REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de Technologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie Mécanique
Spécialité : Energie renouvelable en mécanique

Etude expérimentale d'un système de stockage de l'énergie solaire photovoltaïque

---

Présenté par :

Melle. Nabila ZEMRI

Mme. Fatma Zohra Bouthaina BEN AICHA

Proposé et Dirigé par :

Dr. Younes CHIBA

Dr. Abdelkrim TERFAI

Promotion 2021

الملخص:

تتضمن مذكرة الماستر دراسة تخزين الطاقة الشمسية الكهروضوئية. لهذا الغرض، تم استخدام شاحن شمسي يعمل بالطاقة الشمسية لتحليل مقادير التشغيل باستعمال متغيرات التيار الكهربائي، الجهد سعة البطارية، زاوية الميل، الاتجاه. كما تم تصميم نموذج تجريبي لدراسة حالة تفريغ بطارية الرصاص الشمسية من خلال دراسة مقادير التيار الكهربائي والجهد.

النتائج المحصل عليها تم تحليلها ومناقشتها.

الكلمات المفتاحية: شاحن للطاقة الشمسية، بطارية شمسية من الرصاص، دراسة تجريبية، تخزين.

Résumé :

Ce travail de master consiste à étudier un système de stockage de l'énergie solaire photovoltaïque. Pour ce faire, un chargeur solaire a été utilisé pour analyser les paramètres de fonctionnement à travers le courant électrique, la tension, la capacité de la batterie, l'angle de l'inclinaison et l'orientation. Egalement, un prototype expérimental a été réalisé pour étudier l'état de décharge de la batterie solaire en plomb à travers le courant électrique et la tension.

Les résultats obtenus sont analysés et discutés.

Mots clés : Chargeur solaire, Batterie solaire Pb, Etude expérimentale, Stockage.

Abstract:

This master's work consists of studying a solar photovoltaic energy storage system. For this purpose, a solar charger was used to analyze the operating parameters through electric current, voltage, battery capacity, tilt angle and orientation. Also, an experimental prototype was carried out to study the state of discharge of the lead-acid solar battery through electric current and voltage.

The results obtained are analyzed and discussed.

Key words: Solar charger, Pb solar battery, Experimental study, Storage

Remerciement

Tout d’abord, nous devons remercier « **ALLAH** » le tout puissant de nous avoir donné tout le courage et la santé pour achever ce travail.

A Monsieur **Dr. CHIBA Younes, Dr. TERFAI Abdelkrim, Dr. HANINI** et **Dr. MOURSLI,** pour nous avoir suivi durant notre travail dans le cadre de ce mémoire, pour ces conseils précieux, pour sa disponibilité et la compétence de son encadrement, qu’elle trouve ici notre reconnaissance et notre respect.

Nous remercions également tous les membres du jury de leur avoir fait l'honneur d'examiner ce mémoire. Ils trouvent ici uneexpression de notre profond respect.

Nous avons également eu l'occasion de remercier nos enseignants qui nous ont guidés et guidés tout au long de ces années.

Enfin nous remercions nos familles et nos amis pour leur soutien moral et leurs aides, ainsi que tous ce qui nous avaient soutenu et aidé tout au long de ce travail.

Dédicace

C'est avec un très grand honneur que je dédie ce modeste travail aux personnes les plus chères au monde pour leurs sacrifices :

- *A ma mère que dieu je la souhaite une longue vie*
- *A mes frères*
- *A mes sœurs*
- *A toute la famille ZEMRI et BENAICHA*
- *A tous mes amis sans exception*
- *A tous mes collègues de la 2^{éme} années master option énergie renouvelable*

Nabila

Dédicace

C'est avec un très grand honneur que je dédie ce modeste travail aux personnes les plus chères au monde pour leurs sacrifices :

- *A mes parents que dieu je les souhaite une longue vie*
- *A mes frères*
- *A mon marie*
- *A mon fils*
- *A tous mes amis sans exception*
- *A tous mes collègues de la 2éme années master option énergie renouvelable*

Fatma Zohra Bouthaina

Sommaire

1 Généralités Sur L'énergie Photovoltaïque **3**
1.1 Introduction . . . 3
1.2 Energie Photovoltaïque . . . 3
1.2.1 Historique . . . 3
1.2.2 Cellule Photovoltaïque . . . 4
1.2.3 Fonctionnement De La Cellule Photovoltaïque . . . 5
1.2.4 Constitution D'un Cellule Photovoltaïque . . . 6
1.2.5 Différents Types De Cellules Photovoltaïques . . . 7
1.2.6 Different Types Des Systemes Photovoltaique . . . 7
Système Autonome . . . 8
Système Hybride . . . 8
Système Photovoltaïque Connecte Au Réseau . . . 9
1.2.7 Avantage Et Inconvénient D'une Installation PV . . . 9
Avantage . . . 9
Inconvénient . . . 10
1.3 Technique De Stockage . . . 10
1.4 Technique De Stockage Court Termes . . . 11
1.4.1 Stockage D'énergie Magnétique Dans Des Bobinages Supra-conducteur . . . 11
1.5 Technique De Stockage A Long Termes . . . 12
1.5.1 Stockage Sous Forme Gravitaire . . . 12
1.5.2 Stockage Sous Forme Dun Comprimée . . . 13
1.5.3 Stockage Sous Forme Thermique . . . 13
1.5.4 Stockage Sous Forme Chimique . . . 15
Batterie . . . 15
1.5.5 Diffèrent Types Des Batterie . . . 16
Batterie Au Plomb . . . 16
Batterie Au Plomb . . . 19
1.6 Conclusion . . . 20

2 Gisement Solaire **23**
2.1 Introduction . . . 23
2.2 Mouvement de la Terre autour du Soleil . . . 23
2.3 Temps solaires . . . 24
2.3.1 Le temps solaire vrai . . . 24
2.4 Paramètres Géographiques . . . 26
2.4.1 La latitude . . . 26
2.4.2 La longitude . . . 26
2.4.3 L'altitude . . . 26
2.5 Paramètres astronomiques . . . 26
2.5.1 Repérage du soleil . . . 26
2.5.2 Coordonnées équatoriales . . . 27
Déclinaison du soleil . . . 27
L'angle horaire . . . 28
2.5.3 Coordonnées horizontales . . . 29
Hauteur du soleil . . . 29
Azimut du soleil . . . 30
La distance zénithale . . . 31
2.6 Estimation Horaire De L'ensoleillement . . . 32
2.6.1 Rayonnement Solaire à l'Extérieur de l'Atmosphère . . . 32
2.6.2 Répartition Du Rayonnement Solaire . . . 32
2.6.3 le rayonnement direct . . . 33
2.6.4 le rayonnement diffus . . . 33
2.6.5 Direction Du Rayonnement Solaire . . . 33
2.6.6 Les modèles semi empiriques . . . 33
Modèle de Davies & Hay . . . 34

3 Technique Expérimentales **39**
3.0.1 Introduction . . . 39
3.0.2 Site Étudier . . . 39
Mesure du rayonnement solaire . . . 40
3.0.3 Etude de charge de la batterie solaire à plomb . . . 40
Mode De Fonctionnement D'un Chargeur Solaire . . . 41
Les Batteries Externes Solaires . . . 41
Caractéristiques De Batterie Utilisée . . . 42
Caractéristiques De Panneaux Photovoltaïque . . . 42
Présentation De L'activité . . . 43
Le But De L'expérience . . . 44

3.0.4 Etude De Décharge De La Batterie Solaire a Plomb 44
Description Du Système De Décharge 44
Composition D'un Système D'acquisition De Données . . . 45
Présentation De La Carte DSPACE 1104 45
Présentation De DSPACE CONTROLDESK 46
Dispositif Expérimental 47

4 Résultats Et Discussions **49**
4.0.1 Introduction 49
4.0.2 Etat de Charge 49
Effet de L'orientation 49
Effet de Inclinaison horizontale 50
4.0.3 Etat de décharge 51

Conclusion Générale **57**

Liste des figures

1.1 Cellule photovoltaïque à base de silicium monocristallin 5
1.2 Principe de fonctionnement d'une cellule PV 6
1.3 Description d'une cellule photovoltaïque 8
1.4 Stockage par volant d'inertie. 12
1.5 Principe de stockage gravitaire hydraulique. 13
1.6 Stockage à air comprimé en caverne. 14
1.7 Système de stockage thermique 14
1.8 Principe de fonctionnement d'une cellule 16
1.9 Principe de fonctionnement d'un accumulateur plomb / acide . . . 17
1.10 Le contenu interne de la batterie 20

2.1 La Terre aux points saisonniers de son orbite 23
2.2 Evolution de l'équation du temps en fonction de la jours de l'année 25
2.3 La différence entre l'heure solaire vraie et l'heure légale 25
2.4 Coordonnées géographiques du lieu 27
2.5 Repère équatorial 27
2.6 Variation de l'angle de déclinaison solaire en fonction des jours de l'année 28
2.7 Variation de l'angle horaire en fonction du temps 29
2.8 Système de coordonnées horizontales 30
2.9 Variation de la hauteur du soleil au cours d'une journée et tout au long de l'année 30
2.10 Variation de l'azimut du Soleil - Site : MEDEA pendant une journée et tout au long de l'année 31
2.11 Variation de l'angle d'azimut au cours d'une journée et tout au long de l'année 31
2.12 Évolution annuelle de la constante solaire 32
2.13 direction du rayonnement solaire 34
2.14 Rayonnement solaire calculé par le modèle DAVIES & HAY - Site : MEDEA pendant une journée et tout au long de l'année 38

3.1 Site étudier 39

3.2 Valeurs horaires du rayonnement solaire à Medea calculées par le modèle de Davies Hay le 24 mai 40
3.3 Le system chargeur solaire 41
3.4 Panneau solaire 42
3.5 Batterie solaire st 120 42
3.6 Circuit de chargeur solaire 43
3.7 Caractéristiques de batterie utilisé 43
3.8 la carte DSPACE 1104 RD 45
3.9 panneau d'extension CLP1104 46
3.10 [carte de mesures DSPACE 47
3.11 l'affichage des signaux (courant tension) 47
3.12 Dispositif expérimental 48
3.13 acquisitions des sous Simulink 48

4.1 variation de tension en fonction du l'orientation perpendiculaire . 50
4.2 variation de l'intensité en fonction de l'orientation perpendiculaire 51
4.3 variation de charge batterie en fonction de l'orientation perpendiculaire 52
4.4 variation de la puissance de la batterie en fonction du l'orientation perpendiculaire 53
4.5 Courbe de la tension par apport (l'inclinaison horizontale) 53
4.6 Courbe de l'intensité par apport (l'inclinaison horizontale) 54
4.7 variation de la puissance en fonction de de l'inclinaison horizontal 54
4.8 Variation de charge de la batterie en fonction de l'inclinaison horizontal 55
4.9 variation de tension en fonction de temps 55
4.10 Variation courant en fonction de temps 56
4.11 Variation de puissance en fonction de temps 56

Liste des tableaux

2.1 Paramètres α *et* β selon différents états de l'atmosphère 36
2.2 Valeurs du facteur Fc en fonction de la distance zénithale 37
2.3 Quelques valeurs d'albédo au sol 38

3.1 Caractéristiques de panneaux photovoltaïque 43

Liste des symboles

A_C	air de la cellule	$(-)$
a_z	azimut du soleil	$(^\circ)$
C_n	capacité nominale ou évaluée de la batterie	$(-)$
C_{10}	la capacité de la batterie déchargée en 10 heures	$(-)$
D_i	différence de temps	(heure)
E_b	la force électromotrice	$(-)$
E_{DC}	état de charge de la batterie	$(-)$
E_{DD}	état de décharge	$(-)$
E_T	la correction de l'équation des temps	(min)
E_{FF}	facteur de forme	$(-)$
h	hauteur du soleil	$(^\circ)$
I_0	constante solaire	$(\mathrm{W/m^2})$
I_{10}	le courant de décharge en 10 heures	$(-)$
I_{bat}	courant de la batterie	(A)
I_{cc}	Courant de court-circuit	(A)
I_{mpp}	courant au point de puissance maximale	(A)
I_{sc}	la constante solaire corrigée	$(\mathrm{W/m^2})$
I_T	rayonnement solaire global	$(\mathrm{W/m^2})$
Lon	Longitude	$(^\circ)$
L_T	temps légal	(heur)
m_a	masse d'air	$(-)$
m_r	masse d'air optique relative	$(-)$
N	Numéro du jour de l'année à partir du 1er janvier	$(-)$
n_b	nombre de cellule de la batterie	$(-)$
n_p	nombre de module en parallèle	$(-)$
m_s	Nombre de module en série	$(-)$
P	pression atmosphérique	(mbar)
P_0	pression atmosphérique au niveau de la mer	(mbar)
P_{mpp}	puissance du point maximale	(w)
R_{bat}	partie réelle de l'impédance	(Ω)
R_i	la résistance interne d'une cellule de la batterie	(Ω)

S_{TC}	conditions du fonctionnement normal	$(-)$
T_{ST}	temps solaire vrai	(heur)
U_0	l'épaisseur de la couche d'ozone corrigée	(cm)
U_W	épaisseur de l'eau condensée à la verticale de l'endroit	(cm)
U_{bat}	tension aux bornes de la batterie	(V)
V_{mpp}	Tension au point de Puissance maximale	(V)
V_{co}	tension en circuit ouvert de la batterie	(V)
Z_{bat}	L'impédance complexe de la batterie	(Ω)
α_0	Transmission de l'absorbance de l'ozone	$(-)$
α_W	Absorption de vapeur d'eau	$(-)$
δ	déclinaison solaire	$(^\circ)$
θ_z	distance zénithale	$(^\circ)$
$\rho_S^{'}$	albédo du sol	$(-)$
φ	Latitude	$(^\circ)$
ω	angle horaire	$(^\circ)$
η_f	rendement faradique de la batterie	$(-)$
ΔT	l'échauffement de la batterie	$(-)$

Introduction Général

La production d'énergie est un défi de grande importance pour les années à venir. En effet, les besoins énergétiques des sociétés industrialisées ne cessent d'augmenter. Par ailleurs, les pays en voie de développement auront besoin de plus en plus d'énergie pour mener à bien leur développement.

De nos jours, une grande partie de la production mondiale d'énergie est assurée à partir de sources fossiles. La consommation de ces sources donne lieu à des émissions de gaz à effet de serre et donc une augmentation de la pollution. Le danger supplémentaire est qu'une consommation excessive du stock de ressources naturelles réduit les réserves de ce type d'énergie de façon dangereuse pour les générations futures[12].

Les générateurs photovoltaïques, sont couplés généralement à un système de stockage assurant une disponibilité d'énergie de façon continue. Le type de stockage généralement utilisé dans ce système est la batterie au plomb. La maturité dont cette technologie fait preuve et son faible coût sont les raisons principales de l'utilisation de ces batteries.[12]. Pour cela nous intéressons, dans le cadre de ce travail, à l'étude d'un système photovoltaïque avec des batteries de stockage. Le présent travail est subdivisé en 4 chapitres.

Le premier chapitre est consacré à quelques généralités sur la production de l'énergie photovoltaïque, et les différents systèmes de stockage d'énergie électrique, et en particulier les batteries solaire Pb. Dans le deuxième chapitre, on présent des notions importantes sur le gisement solaire ainsi que la modélisation théorique pour calculé les différents types de rayonnement solaire.

Le troisième chapitre, a été présenté le travaille expérimentale de charge et décharge de batterie solaire Pb pour la charge en utilisant un chargeur solaire et la décharge on a configuré un système d'acquisition de données qui nous permet avoir une grande précision en utilisant la carte d'acquisition Dspace1104, et les différentes instrumentations pour avoir une base de données des mesures tel que courant tension et puissance. Enfin le quatrième chapitre présente les discussions et les résultats expérimentaux sous forme graphes.

Chapter 1

Généralités Sur L'énergie Photovoltaïque

1.1 Introduction

L'énergie photovoltaïque est une énergie dont la source est illimitée et non polluante et dont l'exploitation cause le moins de dégâts écologiques. Cette énergie peut être utilisée comme source d'énergie en site isolé ou bien en application connectée au réseau. L'un des principaux inconvénients de l'énergie solaire est son caractère intermittent. Pour une utilisation permanente, il est donc nécessaire de stocker une partie de l'énergie produite. Il y a nécessité de stockage électrique chaque fois que la demande électrique est décalée dans le temps par rapport à l'apport solaire. Pour ce faire il existe plusieurs méthodes de stockage : sous forme d'eau, d'hydrogène, dans un volant d'inertie, dans une batterie électrochimique (plomb, lithium) ou un super condensateur.[1]Le stockage d'énergie dans les systèmes photovoltaïques est généralement assuré par des batteries et cela pour ses différents avantages. La batterie est le principal élément dans un système photovoltaïque, par où transite l'énergie électrique fournie par le générateur.[2]

1.2 Energie Photovoltaïque

1.2.1 Historique

Les systèmes photovoltaïques sont utilisés depuis 40 ans. Les applications ont commencé avec le programme spatial pour la transmission radio des satellites. Elles se sont poursuivies avec les balises en mer et l'équipement de sites isolés dans tous les pays du monde, en utilisant les batteries pour stocker l'énergie électrique pendant les heures sans soleil.

- 1839 : le physicien français Edmond Becquerel découvre le processus de l'utilisation de l'ensoleillement pour produire du courant électrique dans un matériau solide. C'est l'effet photovoltaïque.
- 1875 : Werner Von Siemens expose devant l'Académie des Sciences de Berlin un article sur l'effet photovoltaïque dans les semi-conducteurs. Mais jusqu'à la Seconde Guerre Mondiale, le phénomène reste encore une curiosité de laboratoire.
- 1954: trois chercheurs américains, Chapin, Pearson et Prince, mettent au point une cellule photovoltaïque à haut rendement au moment où l'industrie spatiale naissante cherche des solutions nouvelles pour alimenter ses satellites.
- 1958: une cellule avec un rendement de 9 (%) est mise au point. Les premiers satellites alimentés par des cellules solaires sont envoyés dans l'espace.
- 1973: la première maison alimentée par des cellules photovoltaïques est construite à l'Université de Delaware.
- 1983: la première voiture alimentée par énergie photovoltaïque parcourt une distance de 4000 (km) en Australie.

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 pouvait 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]

1.2.2 Cellule Photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque également est un composant électronique qui est, exposé à la lumière (photons), produit de l'électricité grâce à l'effet photovoltaïque qui est à l'origine du phénomène. Le courant obtenu est proportionnel à la puissance lumineuse incidente. La cellule photovoltaïque délivre un courant continu [1].



FIGURE 1.1: Cellule photovoltaïque à base de silicium monocristallin

1.2.3 Fonctionnement De La Cellule Photovoltaïque

La cellule PV 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. Le principe de fonctionnement de cette cellule fait appel aux propriétés du rayonnement et celles des semi-conducteurs. Une jonction PN est créée par la mise en contact d'un semi-conducteur dopé N (Donneurs d'électron) et d'un semi-conducteur dopé P (composée de trous). L'interface entres ce deux régions s'appelle une jonction. Pour réaliser des cellules photovoltaïques, il existe trois configurations de jonctions :

- une jonction PN (homo-jonction, les deux régions sont constituées d'un même matériau semi-conducteur, du silicium dans la majorité des cas)
- une hétérojonction (jonction entre deux semi-conducteurs différents)
- une jonction métal-semi-conducteur.

Dans ces trois configurations, les phénomènes physiques intervenant dans le fonctionnement des cellules photovoltaïques sont similaires.[1] Lorsque la surface libre de la cellule est éclairée les photons d'énergies supérieures à la largeur de la bande interdite Eg peuvent exciter des paires électron-trou dans les régions quasi neutres P et N.

Les électrons et les trous créés respectivement dans les régions P et N diffusent et atteignent la zone de charge d'espace, accélérée par le champ électrique interne, ils traversent la zone de transition.

La région N reçoit des électrons et se charge négativement ; la région P accepte des trous et se charge positivement. Si on relie les cotés de la jonction à une charge, un courant I la parcourt et une différence de potentiel apparaît.[3]

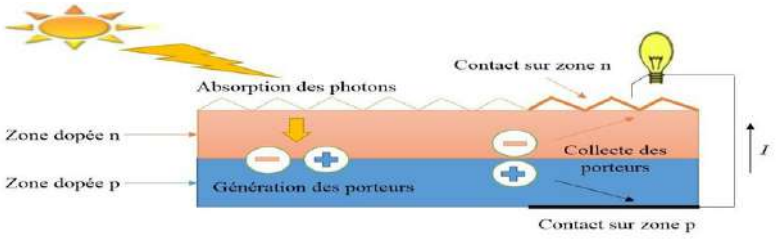


FIGURE 1.2: Principe de fonctionnement d'une cellule PV

1.2.4 Constitution D'un Cellule Photovoltaïque

L'élément de base qui grâce à lui la conservation est faite par l'assemblage de plusieurs cellules, on peut atteindre la puissance que l'on veut. Les photopiles ou cellules photovoltaïques sont des composants optoélectroniques qui transforment directement la lumière solaire en électricité. Elles sont réalisées à l'aide des matériaux semi-conducteurs ayant des propriétés intermédiaires entre conducteurs et isolants. Le matériau de base est dans la plupart des cas le silicium. Selon le procédé de fabrication, on obtiendra des photopiles plus ou moins performantes, sous forme amorphe, poly cristalline ou monocristalline. D'autres matériaux sont utilisables : Arséniure de gallium (AsGa), Tellurure de cadmium (CdTe) [4]. Le fonctionnement de la photopile est basé sur les propriétés électroniques acquises par le silicium quand des atomes étrangers en petit nombre (des "impuretés") sont substitués à des atomes de silicium dans un réseau cristallin : c'est ce que l'on appelle le dopage :

- Si l'atome d'impureté contient plus d'électrons que le silicium, le matériau contiendra des électrons libres en excès : il sera dit de type "N" (ex : dopage au phosphore).
- Si l'atome d'impureté contient moins d'électrons que le Silicium, le matériau sera déficitaire en électrons : il sera dit de type "P" (ex : dopage au bore).

Une cellule solaire sera obtenue en constituant une jonction de deux zones de type opposées (jonction PN). Au voisinage de la jonction, un champ électrique

apparaît provoqué par le déséquilibre de charges. Il va contribuer à drainer les électrons qui auront été détachés par l'énergie des photons (grains de lumière) incidents. Pratiquement, la cellule PV est composée de plusieurs couches minces Figure (I.3) à savoir :

- Une couche "antireflet" sur la face avant dont le but est de faciliter au maximum la Pénétration d'un maximum de photons à travers la surface et de réduire les pertes par réflexion.
- Une grille conductrice avant " collectrice des électrons " qui doit également être liée au silicium et ne pas être sensible à la corrosion.
- Une couche dopée N avec porteurs de charge libres négatifs (électrons)..
- Une couche dopée P avec porteurs de charge positifs (trous).
- Une surface de contact conductrice en métal (collectrice des électrons), ayant une bonne conductivité ainsi qu'un bon accrochage sur le Silicium
- Une couche dopée P avec porteurs de charge positifs (trous).
- Une surface de contact conductrice en métal (collectrice des électrons), ayant une bonne conductivité ainsi qu'un bon accrochage sur le Silicium

1.2.5 Différents Types De Cellules Photovoltaïques

Il existe plusieurs types des panneaux photovoltaïques selon le type de matériaux utilisé dans les constructions :

- Silicium monocristallin
- Silicium poly cristallin
- Silicium amorphe
- Arséniure de gallium
- Tellurure de cadmium
- Silicium en ruban

1.2.6 Different Types Des Systemes Photovoltaique

Les systèmes PV sont trois types : autonomes, hybrides et reliés au réseau :

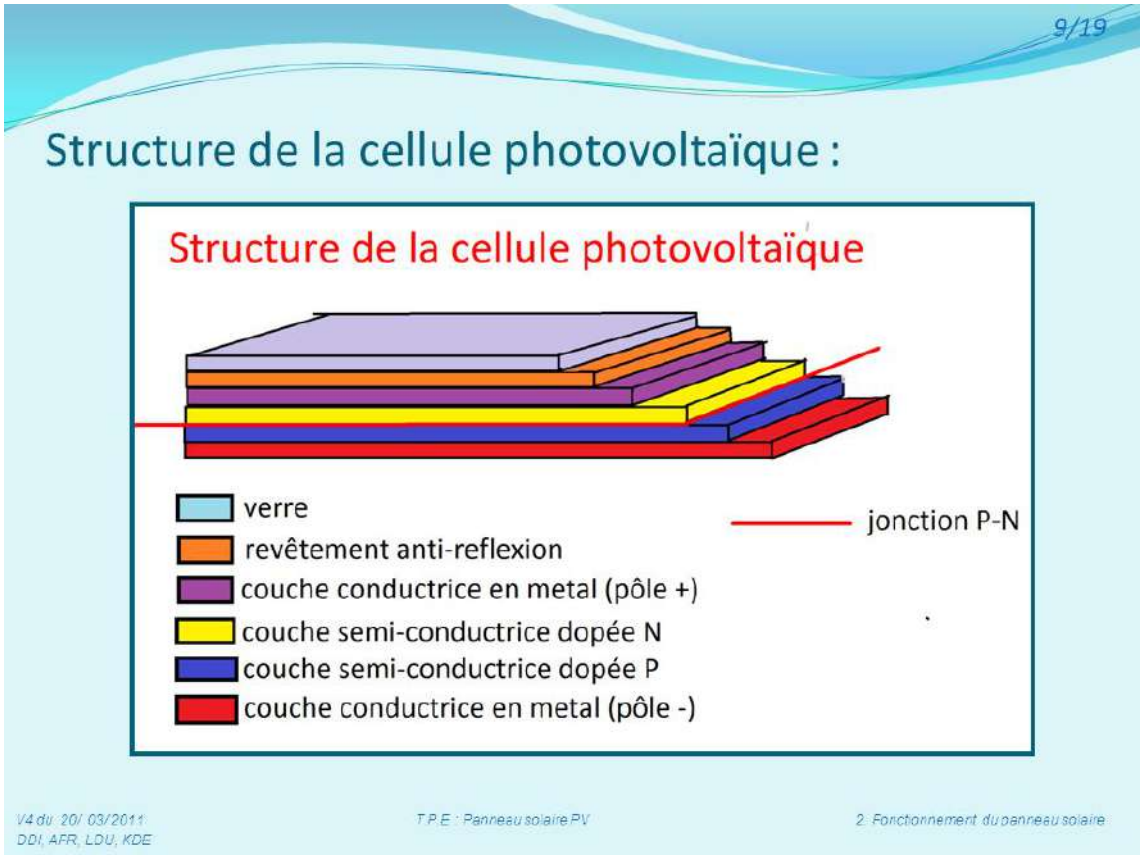


FIGURE 1.3: Description d'une cellule photovoltaïque

Système Autonome

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.

Système Hybride

Les systèmes hybrides reçoivent une partie de leur énergie d'une ou plusieurs sources supplémentaires, qui sont également indépendants des réseaux de distribution d'électricité. En pratique le générateur photovoltaïque est combiné à une éolienne ou à un groupe électrogène à combustible, ou aux deux à la fois avec des accumulateurs de stockage de l'énergie. Un tel système s'avère un bon choix pour les applications qui nécessitent une alimentation continue d'une puissance assez élevée. Un système hybride photovoltaïque optimise l'utilisation combinée

de plusieurs sources d'énergies renouvelables et, ou fossiles et des moyens de stockage associés.

Système Photovoltaïque Connecte Au Réseau

Le champ photovoltaïque est couplé directement au réseau électrique à l'aide d'un convertisseur courant continu- courant alternatif (CC-CA).

Étant donné que l'énergie est normalement emmagasinée dans le réseau même, les accumulateurs ne sont pas nécessaires à moins que l'on veuille 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.[11]

1.2.7 Avantage Et Inconvénient D'une Installation PV

Avantage

La technologie photovoltaïque présente un grand nombre d'avantages :

- le soleil est une source d'énergie propre et renouvelable, qui ne produit ni le gaz ni le déchet toxique par son utilisation.
- une haute fiabilité, car elle ne comporte pas de pièces mobiles ce qui la rend particulièrement appropriée aux régions isolées. C'est la raison de son utilisation sur les engins spatiaux
- le coût de fonctionnement est très faible vu les entretiens réduits et il ne nécessite ni combustible, ni son transport, ni personnel hautement spécialisé.
- le caractère modulaire des panneaux photovoltaïques permet un montage simple et adaptable à des besoins énergétiques divers. Les systèmes peuvent être dimensionnés pour des applications de puissance allant du milliwatt au Mégawatt.
- ils peuvent être combinés avec d'autres sources d'énergie pour augmenter la fiabilité de système.
- ils sont flexibles et peuvent être élargis à n'importe quel moment pour répondre à vos besoins en matière d'électricité.
- ils n'exigent presque aucun entretien.[13]

Inconvénient

- la fabrication du module photovoltaïque relève de la haute technologie et requiert des investissements d'un coût élevé.
- les générateurs photovoltaïques ne sont compétitifs par rapport aux générateurs Diesel que pour des faibles demandes d'énergie en région isolée.
- le rendement réel de conversion d'un module est faible (la limite théorique pour une cellule au silicium est de 28
- enfin, lorsque le stockage de l'énergie électrique sous forme chimique (batterie) est nécessaire, le coût du générateur photovoltaïque est accru.[6.8.12]

1.3 Technique De Stockage

Dans une installation photovoltaïque, le stockage correspond à la conservation de l'énergie produite par le générateur photovoltaïque, en attente pour une utilisation ultérieure. La gestion de l'énergie solaire nécessite d'envisager des stockages suivant les conductions météorologiques.[12] Le stockage de l'énergie électrique passe plus souvent par une forme d'énergie intermédiaire quelconque, (gravitaire, de compression, électrochimique, électrostatique, électromagnétique, cinétique, thermique, etc.....) transformable en second temps en électricité.

Il y a deux types de stockage à envisager :

- stockage à court terme : (temps de stockage inférieur à 10 minutes).
- stockage à long terme : (temps de stockage supérieur à 10 minutes).

Le choix du système de stockage [13.1]se fait suivant des caractéristiques fondamentales qui sont :

- la puissance massique (W/kg) .
- l'énergie massique (Wh/kg) .
- le nombre de cycles de fonctionnement.
- le coût.
- le rendement énergétique

1.4 Technique De Stockage Court Termes

1.4.1 Stockage D'énergie Magnétique Dans Des Bobinages Supraconducteur

L'énergie peut être stockée sous forme d'énergie d'un champ magnétique créé par un courant circulant dans une bobine supraconductrice. Pour maintenir la bobine dans l'état supraconducteur, on l'introduit dans un cryostat rempli d'hélium liquide. La bobine court- circuitée permet de stocker l'énergie sous forme de $\frac{1}{2}.L.\ I_{SP}^2$ .Avec L l'inductance de la bobine et Isp le courant la traversant.

Pour récupérer l'énergie il suffit d'ouvrir le circuit et de le brancher sur le récepteur et l'énergie stockée est transférée en un temps très court. Cependant, les coûts de fabrication et de maintenance sont très élevés et il y en a très peu de SMES en fonction. Même si les recherches envisagent des SMESs de l'ordre de 10 – 100 (MW), les systèmes disponibles actuellement sont compris entre 1 et 10 (MW).[14]

Stockage Condensateur Double Couche Le condensateur électrique à double couche est un condensateur à très forte capacité ; on le dénomme couramment "super condensateur". Les modèles actuels se caractérisent par leur densité de puissance très élevée (bien supérieure à 1000 (W/kg), leur longévité (plus de 100.000 cycles) et par un rendement relativement élevé (en général supérieur à 80 (%).

De par ces caractéristiques, ils sont généralement bien adaptés à la fonction d'égalisation de charge pour une batterie ou une pile à combustible. En effet, ils présentent une densité d'énergie fort inférieure à celle des autres sources de puissance : seulement de 3 à 7 (Wh/kg) ! Compte tenu par ailleurs des considérations de poids et d'encombrement, on n'arrive ainsi qu'à une ou deux centaines de wattheures d'énergie. [15]

Stockage Sous Forme D'énergie Cinétique Le système de volant d'inertie est composé d'une masse inertielle mouvante, circulaire ou non tournant à une vitesse de rotation Ω, construite en matériau composite ou en acier pour le stockage d'énergie et un moteur/générateur à haute vitesse de rotation pour le transfert de cette énergie.

Ce système, suspendu sur des paliers magnétiques ou à billes, opère dans une enceinte sous vide afin de limiter les pertes par ventilation et par frottement. L'enceinte externe doit être très résistante afin d'éviter une dispersion des débris en cas de rupture du disque d'inertie en cours de fonctionnement.

L'énergie cinétique emmagasinée s'exprime par : W=1/2 J Ω2. Le fonctionnement du système de stockage inertiel est basé sur la conversion de l'énergie sous forme cinétique, qui est reconvertie en cas de besoin en énergie électrique. Pour cela un volant d'inertie est entraîné par une machine électrique réversible fonctionnant dans un premier temps, en moteur pour fournir de l'énergie à la masse inertielle. Le système d'entraînement désaccouplé, le volant d'inertie stocke de l'énergie dans sa rotation. A la demande cette dernière sera transformée en énergie électrique par le générateur. Il est utilisé en application de véhicules électriques.[13.15]

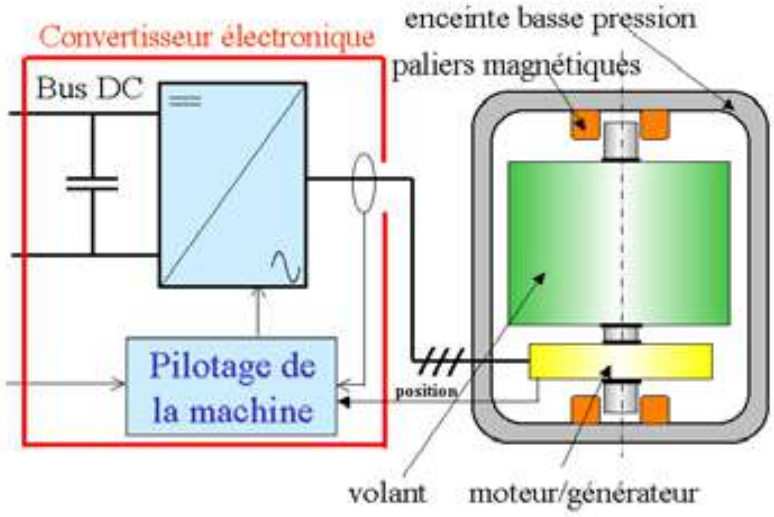


FIGURE 1.4: Stockage par volant d'inertie.

1.5 Technique De Stockage A Long Termes

1.5.1 Stockage Sous Forme Gravitaire

Cette technique est ancienne et nommée aussi stockage par pompage hydraulique.

Ce système de stockage est constitué de deux grands réservoirs situés à des hauteurs différentes, l'eau est pompée du réservoir inférieur au réservoir supérieur. L'eau pompée revient au bassin inférieur selon la demande toute en traversant une ou plusieurs turbines qui transforment l'énergie potentielle de l'eau en énergie mécanique, cette dernière est régie par la formule (w=mgh), puis des générateurs entraînes par ces turbines transforment l'énergie mécanique en énergie électrique Cette technique de stockage nous fournis jusqu'à 1000 (MW), mais ils sont conditionnés par les contraintes géographiques, géologiques, environnementales et le coût assez élevé de leur construction. Ce dispositif ne peut pas être implanté

au voisinage des centres de consommation et ils sont difficilement transportables. En général, le rendement associé à cette technique de stockage est de l'ordre 75 (%). [13]

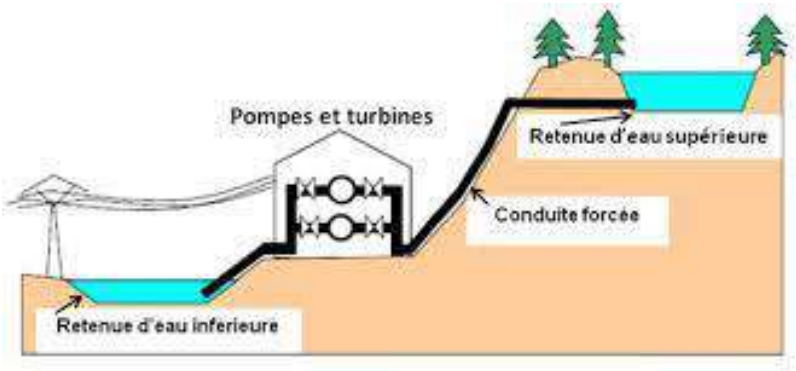


FIGURE 1.5: Principe de stockage gravitaire hydraulique.

1.5.2 Stockage Sous Forme Dun Comprimée

Dans ces installations, l'électricité disponible durant les heures creuses sert à comprimer de l'air avec un turbocompresseur. L'air comprimé est stocké dans des cavernes situées à grande profondeur. Le poids des terrains au-dessus de la caverne permet de résister à la pression de l'air.

Pour récupérer l'électricité, l'air comprimé est dirigé vers une machine semblable à une turbine à gaz. Il est réchauffé dans une chambre de combustion grâce à un appoint de gaz naturel, puis détendu dans la turbine. La chaleur résiduelle des fumées est récupérée. Dans une installation moderne, pour restituer 1 kWh au réseau, il faut utiliser 0,75 (kWh) d'électricité durant la phase de pompage et brûler 1,22 (kWh) de gaz naturel durant le déstockage. [14]

1.5.3 Stockage Sous Forme Thermique

Le principe de stockage thermique consiste à chauffer un corps (sodium, sel, eau sous pression, etc..) qui ne subit pas de changement d'état pendant la phase d'accumulation ; la chaleur est ensuite récupérée pour produire de la vapeur d'eau qui entraîne un groupe turboalternateur. Pour stocker l'électricité sous forme thermique, il faut :

- transformer l'électricité en chaleur dans des résistances électriques.
- stocker la chaleur produite dans des réfractaires.
- transformer la chaleur en électricité grâce à une turbine à gaz.

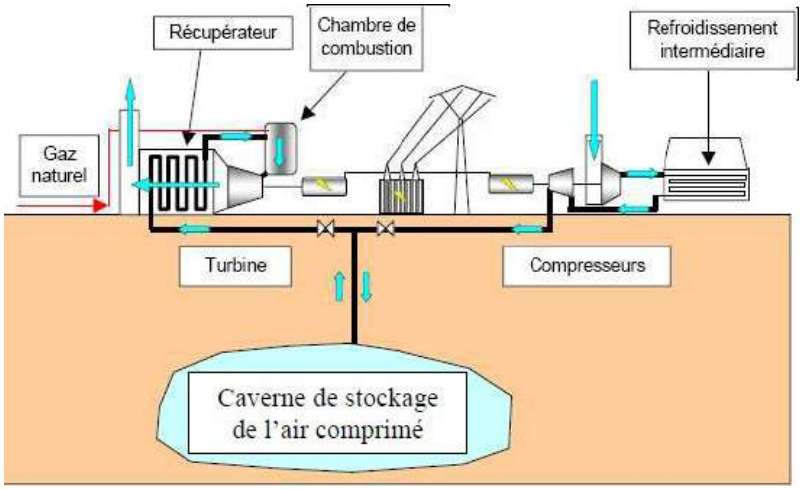


FIGURE 1.6: Stockage à air comprimé en caverne.

Cette idée qui aurait pu paraître incongrue il y a quelques années devient maintenant envisageable grâce au développement des turbines à gaz à haute température (supérieure à 1400v(°C)), qui autorisent un rendement de conversion de la chaleur en électricité de 60(%) dans les cycles combinés. De plus, à ce niveau de température, la densité d'énergie qu'il est possible de stocker dans des réfractaires est considérable. (Il faut 500 (kWh) pour chauffer une tonne de réfractaires à 1400(°C)). Les résistances nécessaires existent. Les réfractaires nécessaires pour stocker la chaleur à 1400 (QC) sont déjà largement employés en sidérurgie. L'isolation thermique à ce niveau de température est également bien maîtrisée par cette industrie. Une première analyse montre d'ailleurs que les pertes thermiques d'un tel système sont relativement d'autant plus réduites que la taille du stockage est grande. En plus tous les ingrédients nécessaires pour développer de tels systèmes de stockage sont disponibles.[13.17]

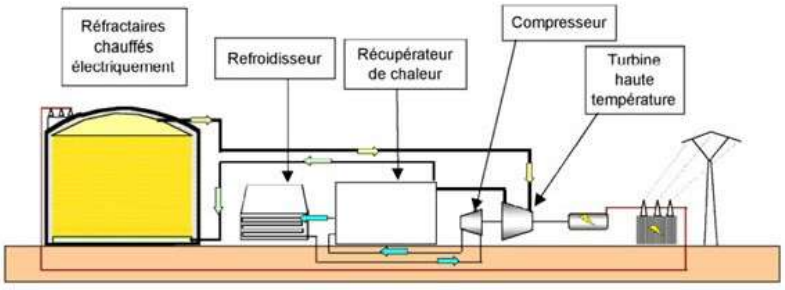


FIGURE 1.7: Système de stockage thermique

1.5.4 Stockage Sous Forme Chimique

Batterie

Lorsqu'on parle déstockages électricités on pense immédiatement aux batteries électrochimiques qui constituent ainsi les référence en électrochimiques qui constituent ainsi les références en la matière.[1]

Le stockage d'énergie sous forme chimique dans les batteries électrochimiques est de loin la technique la plus répandue pour le stockage de l'énergie électrique. En fonction du type de batterie, différentes réactions chimiques sont provoquées en utilisant l'énergie électrique et en la stockant sous forme d'énergie chimique. En fonction de la demande, des réactions chimiques inversées produisent de l'électricité.[14]

- Une batterie est un assemblage de plusieurs cellules, unités indépendantes et complètes possédant toutes les caractéristiques électrochimiques nécessaires au stockage. Leur assemblage au sein d'un module s'appelle batterie est uniquement destinée à disposer d'une tension plus relevée aux bornes du dispositif. Une cellule est constituée de trois éléments de base une électrode positive (cathode),
- une électrode négative (anode),
- un électrolyte.

Globalement, l'objectif d'une cellule est de créer une différence de potentiel entre les deux électrodes liée à leurs matériaux constituants. L'électrolyte permet la migration des ions entre l'anode et la cathode tout en interdisant le transfert des électrons. Ceux-ci devront transiter au travers d'un circuit électrique qui est la charge.

En règle générale, une technologie de batterie est définie par le couple des matériaux d'électrodes. Au besoin, le type d'électrolyte peut également être précisé.[18]

Pille A Combustible La pile à combustible est parmi les technologies envisagées pour l'avenir en termes de production d'énergie électrique décentralisée tel qu'elle suscite de nombreux travaux de recherche et développement à travers le monde. La technologie évolue vite et fortement, d'autant plus qu'elle est poussée par la volonté des constructeurs de piles de proposer le plus rapidement possible des produits économiquement viables et fiables.[19] La pile à combustible est un dispositif électrochimique réalisant l'opération inverse de l'électrolyse de l'eau.

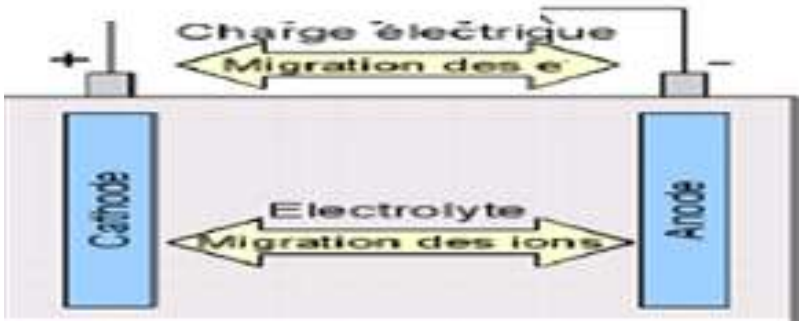


FIGURE 1.8: Principe de fonctionnement d'une cellule

Là ou une électrolyse dissocie la molécule d'eau en hydrogène et en oxygène grâce au passage d'un courant ; la Pile à combustible permet de les réunir en produisant donc de l'électricité et de l'eau et également de la chaleur. Une cellule de pile à combustible comporte deux électrodes : l'anode et la cathode. A l'anode, se produit une réaction d'oxydation du carburant (par exemple, de l'hydrogène) tandis que, à la cathode, se produit une réaction de réduction de comburant (le plus souvent de L'oxygène). Les électrodes sont recouvertes d'un catalyseur afin de faciliter les réactions d'oxydoréduction et séparées par un électrolyte. Ce dernier laisse transiter les protons de l'anode à la cathode mais bloque les électrons. Ainsi, ils doivent emprunter un circuit extérieur (la charge) afin émigrer.

1.5.5 Diffèrent Types Des Batterie

Batterie Au Plomb

Elle se compose de deux électrodes (positive et négative) et d'un électrolyte. L'électrode positive est en dioxyde de plomb (PbO_2) et la négative en plomb (Pb) . L'électrolyte est une solution d'acide sulfurique (H_2SO_4) qui permet le flux d'ions entre les deux électrodes et crée un courant.la densité de l'électrolyte décroit lors de la décharge lorsque la batterie débite un courant les matières actives vont se transformer en sulfate et en eau. La réaction chimique au niveau de l'anode:

$$Pb + H_2SO_4 \rightarrow Pb^{2+} + {SO_4}^{2-} + 2H^+ + 2e \tag{1.1}$$

La réaction chimique au niveau de la cathode:

$$PbO_2 + H_2SO_4 + 2e^- \rightarrow Pb^{2+} + {SO_4}^- + 2OH \tag{1.2}$$

La réaction globale en partant des produits chimiques:

$$PbO_2 + H_2SO_4 + 2e^- \rightarrow Pb^{2+} + SO_4{}^- + 2OH \tag{1.3}$$

$PbO_2,\ Pb\ ,\ et H_2SO_4$ est la suivante :

$$PbO_2 + \ Pb + \ 2H_2SO_4 \leftrightarrow 2Pb^{2+} + SO_4{}^{2-} + 2H_2O \tag{1.4}$$

Cela se passe pendant la décharge et pour la charge ça se fait en sens inverse La tension de ce type d'accumulateur est voisine de 2(V).

On parle ici d'une cellule et une batterie est un assemblage de plusieurs cellules, unités indépendantes et complètes possédant toutes les caractéristiques électrochimiques nécessaires au stockage. Leur assemblage au sein d'un module appelé batterie est uniquement destinée à disposer d'une tension plus élevée aux bornes du dispositif

- Les décharges trop profondes peuvent conduire à une perte irréversible de capacité.
- Si la charge se poursuit trop longtemps, la tension peut atteindre une valeur de seuil à partir de laquelle on assiste à la décomposition de l'eau (électrolyse) en dioxygène O2 gazeux à l'électrode positive et en dihydrogène H2 gazeux à l'électrode négative.[1.18.20]

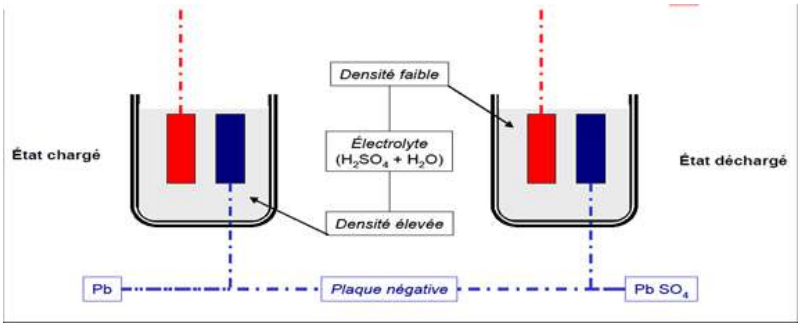


FIGURE 1.9: Principe de fonctionnement d'un accumulateur plomb / acide

La Batterie Nickel - Cadmium Les batteries Cadmium-Nickel sont réalisés à partir de 2 électrodes (hydroxyde de Nickel et Cadmium) immergés dans une solution de potasse. La réaction réversible globale est la suivante :

$$2NiOOH + 2H_2O + Cd \leftrightarrow \ 2Ni(OH)_2 + Cd(OH)_2 \tag{1.5}$$

L'électrode positive est l'hydroxyde de Nickel, et le Cadmium l'électrode négative. L'électrolyte est à base de potasse, d'où le nom d'accumulateur alcalin. La tension varie de 1.15 à 1.45 V par élément avec une valeur nominale à 1.2 (V). Bien que moins performants que les accumulateurs au Plomb, les accumulateurs au Cd-Ni présentent les avantages suivants:

- très bonne résistance mécanique (applications embarquées)
- ne craignent pas le gel et supportent les températures élevées.
- supportent les décharges totales
- pas d'émanation toxique.[10]

La Batterie Nickel-Métal Hydrure (Ni-Mh) Les batteries Ni-MH diffèrent des Ni-Cd de part la constitution de l'électrode négative, ici basée sur de l'hydrogène adsorbé dans un métal, Cette technologie apporte des améliorations intéressantes par rapport au Ni-Cd. Tout d'abord, l'énergie spécifique est plus élevée. Ensuite, l'absence de cadmium rend le retraitement de l'accumulateur en fin de vie beaucoup plus aisé et une éventuelle rupture de la cuve moins problématique. Le coût de ce type de batterie reste malheureusement des plus élevés. Ces batteries ont été développées avec 3 objectifs :

- augmenter la capacité par unité de volume.
- favoriser les charges rapides.
- éliminer le cadmium, toxique pour l'environnement et est déjà interdit dans certains pays.

A part la première caractéristique (ils sont plus compacts), ces batteries ne sont pas meilleurs que les NiCd pour le solaire. Ils sont même moins bons en ce qui concerne la tenue au froid. [6.18]

Batterie Lithium Lion L'électrolyte est constitué d'une solution organique ou d'un polymère solide. La grande légèreté de ce métal autorise l'obtention de densité énergétique extrêmement élevées et la tension de cellule, une densité de puissance importante. Leur coût est 10 fois plus élevé que le Pb (600€/ kWh) et ils ne sont encore utilisés couramment que pour les applications de petites puissances. [8.10]

Batterie Nickel Simple, de très forte capacité pouvant subir un très grand nombre de cycles et extrêmement robustes. Ces accumulateurs fonctionnent malheureusement à 200(°C) et nécessitent qu'une partie de l'énergie soit utilisée pour les maintenir à cette température. Leur développement est provisoirement arrêté mais pourrait bien reprendre. [10]

Batterie Nickel Zinc Dans le contexte actuel de souci environnemental, le remplacement du Cadmium par le Zinc serait le bienvenu et ces batteries ont une densité d'énergie élevée (25(%) plus que la batterie NiCd). La tension d'une cellule varie de 1.6 à 1.8 (V). La durée de vie reste le problème majeur à résoudre. [10] Il existe d'autres types de batteries qu'on n'a pas citées. On donne ci-dessous un tableau de Comparaison entre quelques différents types batterie

Batterie Au Plomb

Historique C'est en 1859 que Gaston Planté réalisa l'accumulateur au plomb par formation de feuilles de plomb pur, dans de l'acide sulfurique et sous l'influence d'un courant électrique. Il fallut cependant attendre l'apparition en 1880 de la dynamo Gramme et la réalisation de l'accumulateur Faure à grilles et à oxyde rapporté pour que l'industrie de l'accumulateur commence à se développer. [21]

Paramètre De Batterie On peut classer les paramètres de la batterie en 2 groupes :

- les accessibles représentés par les données physiques visibles et mesurables depuis l'extérieur de la batterie (température, tension, courant, impédance, et quantité d'énergie stockée « capacité») : ce sont ces grandeurs qui intéressent l'utilisateur et servent à définir les caractéristiques des accumulateurs. Parmi ces grandeurs nous différencierons les grandeurs externes (courant et tension) et internes (résistance et l'état de charge).
- les inaccessibles qui sont des grandeurs internes qui concerne la chimie et représentent l'état de l'accumulateur (quantité de matière active, la densité de l'électrolyte, pression interne).

Comportement De Batterie Les batteries possèdent quatre comportements distincts :

- en charge : la batterie et connectée a une source d'énergie et agit comme un récepteur tel qu'elle stocke de l'énergie.

- en décharge : la batterie est connectée a un récepteur elle lui fournit de l'énergie.
- en stockage : la batterie n'est connectée à aucune alimentation ou récepteur. Il n'y a pas d'échange avec le milieu extérieur.
- le floating (tampon) : l'alimentation et l'utilisation restent branchés en permanence sur la batterie.

Batterie Solaire Les batteries solaires ont pour usage de stocker l'énergie produite par les panneaux photovoltaïque (PV) pour servir d'alimentation électrique. Les batteries utilisées par les panneaux solaires ou éolienne est appelée batteries a décharge lente. La batterie en question n'a pas les caractéristique d'une batterie servant pour autre usage, se déchargent plus progressivement et résistent mieux aux décharges fréquentes Les batteries acides sont des dispositifs de stockage

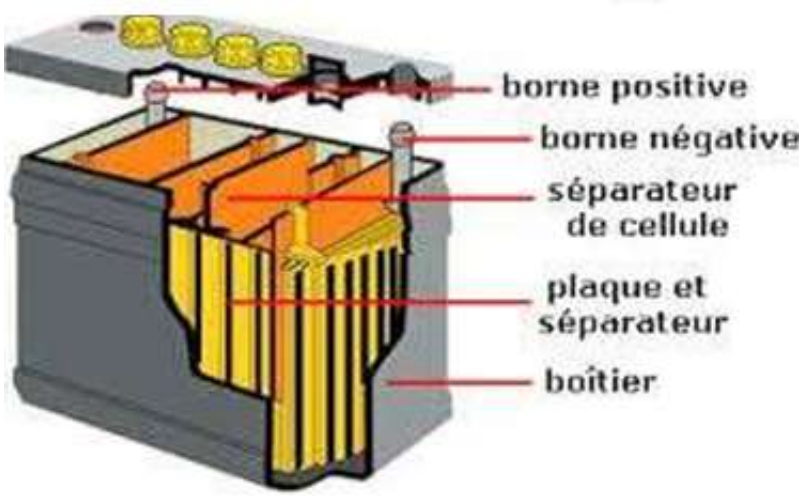


FIGURE 1.10: Le contenu interne de la batterie

d'énergie communs pour les systèmes PV. Les batteries au plomb peuvent être de 6V ou 12V dans un conteneur en plastique résistant du type à cellule noyée ou du scellé / gel.

1.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné un aperçu général sur la production d'énergie solaire d'origine photovoltaïque ainsi que les différents modes de stockage d'une parte.

D'autre parte Nous avons présenté le principe de fonctionnement d'une batterie acide plomb pour clôturer ce chapitre nous avons présenté un les différant

types des batteries, avec plus de détaille sur la batterie acide plomb sur laquelle la présente recherche est basé.

Chapter 2

Gisement Solaire

2.1 Introduction

Pour toutes les applications directes de l'énergie solaire, le gisement solaire local doit être caractérisé soigneusement puisqu'il présente des variations géographiques et saisonnières importantes. Pour cela ils existent plusieurs modèles théoriques et expérimentaux détaillés sous formes de banques de données et de logiciels de calcul et de simulation. Il est très important de procéder préalablement à des campagnes de mesures du gisement solaire, par exemple en cas de possibilité de microclimats très accentués ou de projets de centrales solaires à concentrateurs où la connaissance fine de la répartition entre le rayonnement direct et le rayonnement diffus est nécessaire.

2.2 Mouvement de la Terre autour du Soleil

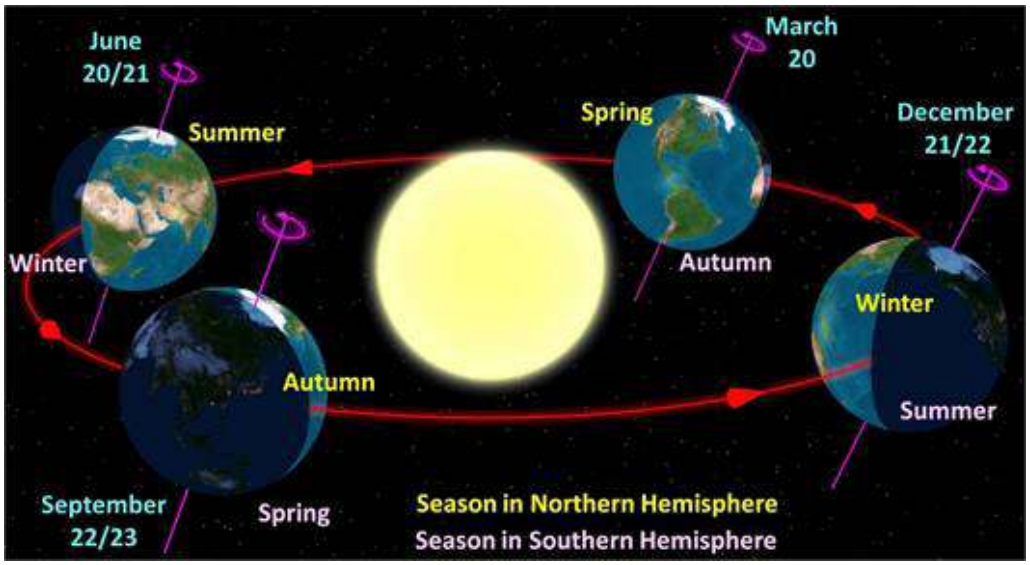


FIGURE 2.1: La Terre aux points saisonniers de son orbite **[26]**

Il faut à la Terre 365,25 jours pour effectuer un seul cycle autour du Soleil, en passant par une orbite ovale semi-circulaire, appelée trajectoire du Soleil, se rapprochant du Soleil à une distance de 147 millions (km) au solstice solaire d'hiver (21 décembre) , en s'en éloignant en été pour atteindre une distance estimée à 152 millions (km), et avec une distance moyenne de 149,5 millions (km), la Terre croise le petit axe de son orbite au printemps. Modération (21 mars) et Automne (21 septembre). La terre met 24 heures pour faire le tour d'elle-même. L'axe de rotation (l'axe des pôles) a une direction stable dans la trajectoire du soleil.

2.3 Temps solaires

2.3.1 Le temps solaire vrai

C'est le temps mis par le soleil entre deux passages consecutifs au meridien d'un lieu (direction Nord-Sud). Le temps solaire vrai et le temps solaire moyen diffèrent. Cette différence est appelée équation du temps, elle varie en fonction du jour: **[23]**:

$$T_{ST} = L_T - D_i + \left(\frac{E_t + 4Lon}{60}\right) \tag{2.1}$$

T_{ST}:Le temps solaire vrai.
L_T: est le temps légal ou temps local standard, donné par une montre..
D_i:est le décalage horaire par rapport au méridien de Greenwich. (Égale 1 pour l'Algérie)..
E_T:est la correction de l'équation des temps. Cette correction varie au cours de l'année de -14,59 (min) à 16,45 (min). Il peut être calculé par la formule approximative **Reference65**:

$$E_t = 9.87 \times \sin(2N_P) - 7.53 \times \cos(N_P) - 1.5 \times \sin(N_P) \tag{2.2}$$

E_T calculé en minutes et en fraction décimale de la minute.

$$N_P = \frac{360}{365}(N - 81) \tag{2.3}$$

N: est le nombre du jour de l'année à partir du 1^{er} janvier.
L_{on}:Longitude du lieu, en degrés.

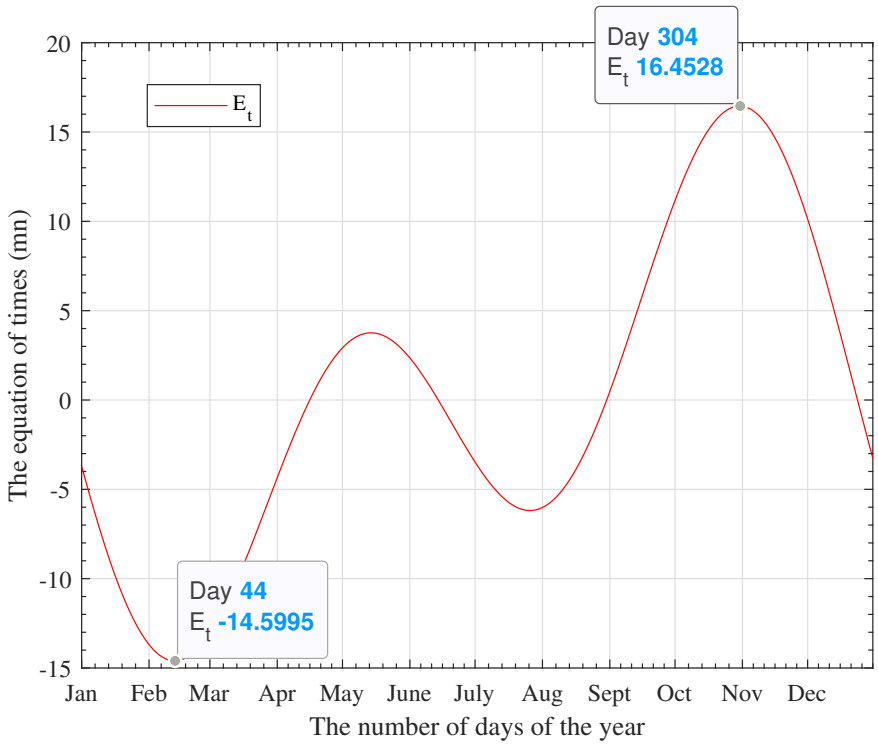


FIGURE 2.2: Evolution de l'équation du temps en fonction de la jours de l'année. **[26]**

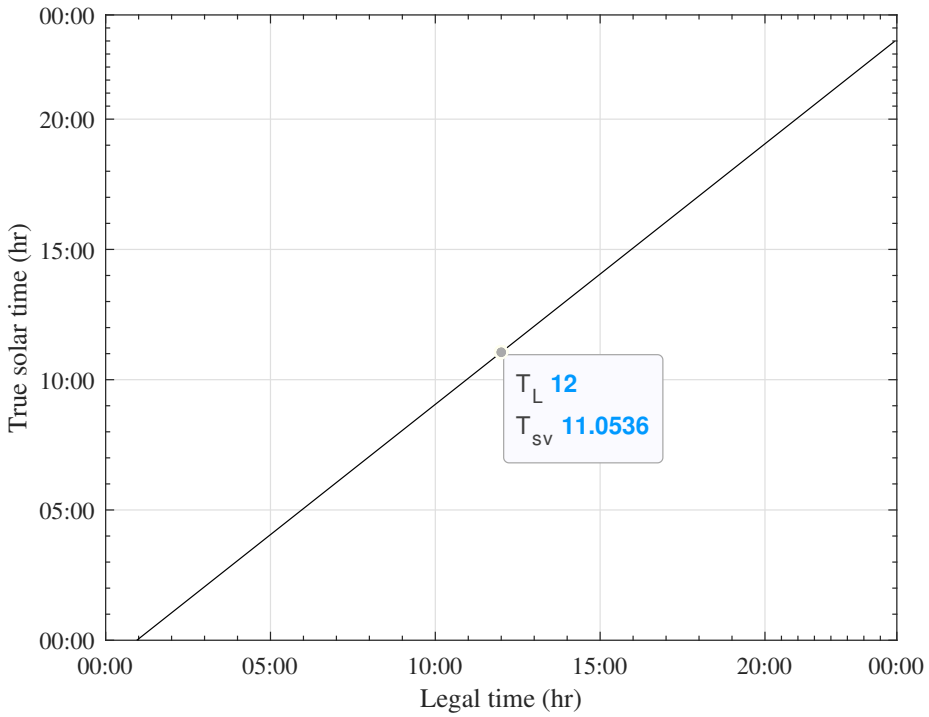


FIGURE 2.3: La différence entre l'heure solaire vraie et l'heure légale **[26]**

Comme le montre la figure 2.3 On a pris comme exemple la ville de MEDEA. Il apparaît clairement qu'il y a un décalage de presque une 55minute entre les deux temps.

2.4 Paramètres Géographiques

La Terre est séparée par l'équateur virtuel en deux parties : l'hémisphère nord du point du côté du pôle nord et l'hémisphère sud de l'hémisphère du pôle sud. Elle est également divisée en deux parties, ouest et est, par la ligne imaginaire de Greenwich qui traverse Greenwich (près de Londres, Angleterre).

2.4.1 La latitude

La latitude d'un lieu est une valeur angulaire, une expression de la position nord-sud, de l'équateur d'un point sur Terre. Théoriquement, il a la valeur 0° à l'équateur jusqu'à 90° aux pôles, il se compte positivement de (0 à + 90°) vers le Nord et négativement de (0 à -90°) vers le Sud. Généralement, cette quantité est notée φ.

2.4.2 La longitude

La longitude d'un lieu est une valeur angulaire, expression du positionnement Est-Ouest d'un point sur Terre par rapport au méridien d'origine. C'est donc une mesure angulaire sur 360° par rapport à un méridien de référence, avec une étendue de +180°à-180°ou180° Est à 180° Ouest. Généralement, cette grandeur est notée Lon.

2.4.3 L'altitude

L'altitude exprime un écart entre un point donné et un niveau moyen, le plus souvent le niveau de la mer (ou niveau 0). Les sommets sont associés à une altitude, calculée par divers moyens indirects (géodésie, triangulation)

2.5 Paramètres astronomiques

2.5.1 Repérage du soleil

La position du soleil est repérée à chaque instant de la journée et de l'année par deux systèmes de coordonnées différents.

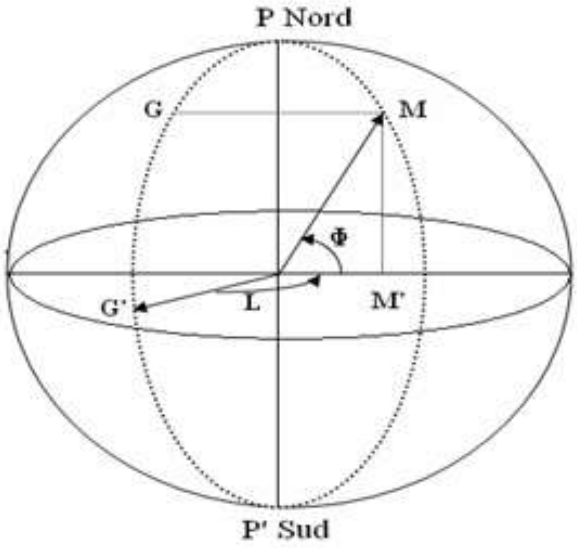


FIGURE 2.4: Coordonnées géographiques du lieu[22]

2.5.2 Coordonnées équatoriales

Le mouvement du soleil est repéré par rapport au plan équatorial de la terre à l'aide de deux angles :(ω, δ)

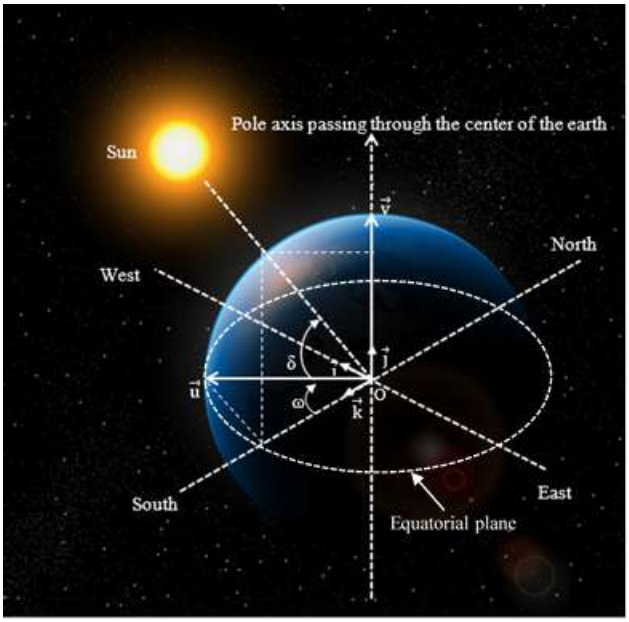


FIGURE 2.5: Repère équatorial **[26]**

Déclinaison du soleil

c'est l'angle fait par le plan de l'équateur avec celui de l'écliptique. Elle est varie au cours de l'année de +23°27′ à -23°27′et détermine l'inégalité des durées des

jours δ est donnée par la relation suivante [3,7,9,11] : **[23]**.

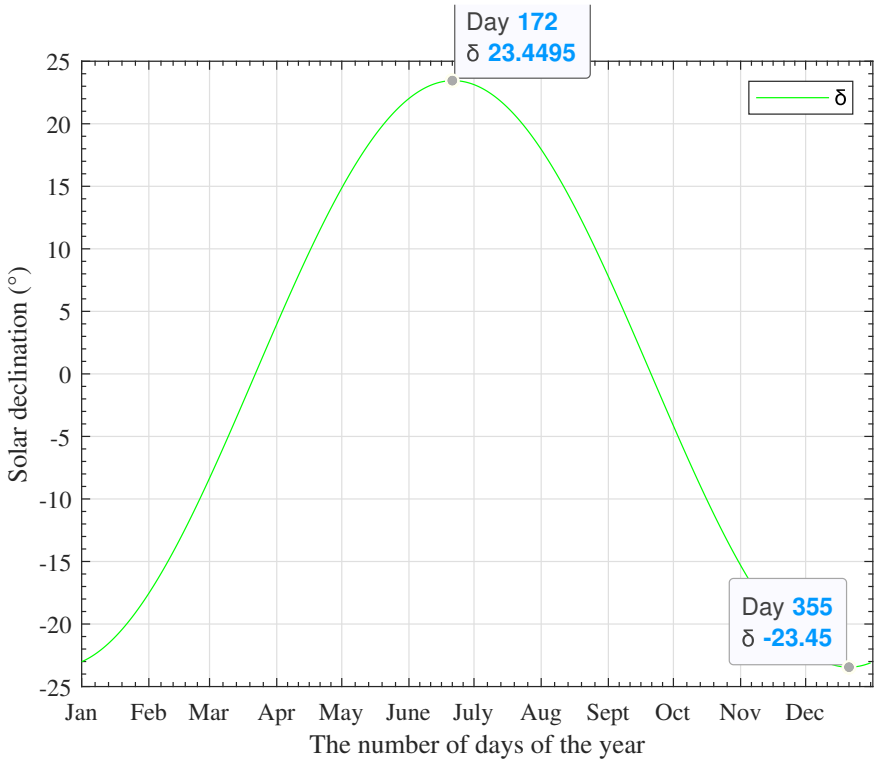


FIGURE 2.6: Variation de l'angle de déclinaison solaire en fonction des jours de l'année **[26]**

La déclinaison solaire est bien représentée par la formule suivante :

$$\delta = 23.45 \times \sin\left[\frac{360}{365} \times (N + 284)\right] \tag{2.4}$$

A partir du graphe, on voit que :

δ = 23,45° pour le 21 Juin, ce qui correspond au solstice d'été.

δ = -23,45° pour le 21 Décembre, ce qui correspond au solstice d'hiver.

δ = 0 pour le 21 Mars et le 21 Septembre, ce qui correspond aux équinoxes de printemps et d'automne.

L'angle horaire

L'angle horaire ω étant l'angle formé par le plan méridien passant par le centre du soleil et le plan vertical du lieu (méridien) définit le vrai temps solaire TSV. Pour calculer l'angle horaire, Capderou dans l'Atlas solaire d'Algérie **[23]** a utilisé la formule suivante :

$$\omega = 15 \times (TSV - 12) \tag{2.5}$$

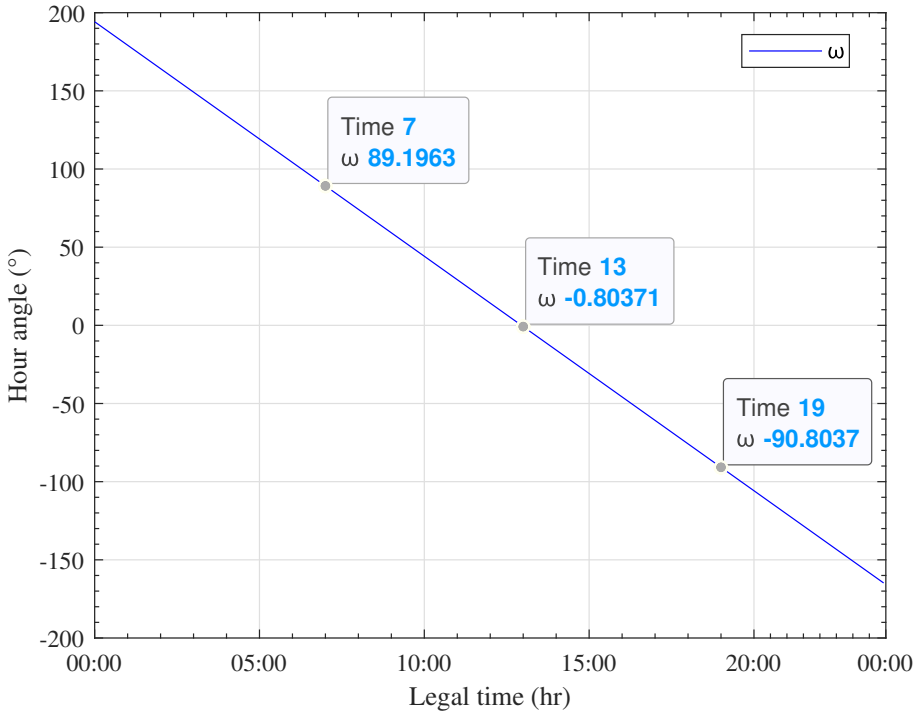


FIGURE 2.7: Variation de l'angle horaire en fonction du temps **[26]**

L'angle horaire se mesure à partir du midi solaire, il est positif s'il est avant midi et négatif S'il est après midi (vaut 0° à midi, -90° à 18 heures et 90° à 6 heures, en temps solaire vrai, chaque heure le décale de 15°, positifs le matin et négatifs l'après-midi).

2.5.3 Coordonnées horizontales

Le système de coordonnées horizontales est formé par le plan de l'horizon astronomique et la verticale du lieu. Dans ce système de coordonnées, les coordonnées sont la hauteur h et l'azimut az.

Hauteur du soleil

La hauteur du soleil est l'angle formé par la direction du soleil et sa projection sur le plan horizontal. Il est particulièrement égal à 0° au lever et au coucher astronomiques du soleil, sa valeur est maximale à midi, en temps solaire vrai. L'expression de la hauteur du soleil est donnée par :

$$h = arc\ \sin\left[\cos\left(\delta\right) \times \cos\left(\varphi\right) \times \cos\left(\omega\right) + \sin\left(\varphi\right) \times \sin\left(\delta\right)\right. \tag{2.6}$$

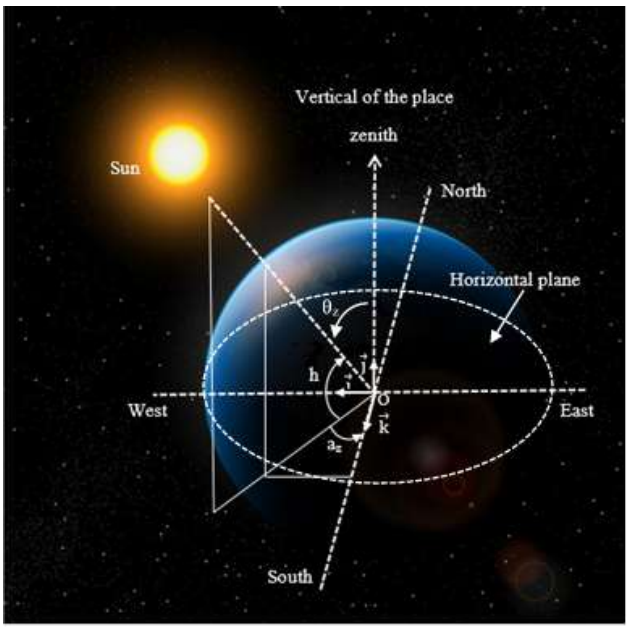


FIGURE 2.8: Système de coordonnées horizontales **[26]**

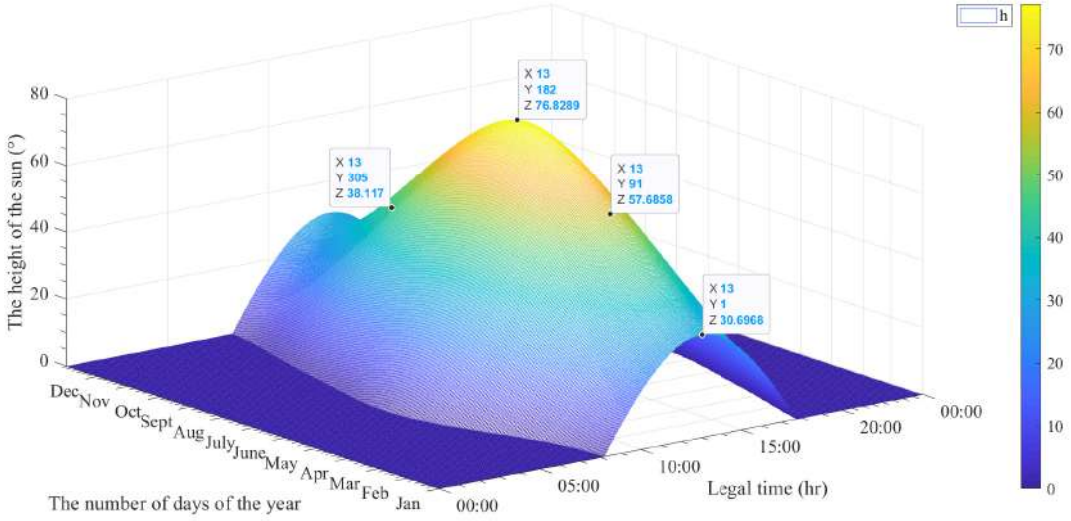


FIGURE 2.9: Variation de la hauteur du soleil au cours d'une journée et tout au long de l'année **[26]**

Azimut du soleil

L'azimut du soleil est l'angle compris entre la projection de la direction du soleil sur le plan horizontal et la direction sud. **Reference51**:

$$\sin(a_z) = \frac{\cos(\delta).\sin(\omega)}{\cos(h)} \tag{2.7}$$

Il est nul à midi T_{SV} et maximal au lever et au coucher du soleil.

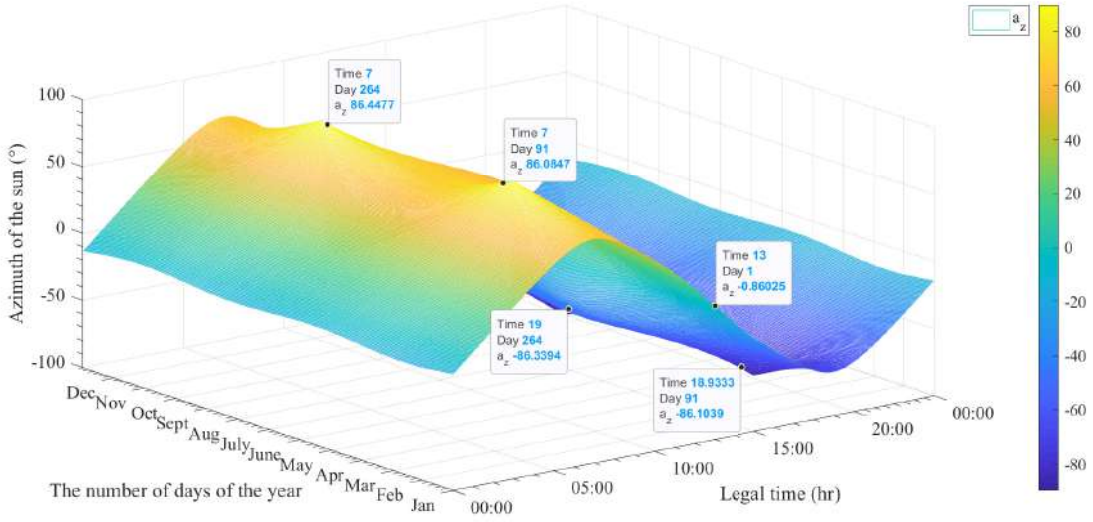


FIGURE 2.10: Variation de l'azimut du Soleil - Site : MEDEA pendant une journée et tout au long de l'année **[26]**

La distance zénithale

La distance zénithale est la distance angulaire entre le zénith et un point de la sphère céleste, mesurée le long d'un méridien. C'est le complément de la hauteur, c'est-à-dire que la distance zénithale et la hauteur sont des angles complémentaires (c'est-à-dire que leur somme est égale à un angle droit).

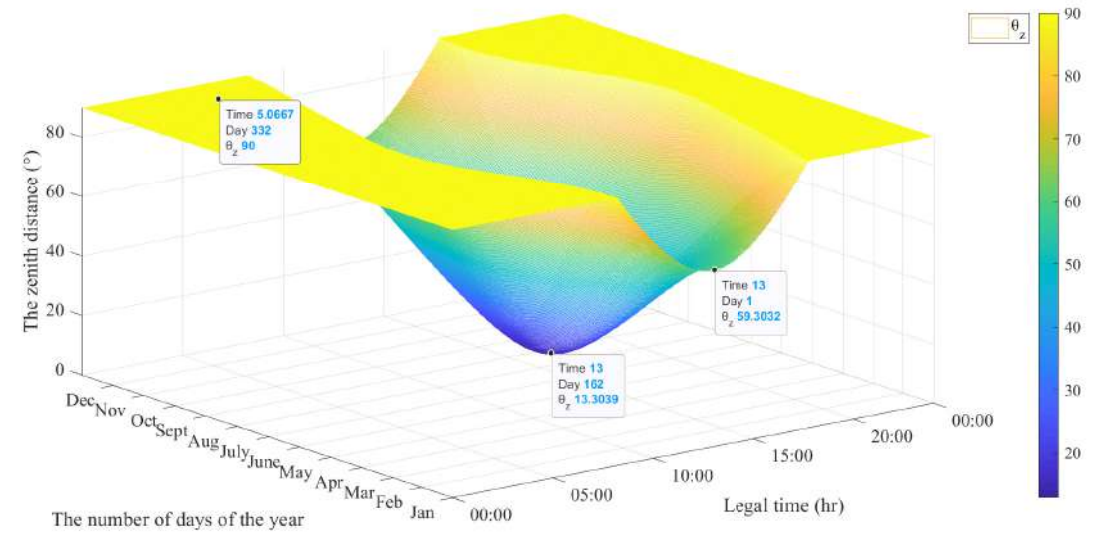


FIGURE 2.11: Variation de l'angle d'azimut au cours d'une journée et tout au long de l'année. **[26]**

$$\theta_z = 90^\circ - h \tag{2.8}$$

2.6 Estimation Horaire De L'ensoleillement

2.6.1 Rayonnement Solaire à l'Extérieur de l'Atmosphère

Le rayonnement solaire extraterrestre est en fonction de la constante solaire I_0 et de la correction de la distance entre la terre et le soleil. La constante solaire est le flux énergétique reçu par une surface unité. Dans notre cas, la valeur qui a été retenue en1980 est : $I_0 = 1367\ (W/m^2)$, I_{sc} is **Reference51**:

$$I_{sc} = I_0 \times \left[1 + 0.033 \times \cos\left(\tfrac{360}{365}\,(N-3)\right)\right] \tag{2.9}$$

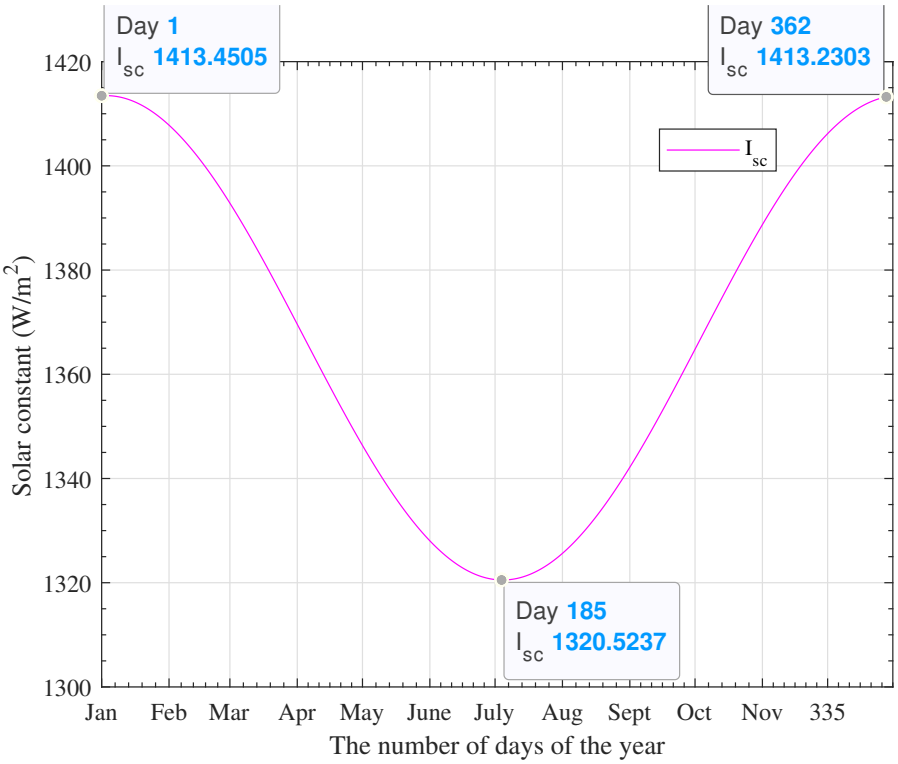


FIGURE 2.12: Évolution annuelle de la constante solaire. **[26]**

N : est le numéro du jour de l'année à partir du premier janvier La valeur maximale estimée à 1413 (W/m^2) est enregistrée en janvier, puis diminue au fil des jours, jusqu'à atteindre la valeur la plus basse estimée à 1320 (W/m^2) en juillet, puis revient à la hausse.

2.6.2 Répartition Du Rayonnement Solaire

Le rayonnement solaire est affaibli par la réflexion, les diffusions multiples et l'absorption par les particules de poussière et les molécules de gaz.

2.6.3 le rayonnement direct

c'est -à-dire la part du rayonnement qui traverse l'atmosphère sans rencontrer d'obstacles.

2.6.4 le rayonnement diffus

c'est-à-dire la part du rayonnement solaire qui est réfléchie ou absorbée par les particules de poussière et les molécules de gaz et atteint la surface de la terre dans tous les sens.

2.6.5 Direction Du Rayonnement Solaire

Soit un plan quelconque sur la terre à un instant quelconque. Repérons sa position par les deux angles β, α tel que:

- i : angle de l'incidence.
- β : angle entre le plan horizontal et le plan considéré (inclinaison).
- α : angle entre le méridien local et la normale.
- N : Vecteur unitaire porté par la direction des rayons solaires
- $\vec{n}$: Vecteur unitaire porté par la normale de de la surface

2.6.6 Les modèles semi empiriques

Les modèles semi empiriques utilisent des relations mathématiques en fonction de la masse d'air pour calculer les effets des constituants de l'atmosphère (intégrés sur tout le spectre) sur l'atténuation du rayonnement direct et la création du rayonnement diffus.

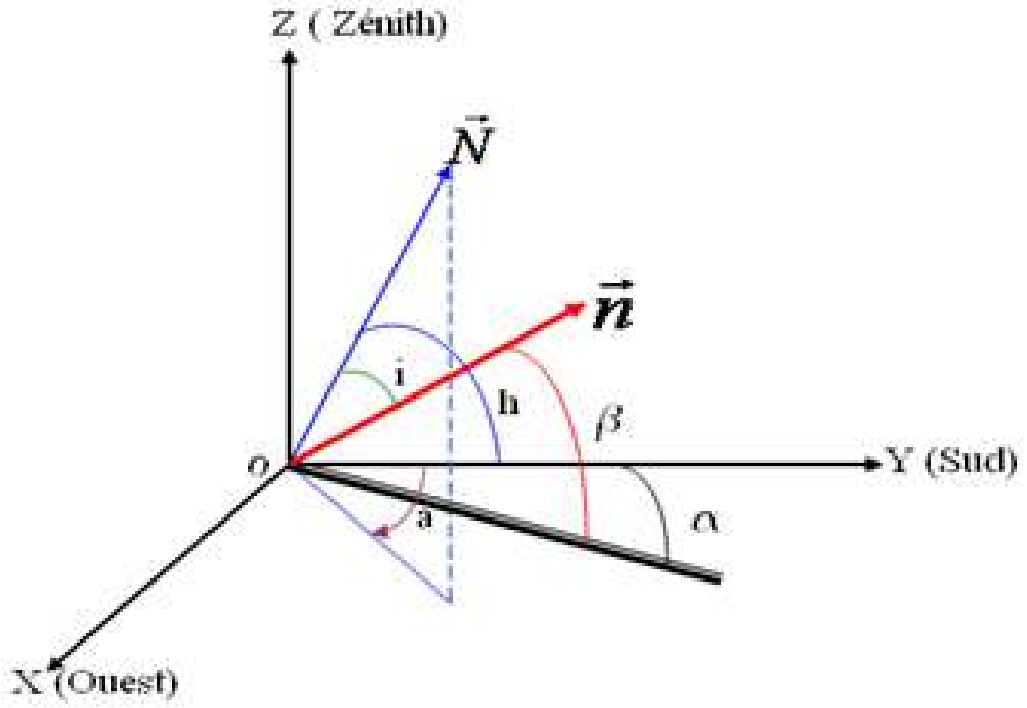


FIGURE 2.13: direction du rayonnement solaire **[22]**

Modèle de Davies & Hay

Le modèle proposé par Davies & Hay en 1976 permet la détermination des composantes du rayonnement solaire au sol en fonction des différents coefficients de transmission des éléments constituant l'atmosphère à un instant quelconque de la journée. **[23.13]**.

Calcul du rayonnement direct La relation proposée par Davies & Hay pour le calcul de l'éclairement du au rayonnement direct est comme suit :

$$I = I_{SC} \times [(1 - \alpha_0) . \tau_r - \alpha_W] \, \tau_a \times \cos \theta_z \tag{2.10}$$

$\alpha_0$représente le coefficient d'absorption du rayonnement direct par la vapeur d'eau, est donné par l'équation suivante:

$$\alpha_w = \frac{2.9 \, U_W}{(1+141.5 \, U_W)^{0.635}+5.925 \, U_W} \tag{2.11}$$

U_W =est l'épaisseur d'eau condensable à la verticale du lieu (cm) donnée par :

$$U_W = w \times m_r \tag{2.12}$$

w Représente l'épaisseur (ou bien la hauteur) d'eau condensable obtenue à partir de la température T (en K) et l'humidité relative HR en (%), à l'aide de la formule suivante :

$$w = \frac{0.493}{T} HR \times \exp\left(26.23 - \frac{5416}{T}\right) \tag{2.13}$$

m_rEst la masse d'air optique relative définie par Kasten :

$$m_r = \left[\cos\theta_z + 0.15(93.885 - \theta_z)^{\text{-}1.253}\right]^{-1} \tag{2.14}$$

Absorption par l'ozone Le coefficient de transmission après absorption par l'ozone est donné par :

$$\tau_0 = 1 - \alpha_0 \tag{2.15}$$

α_0 Est le coefficient d'absorption du rayonnement solaire direct par la couche d'ozone, il est donné par la relation suivante :

$$\alpha_0 = \frac{0.02118\ \mathrm{U}_0}{1+0.042\ \mathrm{U}_0+3.2310^{-4}\ U_0^2} + \frac{1.082\ \mathrm{U}_0}{(1+138.6\ \mathrm{U}_0)^{0.805}} + \frac{0.0658\ \mathrm{U}_0}{1+(103.6\ \mathrm{U}_0)^3} \tag{2.16}$$

U_0 Est l'épaisseur de la couche d'ozone corrigée par le trajet optique du rayonnement solaire à travers cette couche et définie comme suit :

$$U_0 = L.mr \tag{2.17}$$

L Est l'épaisseur réduite d'ozone en cm NTP (Normal Température and surface Pressure). En fait, la hauteur d'ozone varie avec la latitude du lieu et le jour de l'année. A défaut de mesures, la quantité d'ozone peut être estimée utilisant l'expression de Van Heuklon[15]donnée par:

$$L = \frac{\left\{235+[150+40\sin(0.9856(N-30))+20\sin(3lon)]\left\lfloor \sin^2(1.28\varphi)\right\rfloor\right\}}{1000} \tag{2.18}$$

lon et φsont respectivement la longitude et la latitude du lieu et N est le nombre de jour.

Diffusion de Rayleigh : Le coefficient de transmission après diffusion moléculaire ou de Rayleigh r est présenté par Davies et al par la relation suivante :

$$\tau_r = 0.972\text{-}0.08262\mathrm{m}_a + 0.00933m_a^2 - 0.00095m_a^3 + 0.000437m_a^4 \tag{2.19}$$

m_a La masse d'air corrigée est-elle exprimée par la relation suivante :

$$m_a = \frac{P}{P_0} m_r = \frac{exp(-0.0001184 \times z)}{\cos(\theta_z) + 0.15(93.885\text{-}\theta_z)^{-1.253}} \tag{2.20}$$

Diffusion par les aérosols Le coefficient de transmission après diffusion par les aérosols$\tau_a$est proposé par Mächler [2] et donné par la relation suivante :

$$\tau_a = (0.12445\ \alpha - 0.0162) + (1.003 - 0.125\alpha) \exp\left[-\beta m_a\ (1.089\text{+}0.5123)\right] \tag{2.21}$$

et $\beta \prec 0.5$
tels que:
α et β sont respectivement le coefficient caractérisant la visibilité du ciel et le coefficient de trouble d'Angstrom. Leur calcul est basé sur la détermination expérimentale de deux coefficients d'atténuation $k_{a\lambda 1}$ et $k_{a\lambda 2}$ correspondant aux longueurs d'onde où l'absorption par la vapeur d'eau n'intervient pas(λ_1= 380 nm et λ_2= 500 nm) respectivement, Sachant que est proche de 0 pour les petites particules, croît avec la taille des particules et atteint 4 pour les grosses particules. Dans notre travail, on prend $\alpha = 1.3$. Le coefficient β vaut 0.02 pour un ciel très pur (bleu profond) et 0.2 pour un ciel pollué (bleu laiteux) .

TABLE 2.1: Paramètres α *et* β selon différents états de l'atmosphère

Atmosphère	β
α	
Très pur	0.01
1.3	
Pur	0.1
1.3	
Pollué	0.2
1.3	
très pollué	0.4
1.3	

Calcul du rayonnement diffus : Comme le modèle précédent, le rayonnement diffus sur un plan horizontal est la somme des trois composantes diffuses : D_r, D_a and D_m.

Le rayonnement diffus issu de la diffusion de Rayleigh Le rayonnement diffus après la diffusion de Rayleigh est donné par:

$$D_r = I_{SC} \tau_0 \tau_a\ (1 - \tau_r)\ 0.5 \times \cos\theta_z \tag{2.22}$$

Il représente le rayonnement diffus après la diffusion de Rayleigh, dont est le coefficient de transmission après absorption par l'ozone.

$$\tau_0 = 1 - \alpha_0 \tag{2.23}$$

Le rayonnement diffus après diffusion par les aérosols Le rayonnement diffus après la diffusion par les aérosols s'exprime par la relation suivante :

$$D_a = I_{SC}\left(\tau_0\tau_r - \alpha_\omega\right) \times \left[F_C \times \omega_0\left(1 - \tau_a\right)\right]\cos\theta_z \tag{2.24}$$

D_a est le rayonnement diffus après la diffusion par les aérosols.avec, ω_0 qui est l'albédo de dispersion de l'atmosphère. En pratique, la détermination de ce coefficient est quasi impossible. En effet, il dépend de la nature, de la forme, et des propriétés optiques des particules en suspension. On attribue généralement une valeur à ω_0, indépendante de la longueur d'onde. Pour les régions urbaines/industrielles, ω_0, vaut 0.6, et pour les régions rurales/agricoles, il vaut 0.9 [1]. et, Fc qui est le coefficient de dispersion direct de l'atmosphère.

TABLE 2.2: Valeurs du facteur Fc en fonction de la distance zénithale

θ_z	0	10	20	30	40	50	60	70	80	85
F_C	0,92	0,92	0,90	0,90	0,90	0,85	0,78	0 ,68	0,60	0,50

Le Rayonnement Diffus Issu Du Phénomène De Multi Réflexion Terre Atmosphère L'expression du rayonnement diffus issu du phénomène de multi réflexion est donnée par l'équation suivante :

$$D_m = \frac{(I+D_a+D_r)\times\rho\times\rho'_a}{(1-\rho\times\rho'_a)} \tag{2.25}$$

Avec ρ est l'albédo du sol
$\rho_a^{'}$ est l'albédo du ciel clair du site considéré, donné par :

$$\rho'_a = 0.0685 + 0.17\,\omega_0 \times (1 - \tau'_a) \tag{2.26}$$

$\rho'_a = 0.0685 + 0.17\,\omega_0 \times (1 - \tau'_a)$ avec, la contrainte sur indiquant que le coefficient de transmission du rayonnement solaire après diffusion par les aérosols devrait être calculé pour une valeur de masse d'air égale à 1.66(P P0) . Le facteur 0.17 représente (1-F) pour =53° et (1-F) est le coefficient de rétrodiffusion.

TABLE 2.3: Quelques valeurs d'albédo au sol

Type de surface	Albédo (0 to 1)
Surface du lac	0,02 to 0,04
Forêt de conifères	0,05 to 0,15
Surface de la mer	0,05 to 0,15
Sol sombre	0,05 to 0,15
. Des cultures	0,15 to 0,25
Sable léger et sec	0,25 à 0,45
Glace	about 0.60
Neige tassée	0,40 to 0,70
Neige fraîche	0,75 to 0,90
Miroir	1

Calcul du rayonnement global L'éclairement dû au rayonnement global sur un plan horizontal est calculé comme suit:

$$I_T = I + D \tag{2.27}$$

I :est l'éclairement du au rayonnement direct calcule sur un plan horizontal, et D est l'éclairement dû au rayonnement diffus.

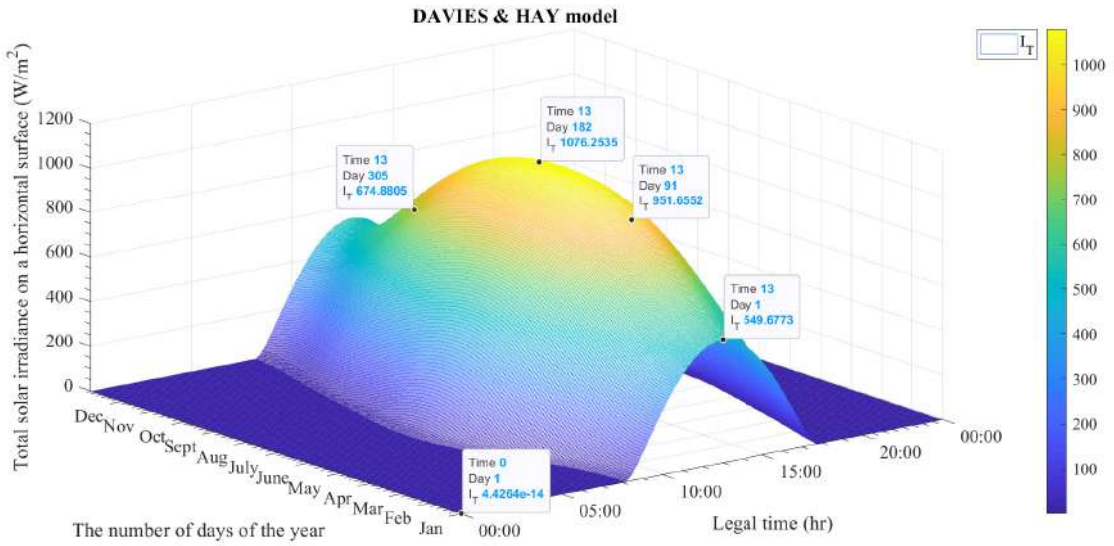


FIGURE 2.14: Rayonnement solaire calculé par le modèle DAVIES & HAY - Site : MEDEA pendant une journée et tout au long de l'année **[26]**

Chapter 3

Technique Expérimentales

3.0.1 Introduction

Dans ce chapitre nous présentons l'étude expérimentale et les différents instruments utilisés. Nos essais sont réalisés au niveau du laboratoire des énergies renouvelables et matériaux, laboratoire de recherche en électrotechnique et le hall de technologie à l'université de Médéa.

L'objectif de ce chapitre est d'analyser les paramètres de fonctionnement d'un chargeur solaire et de proposer un système de décharge d'une batterie solaire à plomb.

3.0.2 Site Étudier

Les tests sont menés dans le laboratoire de l'énergie renouvelables et des matériaux , le laboratoire de recherche électrotechnique et le hall technologique de l'université de MEDEA. les coordonnées géographiques du site d'étude sont indiquées sur la figure 3.2



FIGURE 3.1: Site étudier

Mesure du rayonnement solaire

A cause du manque de détecteur de luminosité pour mesurer la puissance solaire au site de Medea, nous avons élaboré un programme de calcul écrit en langage Matlab basé sur le modèle semé-empérique de de Davies Hay. Il suffit d'entrer les coordonnées géographiques et le numéro de jour dans l'année.

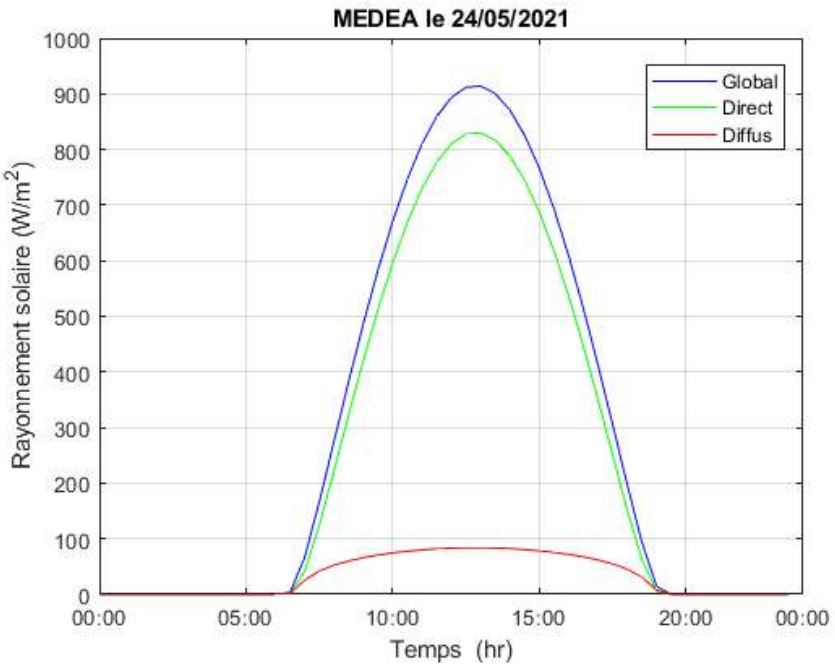


FIGURE 3.2: Valeurs horaires du rayonnement solaire à Medea calculées par le modèle de Davies Hay le 24 mai

3.0.3 Etude de charge de la batterie solaire à plomb

Le chargeur solaire qui montré sur 3.3 est un dispositif, généralement portable, qui permet de transformer l'énergie solaire photovoltaïque en énergie électrique pouvant être utilisée par les dispositifs électriques.

Les trois composants essentiels pour son fonctionnement sont :

- Les panneaux solaires illustrés dans 3.4, qui transforment la lumière solaire en électricité, dont dépend l'efficience énergétique du dispositif.
- Les batteries servant à stocker l'énergie électrique produite par les plaques solaires, qui, selon le type, pourront offrir différentes valeurs de tension ou ampérage.La batterie solaires utilisée dans l'expérience est d'un type ST 120 est indiqué dans la figure 3.5



FIGURE 3.3: Le system chargeur solaire

- La figure 3.6 montre les Circuits électriques, qui unissent les plaques solaires et les batteries et ont un rôle de contrôle pour le fonctionnement du reste des composants. Ils fournissent également la sortie de la charge électrique des batteries vers un autre dispositif à travers Différents connecteurs.

Mode De Fonctionnement D'un Chargeur Solaire

Une ou plusieurs plaques solaires absorbent l'énergie émise par le soleil, qui est convertie en énergie électrique et stockée dans les batteries internes pour pouvoir, plus tard, être utilisée dans différents buts, depuis la recharge d'un téléphone mobile jusqu'à fournir des services électriques pour réaliser différentes fonctions dans une entreprise,un centre commercial, etc. Cependant, certains chargeurs solaires fonctionnent sans batterie interne. C'est une différence majeure au niveau de l'utilisation.

Les Batteries Externes Solaires

Les batteries externes solaires, aussi appelées chargeurs solaires portables, sont composées d'un petit panneau solaire et d'une batterie intégrée. A la différence du panneau solaire portable, il est donc possible de charger les appareils électroniques même sans soleil. En effet, la batterie intégrée à l'appareil permet d'accumuler l'énergie lorsque le chargeur solaire est placé au soleil, et de la distribuer après. Une seconde différence notoire est le fait que ce type de chargeur solaire peut se recharger par prise. La batterie externe solaire a donc deux moyens



FIGURE 3.4: Panneau solaire



FIGURE 3.5: Batterie solaire st 120

de charge : le panneau solaire et une entrée de charge (souvent un port mini-USB). Cet appareil est donc très similaire à une batterie externe; c'est une batterie externe à laquelle on a ajouté un panneau solaire.

Caractéristiques De Batterie Utilisée

Dans cette étude expérimentale, nous avons utilisé une batterie solaire st 120. Les propriétés électriques de cette batterie sont montrées dans la figure 3.7

Caractéristiques De Panneaux Photovoltaïque

Les propriétés panneaux photovoltaïques sont montrées dans le tableau3.1

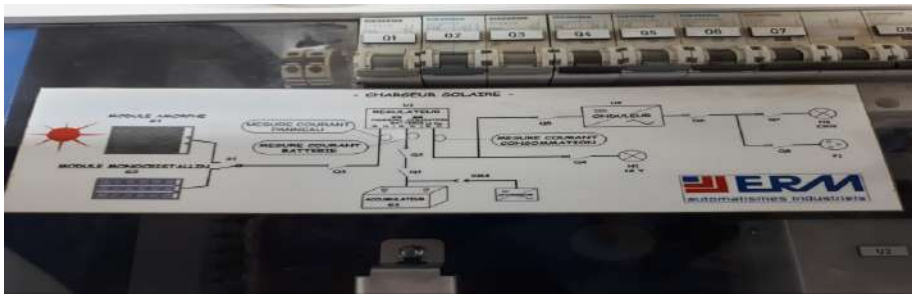


FIGURE 3.6: circuit de chargeur solaire

CARACTERISTIQUES MECANIQUES
PHYSICAL CARACTERISTICS

DIMENSIONS	Longueur / *Length (+-2mm)*	151	mm
	Largeur / *Width (+-2mm)*	98	mm
	Hauteur / height (+-2mm)	95	mm
	Hauteur hors tout / Overall *Height (+-2mm)*	101	mm
Masse / *Weight (+-3,5 %)*		4,2	Kg
Type de borne / *Terminal*		T1 - Faston 6,35	
Couple de serrage / Tightening torque (Nm)		0	Nm
Poignée / Handle		Non	
Matériaux bac et couvercle / Container material		ABS	FR-V0 / UL94-V0

CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES
ELECTRICAL CARACTERISTICS

TENSION NOMINALE / *NOMINAL VOLTAGE*	**12 Volts**	
CAPACITE / *NOMINAL CAPACITY*	**14,0 Ah C20**	
Capacités / *Rated Capacity*	20 hour rate -1,80 V/Elt (Cell)	14,0 Ah
	10 hour rate -1,80 V/Elt (Cell)	13,0 Ah
	5 hour rate - 1,75 V/Elt (Cell)	11,9 Ah
	3 hour rate - 1,75 V/Elt (Cell)	10,7 Ah
	1 hour rate - 1,67 V/Elt (Cell)	8,7 Ah
Décharge à puissance cte	10 Minutes - 1,60V/Elt (Cell)	62,4 W/Elt (W/Cell)
Constant power discharge	15 Minutes - 1,60V/Elt (Cell)	47,5 W/Elt (W/Cell)

Influence de la T° sur la capacité	40°C (104°F)	103%
Temperature influence on the capacity	25°C (77°F)	100%
	0°C (32°F)	86%
Autodécharge / *Self discharge*	Inf à 3% par mois à 25 °C / Inf. to 3% per month at 25°C	
Temp. d'exploitation	Charge	de - 10°C à + 40 °C
Opérating T° range	Décharge / Discharge	de - 20°C à + 55 °C
	Stockage / Storage	de - 20°C à + 40 °C

FIGURE 3.7: Caractéristiques de batterie utilisé

TABLE 3.1: Caractéristiques de panneaux photovoltaïque

Type	BLD200 72M
Puissance maximal (Pmax)	200 (W)
Tolérance de sortie	±3 (%)
Courant à pmax (Imp)	5.29 (A)
Tension à Pmax (Vmp)	37.77 (V)
Courant de court-circuit (Icc)	5.92 (A)
Tension de circuit ouvert (Voc)	45.25 (V)

Présentation De L'activité

On proposé au cours de cette activité de faire le bilan énergétique d'un module solaire en fonctionnement En effet plusieurs paramètre peuvent avoir une influence sur la charge de la batterie et donc sur son autonomie il vous sera donc

demande de quantifier la capacité de charge pour chaque configuration de lister les paramètre peuvent avoir une influence sur la charge de la batterie et donc demande de quantifier la capacité de charge pour chaque configuration de lister les paramètres importants puis de les classer par ordre d'importance Pour cette expérience on Mettre en fonctionnement le chargeur solaire et Mesurer les tensions de sortie de module solaire en fonction de divers paramètres technologiques ou d' orientation et quantifier la puissance de charge en fonction de ces paramètres et Classer par ordre d'influences ces paramètres .

Le But De L'expérience

- Les différentes technologies de chargeur solaire
- L'efficacité d'un chargeur en fonction de son orientation (horizontale et verticale)
- Mesure électrique aux bornes des modules du chargeur solaire
- Détermination de la puissance de charge
- Calcul des rendements et vérification avec des chiffres avancée dans le dossier technique
- Paramètre influant sur le rendement

3.0.4 Etude De Décharge De La Batterie Solaire a Plomb

Description Du Système De Décharge

Dans cette partie nous étudions le système de charge d'une batterie solaire à plombe en utilisons les éléments suivant :

- Connecteurs.
- Rhéostats.
- Pince ampérométrique.
- Cartes électroniques
- Matériel d'acquisition de données.
- PC (système d'exploitation).
- Logiciel d'acquisition de données

Composition D'un Système D'acquisition De Données

Les systèmes d'acquittions de données ce composant de deux partie : Partie matériel (hardware) :

- Carte d'acquisition et système embarqué
- Capteurs et instrumentation
- Câblage de communication

partie logiciel (software):

- logiciels et supervision.

Présentation De La Carte DSPACE 1104

La carte(R D) DS1104 qui montre dans la figure3.11est une carte de contrôle et commande, mise à niveau un PC en un système de développement pour le prototypage rapide de contrôles. La carte peut être installée a n'importe quel PC avec un emplacement PCI ou PCIe libre. Ces systèmes de prototypage DSPACE nous permettent de développer, d'optimiser et de tester rapidement de nouvelles stratégies de contrôle dans un environnement réel, sans programmation manuelle La carte se compose des interfaces suivantes :



FIGURE 3.8: la carte DSPACE 1104 RD

- Un processeur principal PowerPC de 250 MHz
- Un DSP esclave, est dédié à la génération d'impulsions par modulation de largeur d'impulsion (MLI).

- Quatre entrées analogiques avec des convertisseurs analogiques à numériques (CAN) de 12 bits possédants des temps de conversion de 800 ns.
- Quatre entrées analogiques multiplexées avec un seul CAN de 16 bits possédant un temps de conversion de 2
- Huit sorties analogiques avec des convertisseurs numériques à analogiques (CNA) de 16 bits, possédant des temps de conversion de 10 ms et de vingt E/S numériques

La carte Ds1104 est une carte d'extension s'installe dans la carte mère via un bus interne PCI de 1 'ordinateur hôte. Elle est liée au MATLAB, Simulink et Real-Time Workshop par un outil RTl (Real-Time. Les entrées et les sorties analogiques possèdent une plage de tension -+ 10 (V). Un panneau CP1104 est une liaison entre la carte de contrôle et les signaux E/S analogiques via des prises BNC tandis que les signaux E/S numérique via des prises Sudd Interface). Pour accéder au software de la carte il nous faut une licence sou forme d'une clé USB (dongole).



FIGURE 3.9: panneau d'extension CLP1104

Présentation De DSPACE CONTROLDESK

CONTROLDESK est un logiciel qui nous permet de mesurer les données expérimentales qui proviennent des capteurs en temps réel, ce qui nous permet lors d'un projet de développer des interfaces graphiques pour la commande du système géré par la carte DSPACE. En effet l'interface développée nous permet à la fois :

- D'envoyer des consignes sous forme des signaux directement au système en temps réel
- Visualiser et de calculer les différentes grandeurs mesurées en temps réel.



FIGURE 3.10: [carte de mesures DSPACE

- D'envoyer des consignes sous forme des signaux directement au système en temps réel.
- Visualiser et de calculer les différentes grandeurs mesurées en temps réel.

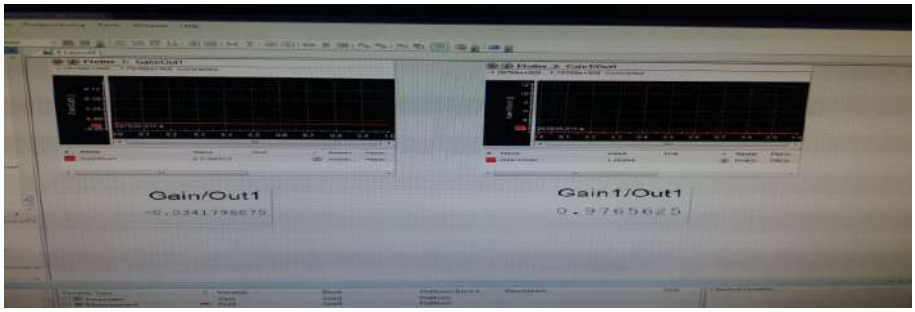


FIGURE 3.11: l'affichage des signaux (courant tension)

Dispositif Expérimental

La figure 3.12 présente le dispositif expérimental réalisé pour lancer les mesures de décharge de la batterie solaire en plomb. Ce dispositif est constitué par une résistance électrique, micro-ordinateur, pince électrique, et une carte électronique DSPACE pour faire l'acquisition des données. La figure 3.13est une plateforme sous Simulink qu'on a utilisé, pour convertir les différentes mesures (courant, tension, et puissance) de l'analogique au numérique en utilisant la bibliothèque de la carte d'acquisition DSPACE 1104

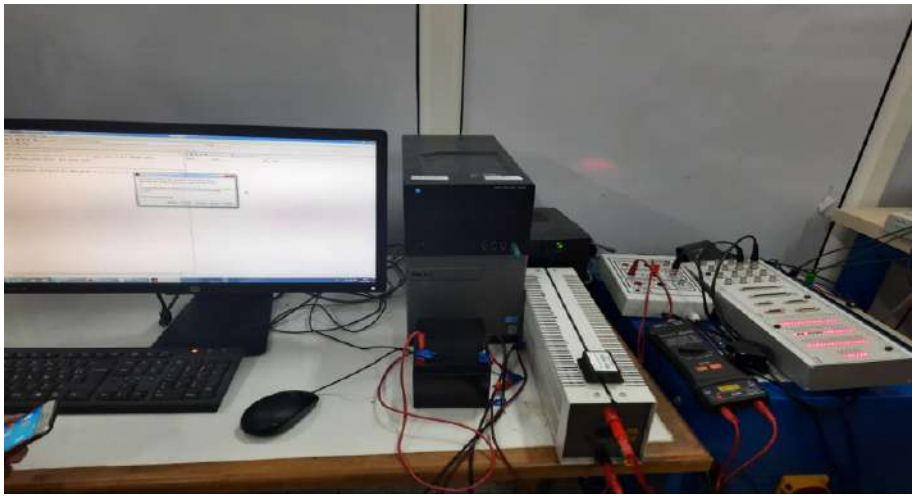


FIGURE 3.12: Dispositif expérimental

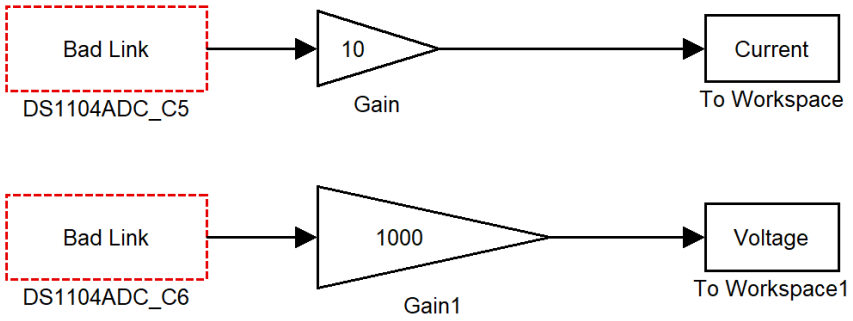


FIGURE 3.13: acquisitions des sous Simulink

Chapter 4

Résultats Et Discussions

4.0.1 Introduction

Dans ce chapitre nous intéressons à deux paramètres important, l'état de charge de la batterie via l'énergie solaire et l'état de décharge en utilisant un circuit spécial pour caractériser et visualiser les grandeurs de décharge de la batterie.

4.0.2 Etat de Charge

Dans cette section nous étudions l'effet de l'inclinaison et l'orientation du panneau solaire de chargeur solaire pour des journées typiques bien ensoleillée.

Effet de L'orientation

La figure 4.1 montre la variation de la tension de la batterie en fonction du l'orientation perpendiculaire au soleil pour différents angle .On remarque que la tension augmente de 18.24 à (-60°) Jusque à 19.28 à (-20°) et stable dans la tension 19.28 de (-20° à 0°) et diminué a 18.61 (60°). Par conséquent, nous concluons que l'orientation optimale est compris entre l'angle (-20 °) et (0 °).

La figure 4.2 montre la variation du courant de la batterie en fonction de l'orientation perpendiculaire au soleil pour différents valeur de l'angle .On remarque que le courant est reste constant dans la valeur 0.4A de (-60 à 60) .

La figure 4.3 montre la variation de la charge de la batterie en fonction de l'orientation perpendiculaire. Cette courbe montre que la charge de la batterie reste constante et n'est pas influencée par l'orientation perpendiculaire.

La figure 4.4 montre la variation de la puissance de la batterie en fonction du l'orientation perpendiculaire au soleille avec différents angl (°) .On remarque que la puissance augmente de 5.4 à (-60°) Jusque à 5.78 à (-20°) et stable dans la tension 5.78 de (-20° à 0°) et diminué a 5.58 (60°) . Donc on déduire quel'orientation optimale est compris entre l'angle (-20 °) et (0 °).

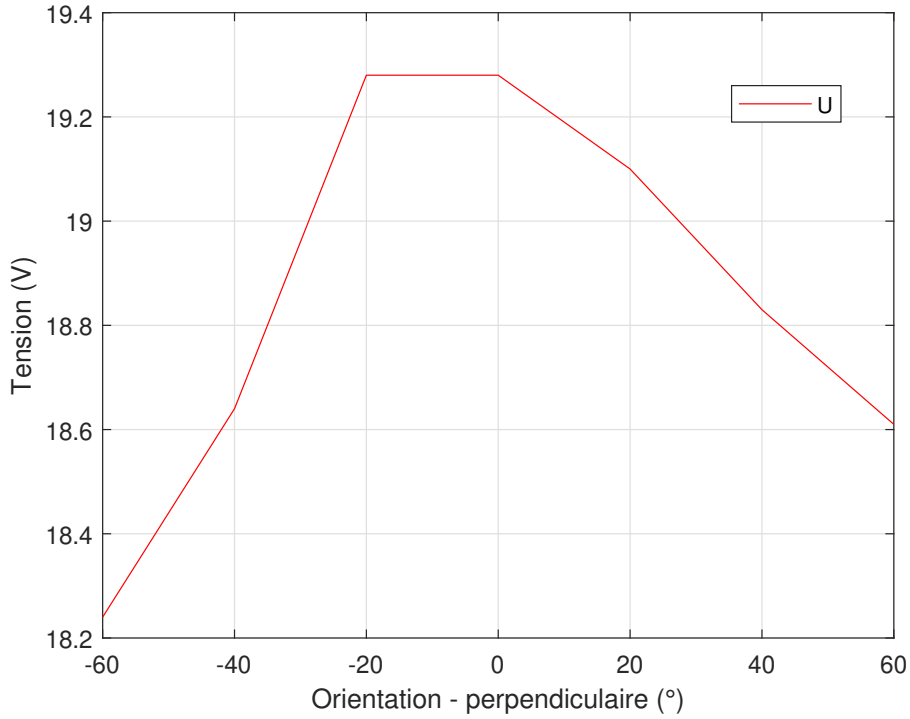


FIGURE 4.1: variation de tension en fonction du l'orientation perpendiculaire

Effet de Inclinaison horizontale

La figure 4.5 montre la variation de la tension de la batterie en fonction du l'inclinaison horizontale avec différents angl (°) .On remarque que la tension et stable de 19.8 à (0°à15°) et diminué Jusque à 19.16 à (30°) et augmente à la tension 19.5 de (45°) et diminué notre fois a 17.4 (90°) . donc on déduire que l'inclinaison optimale est compris entre l'angle (0°) et (60°).

La figure 4.6 montre la variation de courant de la batterie en fonction du l'inclinaison -horizontale avec différents angl (°) .On remarque que le courant est constant dans la valeur 0.4A de (0° à 90°)

La figure 4.7 montre la variation de la puissance de la batterie en fonction du inclinaison –horizontal avec différents angl. (°) .On remarque que la puissance stables dans 7.92 (0°à15°) et diminue a 7.66 (30°) après il se augment un peut Jusqu' à 7.8 à (45°) et diminué notre fois à de (90°) .

La figure 4.8 montre de charge batterie en fonction d'inclinaison –horizontale On remarque que la courbe est constante dans la valeur 26 (ah).

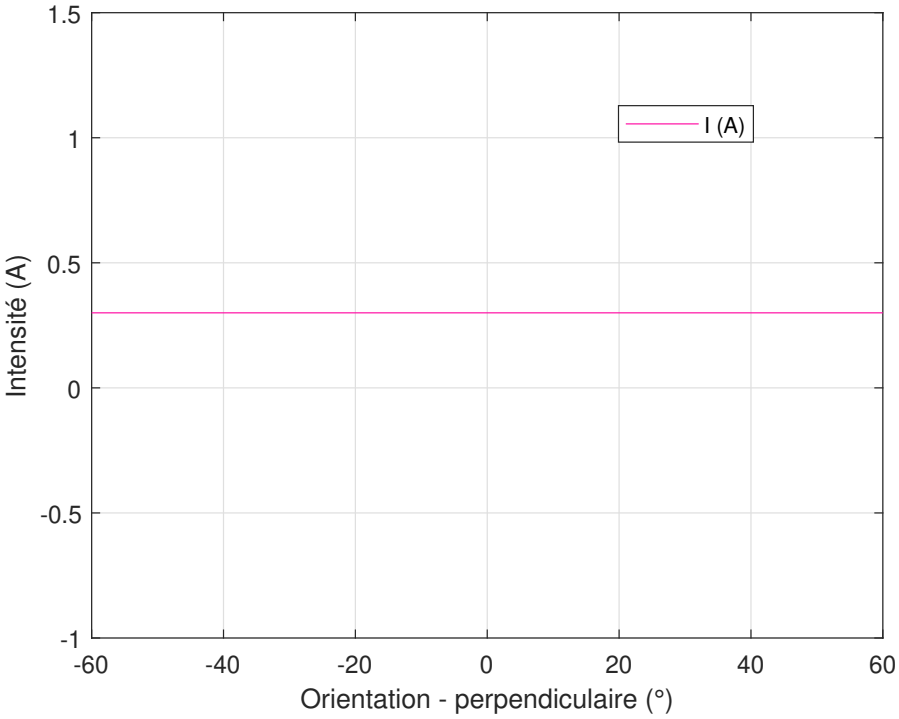


FIGURE 4.2: variation de l'intensité en fonction de l'orientation perpendiculaire

4.0.3 Etat de décharge

Lorsqu'on applique une charge électrique (résistance) l'acide sulfurique se décompose, les ions sulfate en résultant circulent jusqu'aux plaques négatives et réagissent avec le matériau actif des plaques en abandonnant leur charge négative par le biais de l'ionisions , suite a cela la batterie se décharge ou produit de l'énergie électrique , le courant continu est créé par le flux d'électrons excédentaires sortant du côté négatif de la batterie , via le dispositif électrique , et retournant du côté positif de la batterie ,ils retournent dans les cellules et se fixent a nouveau sur les plaques positives , le processus de décharge se poursuit jusqu'à ce que la batterie soit d chargée et qu'il ne reste plus d'énergie chimique. Opération est produite pendant 50 (h) en temps réel, avec une coupure électricité, au début le courant reste parfaitement stable de même pour la tentions puis ces valeurs diminuent en fonction de temps jusqu'au le seuil de profondeur.

La figure 4.9 montre la variation de tension en fonction de temps, on remarque que la courbe on début est stable dans la valeur 12(V) et recommence a diminué lentement et après une coupure électricité dans la valeur 11(V) , on remarque une chute libre de la charge de batterie et puis une stabilité dans la valeur 0.9 (V) .

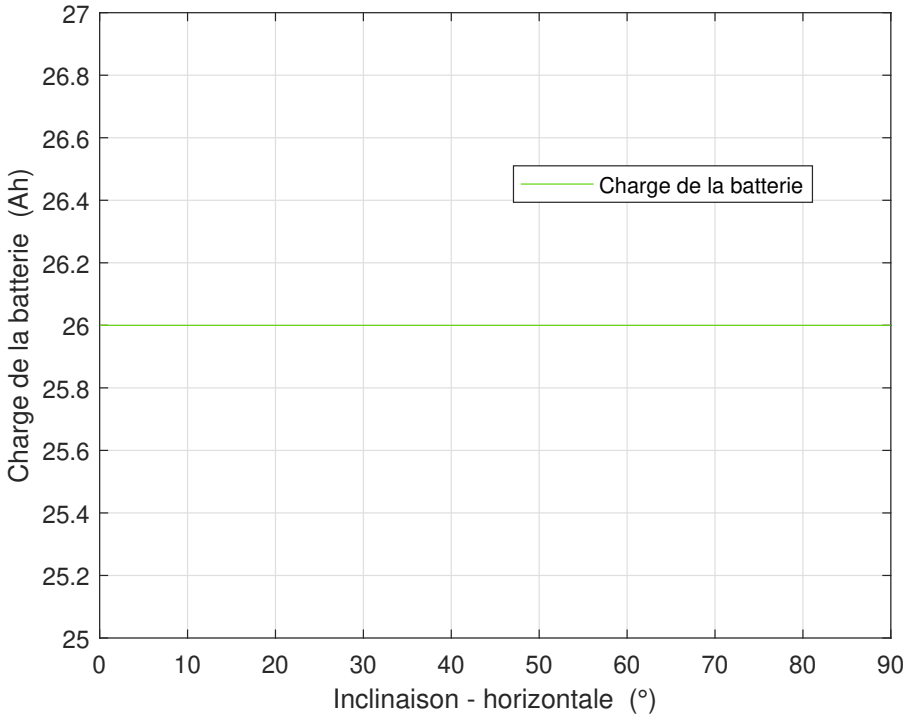


FIGURE 4.3: variation de charge batterie en fonction de l'orientation perpendiculaire

La figure 4.10 montre la variation de courent en fonction de temps, on remarque que la courbe on début est stable dans la valeur 0.4 (A) et recommence a diminué lentement et après une coupure électricité dans la valeur 0.2 (A) ,on remarque une chute libre de la charge de batterie et puis une stabilité dans la valeur 0.01 (A).

La figure 4.11montre la variation de tension en fonction de temps, on remarque que la courbe on début est stable dans la valeur 1.5 (W) et recommence a diminué lentement et après une coupure électricité dans la valeur 1 (W) on remarque une chute libre de la charge de batterie et puis une stabilité dans la valeur 0 (W).

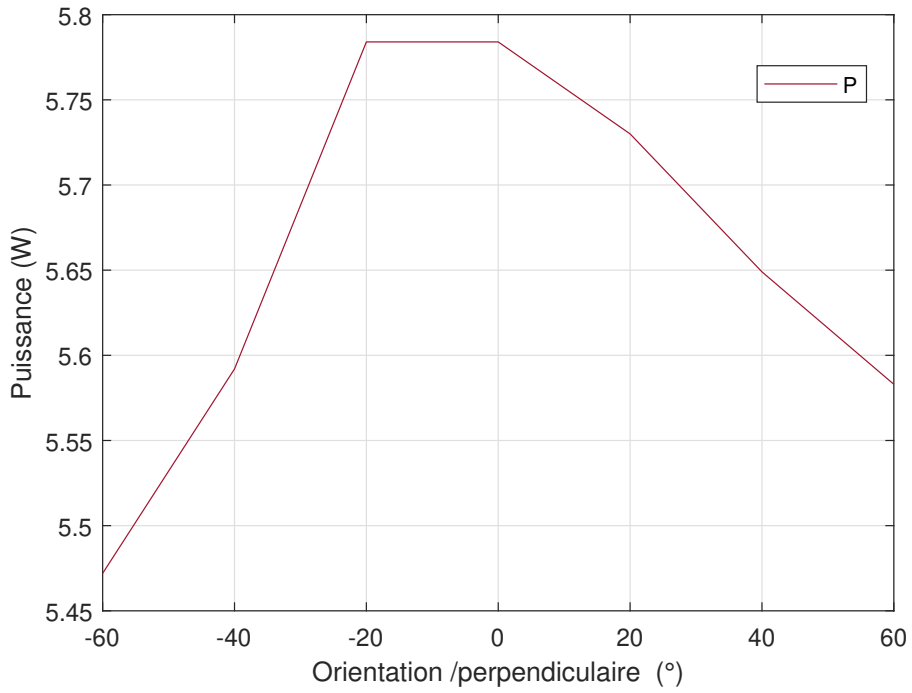


FIGURE 4.4: variation de la puissance de la batterie en fonction du l'orientation perpendiculaire

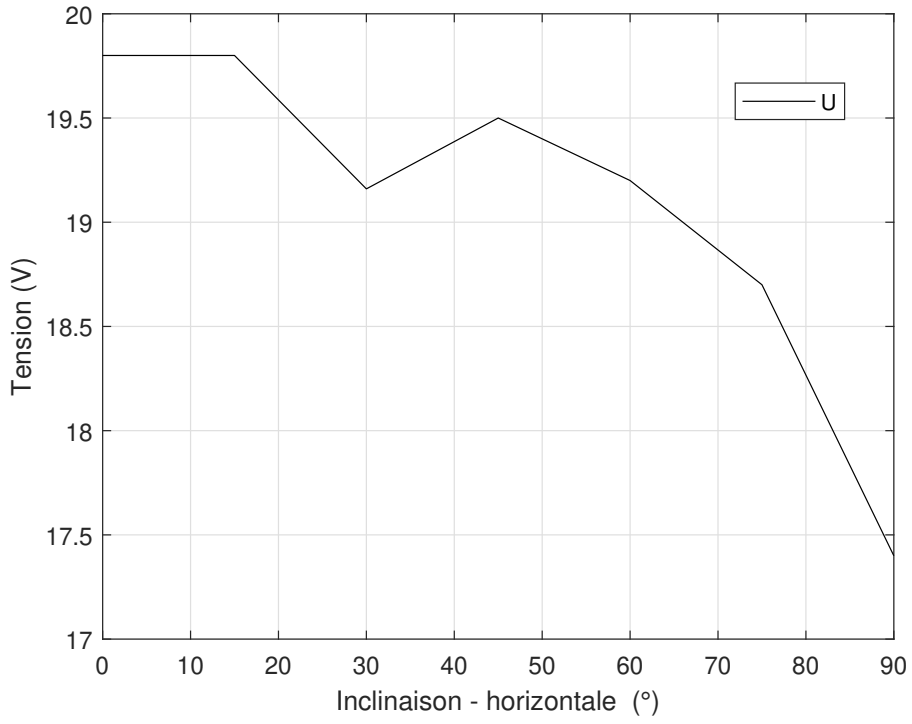


FIGURE 4.5: Courbe de la tension par apport (l'inclinaison horizontale)

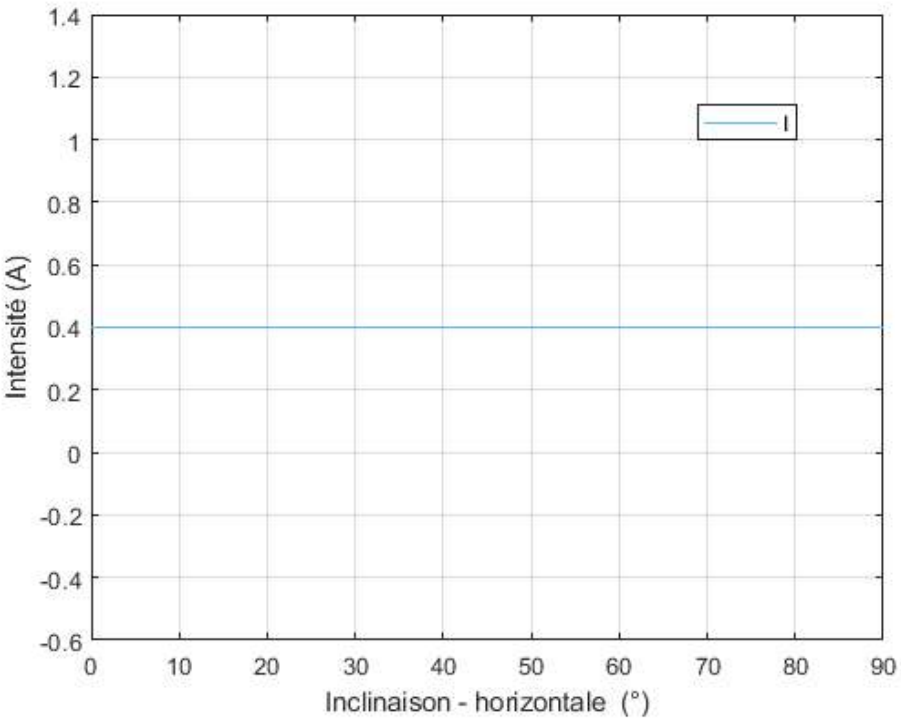


FIGURE 4.6: Courbe de l'intensité par apport (l'inclinaison horizontale)

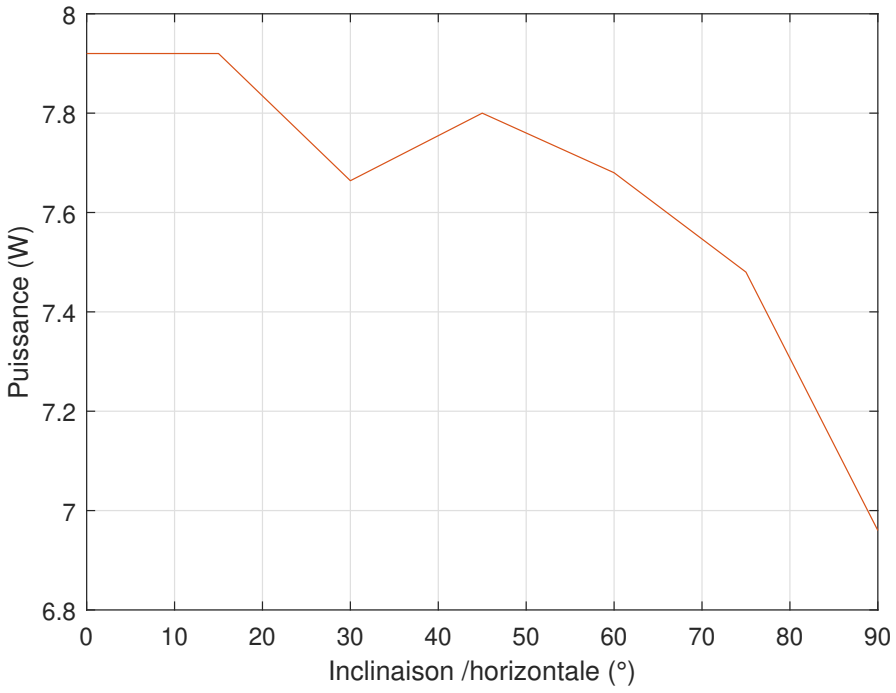


FIGURE 4.7: variation de la puissance en fonction de de l'inclinaison horizontal

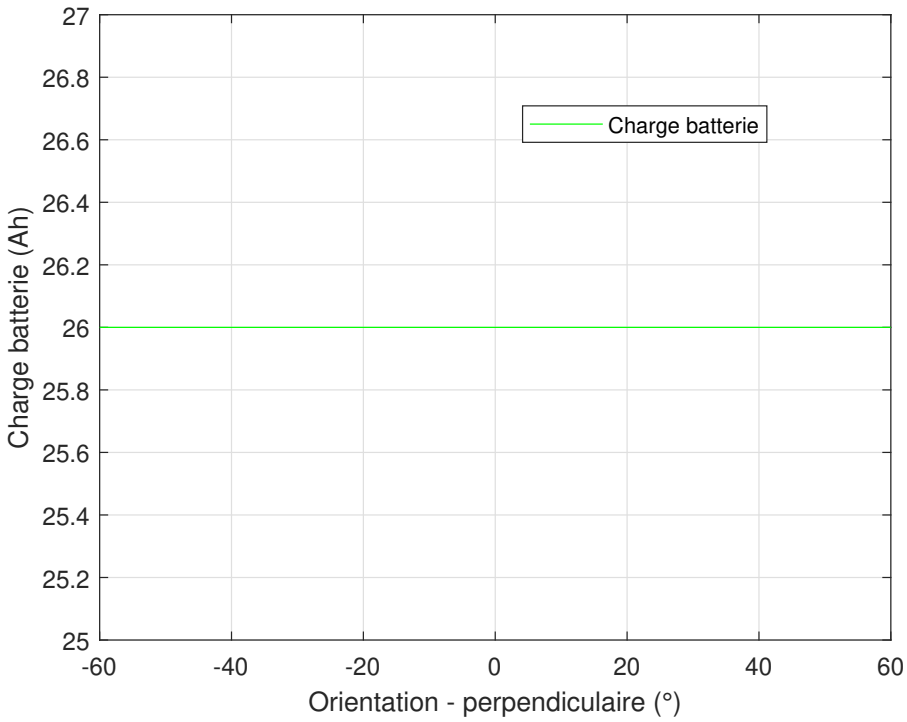


FIGURE 4.8: Variation de charge de la batterie en fonction de l'inclinaison horizontale

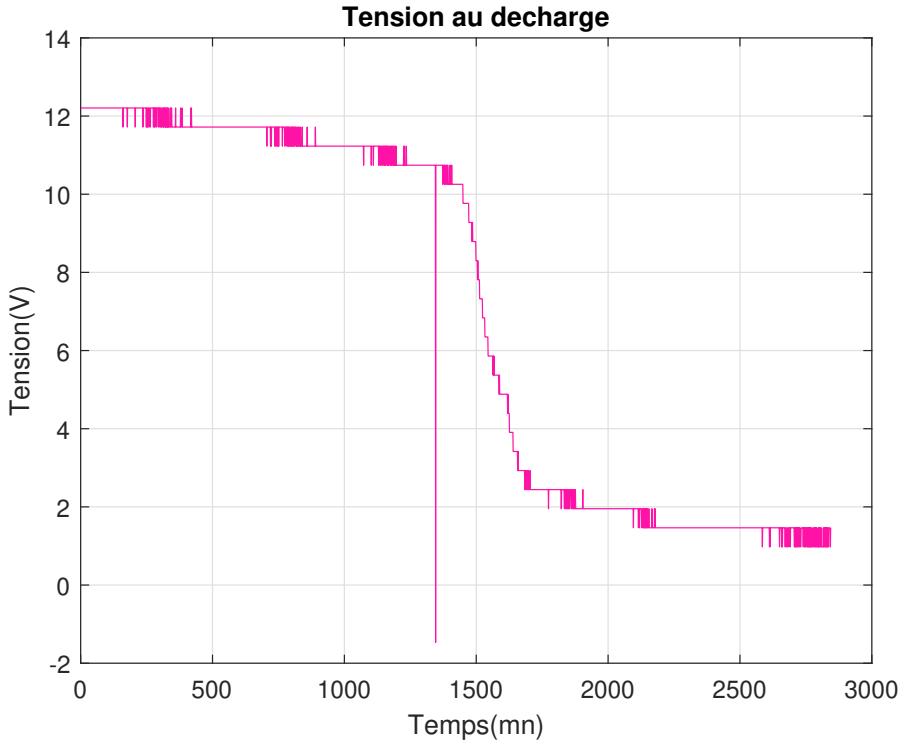


FIGURE 4.9: variation de tension en fonction de temps

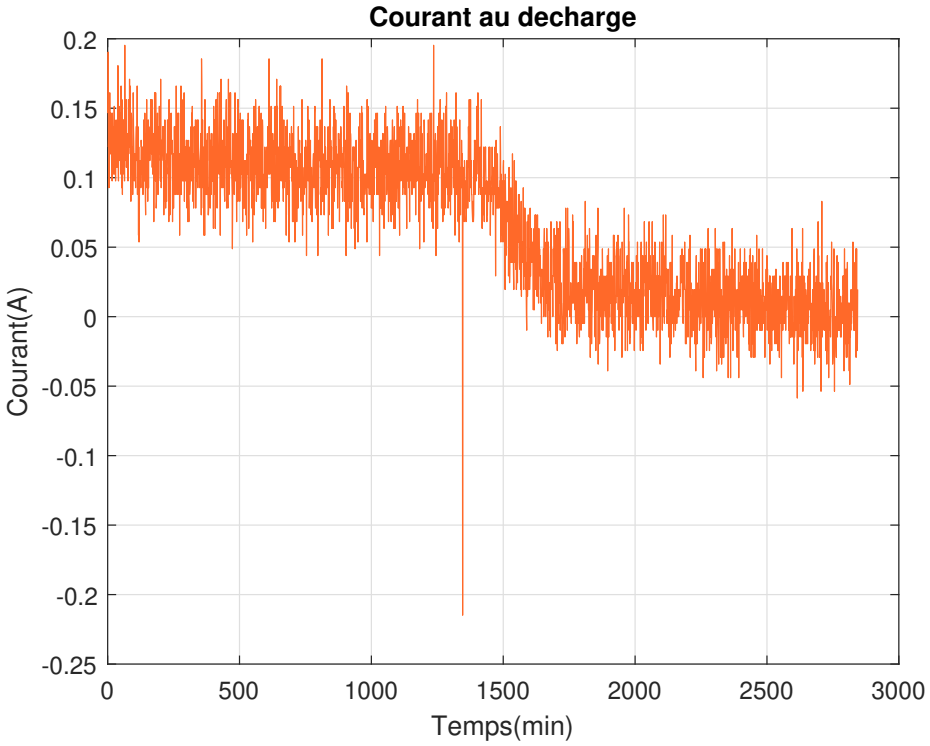


FIGURE 4.10: Variation courant en fonction de temps

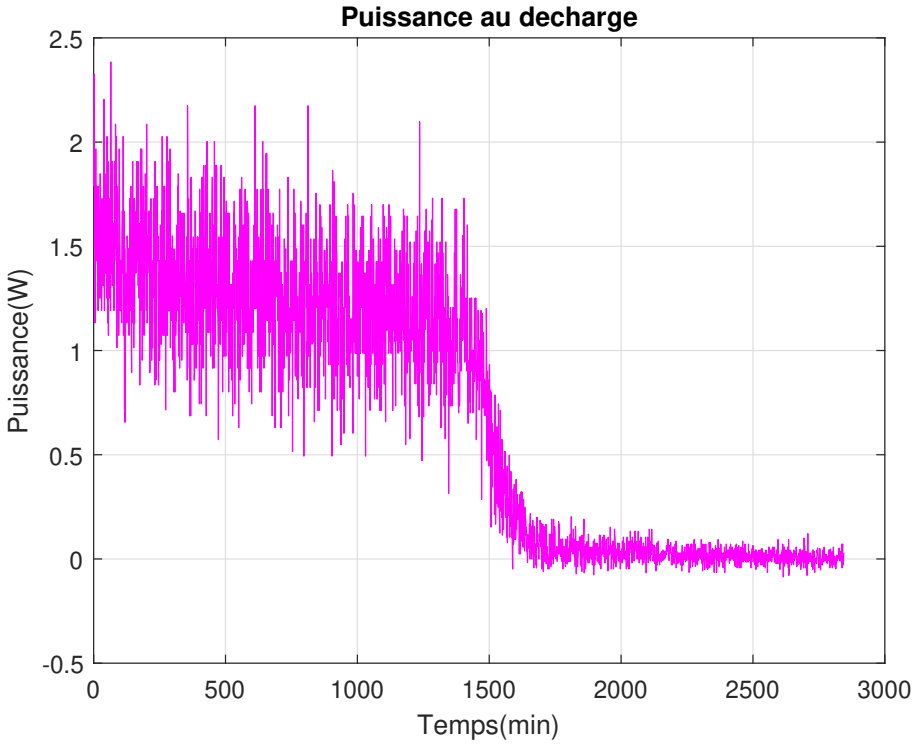


FIGURE 4.11: Variation de puissance en fonction de temps

Conclusion Générale

Le travail traité dans ce mémoire de master porte sur l'étude d'un système de stockage de l'énergie solaire photovoltaïque accompagné par une batterie solaire à plomb lié à un système de captation solaire photovoltaïque. Un dispositif de stockage constituant d'un panneau solaire photovoltaïque, une batterie et un onduleur a été utilisé pour déterminer la performance du chargeur solaire via une étude paramétrique et pour l'étude de décharge on a proposé un circuit électrique constitué d'une batterie solaire en plomb liée à un volte-mètre et une pince ampérométrique connecté par une résistance pour décharger la batterie solaire avec un système d'acquisition DSPACE. Les résultats obtenus dans le circuit de charge de la batterie solaire (chargeur solaire) illustrent l'impact d'étude paramétrique (l'orientation vertical, horizontale et l'inclinaison) sur la puissance de la batterie. Pour la décharge, nous constatons que la batterie solaire porte une autonomie importante pour libérer l'énergie électrique emmagasinée.

Bibliographie

[1] Y. Chiba, Notes de Cours Fluide de travail, matériaux, stockage, université de Médéa

[2] M. Drif , A. Malek Et F. Krim, « Expérimentation D'un Contrôleur De l'Etat De Charge De La Batterie Dans Un Système Photovoltaïque Autonome »., Revue Des. Energies. Renouvelable. : Valorisation (1999) 147-152

[3] Bendjellouli Zakaria, « Contribution A La Modélisation D'une Cellule Solaire »., Université De Bechar, Mémoire De Magister Soutenue Le 28/06/2009.

[4] https://dl.ummto.dz/bitstream/handle/ummto/607/Helali%20Kamelia.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[5] Stéphane VIGHETTI, « Systèmes Photovoltaïques Raccordés Au Réseau : Choix Et Dimensionnement Des Etages De Conversion »., Université De Grenoble, Thèse De Doctorat Soutenue Le 24/09/2010.

[6] Professeur : J-J. PIREAUX, « Travail Sur Les Panneaux Photovoltaïques ».Université Notre-Dame De La Paix, Article : Année2006-2007.

[7] BELLALA Djamel, « Contribution A l'Optimisation Des Systèmes De Conversion d'Energie. Application Aux Systèmes Photovoltaïques ». Université De Batna, Thèse De Doctorat.

[8] Abbassen Lyes, « Etude De La Connexion Au Réseau Electrique D'une Centrale Photovoltaïque ». Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, Mémoire De Magister Soutenue Le 05/05/2011.

[9] MOHAMED ARROUF, « Optimisation De L'ensemble Onduleur, Moteur Et Pompe Branche Sur Un Générateur Photovoltaïque ». , Université Mentouri De

Constantine, Thèse De Doctorat Soutenue Le 25/12/2007.

[10] Borni Abdelhalim, «Etude Et Régulation D'un Circuit D'extraction De La Puissance Maximale D'un Panneau Solaire», Université Mentouri De Constantine, mémoire de magister Soutenu le: 05/05/ 2009

[11] Alain Ricaud, « Modules Et Systèmes Photovoltaïques ».Université De Savoie. Article : Septembre 2008.

[12] Maouedj Rachid, « Application De L'énergie Photovoltaïque Au Pompage Hydraulique Sur Les Sites De Tlemcen Et De Bouzareah ». Université Abou Bekr Belkaïd, Mémoire

De Magister Soutenue Décembre 2005.

[13] Belhadj Mohammed, « Modélisation D'un Système De Captage Photovoltaïque Autonome ». Centre Universitaire De Bechar, Mémoire De Magister.

[14] Taraft Saci, « Etude Du Stockage Inertiel D'énergie Dans Une Chaîne De Conversion Eolienne A Vitesse Variable Basée Sur Une Machine Asynchrone A Double Alimentation ». Université A/MIRA De Bejaïa, Mémoire De Magister Soutenu Le 14/05/2008.

[15] Gabriel-Octavian CIMUCA, « Système Inertiel De Stockage D'énergies Associe A Des Générateurs Eoliens ».Ecole Nationale Supérieure d'Arts Et Métiers Centre De Lille, Thèse De Doctorat Soutenue En 2005.

[16] Fabrice Delfosse, « Détermination De L'état De Charge Des Batteries D'un Véhicule Electrique ». Université De Liège, Mémoire D'ingénieur Année Académique 1997-1998.

[17] B. Multon, H. Ben Ahmed, « Le Stockage Stationnaire D'énergie Electrique : Pourquoi Et Comment ? », Revue IEEE., n°48, mars 2007, pp. 18-29.

[18] B. MULTON, J. RUER., « Stocker L'électricité : Oui, C'est Indispensable Et C'est Possible. Pourquoi, Ou, Comment ? », Publication ECRIN En Contribution Au Débat National Sur L'énergie, Avril 2003.

[19] Loïc BOULON, « Modélisation Multiphasique Des Eléments De Stockage Et De Conversion D'énergies Pour Les Véhicules Electriques Hybrides. Approche Systémique Pour La Gestion D'énergie »Université De Franche-Comté, Thèse De Doctorat Soutenue Le 3/7/2009.

[20] Guillaume Fontès, « Modélisation Et Caractérisation De La Pile PEM Pour L'´Etude Des Interactions Avec Les Convertisseurs Statiques ». Institut National Polytechnique De Toulouse, Thèse De Doctorat Soutenue Le 16/08/ 2005.

[21] J.Hladik,« Livre : Accumulateurs Electrique ». 1ere Edition :1er Trimestre, Presses Universités De France 1977.

[22] Guillaume Dillenseger, « Caractérisation De Nouveaux Modes De Maintien En Charge Pour Batteries Stationnaires De Secours». Université De Montpellier II thèse De Doctorat Soutenue Le 14/12/2009.

[23] https://en.wikipedia.org/wiki/File:DigitalDAQv2.pdf

[24]dSPACE and Real-Time, Interface in Simulink, Azad Ghaffari, San Diego State

University Department of ECE San Diego CA 92182-1309,12/20/2012

[25]Ismaïl EL HASNAOUI, Intégration d'une carte d'acquisition et de commande dans un

véhicule autonome, polytechnique, Lille 2013ra-Bejaia.

[26] Abdelkrim, TERFAI. "Contribution à l'étude de faisabilité de l'utilisation desnano fluides dans les dispositifs de l'énergie solaire." In:L'Université YahiaFarès de Médéa, Thèse De Doctorat,2020