.6.3.1 Définition :**

Le capteur PIR (Passive Infra Red) ou capteur infrarouge passif est un instrument électronique qui détecte les rayonnements IR émis par les objets présents dans son champ de vision. Le terme «passif» est ajouté comme préfixe car ces types de capteurs ne rayonnent pas d'énergie (sous n'importe quelle forme). Ces instruments sont utilisés pour détecter le mouvement des objets, des animaux et des humains en utilisant leurs radiations infrarouges. Le rayonnement du corps noir émis (par une personne, un animal ou un objet) appartient à la gamme de longueurs d'ondes de l'infrarouge moyen qui est détectée et comparée à la température des objets de fond par le détecteur.

Une onde infrarouge est un rayonnement électromagnétique ayant une fréquence comprise entre 300 GHz et 400 THz [longueurs d'onde allant de  $10^{-3}$  -  $0.7 \times 10^{-6}$ m]. Les radiations IR ne sont pas visibles. Les ondes infrarouges trouvent leur application dans les télécommandes de l'électroménager, des télévisions, des câbles à fibres optiques, des caméras thermiques, d'applications médicales, des détecteurs de mouvement, etc. Les capteurs PIR sont principalement utilisés pour détecter et analyser le mouvement des choses ou des personnes [14].



**Figure 24:** Capteur de Mouvement [14].

### **III.6.3.2 Principe de fonctionnement :**

Chaque objet chaud, y compris le corps humain, émet de la chaleur sous forme de rayonnement infrarouge. Ces radiations ne peuvent être détectées que par des appareils électroniques spécialement conçus. Les capteurs infrarouges passifs détectent puis convertissent l'énergie lumineuse incidente (infrarouges) en un signal électrique (électrons). Les capteurs infrarouges sont gravement affectés par la vapeur d'eau car l'eau absorbe la partie maximale du rayonnement reçu. Pour cette raison, les détecteurs infrarouges sont parfois incapables de fournir des résultats précis lorsqu'ils sont utilisés dans un environnement extérieur humide. La quantité de rayonnement varie en fonction de la température et des caractéristiques de surfaces des objets donnés.

Typiquement, ces détecteurs sont capables de détecter une bande de rayonnement dans la plage de 4.4 micromètres et les deux autres bandes dans la plage au-dessus et au-dessous du spectre de 4.4 micromètres. La détection distinguée des deux plages permet au capteur de faire la différence entre les flammes réelles et les rayonnements sans flamme qui auraient pu influencer les résultats. Ces capteurs peuvent fournir des résultats de détection de flamme plus précis après avoir ignoré les effets du rayonnement de fond [14].

### III.6.3.3 Câblage :

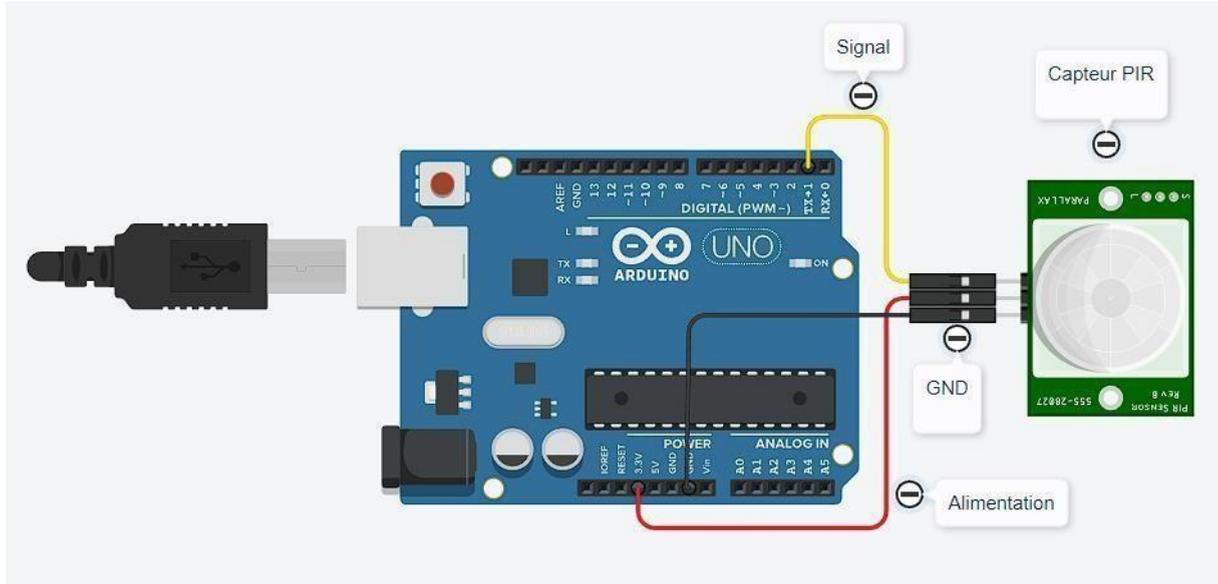
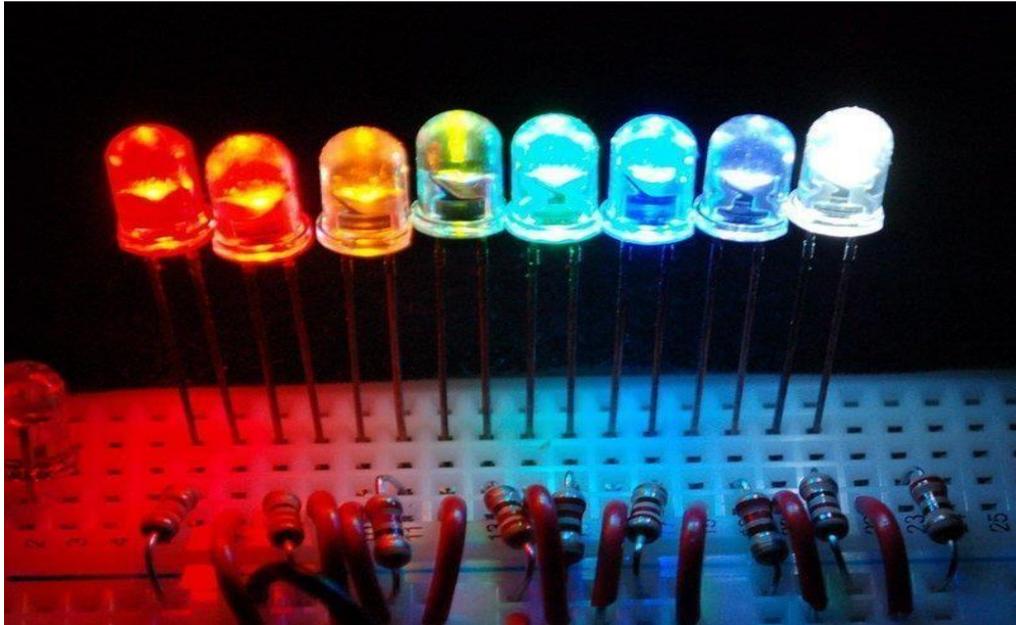


Figure 25: Schéma de câblage Capteur infrarouge PIR [15].

### III.6.4 LEDES :

Une LED est une diode électroluminescente, abrégée sous les sigles DEL ou LED (de l'anglais Light-Emitting Diode), est un composant électronique capable d'émettre de la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant électrique. Cette technologie est utilisée depuis quatre décennies pour des applications de signalisation (voyants lumineux). Aujourd'hui leur puissance s'est considérablement accrue et elles peuvent être utilisées en éclairage direct. La LED a été découverte en 1922 puis industrialisée à partir de 1960 sous la forme de diodes de couleur. Ce n'est qu'en 2000 que sont apparues les premières LEDs à forte puissance [16].



**Figure 26:** Leds [16].

### **III.6.5 Les fils de connexion :**

Pour réaliser notre première installation il faut utiliser des fils avec un « bout renforcé » qui permet de facilement les planter dans une breadboard ou dans les connecteurs de votre arduino Uno, comme les fils monobrins ou les fils souples mâle mâle [17].

Les fils mâles mâles aussi appelé « jumper » :

C'est sûrement ceux que l'on croise le plus souvent ils s'achètent par nappe , il en existe de différentes longueur (généralement entre 10 et 30 cm).

### **III.6.5.2 Les fils monobrins :**

On les trouve par boîtes contenant différentes couleurs et différentes longueurs pré-découpées. Un câblage avec des fils monobrins ressemblera beaucoup à ce que l'on peut faire avec le logiciel TinkerCad.

### **III.6.6 Les relais :**

Un relais est un appareil dans lequel un phénomène électrique (courant ou tension) contrôle la commutation On / Off d'un élément mécanique (on se trouve alors en présence d'un relais électromécanique) ou d'un élément électronique (on a alors affaire à un relais statique). C'est en quelque sorte un interrupteur que l'on peut actionner à distance, et où la fonction de coupure est dissociée de la fonction de commande. La tension et le courant de commande (partie "Commande"), ainsi que le pouvoir de commutation (partie "Puissance") dépendent du relais, il faut choisir ces paramètres en fonction de l'application désirée. Ainsi, il faut choisir des relais différents selon qu'il faut commuter des signaux audio ou des tensions ou courants importants.

Comme la Commande peut être réalisée sous faible puissance (faible tension, faible courant), et que la partie Coupure peut commuter des puissances importantes, on peut dire que ce composant est un amplificateur de courant.

#### **III.6.6.1 Principe de fonctionnement :**

Le relais est constitué d'un électroaimant et d'un contacteur mécanique. Lorsque le courant est suffisamment important sur la borne d'entrée, le solénoïde se magnétise ce qui force le contacteur à fermer le circuit de puissance. Comme il n'y a pas de liaison mécanique entre le circuit de commande et le circuit de puissance (actionnement magnétique), il y a une isolation galvanique entre les deux circuits; ce qui permet de protéger le circuit de commande [18].

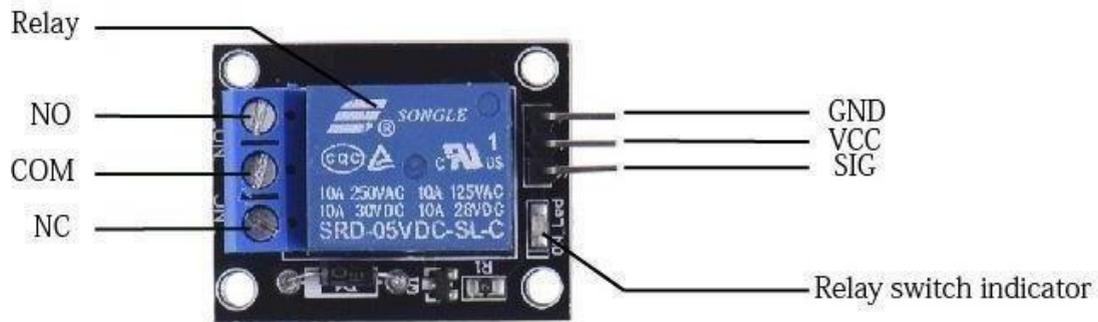


Figure 27: Relais [18].

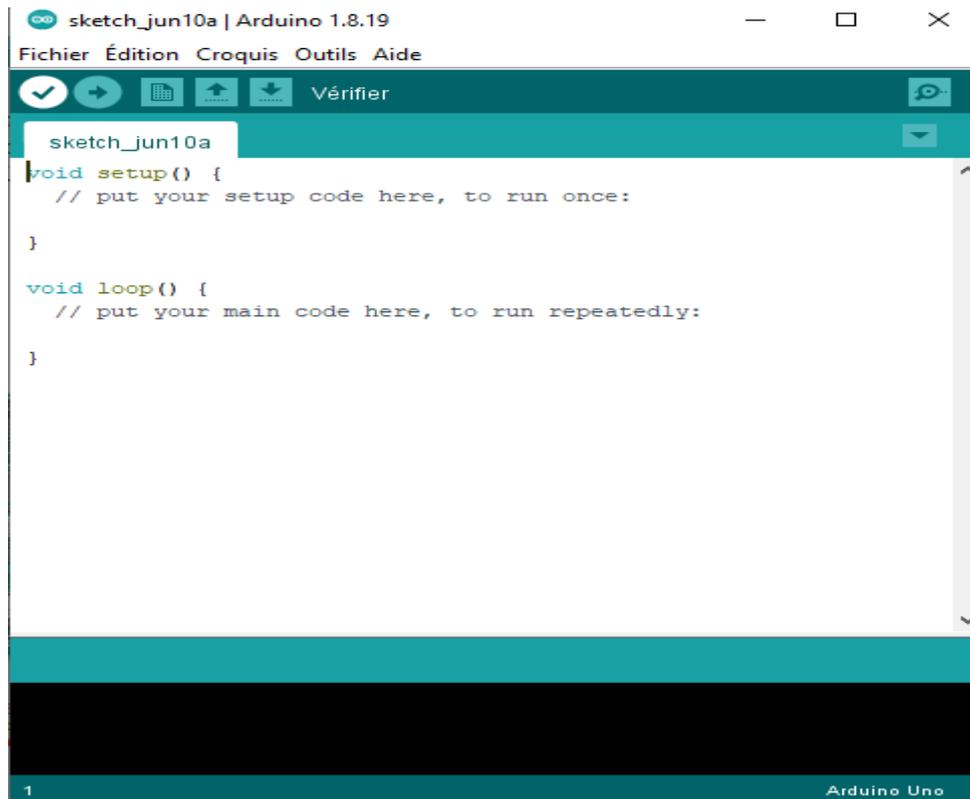
### III.7 Les outils logiciels :

Lors de notre réalisation, nous nous sommes basés sur quatre logiciels, Arduino IDE, Proteus, la plateforme Tikercafe et PVsyst, le premier nous a servi à programmer et configurer notre carte Arduino Uno, le bon fonctionnement de notre application. Le deuxième et le troisième logiciel nous a servi à une plateforme d'essais et de tests avant l'entame sur

la plateforme réelle et le quatrième pour dimensionner les besoins de notre système PV.

#### III.7.1 Logiciel Arduino IDE :

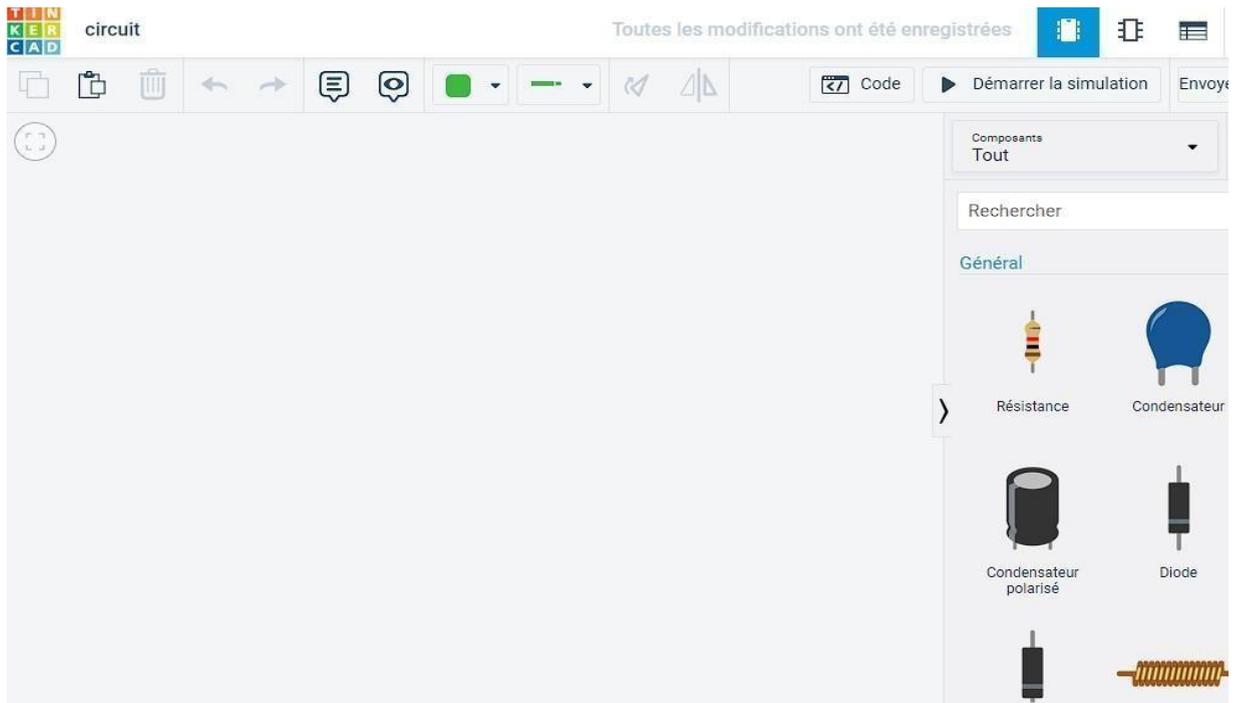
Le logiciel Arduino IDE fonctionne sur Mac, Windows et Linux. C'est grâce à ce logiciel que nous allons créer, tester et envoyer les programmes sur l'Arduino. L'IDE est téléchargeable à l'adresse suivante: <http://arduino.cc> [19].



**Figure 28:** Interface de logiciel Arduino Ide.

### **III.7.2 La plateforme Tikercad :**

La Platform TinkerCad est un outil de création des projets de conception 3D et du circuit électronique ou de programmation, TinkerCad est un très bon outil pour découvrir Arduino il est simple à utiliser et il possède un mode de simulation qui permet la mise au point d'un montage et de son programme. De plus, il est entièrement gratuit et on peut commencer à découvrir Arduino sans avoir à acheter une carte ou des composants [15].



**Figure 29:** Interface de la Platform TinkerCad [15].

### **III.7.3 PVsyst :**

PVSYST est un logiciel de dimensionnement de panneaux solaires permettant d'obtenir diverse informations telles que la production d'énergie, l'irradiation et le coût de l'installation, la surface nécessaire, ou la production annuelle d'énergie. Un mode avancé permet d'obtenir beaucoup plus d'informations pour une étude très complète. Le logiciel comprend principalement deux modes de fonctionnement. Le premier est une application de pré dimensionnement assez simple à prendre en main et accessible au néophyte. Le deuxième permet une étude beaucoup plus approfondie et prend en compte beaucoup plus de paramètre (Conception du projet).

De plus il se base sur du matériel concret pour ses calculs, contrairement au premier mode qui effectue ses calculs pour un cas très général. Pour chacun des deux modes, le principe est le même : on donne la localisation géographique de l'installation, puis on entre les données concernant l'installation. Vient ensuite une partie résultats où l'on choisit les données qui nous intéresse. Présente les résultats dans un rapport complet, intégrant des graphiques et des tableaux spécifiques [20].

#### **III.7.3.1 Le processus de conception d'un système dans PVsyst :**

Il est constitué des étapes de base suivantes :

- 1- Projet – Définir l'emplacement et les données météorologiques
- 2- Orientation – Définir l'azimut et l'inclinaison du module
- 3- Système – Choisir les modules du système, les onduleurs et la conception électrique

4- Ombrages de proximité – Concevoir l’agencement du système en 3D et sélectionner la méthode de calcul d’ombrage

5- Pertes détaillées– Mismatches. S’assurer que la perte due à la disparité est à 0 % pour le système SolarEdge.

6. Simulation – Afficher un récapitulatif de la conception de la production d’énergie du système.

### III.7.3.2 Les différentes applications de PVsyst :



Figure 30: Interface de logiciel PVsyst [20].

#### III.7.3.2.1 Applications couplées au réseau :

Système couplé au réseau (avec calculs d’ombrages) :

- Petits systèmes (toitures) Typ. 1 - 6 kWc
- Systèmes intégrés aux bâtiments Typ. 10 – 1000 kWc
- Grandes centrales au sol Typ. 1 MWc – 300 MWc
- Systèmes suiveurs (1 axe ou 2 axes)

#### III.7.3.2.2 Applications autonomes :

Systèmes autonomes avec batteries :

- Très petits ou petits systèmes domestiques (SHS, lampadaires).
- Hôpitaux, écoles, administrations en PVD.
- Petite industrie et artisanat en PVD.
- Systèmes industriels (Télécoms, protection cathodique).

#### III.7.3.2.3 Système de pompage solaire :

Pompes de village ou pour l’agriculture.

- **Remarque :** PVsyst ne traite pas les systèmes hybrides (réseau + stockage) pour l’instant [21].

### **III.8 Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons présenté une étude détaillée sur les principaux composants à utiliser dans notre projet concernant la conception d'un système d'éclairage automatique d'un hôtel.

Nous avons présenté les caractéristiques d'Arduino, sa carte architecturale et son fonctionnement, et nous avons également présenté les caractéristiques du capteur utilisé (PIR sensor) en parlant aussi des éléments utilisés comme les LEDs et le relais, ainsi que les logiciels utilisés.

## **IV. Chapitre 4 : Dimensionnement**

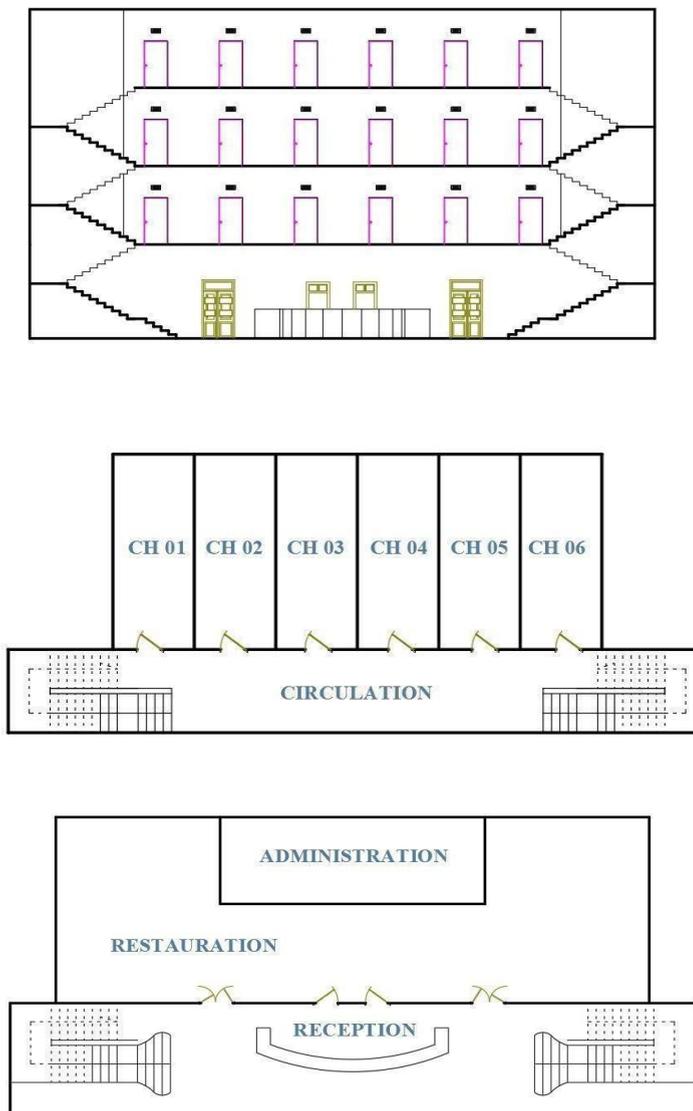
### IV.1 Introduction :

Dans ce chapitre nous allons faire le dimensionnement pour savoir la consommation et les composants nécessaire pour alimenter l'éclairage de notre hôtel, et puis nous allons réaliser notre prototype qui consiste une maquette d'un hôtel.

### IV.2 description de l'hôtel :

Un hôtel situé à BLIDA, construit sous la forme d'une barre, le rez-de-chaussée contient la salle de réception (12 lampes), la restauration et l'administration, plus deux cages d'escaliers opposées (dans l'ensemble il y'a 12 lampes), il a également trois étages (6 lampes dans chaque étage), avec 06 chambres à chaque étage dans l'ensemble de 18 chambres, et à la terrasse de l'hôtel nous avons une chambre de composants et de maintenance (une lampes AC LED et une lampe DC ) et la surface restante nous allons l'utiliser pour placer nos panneaux.

### IV.3 schéma de l'hôtel :



**Figure 31 :** Le schéma descriptif de l'hôtel.

**IV.4 Dimensionnement :**

Pour la réalisation d'une installation photovoltaïque, le dimensionnement reste une étape indispensable. Dimensionner un système PV est déterminé en fonction de sollicitations, telles que l'ensoleillement et le profil de charge, l'ensemble des éléments de la chaîne PV, la taille du générateur, la capacité du stockage, la puissance d'un convertisseur, voir l'inclinaison des modules et la tension d'utilisation.

**IV.4.1 Dimensionnement analytique :**

**IV.4.1.1 Dans le cas où il n'y a pas de réseau électrique (système autonome) :**

Il s'agit d'estimer la consommation d'équipements supposés connus. L'objectif est d'obtenir la consommation totale moyenne par jour et par période (été, hiver, vacances...)

**Tableau 3:** Tableau des besoins d'utilisateurs pour le système autonome.

Nombre	Composant	P(W)	T(h)	P <sub>tot</sub> (W)	E <sub>J</sub> (Wh)
31	Lampe LED	13	04	403	1612
12	Spot LED	20	18	240	4320
21	Détecteur de mouvement	02	02	42	84
01	Lampe DC	15	02	15	30
01	Divers	50	02	50	100
				P <sub>tot</sub> =750(W)	E <sub>J</sub> =6146(Wh)

**A. Types d'onduleur :**

P<sub>tot</sub> : la puissance totale.

η<sub>ond</sub> : le rendement d'onduleur.

1,25 : facteur de sécurité.

$$Puissance\ ond = \frac{P_{tot}}{\eta} \times 1,25 \tag{I}$$

$$Puissance\ ond = \frac{750}{0,92} \times 1,25$$

$$Puissance\ ond = 1019,02\ W \tag{I}$$

Et pour cela nous choisissons l'onduleur de (**PURE SINE WAVE SERIE 1200w**)  
De la marque (LAGUA).

Le choix de la tension nominale d'un système dépend de la disponibilité de matériels, il dépend aussi de la puissance onduleur et de l'énergie nécessaire selon le type d'application.

- Dans notre étude, la tension qui convient au système est : (U<sub>sys</sub>=24V)

**B. Le nombre de panneaux :**

$E_j$  : Énergie journalière.

$N_{\text{autonomie}}$  : nombre d'autonomie.

$P_{\text{panneau}}$  : La puissance du panneau.

$D_{\text{insol}}$  : la durée d'insolation.

0,8 : facteur d'irradiation.

$$\text{Nombre de panneaux} = \frac{E_j \times N_{\text{autonomie}}}{P_{\text{pan}} \times D_{\text{insol}} \times 0,8} \quad (\text{II})$$

$$\text{Nombre de panneaux} = \frac{6146 \times 2}{330 \times 5 \times 0,8}$$

$$\text{Nombre de panneaux} = 9,31 \approx 10 \quad (\text{II})$$

- Alors nous choisissons le panneau (IF-P330-72) de la marque (LAGUA) et nous les installons en parallèle et voilà sa fiche technique :

Electrical Specification						
Module Type	Nominal Power Pmpp	Nominal Voltage Umpp	Nominal Current Impp	Open Circuit Voltage (Uoc)	Short Circuit Current (Isc)	Module Conversion Efficiency
IF-P330-72	330Wp	36.63V	9.01A	45.41V	9.48A	16.66%

**Figure 32:** La fiche technique du panneau choisi.

**C. Choix de régulateur :**

Sachant que la tension du système est 24v :

$I_{\text{rég}}$  = la puissance du régulateur.

$I_{\text{cc}}$  = courant de court circuit du panneau.

$N_{\text{panneau en //}}$  = nombre de panneau en parallèle.

$$I_{\text{rég}} = I_{\text{cc}} \times N_{\text{panneau en //}} \quad (\text{III})$$

$$I_{\text{rég}} = 9,48 \times 10 \quad (\text{III})$$

$$I_{\text{rég}} = 94,8 \text{ A} \quad (\text{III})$$

- Donc nous choisissons le régulateur (SC-X-100A) de la marque (LAGUA).

SPÉCIFICATION	MODELS SC-M				
	SC-M-30A	SC-M-45A	SC-M-60A	SC-M-80A	SC-X-100A
<b>CARACTÉRISTIQUES D'ENTRÉE</b>					
Plage d'entrée P.V (Vdc)	165VDC MAX				
Courant de charge solaire (A)	30A Max	45A Max	60A Max	80A Max	100A Max
<b>CARACTÉRISTIQUES DE CHARGE SOLAIRE</b>					
Tension normale de la batterie (Vdc)	12/24/48VDC				
Choisir Type de batterie	Gel / scellé / autre (14.0V-15.0V défini par l'utilisateur)				
Tension de charge rapide (Vdc)	14.0V/14.0V*2/14.0V*4(défini par l'utilisateur)				
Tension de charge flottante (Vdc)	13.8V/13.8V*2/13.8V*4				
Tension d'alarme de surcharge (Vdc)	15.0V/15.0V*2/15.0V*4				
Tension de protection de surcharge (Vdc)	15.0V/15.0V*2/15.0V*4				
Surcharge tension de récupération (Vdc)	13.6V/13.6V*2/13.6V*4				
<b>CARACTERISTIQUES DE SORTIE DC</b>					
Courant d'entrée DC (A)	30A Max	45A Max	60A Max	80A Max	100A Max
Tension d'alarme de décharge (Vdc)	11.0V/11.0V*2/11.0V*4				
Tension de protection de décharge (Vdc)	10.8V/10.8V*2/10.8V*4				
Courant de charge A	13.2V/13.2V*2/13.2V*4				

Figure 33: La fiche technique du régulateur choisi.

**D. Nombre de Batteries :**

C : capacité de la batterie.

V : voltage du système.

P<sub>décharge</sub> : profondeur de décharge.

- Nous choisissons la batterie (6-FMG-260) de la marque (LAGUA).

Specification	
Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	260Ah@20hr-rate to 1.80V per cell @25°C
Weight	Approx.65.0 Kg (Tolerance ± 1.5%)
Max. Discharge Current	2600A (5 sec)
Internal Resistance	Approx. 3.5 mΩ
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C~60°C Charge: 0°C~50°C Storage: -20°C~60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C ± 5°C
Float charging Voltage	13.6 to 13.8 VDC/unit Average at 25°C
Recommended Maximum Charging Current Limit	78 A
Equalization and Cycle Service	14.6 to 14.8 VDC/unit Average at 25°C
Self Discharge	SAKO Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for more than 6 months at 25°C. Self-discharge ratio less than 3% per month at 25°C. Please charge batteries before using.
Terminal	Terminal F14
Container Material	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional,

Figure 34: La fiche technique de la batterie choisie.

- Le nombre des batteries est calculé par la formule suivante :

$$\text{Nombre de Batteries} = \frac{E_j \times \text{Nautonomie}}{C \times V \times P_{\text{decharge}}} \quad (IV)$$

$$\text{Nombre de Batteries} = \frac{6146 \times 2}{260 \times 24 \times 0,6}$$

$$\text{Nombre de Batteries} = 4,93 \approx 5 \quad (\text{IV})$$

- Nous aurons 6 batteries (deux en série et quatre en parallèle).

#### IV.4.1.2 Dans le cas où il y a le réseau électrique (système raccordé au réseau) :

**Tableau 4:** Tableau des besoins d'utilisateurs pour le système connecté au réseau.

Nombre	Composant	P(W)	T(h)	P <sub>tot</sub> (W)	E <sub>J</sub> (Wh)
31	Lampe LED	13	04	403	1612
12	Spot LED	20	08	240	1920
21	Détecteur de mouvement	02	02	42	84
01	Lampe DC	15	02	15	30
				P <sub>tot</sub> =700(W)	E <sub>J</sub> =3646(Wh)

#### A. Types d'onduleur :

$$\text{Puissance ond} = \frac{P_{tot}}{P_{ond}} \times 1,25$$

$$\text{Puissance ond} = \frac{700}{0,92} \times 1,25$$

$$\text{Puissance ond} = 951,09 \text{ W}$$

- Et pour cela nous choisissons l'onduleur de (**PURE SINE WAVE SERIE 1200w**) raccdela marque (LAGUA) et le système doit être (U<sub>sys</sub>=24v).

#### B. Le nombre de panneaux :

E<sub>j</sub> : Énergie journalière.

N<sub>autonomie</sub> : nombre d'autonomie.

P<sub>panneau</sub> : La puissance du panneau.

D<sub>insol</sub> : la durée d'insolement.

0,8 : facteur d'irradiation.

$$\text{Nombre de panneaux} = \frac{E_j \times \text{Nautonomie}}{P_{pan} \times D_{insol} \times 0,8}$$

$$\text{Nombre de panneaux} = \frac{3646 \times 2}{330 \times 5 \times 0,8}$$

$$\text{Nombre de panneaux} = 5,53 \approx 6$$

- Alors nous choisissons le panneau (IFE-P330-72) de la marque (LAGUA) et nous les installons en parallèle et voilà sa fiche technique :

Electrical Specification						
Module Type	Nominal Power Pmpp	Nominal Voltage Umpp	Nominal Current Impp	Open Circuit Voltage (Uoc)	Short Circuit Current (Isc)	Module Conversion Efficiency
IFE-P330-72	330Wp	36.63V	9.01A	45.41V	9.48A	16.66%

Figure 35: La fiche technique du panneau choisi.

**C. Choix de régulateur :**

$$I_{\text{rég}} = I_{\text{cc}} \times N_{\text{panneau en //}}$$

$$I_{\text{rég}} = 9,48 \times 6$$

$$I_{\text{rég}} = 56,88 \text{ A}$$

- Et pour ce la nous choisissons le régulateur (SC-M-60A) de la marque (LAGUA).

SPÉCIFICATION	MODELS SC-M				
	SC-M-30A	SC-M-45A	SC-M-60A	SC-M-80A	SC-X-100A
<b>CARACTÉRISTIQUES D'ENTRÉE</b>					
Plage d'entrée P.V (Vdc)	165VDC MAX				
Courant de charge solaire (A)	30A Max	45A Max	60A Max	80A Max	100A Max
<b>CARACTÉRISTIQUES DE CHARGE SOLAIRE</b>					
Tension normale de la batterie (Vdc)	12/24/48VDC				
Choisir Type de batterie	Gel / scellé / autre (14.0V-15.0V défini par l'utilisateur)				
Tension de charge rapide (Vdc)	14.0V/14.0V*2/14.0V*4(défini par l'utilisateur)				
Tension de charge flottante (Vdc)	13.8V/13.8V*2/13.8V*4				
Tension d'alarme de surcharge (Vdc)	15.0V/15.0V*2/15.0V*4				
Tension de protection de surcharge (Vdc)	15.0V/15.0V*2/15.0V*4				
Surcharge tension de récupération (Vdc)	13.6V/13.6V*2/13.6V*4				
<b>CARACTERISTIQUES DE SORTIE DC</b>					
Courant d'entrée DC (A)	30A Max	45A Max	60A Max	80A Max	100A Max
Tension d'alarme de décharge (Vdc)	11.0V/11.0V*2/11.0V*4				
Tension de protection de décharge (Vdc)	10.8V/10.8V*2/10.8V*4				
Courant de charge A	13.2V/13.2V*2/13.2V*4				

Figure 36: La fiche technique du régulateur choisi.

**IV.4.2 Dimensionnement par logiciel PVsyst :**

**IV.4.2.1 Système autonome :**

Dans notre étude attribuée, nous allons dimensionner l'établissement comme un site isolé avec batteries

Donc, Nous avons une chaine des étapes essentielles à suivre pour commencer les démarches de la conception, tel que :

- Etape 1 : Choisir isole avec batterie.
- Nommer le projet.
- Etape 2 : importer les données géographiques et météorologiques du site.

- Etape 3 : Ajuster l'orientation et l'angle d'inclinaison des panneaux
- Etape 4 : Définir les besoins énergétiques journalière.
- Etape 5 : Définir le système.
- Etape 6 : Lancer la simulation.

a) **Etape 1:**

- **Système isolé (autonome) :**

Nous allons présenter le dimensionnement d'une installation photovoltaïque autonome pour alimenter l'éclairage d'un hôtel (hall et couloirs et escaliers) situé à Blida.

b) **Etape 2 :**

- **Coordonnée Géographique du site :**

Paramètres du site géographique pour Blida\_MN72.SIT

Coordonnées Géographiques | Météo mensuelle | Carte interactive

Voir carte

**Lieu**

Nom du site: Blida

Pays: Algérie | Région: Afrique

Obtenir depuis les coordonnées

**Coordonnées Géographiques**

Trajectoires du soleil

	Decimal	Deg.	min.	sec.	
Latitude	36.4720	[°]	36	28	19 (+ = Nord, - = Hemisph. Sud)
Longitude	2.8320	[°]	2	49	55 (+ = Est, - = Ouest de Greenwich)
Altitude	0				M au-dessus du niv. de la mer
Fus. horaire	0.0				Correspondant à une différence moyenne Temps Légal - Temps Solaire = 0h-10m

Obtenir depuis le nom

**Importation météo**

- Meteonorm 7.2
- NASA-SSE
- PVGIS TMY
- NREL / NSRDB TMY

Importer

**E/S tableaux (Excel)**

- Importer
- Exporter la ligne
- Exporter la table

Nouveau Site | Imprimer | Fermer

Figure 37: Paramètre de coordonnée géographique du site sur PVsystem.

- **La latitude :**  $\varphi$  La latitude permet de repérer la distance angulaire d'un point quelque par rapport à l'équateur.
- **La longitude :**  $\lambda$  La longitude d'un lieu (ou méridien) est valeur angulaire, expriment le positionnement Est-Ouest d'un lieu par apport au méridien d'origine (méridien de Greenwich).
- **Le Fuseau horaire :** C'est une bande de  $15^\circ$  de large s'étendant du pôle nord au pôle sud permettant de décomposer le globe terrestre en 24 tranches horaire.

• **Données météorologiques :**

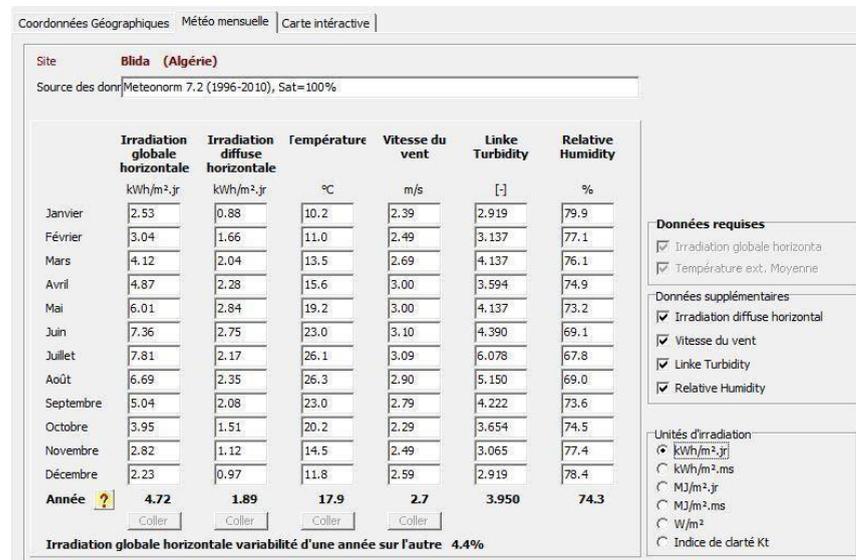


Figure 38: Les données météorologiques du site.

c) **Etape 3**

• **Orientation des modules PV:**

La position des panneaux par rapport au soleil influe directement sur leur rendement énergétique, il est très important de prendre en considération deux paramètres pour avoir le maximum de production énergétique, tel que

L'orientation : est le point cardinal ver lequel est tournée la face active du panneau (Sud, Nord , Sud-ouest) . L'orientation idéale d'un panneau photovoltaïque obéit à une règle qui consiste à l'orienter vers l'équateur, Ce qui donne l'orientation vers :

- Le sud dans l'hémisphère nord.
- Le nord dans l'hémisphère sud.

L'inclinaison : indique l'angle que fait le panneau avec le plan horizontal, elle dépend de la latitude du lieu et lieu et de la périodicité de l'inclinaison. [22]

Dans le site étudié pour une utilisation annuelle, la position des modules sera comme suite :

- Orientation des panneaux : plein sud.
- L'inclinaison (34°)

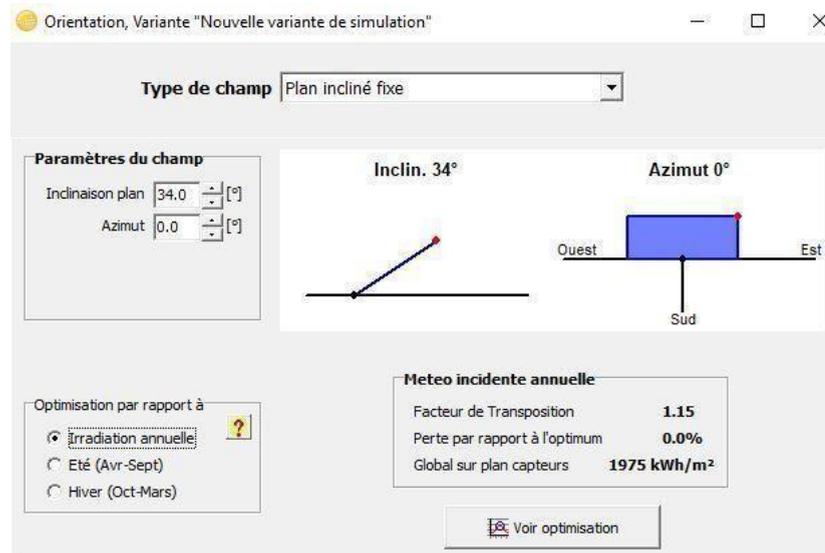


Figure 39: Choix d'inclinaison.

d) **Etape 4 :**

- **Besoins de l'utilisateur :**

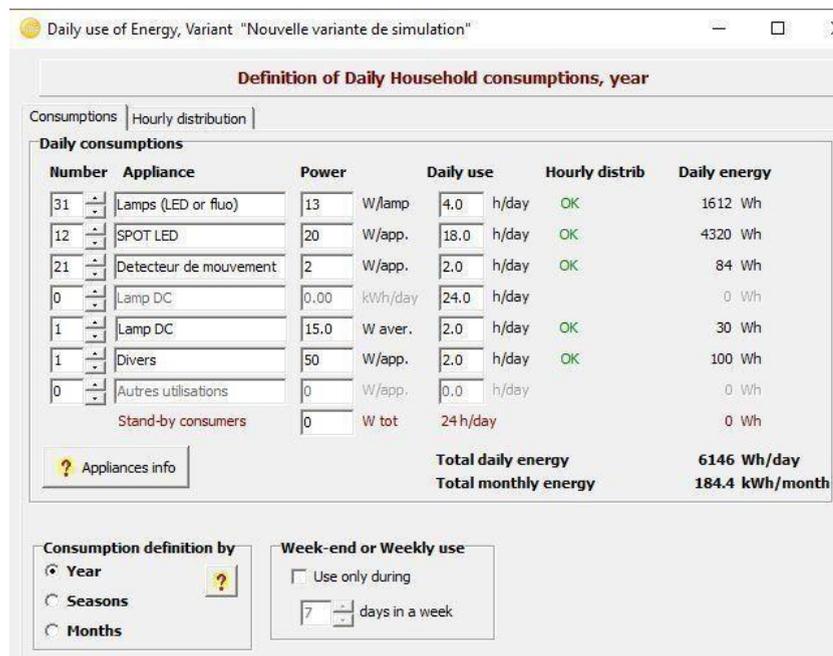


Figure 40: Les besoins de l'utilisateur.

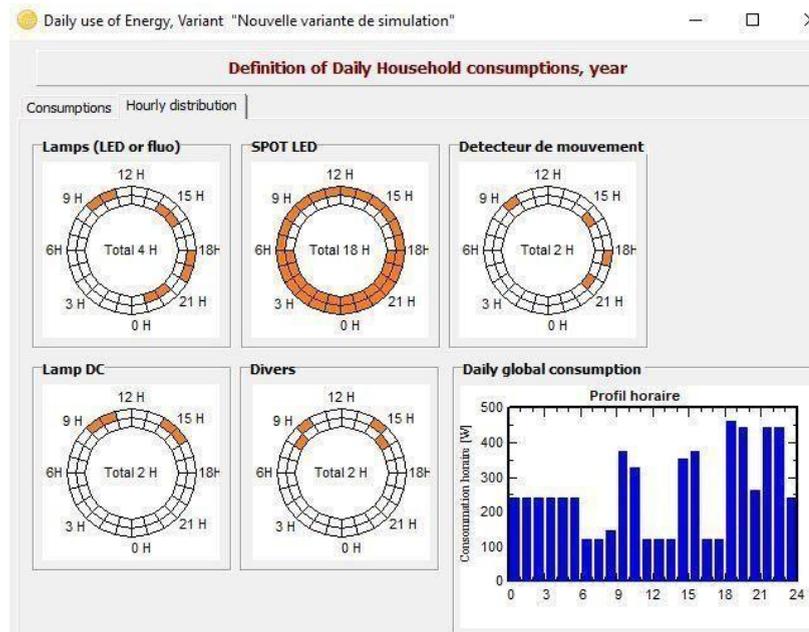


Figure 41: Distribution horaire.

e) **Etape 5 :**

- **Choix du système :**

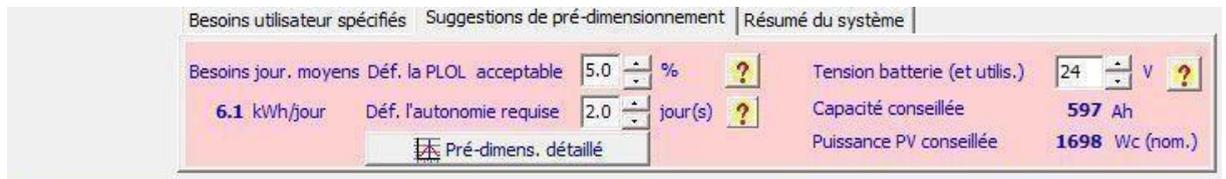


Figure 42: Paramètre pour définir le type de batterie.

- **PLOL (probabilité loss of load)** perte de charge : Cette valeur est la probabilité que les besoins de l'utilisateur ne peuvent pas être fournis (à savoir la fraction de temps lorsque la batterie est déconnectée en raison de la sécurité du régulateur "Low de charge"). Il peut être compris comme le complément de la « fraction solaire » (bien qu'elle soit décrite en termes de temps plutôt que de l'énergie)
- **L'autonomie** : C'est le nombre de jours consécutifs qu'en absence du soleil, le système doit être capable pour subvenir aux besoins énergétique
- Autonomie 2jours
- Plol 5 %

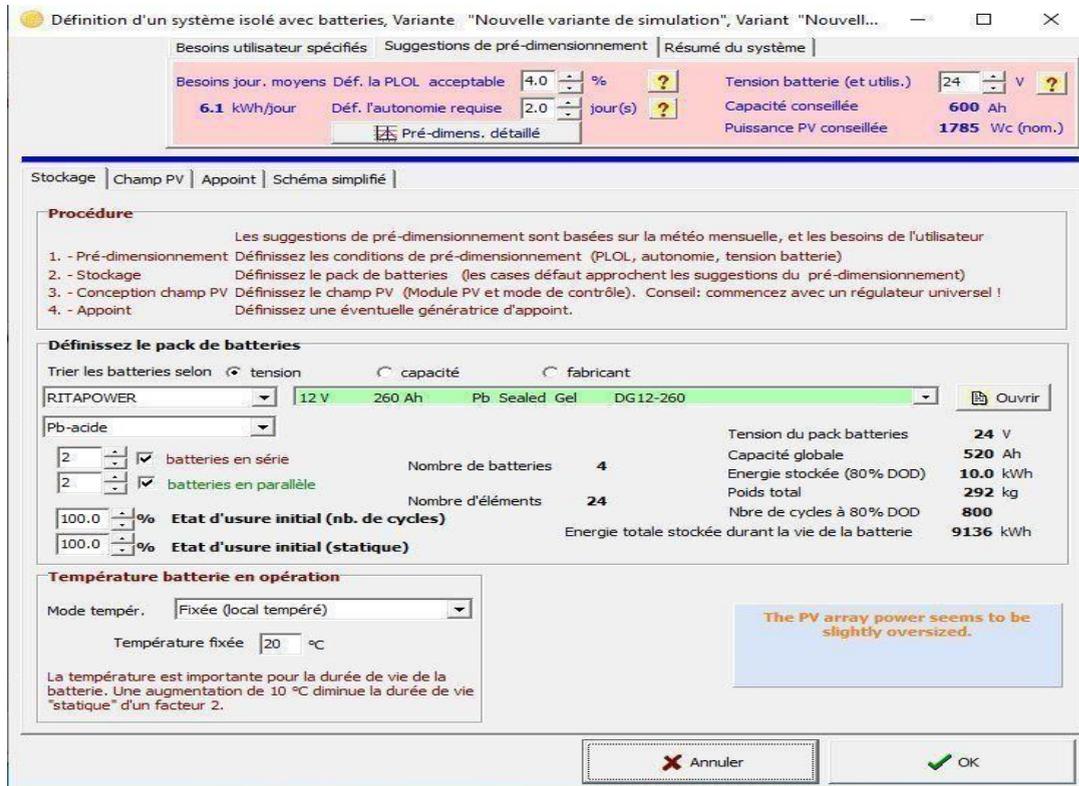


Figure 43: Choix parc de batterie.

• **Choix du champ PV et régulateur :**

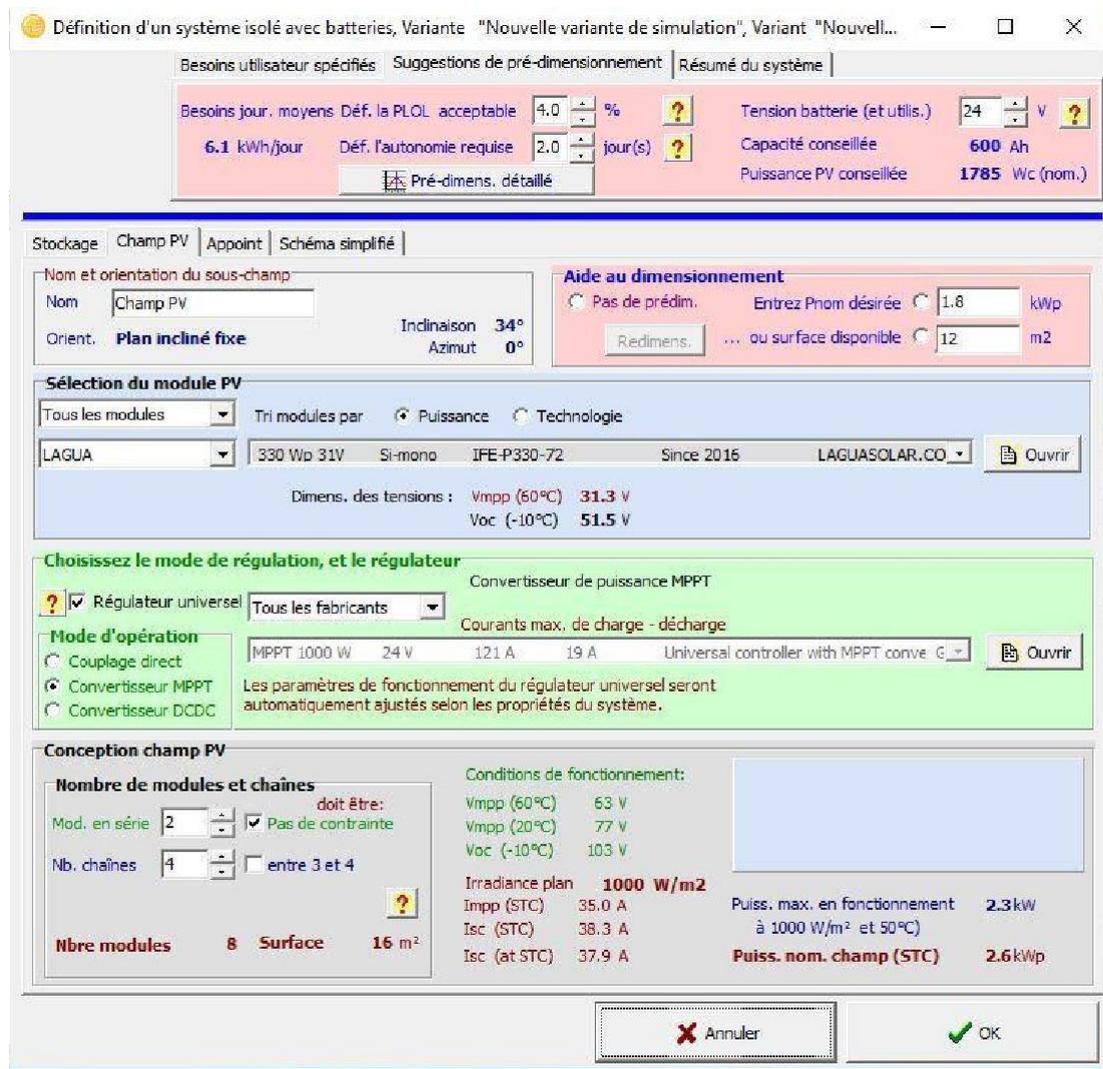


Figure 44: Choix du panneau et régulateur.

• **Rapport :**

Voici le rapport de la simulation sur (ANNEXE C).

VI.4.2.2 Système connecté au réseau



Figure 45: Choix de site.

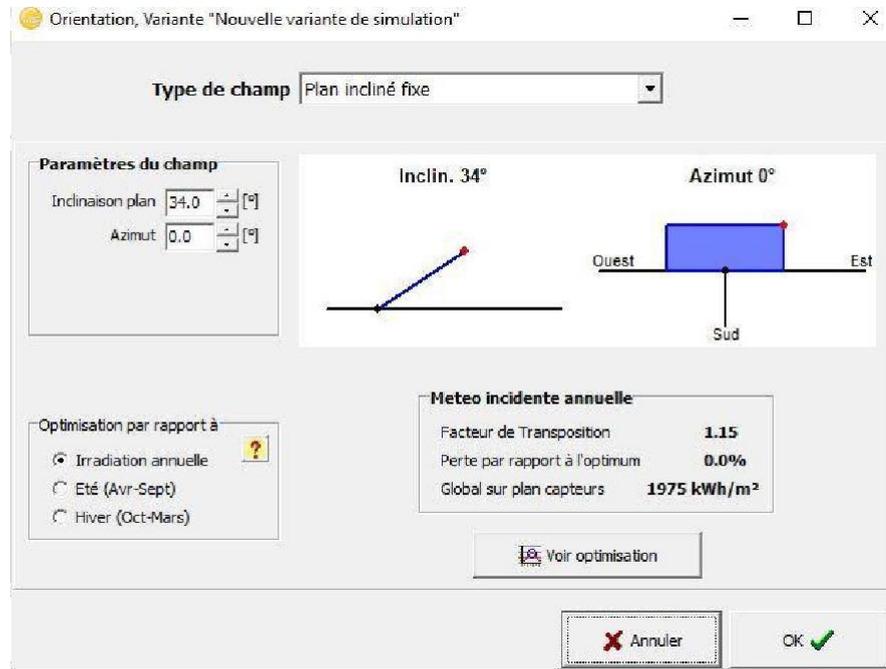
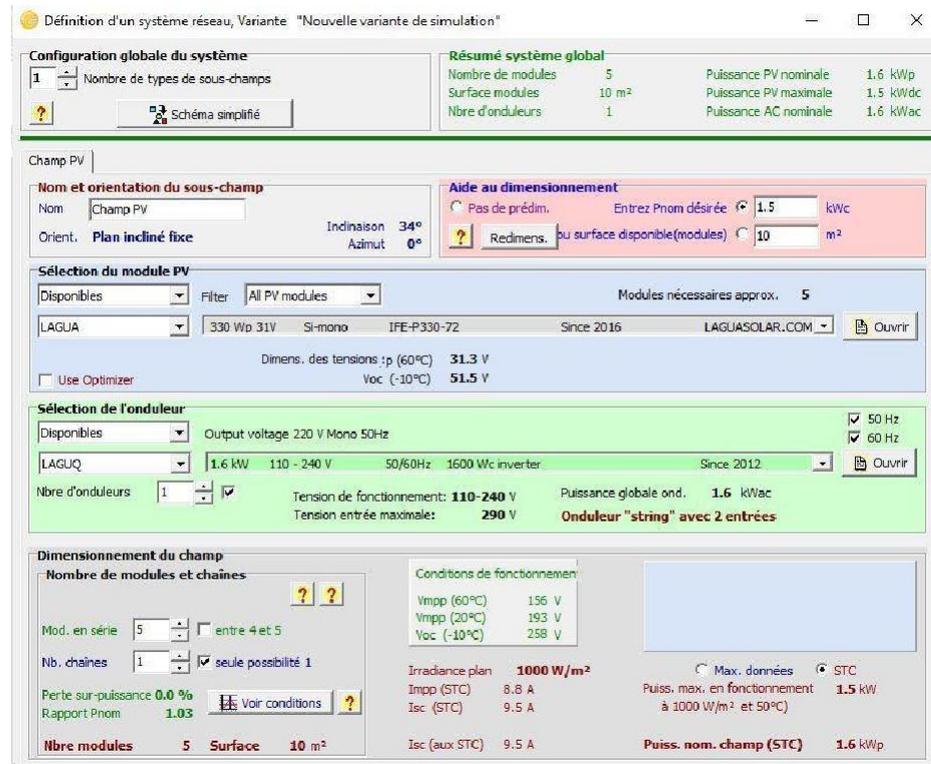


Figure 46: Choix d'inclinaison.



**Figure 47:** Choix des composants.

- Donc nous avons besoin de 5 modules modèles (LAGUA de 330W) et un (onduleur de 1,6kW).
- **Rapport :**

Voici le rapport de la simulation sur (ANNEXE B).

- **RE MARQUE :** Pour la maquette, lors de la réalisation de l'éclairage, nous avons utilisé des lampes, des détecteurs et une carte arduino à faible puissance, en effet, un panneau de 20W est suffisant pour alimenter notre système.

### IV.5 CONCLUSION :

Dans ce chapitre nous avons présenté notre site d'étude qui est l'hôtel à BLIDA, ou nous avons introduit le dimensionnement pour faire l'éclairage du site par deux méthodes:

- L'une analytique, par des formules mathématiques qui facilite le dimensionnement des différents éléments constituant le système d'installation PV.
- L'autre à l'aide du logiciel PVsyst.

## **V. Chapitre 5 : Réalisations pratiques**

### V.1 Introduction :

Dans ce chapitre nous allons réaliser un éclairage automatique avec des capteurs de mouvement dans un hôtel de 3 étages alimenté par un système photovoltaïque, le chapitre enchaîne avec le détail de la conception qui devra inclure : le choix des composantes, les schémas électriques, les programmes ainsi que les tests et résultats de simulations y afférents.

### V.2 Simulation sur TinkerCad

#### V.2.1 Schéma électrique de l'éclairage automatique :

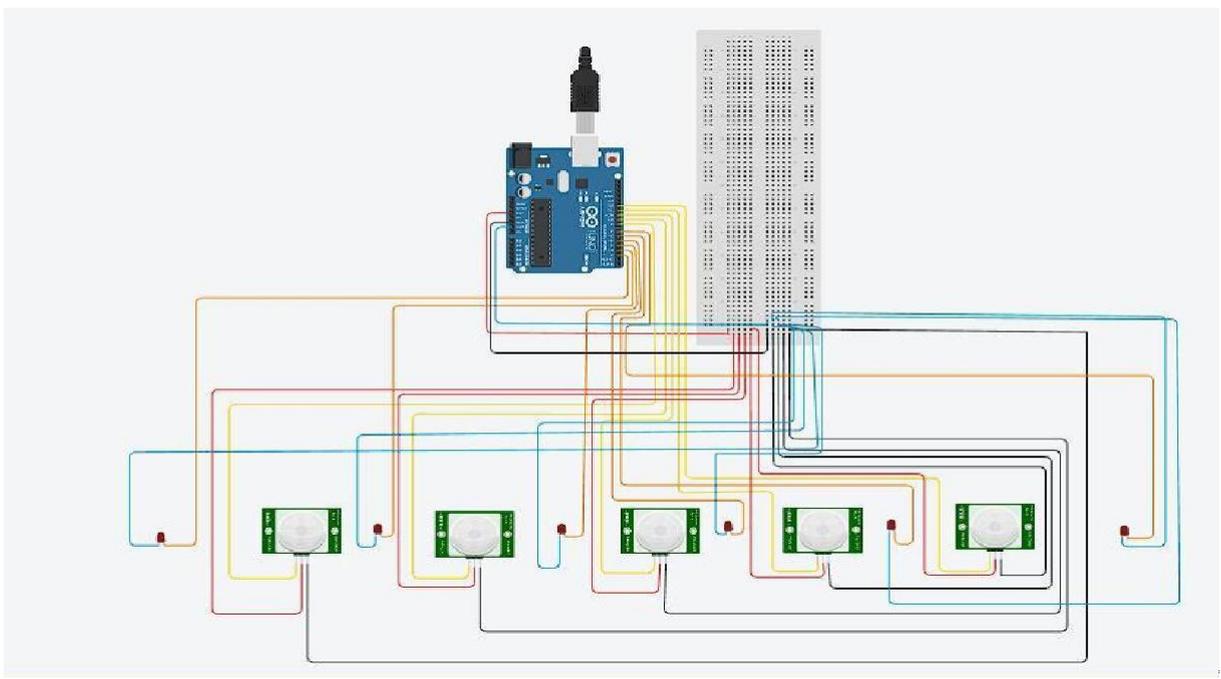
Nous allons fait le schéma électrique de l'éclairage automatique de l'hôtel avec la Platform TinkerCad.

#### V.2.2 Cas de la réalisation de l'hôtel :

##### V.2.2.1 Couloir :

Le couloir se compose de 6 chambres et de 6 lampes, Dans le cas de la réalisation de l'hôtel au sol nous besoins de 5 capteurs infrarouge PIR.

Voici la **Figure 48** le schéma suivante explique le branchement de l'éclairage automatique sur le terrain.



**Figure 48:** Vue Circuit.

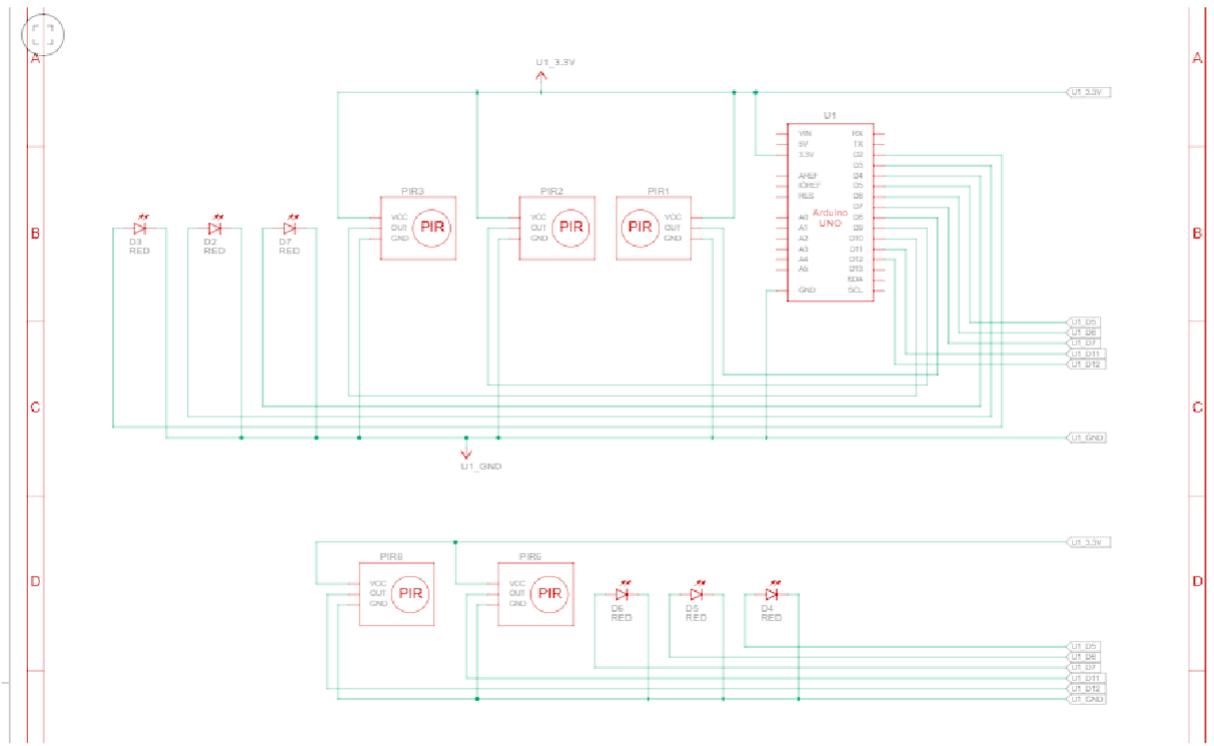


Figure 49: Vue schématique.

### V.2.2.2 L'escalier :

L'escalier dans le cas réel se compose de 3 lampes et de 2 capteurs PIR, Voici la **Figure 50** de schéma suivante explique le branchement de l'éclairage automatique sur le terrain.

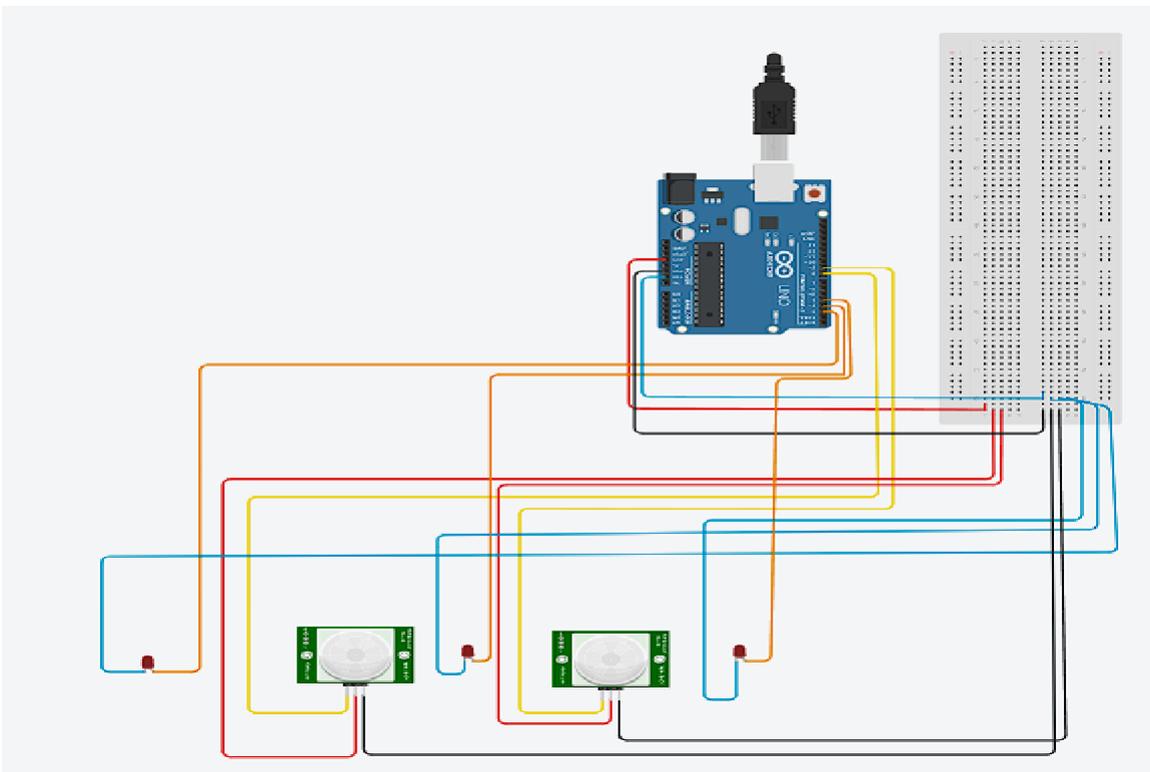
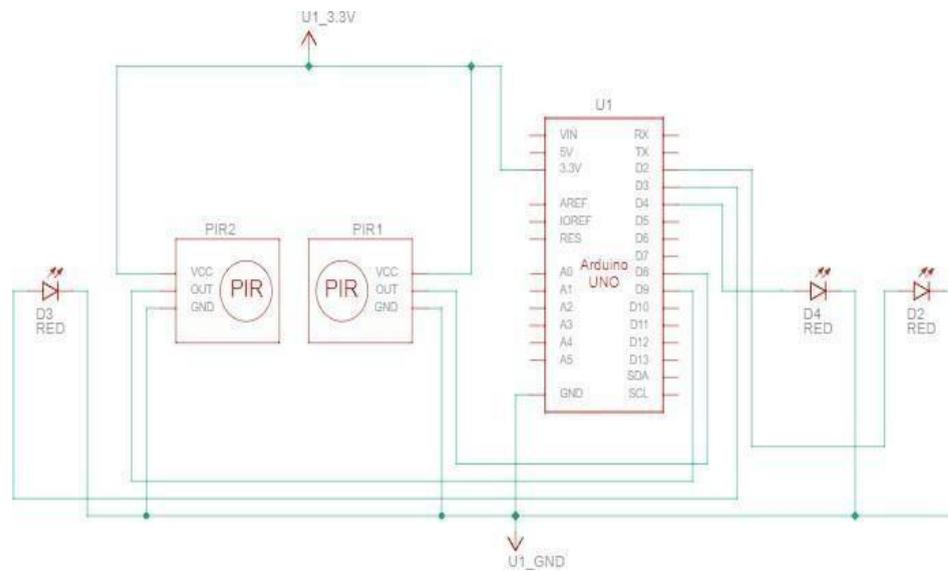


Figure 50: Vue circuit.



**Figure 51:**Vue Schématique.

### **V.2.3 Cas de réalisation sur la maquette :**

#### **V.2.3.1 Couloir :**

Sur la maquette nous avons différent dimension alors on a utilisé 2 capteurs PIR dans le couloir, Voici le schéma de la **Figure 52** suivante explique le branchement de l'éclairage automatique sur la réalisation sut la maquette.

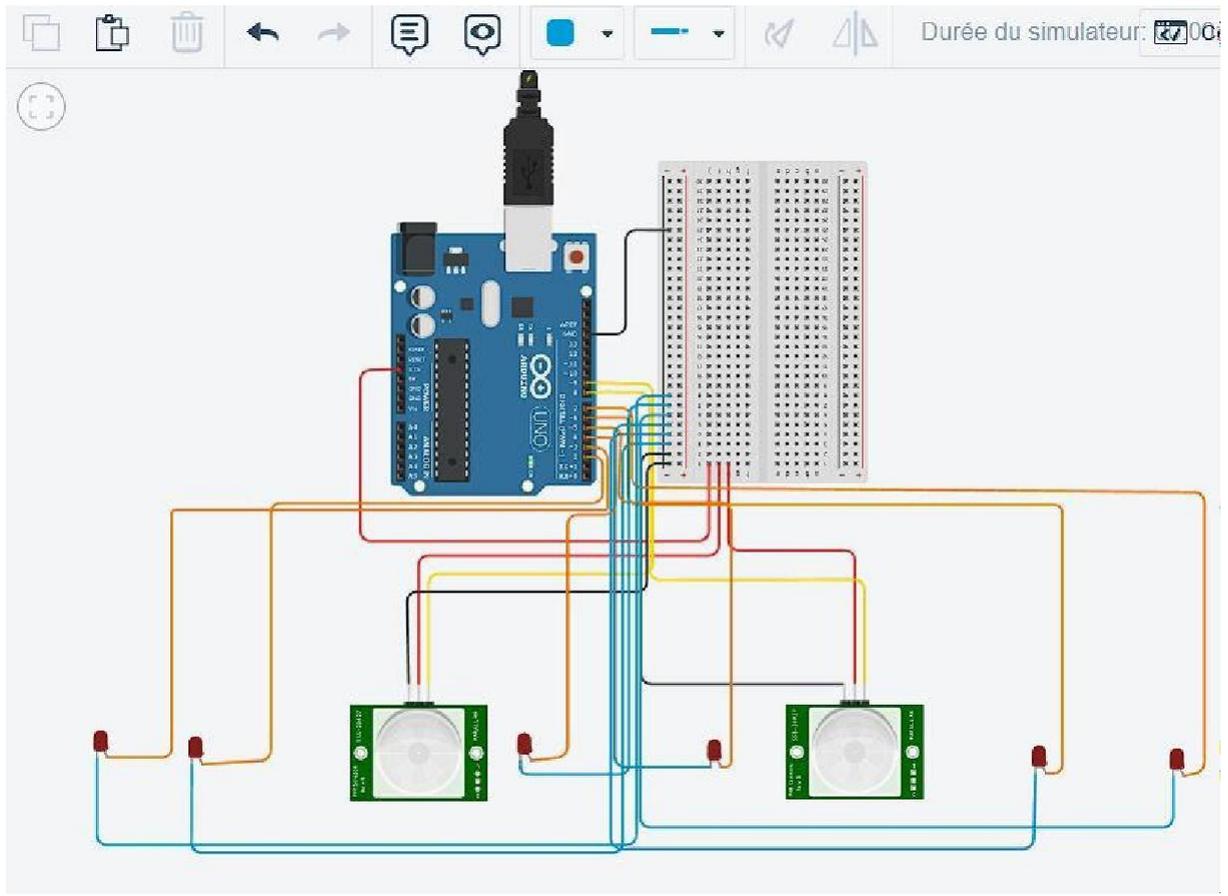


Figure 52: Vue circuit.

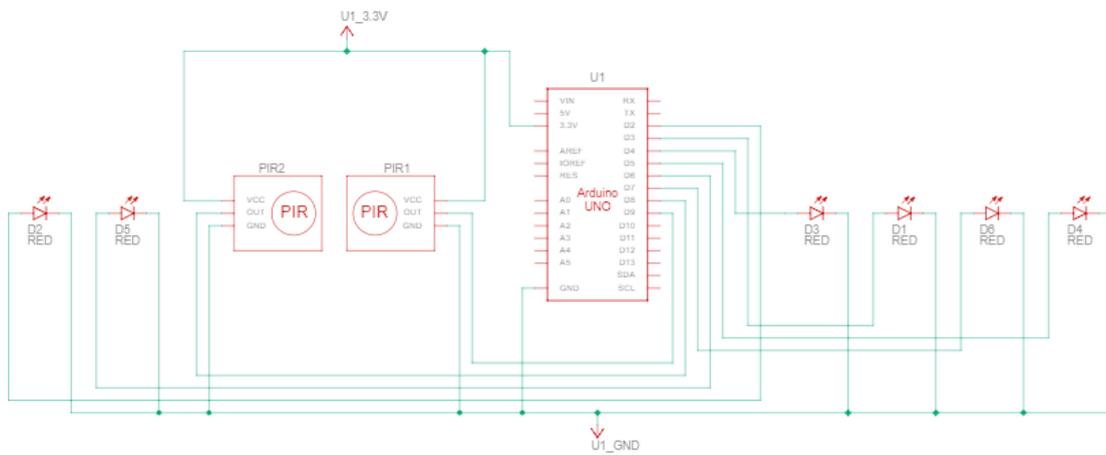
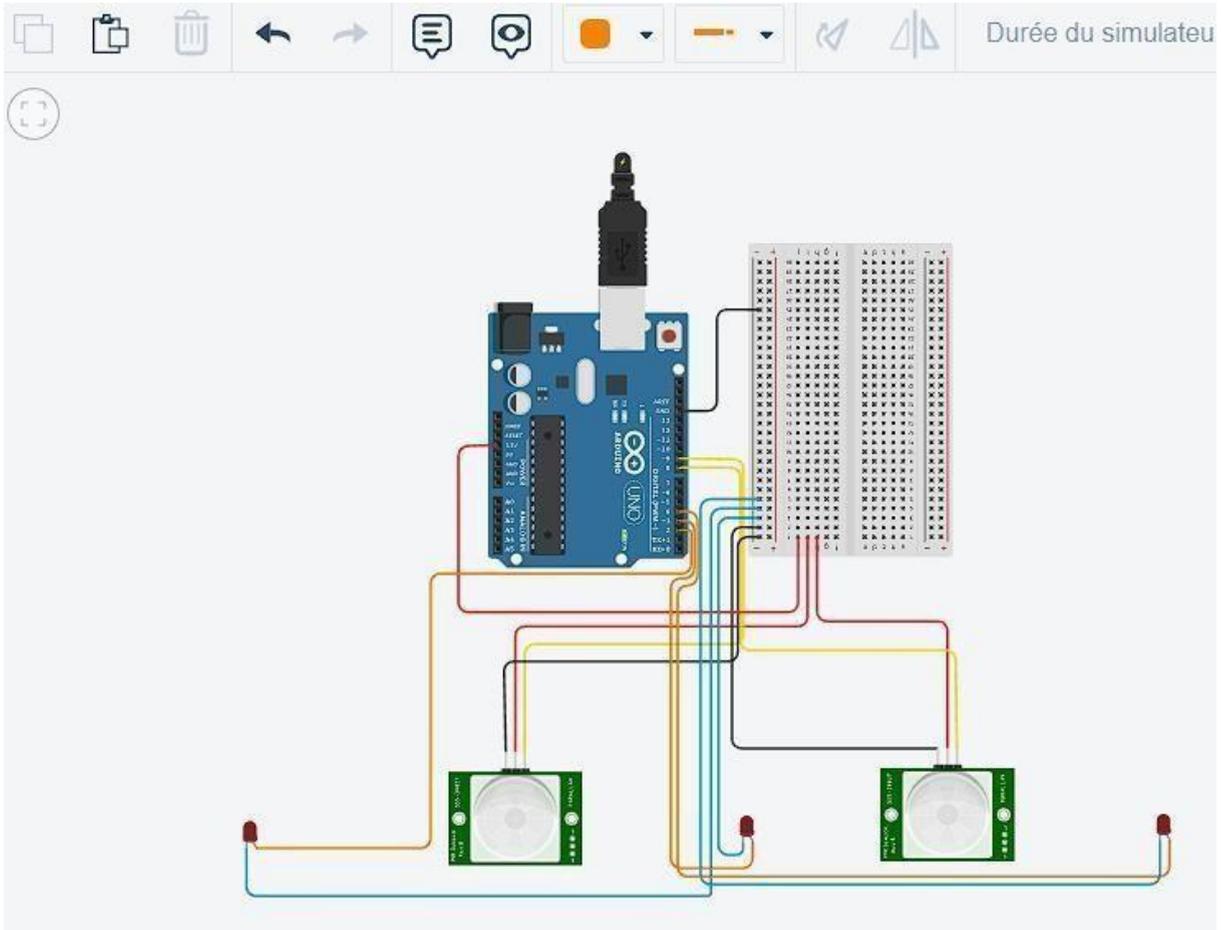


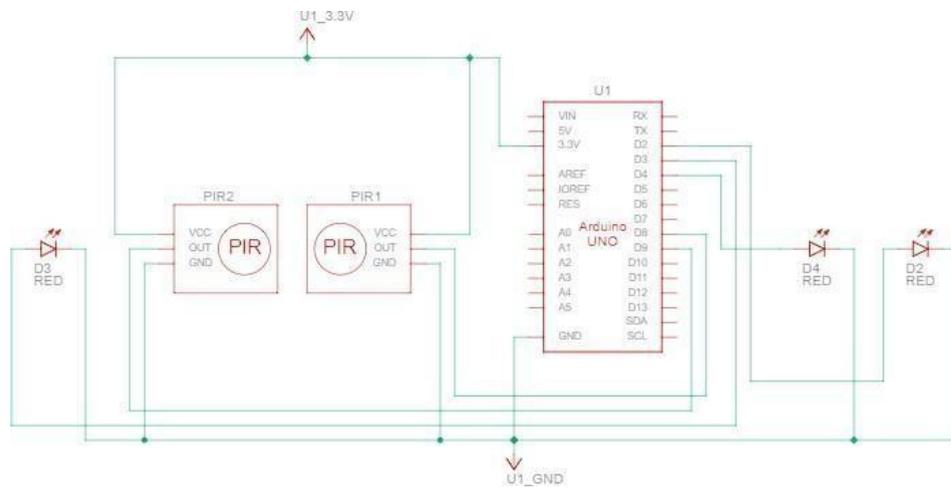
Figure 53: Vue Schématique.

V.2.3.2 **L'escalier :**

Voici le schéma de la **Figure 54** suivante explique le branchement de l'éclairage automatique sur la réalisation sur la maquette.



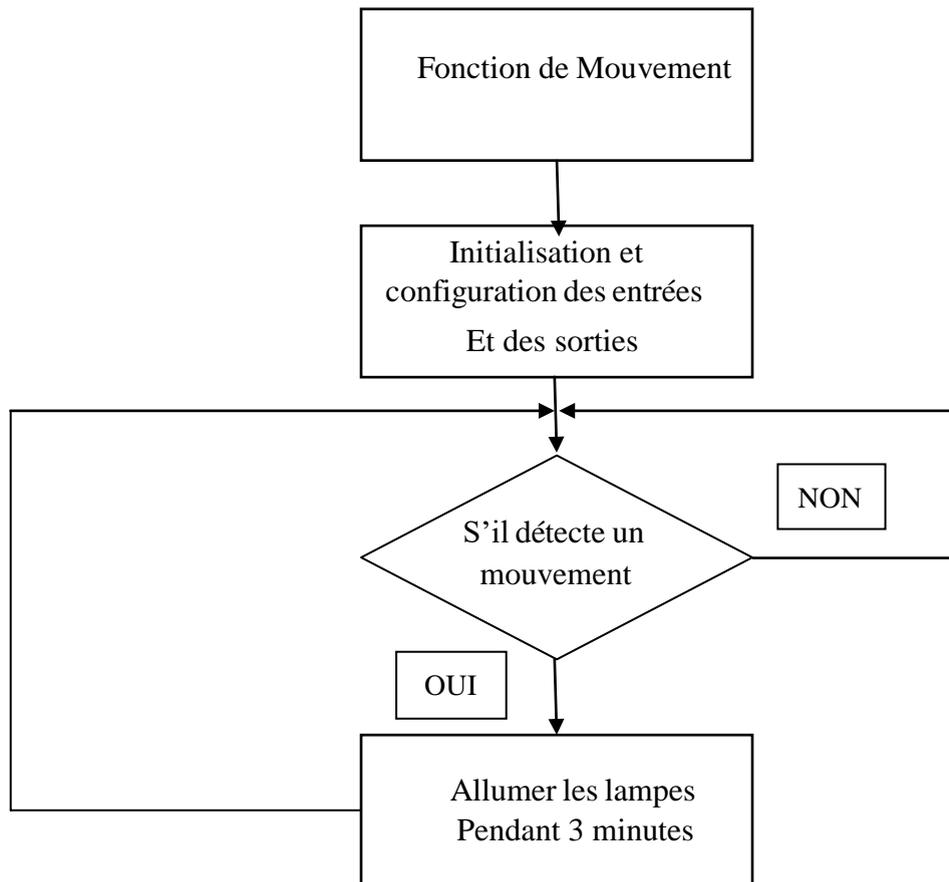
**Figure 54:** Vue circuit.



**Figure 55:** Vue Schématique.

### V.3 Organigramme de notre système :

Cet organigramme explique le fonctionnement de capteur de mouvement (PIR), s'il est détecté une la préséance la lampe va s'allumer. S'il n'y a aucune intrusion, le capture refait le travail à chaque fois jusqu'à la détection d'une intrusion (ou mouvement). On a développé un programme de simulation (ANNEXE A)



**Figure 56:**Organigramme de capteur de mouvement PIR.

**V.4 Réalisation de la maquette :**

Après les tests en simulation il a fallu passer par la réalisation en réelle car il y'a une différence entre la théorie et la pratique.



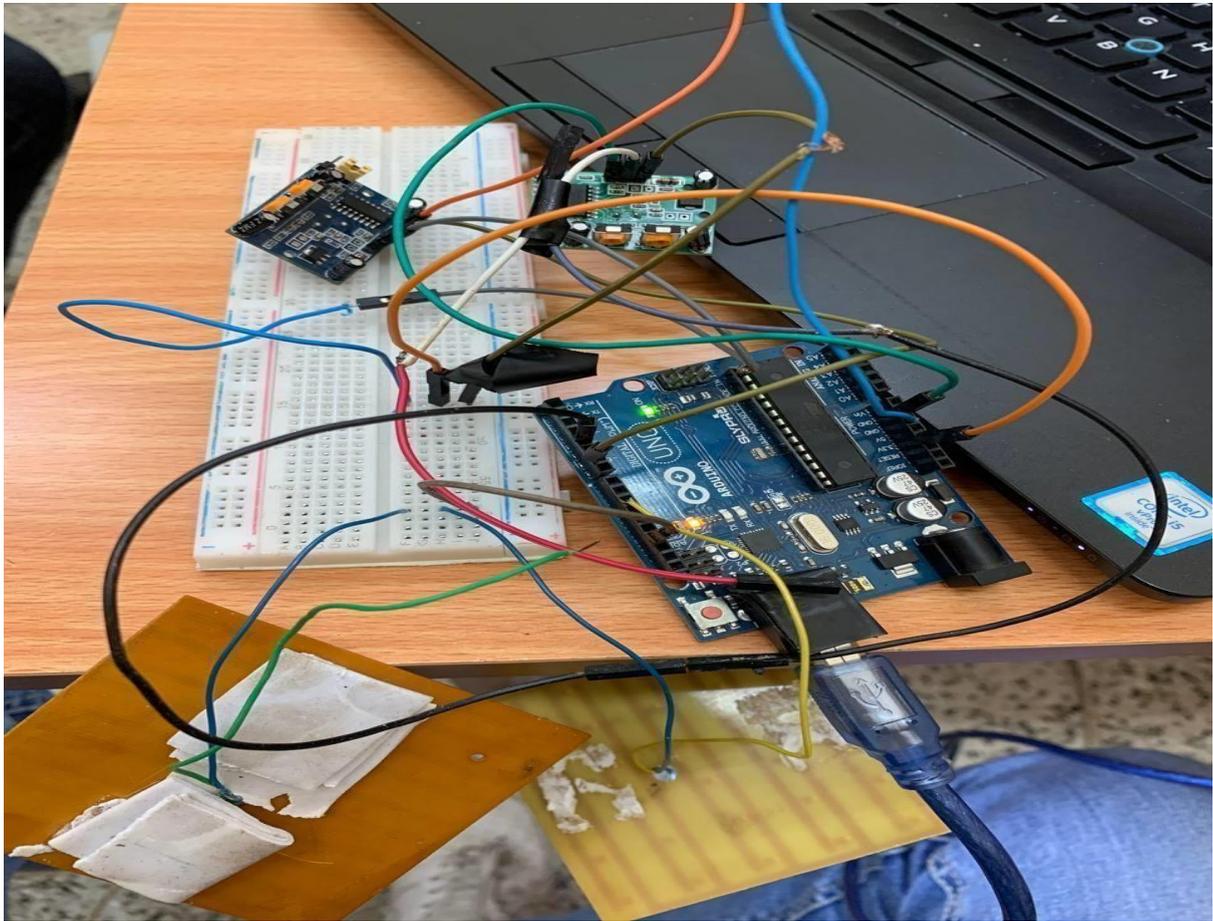
**Figure 57:**Réalisation de la maquette la façade.



**Figure 58:**Réalisation de la maquette les escaliers.

### V.4.1 Montage sur plaque d'essai :

Pour tester le bon fonctionnement de notre système il a fallu qu'on le monte sur une plaque d'essai pour voir s'il n'y a pas de problème.



**Figure 59:** Test de fonctionnements sur la plaque d'essai.

### V.5 Conclusion :

Nous avons conçu un éclairage automatique dans l'hôtel de 3 étages. Grâce à des composants électroniques (capteur PIR, carte arduino....) et des outils. Nous avons créé une maquette intégrant ces composants électroniques, puis nous avons relié le tout au microcontrôleur Arduino Uno. (Implémentation d'un programme). Les tests effectués s'avèrent concluant concernant le fonctionnement intermittent de l'éclairage, et donc, de l'économie énergétique et financière.

## **VI. Chapitre 6 : Résultat et discussion**

**VI.1 Introduction :**

Nous allons cibler dans ce chapitre une étude comparative sur la consommation énergétique et le cout entre installation photovoltaïque et le fournisseur sonelgaz.

**VI.2 Comparaison entre les deux méthodes de dimensionnement :**

**VI.2.1 Système autonome :**

**Tableau 5:**Tableau comparatif des prix entre les deux méthodes de dimensionnement pour le système autonome.

Composants	Modèle	Prix Unitaire(DA)	Dimensionnement			
			Analytique		PVsyst	
			Nombre D'unités	Prix	Nombre D'unités	Prix
Panneaux	IF-330-72 Mono Lagua solaire	22500	10	225000	8	180000
Régulateur	SC-X- 100A Lagua	38000	1	38000	1	38000
Batterie	FMG- 260/12Volt 260Ah (SAKO)	55000	6	330000	4	220000
Onduleur		19800	1	19800	1	19800
<b>Total</b>			<b>612800 DA</b>		<b>Total 457800 DA</b>	

**VI.2.2 Système connecté au réseau :**

**Tableau 6.:** Tableau comparatif des prix entre les deux méthodes de dimensionnement pour le système connecté au réseau.

Composants	Modèle	Prix Unitaire(DA)	Dimensionnement			
			Analytique		PVsyst	
			Nombre D'unités	Prix	Nombre D'unités	Prix
Panneaux	IF-330-72 Mono Laguna solaire	22500	6	135000	5	112500
Régulateur	SC-X-60A Laguna	26000	1	26000	1	26000
Batterie	FMG-260/12Volt 260Ah (SAKO)	55000	0	0	0	0
Onduleur	Lagua pure sine wave	19800	1	19800	1	19800

Total	180800 DA	Total	158300 DA
-------	-----------	-------	-----------

**VI.3 Prix unitaire de la consommation selon sonelgaz :**

**Tableau 7:**Tableau des prix unitaire de la consommation selon sonelgaz.

Consommation(KWh)	Prix unitaire
De 0 à 125	1.7789 DA/KWh
De 126 à 250	4.1789 DA/KWh
De 251 à 1000	4.8121 DA/KWh
Supérieur à 1000	5.4796 DA/KWh

**VI.4 Cout de la consommation selon sonelgaz :**

Nous estimons l'énergie consommée par logiciel PVsyst dans le chapitre précédent. Cette énergie est égale à :

**VI.4.1 Système autonome :**

$$E_j = 6146 \times 30 = 184,38 \text{Kwh}$$

-Cette valeur sera multiplier fois 3 pour l'obtention de l'énergie consommée trimestrielle.

$$E = 184,38 \times 3 = 553,14 \text{Kwh}$$

$251 \text{Kwh} < E_c < 1000 \text{kWh}$  .Alors le prix unitaire est : Prix unit= 4,8121 DA/kWh

- Le montant hors taxe (HT) :  
 $HT = 553,14 \times 4,8121 = 2661,76 \text{ DA}$
- TVA = 19%
- Prix TVA=HT\*19%  
 $TVA = 2661,76 \times 0,19$   
 $TVA = 505,73 \text{ DA}$
- TTC= HT+ TVA  
 $TTC = 3167,49 \text{ DA}$
- Le cout annuel serait :  
 $TTC = 12669,96 \text{ DA}$

**VI.4.2 Système connecté au réseau :**

L'énergie consommée dans un mois :

$$\text{➤ } E_c = 3646 \times 30 = 109,38 \text{Kwh}$$

Cette valeur sera multiplier fois 3 pour l'obtention de l'énergie consommée trimestrielle

$$\text{➤ } E_c = 109,38 \times 3 = 328,14 \text{Kwh}$$

$251 \text{Kwh} < E_c < 1000 \text{Kwh}$  .Alors le prix unitaire est : Prix unit= 4,8121 DA/Kwh

- Le montant hors taxe (HT) :  
 $HT = 328,14 \times 4,8121 = 1579,04 \text{ DA}$
- TVA = 19%
- Prix TVA=HT\*19%  
 $TVA = 1579,04 \times 0,19$   
 $TVA = 300,00 \text{ DA}$
- TTC= HT+ TVA  
 $TTC = 1879,04 \text{ DA}$
- Le cout annuel serait :  
 $TTC = 7516,16 \text{ DA}$

**VI.4.3 Coût de consommation de l'hôtel sans système photovoltaïque :**

- Energie Journalier

$$E_j = 15432 \text{ Wh/J}$$

La consommation de Les escaliers et le couloir de 24h de l'éclairage.

- Trimestrielle

$$E = 15432 \times 30 \times 3 = 1388 \text{ kWh}$$

-Supérieur à 1000 kWh alors le pris unitaire est 5.4796 DA/Kwh

$$\text{TTC} = 9050,76 \text{ DA}$$

**VI.5 Coût de la consommation avec une installation PV :**

Selon le dimensionnement par PVsyst, le coût initial d'une installation PV est environ :

- Pour une installation autonome = 457800 DA
- Pour une installation connectée au réseau = 158300 DA

Vu que les composants de cette installation ont une durée de vie moyenne de 25 ans, Nous pouvons estimer le coût de consommation pendant une année comme suit :

Ce qui donne :

1. Pour l'autonome :

- HT(Annuel) = 18312 DA
- TVA(Annuel) = 3479,28 DA
- TTC(Annuel) = 21791,28 DA

2. Pour la connectée au réseau :

- HT(Annuel) = 6332 DA
- TVA(Annuel) = 1203,08 DA
- TTC(Annuel) = 7535,08 DA

**VI.6 Résultats :**

- Nous observons que le dimensionnement par logiciel PVsyst donne des résultats plus proche de la réalité par rapport au dimensionnement analytique. Car, il utilise des formules de calcul plus avancées.
- Une installation PV joue un rôle très important en apportant une solution réellement économique pour couvrir les besoins énergétique à long terme.
- L'air d'une installation PV augmente proportionnellement avec l'énergie consommée, donc, pour des sites à grand échelle, le système occupe une superficie importante.

**VI.7 Conclusion :**

Dans ce chapitre nous comparons le coût pour une consommation annuelle dans le cas classique (distributeur SONELGAZ) et dans le cas d'une installation PV, nous remarquons que le coût du PV est trop élevé par rapport au celui du SONELGAZ.

## **VII. Conclusion générale**

Un système PV est un système générateur d'électricité, par les rayons du soleil incidents sur la surface des panneaux. C'est essentiellement les cellules, qui convertissent l'énergie solaire en énergie électrique par l'effet photovoltaïque.

Le système PV se compose de plusieurs éléments, principalement les panneaux PV, qui représentent la base de captation des rayons solaires, les batteries qui constituent le champ de stockage de l'énergie produite, le régulateur qui protège le pare de batteries contre la surcharge ou la décharge profonde, l'onduleur, qui assure la conversion du courant continu en courant alternatif.

Nous avons présenté les notions fondamentales concernant le principe de l'effet photovoltaïque, comme le gisement solaire, et les différentes technologies des cellules solaires, Nous avons présenté aussi, les différentes méthodes de dimensionnement d'un système PV.

Nous avons d'abord parlé de l'éclairage en général, puis des différentes modalités d'éclairage intelligent.

Nous avons présenté une étude détaillée sur les composants principaux à utiliser dans notre projet concernant la conception d'un système d'éclairage automatique.

Nous avons réalisé un prototype de l'hôtel à 3 étages situé à BLIDA (une maquette à l'échelle de 1Cm implique 1m dans la réalité) avec un éclairage automatique par le biais d'une carte arduino Uno et des détecteurs infrarouge PIR alimentée par un système photovoltaïque. Les tests effectués sont conformes à l'allumage séquentiel des lampes et donc nous avons atteint l'objectif de l'économie énergétique et financière.

Nous avons fait une étude comparative du dimensionnement de système par la méthode analytique et la méthode de simulation via le logiciel PVsyst. Les résultats diffèrent sensiblement. Les résultats donnés par le logiciel sont plus petits que ceux donnés par le calcul analytique (exemple: pour les panneaux nous avons obtenu 10 panneaux par le calcul analytique par contre nous avons obtenu 8 panneaux par le logiciel PVsyst ) ceci s'explique, d'une part, les équations utilisées par le logiciel qui sont plus réalistes que celle utilisées dans le calcul analytique, d'autre part, la distribution horaire plus rigide que dans le calcul analytique. Sans oublier que ce dernier fait abstraction de l'utilisation journalière et nocturne.

Finalement, une comparaison du coût de la consommation électrique annuelle délivrée par le distributeur SONELGAZ et le prix de revient de l'électricité produite par l'installation PV durant la même période, Les résultats obtenus n'encouragent pas d'aller vers l'énergie PV, vu que l'Algérie subventionne le prix du kilowattheure d'électricité du réseau, pour des raisons socio-politique, sans oublier la dépréciation du Dinars qui rend la majeure partie du matériel importé très cher ce qui se ressent énormément sur le prix de revient du kilowattheure PV.

En perspective de l'amélioration de ce travail, il est possible d'intégrer les installations PV, lors de la conception du projet immobilier. Pour faciliter l'installation et la maintenance il est judicieux de rendre indépendante l'installation des escaliers, couloirs, halls et des chambres, ceci sous la contrainte de la surface total de captation (terrasse, façade sud et terrain autour de l'hôtel). La climatisation peut faire l'objet d'une étude dans le futur, si la technologie diminue drastiquement la consommation électrique des climatiseurs.

En fin, l'avancement technologique et la concurrence vont contribuer à une large démocratisation (diminution du prix des matériels PV) de l'utilisation des énergies renouvelables industrielle est surtout domestique.

# **Bibliographie**

## Bibliographie

- [1] Souilamas Nesrin, Rayonnement solaire et conversion photovoltaïque, institut de formation en électricité et gaz (ifeg), école technique de Blida.
- [2] Mlle ZERROUKI Zolikha & Mlle BEREKSI REGUIG Rym, Dimensionnement d'un système Photovoltaïque autonome, mémoire pour l'obtention du diplôme master, Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen.,
- [4] HELALI KAMELIA, Modélisation d'une cellule photovoltaïque : étude comparative, mémoire pour l'obtention du titre de Magister en électrotechnique, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou
- [3] Slamani Chanez, Etude et simulation d'un système hybride PV/Diesel/Batterie pour alimenter une maison isolée, mémoire Présentée pour l'obtention du diplôme de Master, Université Kasdi Merbah -Ouargla-p15.
- [5] Bencherif Mohammed, Modélisation des paramètres d'une batterie Plomb-Acide, et son intégration dans un système photovoltaïque autonome, mémoire pour l'obtention du titre de Master, Université Abou Bekr Belkaid –Tlemcen
- [6] Souilamas Nesrin, description et principe de fonctionnement des composants des différents systèmes photovoltaïques, institut de formation en électricité et gaz (ifeg), école technique de Blida.
- [7] : William Sanial« Traité d'éclairage » Cépadués éditions2005 .Nédition : 673.
- [8] : [http : //oe.rncan.gc.ca/iie](http://oe.rncan.gc.ca/iie).
- [9] : M-Merry-Cohu « L'éclairage électrique moderne »Dundo Paris, seconde édition refondue et complétée 1951.
- [10] Article, Lampes électrique, Germain GRIPPON 4ème C # [Lampes Electriques | PDF | Lampe fluorescente compacte | Tube fluorescent \(scribd.com\)](#)
- [11] : Archouche Adel. Boussid sihem: Etude et réalisation d'une Commande automatique de l'éclairage publique à base de microcontrôleur pic16f877, mémoire de fin d'étude pour master, Université Oum El Bouaghi, (2010-2011).
- [12][https://ww2.acpoitiers.fr/sc\\_phys/sites/sc\\_phys/IMG/pdf/prise\\_en\\_main\\_carte\\_arduino\\_la ngage\\_arduino.pdf](https://ww2.acpoitiers.fr/sc_phys/sites/sc_phys/IMG/pdf/prise_en_main_carte_arduino_la_ngage_arduino.pdf)
- [13] <http://www.zpag.net/Electroniques/Breadboard/Breadboard.htm>
- [14]<https://fr.lambdageeks.com>
- [15] <https://www.tinkercad.com>
- [16] [https://www.led- flash.fr](https://www.led-flash.fr)
- [17] [https://www.robot- maker.com](https://www.robot-maker.com)
- [18]<https://www.aranacorp.com/fr>
- [19] Arduino.cc
- [20] Logiciel PVsyst 6.8.1 Sous Windows.
- [21] L'article de Mr André Mermoud PVsyst université Genève.
- [22] <http://dspace.univ-msila.dz:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/15052/776.pdf>

# **ANNEXE A**

## **Annexe A :**

```
#define PIR 8 // Défini sur quel pin est connecté le PIR
#define LED 2 // Défini sur quel pin est connecté le LED
#define PIR1 9
#define LED1 3
#define PIR2 10 // Capteur PIR AU niveau des escalier
#define LED2 4
#define PIR3 11 // Capteur PIR AU niveau des escalier
#define LED3 5
#define LED4 6
```

```
unsigned long counttime;
```

```
void setup() {
```

```
    pinMode(PIR, INPUT);
    pinMode(LED, OUTPUT);
    pinMode(PIR1, INPUT);
    pinMode(LED1, OUTPUT);
    pinMode(PIR2, INPUT);
    pinMode(LED2, OUTPUT);
    pinMode(PIR3, INPUT);
    pinMode(LED3, OUTPUT);
    pinMode(LED4, OUTPUT);
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
    if (digitalRead(PIR) == HIGH) {
        digitalWrite(LED, HIGH);
        counttime = millis();
    }
```

```
if (digitalRead(PIR1) == HIGH) {
    digitalWrite(LED1, HIGH);
    counttime = millis();
}
if (digitalRead(PIR2) == HIGH) {
    digitalWrite(LED2, HIGH);
    counttime = millis();
}
if (digitalRead(PIR3) == HIGH) {
    digitalWrite(LED3, HIGH);
    digitalWrite(LED4, HIGH);
    counttime = millis();
}
}
if (digitalRead(PIR) == LOW && millis() - counttime > 60) {
    digitalWrite(LED, LOW);
}
if (digitalRead(PIR1) == LOW && millis() - counttime > 60) {
    digitalWrite(LED1, LOW);}
if (digitalRead(PIR2) == LOW && millis() - counttime > 60) {
    digitalWrite(LED2, LOW);
}
if (digitalRead(PIR3) == LOW && millis() - counttime > 60) {
    digitalWrite(LED3, LOW);
    digitalWrite(LED4, LOW);
}
}
```

# **ANNEXE B**

## Système couplé au réseau: Paramètres de simulation

**Projet :** hotel à Blida

**Site géographique**

**Blida**

**Pays Algérie**

**Situation**

Latitude 36.47° N

Longitude 2.83° E

Temps défini comme

Temps légal Fus. horaire TU+1

Altitude 0 m

Albédo 0.20

**Données météo:**

**BLIDA** NASA-SSE satellite data 1983-2005 (modified by user) - Synthétique

**Variante de simulation :** Nouvelle variante de simulation

Date de la simulation 20/06/22 à 13h32

**Paramètres de simulation**

Type de système **Pas de scène 3D, pas d'ombrages**

**Orientation plan capteurs**

Inclinaison 34° Azimut 0°

**Modèles utilisés**

Transposition Perez Diffus Perez, Meteonorm

**Horizon**

Pas d'horizon

**Ombrages proches**

Sans ombrages

**Besoins de l'utilisateur :**

Charge illimitée (réseau)

### Caractéristiques du champ de capteurs

**Module PV**

Si-mono

Modèle

**IFE-P330-72**

Paramètres définis par l'utilisateur

Fabricant

LAGUA

Nombre de modules PV

En série

5 modules

En parallèle

1 chaînes

Nombre total de modules PV

Nbre modules

5

Puissance unitaire

330 Wc

Puissance globale du champ

Nominale (STC)

**1650 Wc**

Aux cond. de fonct.

1451 Wc (50°C)

Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)

U mpp

166 V

I mpp

8.8 A

Surface totale

Surface modules

**9.7 m<sup>2</sup>**

Surface cellule

8.5 m<sup>2</sup>

**Onduleur**

Modèle

**1600 Wc inverter**

Paramètres définis par l'utilisateur

Fabricant

LAGUQ

Caractéristiques

Tension de fonctionnement

110-240 V

Puissance unitaire

1.60 kWac

Batterie d'onduleurs

Nbre d'onduleurs

1 unités

Puissance totale

1.6 kWac

Rapport Phom

1.03

### Facteurs de perte du champ PV

Fact. de pertes thermiques

Uc (const)

20.0 W/m<sup>2</sup>K

Uv (vent)

0.0 W/m<sup>2</sup>K / m/s

Perte ohmique de câblage

Rés. globale champ

320 mOhm

Frac. pertes

1.5 % aux STC

Perte de qualité module

Frac. pertes

0.0 %

Perte de "mismatch" modules

Frac. pertes

1.0 % au MPP

Perte de "mismatch" strings

Frac. pertes

0.10 %

Effet d'incidence, paramétrisation ASHRAE

IAM =

1 - bo (1/cos i - 1)

Param. bo

0.05

## Système couplé au réseau: Résultats principaux

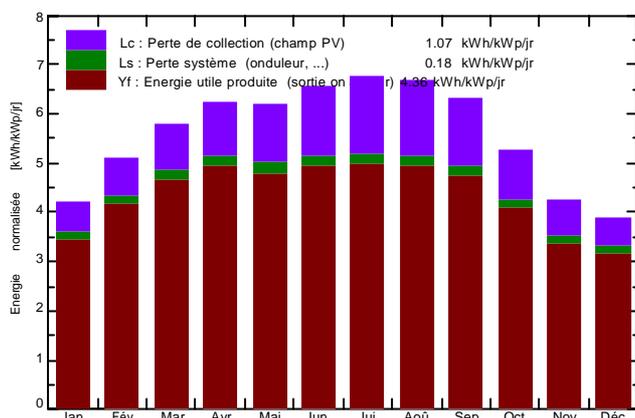
**Projet :** hotel à Blida

**Variante de simulation :** Nouvelle variante de simulation

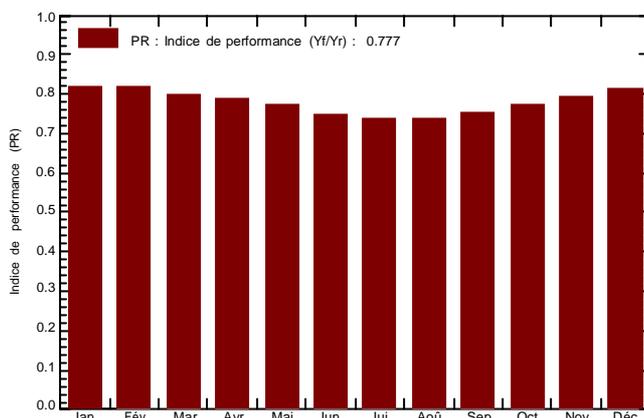
<b>Principaux paramètres système</b>	Type de système	<b>Pas de scène 3D, pas d'ombrages</b>	
Orientation plan capteurs	inclinaison	34°	azimut 0°
Modules PV	Modèle	IFE-P330-72	Pnom 330 Wc
Champ PV	Nombre de modules	5	Pnom total <b>1650 Wc</b>
Onduleur	Modèle	1600 Wc inverter	Pnom 1600 W ac
Besoins de l'utilisateur	Charge illimitée (réseau)		

<b>Principaux résultats de la simulation</b>			
Production du système	<b>Energie produite</b>	<b>2627 kWh/an</b>	Productible 1592 kWh/kWc/an
	Indice de performance (PR)	<b>77.68 %</b>	

**Productions normalisées (par kWp installé): Puissance nominale 1650 Wc**



**Indice de performance (PR)**



### Nouvelle variante de simulation Bilans et résultats principaux

	<b>GlobHor</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>DiffHor</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>T_Amb</b> °C	<b>GlobInc</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>GlobEff</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>EArray</b> kWh	<b>E_Grid</b> kWh	<b>PR</b>
<b>Janvier</b>	79.7	26.35	11.16	130.9	128.1	184.4	176.8	0.819
<b>Février</b>	97.2	30.52	11.62	143.1	139.9	201.4	193.7	0.820
<b>Mars</b>	145.1	44.64	13.30	180.3	176.0	248.5	238.6	0.802
<b>Avril</b>	174.0	54.60	15.35	187.3	182.0	254.6	244.6	0.791
<b>Mai</b>	201.8	65.41	18.63	192.6	186.5	256.5	245.9	0.774
<b>Juin</b>	217.8	62.40	22.88	196.8	190.4	255.0	244.3	0.752
<b>Juillet</b>	225.1	60.45	25.71	209.2	202.7	266.0	255.0	0.739
<b>Août</b>	201.8	54.25	26.23	207.9	201.9	263.5	253.0	0.738
<b>Septembre</b>	160.2	44.40	23.49	189.4	184.6	245.0	235.6	0.754
<b>Octobre</b>	118.4	37.82	20.06	164.0	160.1	218.3	209.5	0.774
<b>Novembre</b>	80.7	28.20	15.71	127.7	124.7	174.9	167.5	0.795
<b>Décembre</b>	69.1	24.80	12.60	120.3	117.5	169.5	162.3	0.818
<b>Année</b>	1770.8	533.84	18.10	2049.5	1994.5	2737.7	2626.7	0.777

Légendes: GlobHor Irradiation globale horizontale      GlobEff Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages  
 DiffHor Irradiation diffuse horizontale      EArray Energie effective sortie champ  
 T\_Amb Température ambiante      E\_Grid Energie injectée dans le réseau  
 GlobInc Global incident plan capteurs      PR Indice de performance

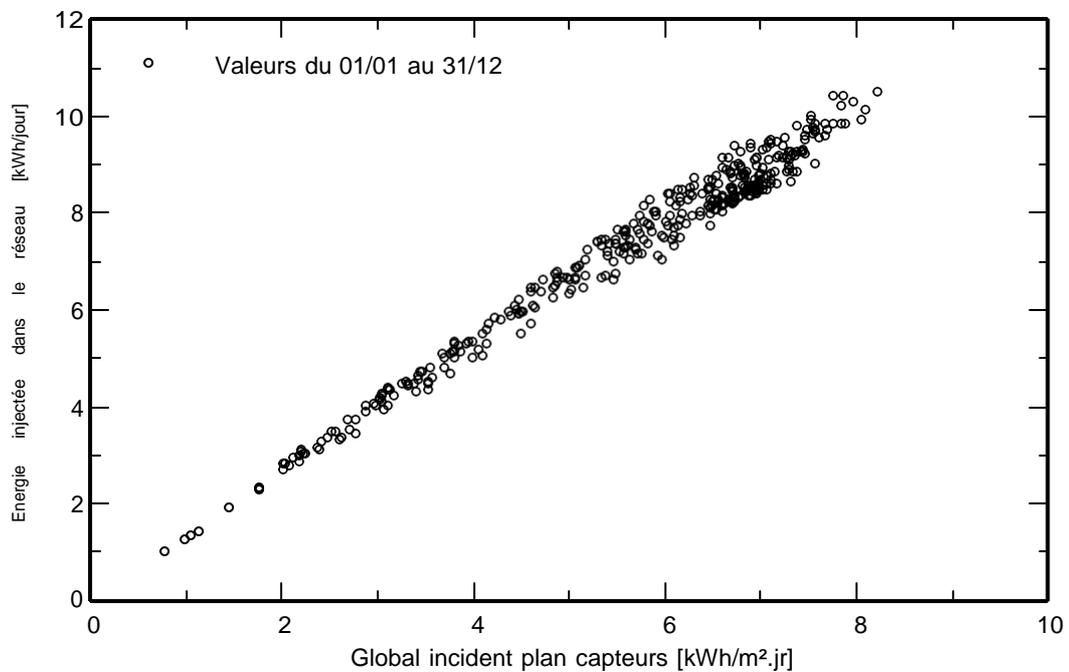
## Système couplé au réseau: Graphiques spéciaux

Projet : **hotel à Blida**

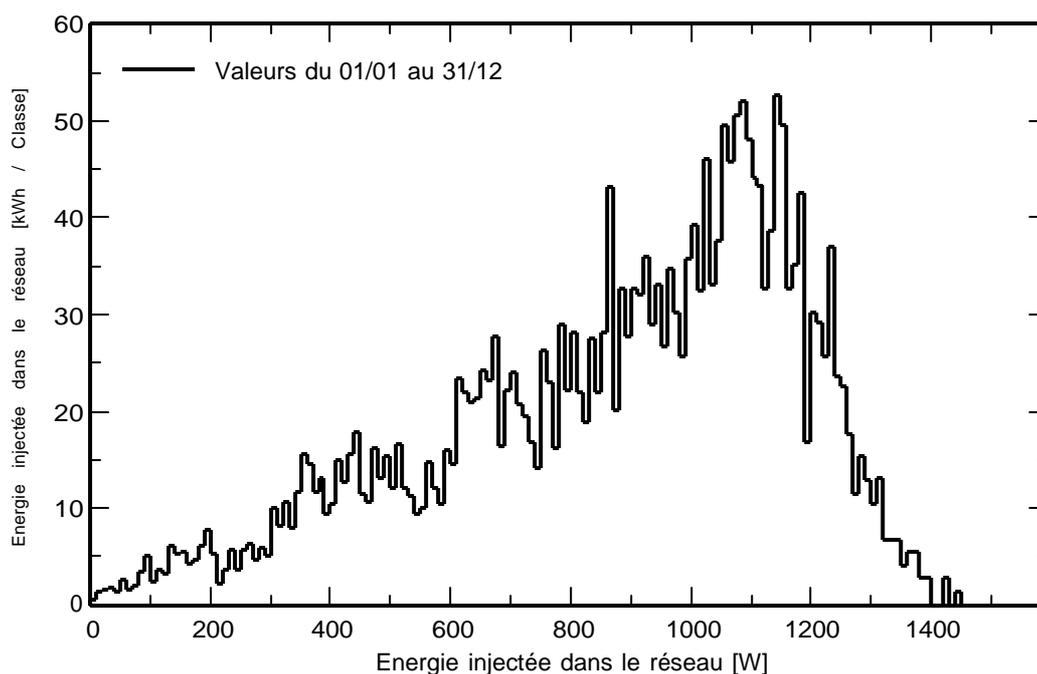
Variante de simulation : **Nouvelle variante de simulation**

Principaux paramètres système		Type de système	Pas de scène 3D, pas d'ombrages	
Orientation plan capteurs		inclinaison	34°	azimut 0°
Modules PV		Modèle	IFE-P330-72	Pnom 330 Wc
Champ PV		Nombre de modules	5	Pnom total <b>1650 Wc</b>
Onduleur		Modèle	1600 Wc inverter	Pnom 1600 W ac
Besoins de l'utilisateur		Charge illimitée (réseau)		

### Diagramme d'entrée/sortie journalier



### Distribution de la puissance de sortie système



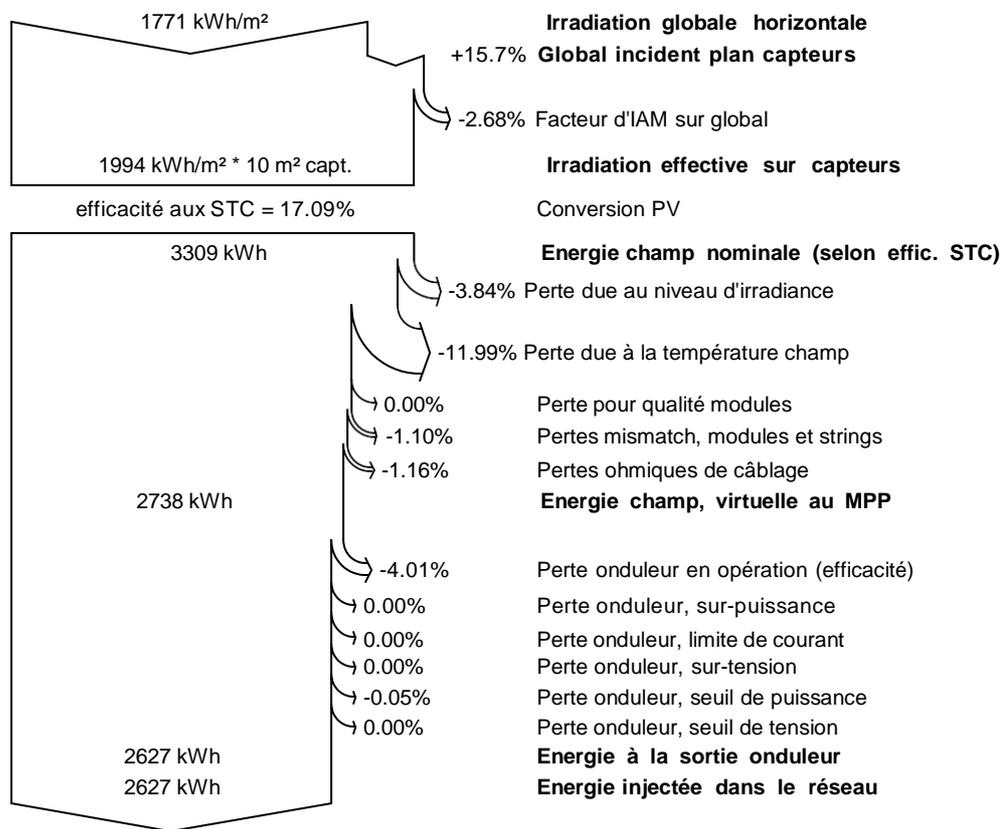
## Système couplé au réseau: Diagramme des pertes

**Projet :** hotel à Blida

**Variante de simulation :** Nouvelle variante de simulation

Principaux paramètres système	Type de système	Pas de scène 3D, pas d'ombrages	
Orientation plan capteurs	inclinaison	34°	azimut 0°
Modules PV	Modèle	IFE-P330-72	Pnom 330 Wc
Champ PV	Nombre de modules	5	Pnom total <b>1650 Wc</b>
Onduleur	Modèle	1600 Wc inverter	Pnom 1600 W ac
Besoins de l'utilisateur	Charge illimitée (réseau)		

**Diagramme des pertes sur l'année entière**



# **ANNEXE C**

## Système isolé: Paramètres de simulation

**Projet :** éclairage intelligent

<b>Site géographique</b>	<b>Blida</b>	Pays	<b>Algérie</b>	
<b>Situation</b>	Latitude	36.47° N	Longitude	2.83° E
Temps défini comme	Temps légal	Fus. horaire TU+1	Altitude	0 m
	Albédo	0.20		
<b>Données météo:</b>	<b>BLIDA</b>	NASA-SSE satellite data 1983-2005 (modified by user) - Synthétique		

**Variante de simulation :** Nouvelle variante de simulation

Date de la simulation 15/06/22 à 16h19

<b>Paramètres de simulation</b>	Type de système	<b>Système isolé avec batteries</b>		
<b>Orientation plan capteurs</b>	Inclinaison	34°	Azimut	0°
<b>Modèles utilisés</b>	Transposition	Perez	Diffus	Perez, Meteonorm
<b>Besoins de l'utilisateur :</b>	Consomm. domestique moyenne	Constants sur l'année 6.1 kWh/Jour		

### Caractéristiques du champ de capteurs

<b>Module PV</b>	Si-mono	Modèle	<b>IFE-P330-72</b>	
Paramètres définis par l'utilisateur		Fabricant	LAGUA	
Nombre de modules PV		En série	2 modules	En parallèle 4 chaînes
Nombre total de modules PV		Nbre modules	8	Puissance unitaire 330 Wc
Puissance globale du champ		Nominale (STC)	<b>2640 Wc</b>	Aux cond. de fonct. 2322 Wc (50°C)
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)		U mpp	66 V	I mpp 35 A
Surface totale		Surface modules	<b>15.5 m²</b>	Surface cellule 13.7 m²

**Paramètres du système** Type de système **Système isolé**

<b>Batterie</b>		Modèle	<b>DG12-260</b>	
		Fabricant	RITAPOWER	
Caractéristiques du banc de batteries		Nombre d'unités	2 en série x 2 en parallèle	
		Tension	24 V	Capacité nominale 520 Ah
		Décharge: min. SOC	20.0 %	Energie stockée 10.3 kWh
		Température	Fixée (20°C)	
<b>Régulateur</b>		Modèle	Universal controller with MPPT converter	
		Technologie	MPPT converter	Coeff. de temp. -2.7 mV/°C/elem.
Convertisseur		Efficacité maxi et EURO	97.0 / 95.0 %	
Seuils de régulation batterie	Seuils de commande selon	SOC calculation		
	Charge	SOC = 0.90 / 0.75	i.e. approx.	27.0 / 25.1 V
	Décharge	SOC = 0.20 / 0.45	i.e. approx.	23.6 / 24.4 V

### Facteurs de perte du champ PV

Fact. de pertes thermiques	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (vent)	0.0 W/m²K / m/s
Perte ohmique de câblage	Rés. globale champ	32 mOhm	Frac. pertes	1.5 % aux STC
Perte diode série	Chute de tension	0.7 V	Frac. pertes	0.9 % aux STC
Perte de qualité module			Frac. pertes	0.0 %
Perte de "mismatch" modules			Frac. pertes	1.0 % au MPP
Perte de "mismatch" strings			Frac. pertes	0.10 %
Effet d'incidence, paramétrisation ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Param. bo	0.05

## Système isolé: Besoins de l'utilisateur

**Projet :** éclairage intelligent

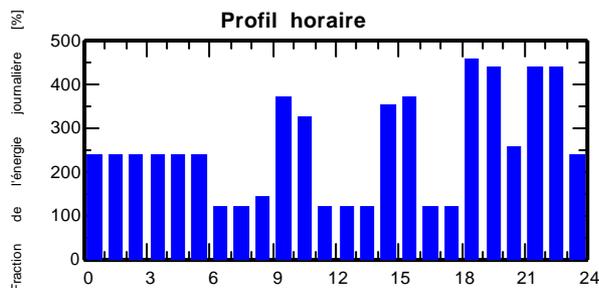
**Variante de simulation :** Nouvelle variante de simulation

Principaux paramètres système	Type de système	Système isolé avec batteries	
Orientation plan capteurs	inclinaison	34°	azimut 0°
Modules PV	Modèle	IFE-P330-72	Pnom 330 Wc
Champ PV	Nombre de modules	8	Pnom total <b>2640 Wc</b>
Batterie	Modèle	DG12-260	Technologie Pb-acide, scellée, Gel
Pack de batteries	Nombre d'unités	4	Tension / Capacité <b>24 V / 520 Ah</b>
Besoins de l'utilisateur	Consomm. domestique	Constants sur l'année	Global 2243 kWh/an

**Consomm. domestique, Constants sur l'année, moyenne = 6.1 kWh/jr**

### Valeurs annuelles

	Nombre	Puissance	Utilisation	Énergie
Lamps (LED or fluo)	31	13 W/lampe	4 h/jour	1612 Wh/jour
SPOT LED	12	20 W/app	18 h/jour	4320 Wh/jour
Detecteur de mouvement	21	2 W/app	2 h/jour	84 Wh/jour
Lamp DC	1		2 Wh/jour	30 Wh/jour
Divers	1	50 W tot	2 h/jour	100 Wh/jour
<b>Energie journalière totale</b>				<b>6146 Wh/jour</b>



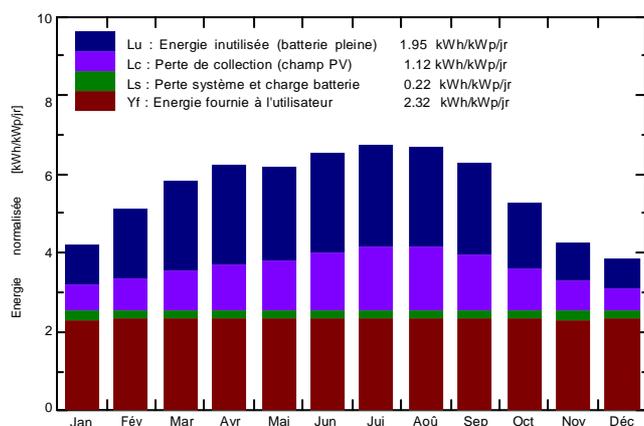
## Système isolé: Résultats principaux

**Projet :** éclairage intelligent  
**Variante de simulation :** Nouvelle variante de simulation

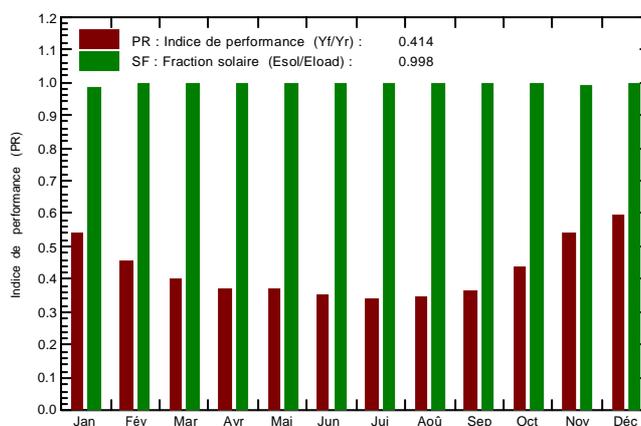
<b>Principaux paramètres système</b>	Type de système	<b>Système isolé avec batteries</b>	
Orientation plan capteurs	inclinaison	34°	azimut 0°
Modules PV	Modèle	IFE-P330-72	Pnom 330 Wc
Champ PV	Nombre de modules	8	Pnom total <b>2640 Wc</b>
Batterie	Modèle	DG12-260	Technologie Pb-acide, scellée, Gel
Pack de batteries	Nombre d'unités	4	Tension / Capacité <b>24 V / 520 Ah</b>
Besoins de l'utilisateur	Consomm. domestique	Constants sur l'année	Global 2243 kWh/an

<b>Principaux résultats de la simulation</b>			
Production du système	<b>Energie disponible</b>	<b>4214 kWh/an</b>	Productible 1596 kWh/kWc/an
	Energie utilisée	2239 kWh/an	En excès (inutilisée) 1878 kWh/an
	Indice de performance (PR)	41.37 %	Fraction solaire (SF) 99.79 %
Besoins non satisfaits	Fraction du temps	0.2 %	Energie manquante 5 kWh/an
Viellissement batterie (Etat d'usure (SOW))	SOW cyclage	88.1%	SOW statique 80.0%
	Durée de vie batterie	5.0 ans	

**Productions normalisées (par kWp installé): Puissance nominale 2640 Wc**



**Indice de performance (PR) et Fraction solaire (SF)**



### Nouvelle variante de simulation Bilans et résultats principaux

	<b>GlobHor</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>GlobEff</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>E_Avail</b> kWh	<b>EUnused</b> kWh	<b>E_Miss</b> kWh	<b>E_User</b> kWh	<b>E_Load</b> kWh	<b>SolFrac</b>
<b>Janvier</b>	79.7	128.1	281.5	82.9	3.189	187.3	190.5	0.983
<b>Février</b>	97.2	139.9	309.8	131.0	0.000	172.1	172.1	1.000
<b>Mars</b>	145.1	176.0	383.2	184.5	0.000	190.5	190.5	1.000
<b>Avril</b>	174.0	182.0	393.2	200.9	0.000	184.4	184.4	1.000
<b>Mai</b>	201.8	186.5	395.8	197.3	0.000	190.5	190.5	1.000
<b>Juin</b>	217.8	190.4	393.6	201.3	0.000	184.4	184.4	1.000
<b>Juillet</b>	225.1	202.7	410.5	211.7	0.000	190.5	190.5	1.000
<b>Août</b>	201.8	201.9	406.5	207.6	0.000	190.5	190.5	1.000
<b>Septembre</b>	160.2	184.6	378.0	185.8	0.000	184.4	184.4	1.000
<b>Octobre</b>	118.4	160.1	335.4	136.8	0.000	190.5	190.5	1.000
<b>Novembre</b>	80.7	124.7	267.4	76.8	1.597	182.8	184.4	0.991
<b>Décembre</b>	69.1	117.5	258.7	61.5	0.000	190.5	190.5	1.000
<b>Année</b>	1770.8	1994.5	4213.8	1878.0	4.786	2238.5	2243.3	0.998

Légendes: GlobHor Irradiation globale horizontale E\_Miss Energie manquante  
 GlobEff Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages E\_User Energie fournie à l'utilisateur  
 E\_Avail Energie solaire disponible E\_Load Besoin d'énergie de l'utilisateur  
 EUnused Énergie inutilisée (batterie pleine) SolFrac Fraction solaire (Eutile / Ebesoin)

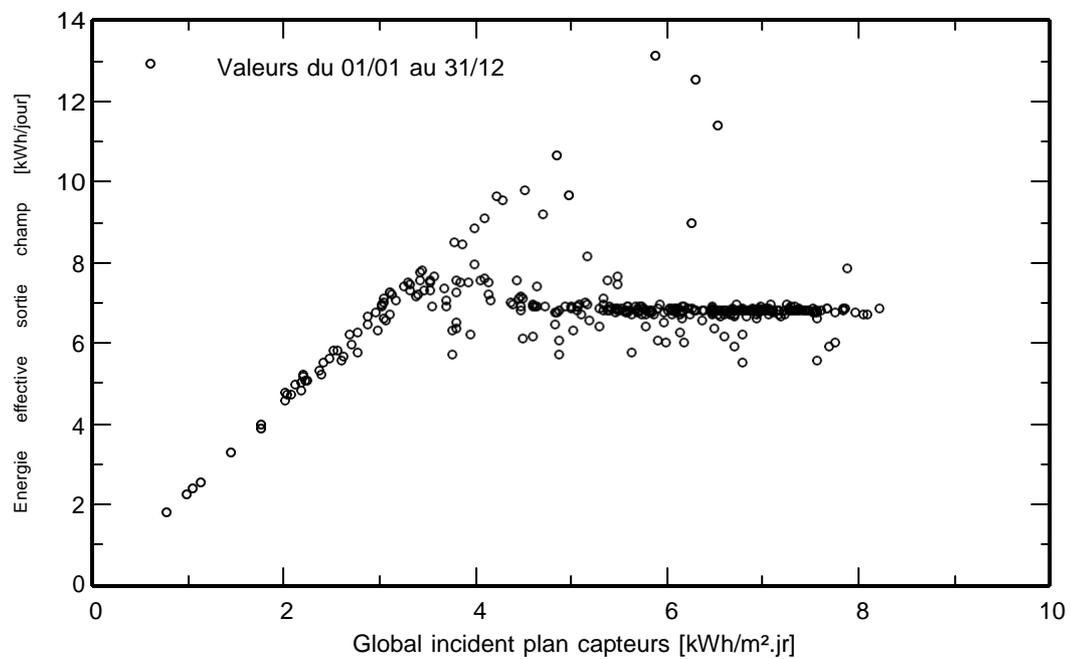
## Système isolé: Graphiques spéciaux

Projet : éclairage intelligent

Variante de simulation : Nouvelle variante de simulation

Principaux paramètres système	Type de système	Système isolé avec batteries	
Orientation plan capteurs	inclinaison	34°	azimut 0°
Modules PV	Modèle	IFE-P330-72	Pnom 330 Wc
Champ PV	Nombre de modules	8	Pnom total <b>2640 Wc</b>
Batterie	Modèle	DG12-260	Technologie Pb-acide, scellée, Gel
Pack de batteries	Nombre d'unités	4	Tension / Capacité <b>24 V / 520 Ah</b>
Besoins de l'utilisateur	Consomm. domestique	Constants sur l'année	Global 2243 kWh/an

## Diagramme d'entrée/sortie journalier



## Système isolé: Diagramme des pertes

**Projet :** éclairage intelligent  
**Variante de simulation :** Nouvelle variante de simulation

Principaux paramètres système	Type de système	Système isolé avec batteries	
Orientation plan capteurs	inclinaison	34°	azimut 0°
Modules PV	Modèle	IFE-P330-72	Pnom 330 Wc
Champ PV	Nombre de modules	8	Pnom total <b>2640 Wc</b>
Batterie	Modèle	DG12-260	Technologie Pb-acide, scellée, Gel
Pack de batteries	Nombre d'unités	4	Tension / Capacité <b>24 V / 520 Ah</b>
Besoins de l'utilisateur	Consomm. domestique	Constants sur l'année	Global 2243 kWh/an

**Diagramme des pertes sur l'année entière**

