

*République Algérienne Démocratique et Populaire*

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*



*Ecole Nationale Polytechnique*

Département d'automatique



*En vue de l'obtention du diplôme*

*De master en Automatique*

*Thème :*

**Dimensionnement d'une chaîne photovoltaïque pour  
alimenter un système de dessalement d'eau de mer  
par osmose inverse.**

*Proposé et dirigé par :*

*Pr. M.TADJINE.*

*Etudié par :*

*BOUGUERROUCHE Moussa*

*Laboratoire de Commande des Processus  
Ecole Nationale Polytechnique, 10, AV. Hassen Badi, El-Harrach, Algérie*

# REMERCIEMENT

Nous remercions d'abord **ALLAH** qui nous a guidé, et nous a donné le courage, la volonté et la patience pour tenir à terme ce travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre promoteur, monsieur le professeur **M.TADJINE**, pour sa disponibilité et sa contribution avec ses précieuses orientations et ses pertinents conseils et remarques, qu'il trouve ici notre profonde reconnaissance pour son temps qu'il nous a consacré. Nos chaleureux remerciements vont aussi à monsieur **M.CHAKIR** pour son assistance, ses éclaircissements et son aide inestimable ainsi que ses encouragements durant toute la période du travail.

Nous tenons à remercier très chaleureusement :

- Monsieur **ABDELOUAL** pour avoir fait l'honneur de présider notre jury de soutenance.
- Monsieur **R.ILOUL** pour l'honneur qu'il nous a fait d'avoir accepté d'en être examinateur et d'avoir consacré de son temps précieux à la lecture de ce mémoire.

Nos vifs remerciements sont adressées aussi à tous les enseignants du génie électrique et du département de l'automatique en particulier pour leurs engagements, leur générosités et leurs sérieux au travail afin qu'ils nous transmettent de leur précieux savoir tout au long de notre cursus à l'Ecole Nationale Polytechnique.

C'est avec une attention particulière que nous remercions chaleureusement nos deux familles pour leurs aides permanentes, et soutiens aussi bien financier qu'affectif. On leurs témoigne notre profondes reconnaissance et gratitude

Nous remercions profondément tous nos amis qui nous ont été d'un grand soutiens et appui dans les moments plus difficiles.

Que les nombreuses personnes qui par une participation quelconque ou avec une simple suggestion, nous ont aidés, qu'ils trouvent nos sincères reconnaissances.

## ملخص:

يهدف هذا العمل إلى تلبية حاجة صناعية الا وهي توليد نظام لتحلية مياه البحر "التناضح العكسي" بالطاقة الشمسية. قمنا أولاً بالتعريف بنظامنا، طريقة عمله و كذلك كل العناصر المكونة لهذا النظام. و في المرحلة الثانية قمنا بتحديد المقاييس اللازمة لهذا النظام من اجل تغطية الطاقة التي تتطلبها المضخة ذات الضغط العالي المستعملة في نظام التحلية.

**الكلمات المفتاحية:** الألواح الشمسية, الطاقة الشمسية, التناضح العكسي.

## Résumé :

L'objectif de ce manuscrits est de contribuer à un besoin industriel qui se présente dans l'alimentation d'un système de dessalement d'eau de mer osmose inverse , par une énergie solaire. Nous avons présentés d'abord notre système d'alimentation qui se présente dans une chaine photovoltaïque, son principe de fonctionnement ainsi que tous les éléments qui le constitue. Et dans un second temps nous avons procédés au dimensionnement de tout le système afin de satisfaire le besoin en énergie de la pompe haute pression utilisé dans l'application de dessalement.

**Mot clés :** Panneaux photovoltaïque, énergie solaire, osmose inverse, dimensionnement.

## Abstract :

The aim of this work is to contribute on an industrial need, witch the supply of a sea water desalination system with solar energy. We have first, presented our supply system presented in photovoltaic panels, his operation principle and all elements that contains. Then we have dimensioned the system; number of panels, energy need, and number of batteries in order to satisfy the energy need of the high pressure pump used in the desalination application.

**Key words:** photovoltaic panels, solar energy, reverse osmosis, dimensioning.

# Table des matières

<b>Introduction générale</b> .....	1
1.Système de dessalement par Osmose inverse alimenté par un système.....	2
2.Potentiels de l'énergie solaire en Algérie .....	3
3.Type d'installations photovoltaïque .....	3
4. Avantages et inconvénients de l'énergie solaire photovoltaïque .....	4
5. Principe de l'effet photovoltaïque .....	4
5.1. La cellule photovoltaïque .....	4
5.2. Type de cellules photovoltaïques .....	6
6. Modélisation électrique d'un module photovoltaïque.....	6
7. Problématique de production de puissance maximale .....	9
7.1. Connexion directe GPV-charge comme mode de transfert de puissance.....	9
7.2. Influence de l'ensoleillement et de la température sur la caractéristique du GPV... ..	10
7.3. La connexion GPV-charge via un étage d'adaptation continu-continu : .....	11
7.4. L'étage d'adaptation : .....	11
7.5. Les batteries.....	14
8. Dimensionnement du système photovoltaïque.....	16
8.1. Détermination des besoins de l'utilisateur en énergie.....	16
8.2. Chiffrage de l'énergie solaire récupérable et Définition des modules photovoltaïque .....	16
8.3. Définition de la capacité de la batterie et choix de la technologie .....	20
8.4. Dimensionnement des composants Electroniques de l'hacheur utilisé.....	22
<b>Conclusion générale</b> .....	23

# Notation s et abréviations

GPV :	Générateur Photovoltaïque.
$I_{sc}$ :	courant de court-circuit.
$I_{pv}$ :	courant Photovoltaïque.
$V_{pv}$ :	tension photovoltaïque.
$V_{oc}$ :	tension de court-circuit.
$I_{MPP}$ :	courant du point de fonctionnement optimal.
$V_{MPP}$ :	tension du point de fonctionnement optimal.
t :	temps
$N_e$ :	nombre d'heure équivalent.
$E_{sol}$ :	Energie solaire journalière par unité de surface.
$S_m$ :	Ensoleillement moyen par jour de chaque mois.
$P_c$ :	puissance crête.
$C_u$ :	capacité utile.
$C_t$ :	capacité totale
$Q_{prod}$ :	Energie produite dans la journée
$C_p$ :	Coefficient de pertes en courant
$I_{opt}$ :	Courant à la puissance maximale STC du module.
$C_t$ :	capacité totale de la batterie.
$N_{ja}$ :	nombre de jours d'autonomie sans apport solaire.
$Q_{cons}$ :	consommation journalière de l'application.
$P_D$ :	Profondeur de décharge.
RO :	reverse osmosis (osmose inverse)

# Introduction générale

Approvisionner la population mondiale avec de l'eau douce est devenu un grand défi. Les ménages, l'irrigation et les utilisations industrielles ont diminués la surface valable de l'eau douce dans certaines régions [3]. Pour surmonter ce problème le dessalement de l'eau de mer, qui est en abondance, s'avère comme une solution efficace pour combler ce manque en eau douce. Parmi les techniques les plus répandues on retrouve celle de l'osmose inverse (RO) qui fait partie de la famille des techniques membranaires. Cependant cette technique constitue un système à énergie intensive, elle requiert 4 kWh pour dessaler un mètre cube de l'eau de mer [3].

La consommation énergétique mondiale est en très forte croissance dans toutes les régions du monde. Il semble que tendanciellement, les consommations d'énergie vont continuer à augmenter, sous l'effet de la croissance économique d'une part, et de l'augmentation de la consommation d'électricité par habitant d'autre part. On parle périodiquement de diverses solutions techniques permettant de "continuer à vivre comme maintenant" sans que cela n'aggrave nos émissions de gaz à effet de serre, en attendant tranquillement que l'efficacité énergétique permette de diminuer les émissions. Le Soleil envoie chaque année à la surface de la Terre à peu près 10 000 fois plus d'énergie que la planète en consomme. Il est donc légitime d'essayer d'en tirer profit. L'énergie photovoltaïque, basée sur la conversion du rayonnement électromagnétique solaire en électricité, représente l'une des ressources énergétiques renouvelables et intarissable.

Plusieurs régions qui souffrent du manque d'eau comme le moyen orient, l'Afrique du nord, la méditerranée, et le sud-ouest des états unis, reçoivent un grand niveau de l'irradiation solaire annuelle, ce qui fait que l'alimentation d'un système dessalement par une énergie photovoltaïque (PV/RO) est une solution compétitive à l'alimentation par le système diesel [3].

Dans ce manuscrit nous allons aborder la description des différents constituants d'une chaîne photovoltaïque alimentant la pompe haute pression utilisé dans le système osmose inverse (RO), et par la suite nous procédons au dimensionnement de ce système photovoltaïque (nombre de module photovoltaïque nécessaire, nombre de batteries nécessaire, et les composants du hacheur) , afin de subvenir au besoin énergétique de l'application.

## Introduction :

Le paramètre technique le plus critique de l'application de dessalement est la méthode de son alimentation, cette décision est prise selon la méthode de dessalement utilisé, et les caractéristiques de la région concernée. Actuellement la méthode de l'osmose inverse domine globalement, elle requiert seulement de l'électricité, a une demande basse d'énergie spécifique, et elle peut coopérer avec les technologies des énergies renouvelable comme les turbine et les panneaux photovoltaïques [1]. Dans ce travail nous allons nous intéresser au dimensionnement d'une chaîne photovoltaïque ainsi que son unité de stockage qui consiste dans des batteries, afin de subvenir au besoin à notre application de dessalement par osmose inverse.

## 1.Système de dessalement par Osmose inverse alimenté par un système Photovoltaïque :

Le système de dessalement par osmose inverse est l'une des technique les plus répandu dans le domaine de l'industrie de dessalement de l'eau de mer vu son coût réduit et la qualité de l'eau douce produite.

Le lecteur est orienté à [4] pour comprendre le fonctionnement du système RO et sa structure générale de commande.

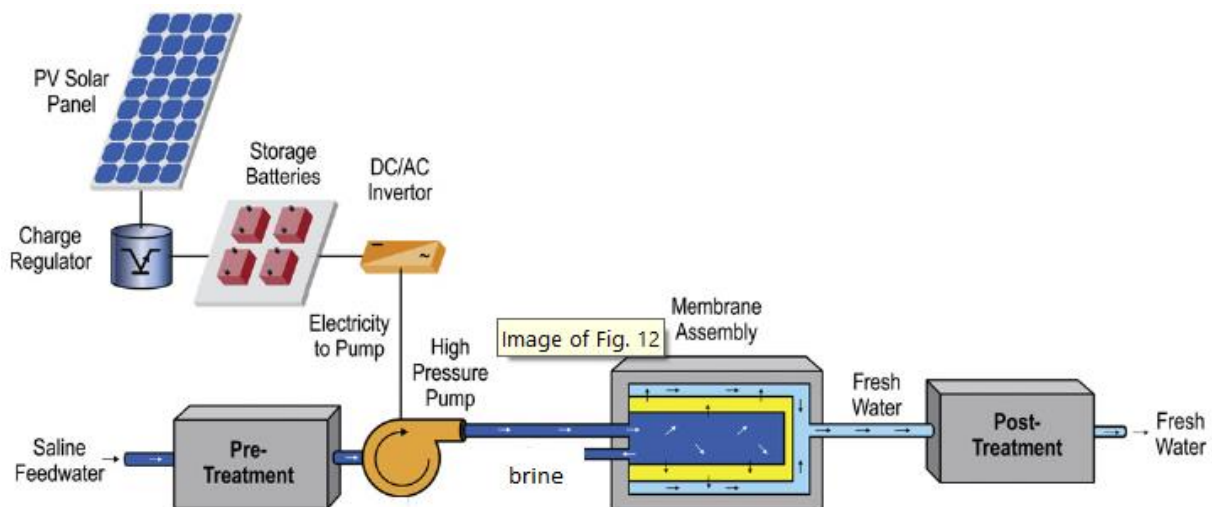


Fig1.Schéma générale de l'osmose inverse alimenté par un système PV [2].

Le schéma ci-dessous montre un diagramme du système dessalement osmose inverse alimenté par des panneaux photovoltaïques, dans ce qui suit nous allons détaillé la chaîne d'alimentation PV ainsi que son dimensionnement pour subvenir à l'alimentation de la pompe haute pression.

## 2. Potentiels de l'énergie solaire en Algérie :

De par sa situation géographique, l'Algérie dispose de l'un des gisements solaire les plus élevés au monde. La durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et peut atteindre les 3900 heures (hauts plateaux et Sahara). L'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de  $1\text{m}^2$  est de l'ordre de 5 KWh sur la majeure partie du territoire national, soit près de  $1700\text{KWh}/\text{m}^2$  par année au Nord et  $2263\text{ kwh}/\text{m}^2$  par année au Sud du pays. Le tableau Tableau.1 montre la répartition du potentiel solaire en Algérie [5] :

Régions	Régions côtières	Hauts plateaux	Sahara
<b>Superficie (%)</b>	4	10	86
<b>Durée moyenne d'insolation (heures/an)</b>	2650	3000	3500
<b>Energie moyenne reçus (<math>\text{kWh}/\text{m}^2/\text{an}</math>)</b>	1700	1900	2650

Tableau 1. Potentiel solaire en Algérie.

## 3. Type d'installations photovoltaïque :

Généralement on distingue deux types d'installations photovoltaïques :

- Installations autonomes : Ces installations sont isolées du réseau de distribution comme le montre la figure fig.2.a, elles sont dimensionnées de sorte à assurer la demande de charge.
- Installations raccordées au réseau : dans ces installations, le générateur est rattaché au réseau de distribution électrique pour injecter de l'énergie au réseau publique tel que c'est montré dans la figure fig.2.b.

Dans notre travail on s'intéressera à l'alimentation de l'installation osmose inverse par un système photovoltaïque autonome.

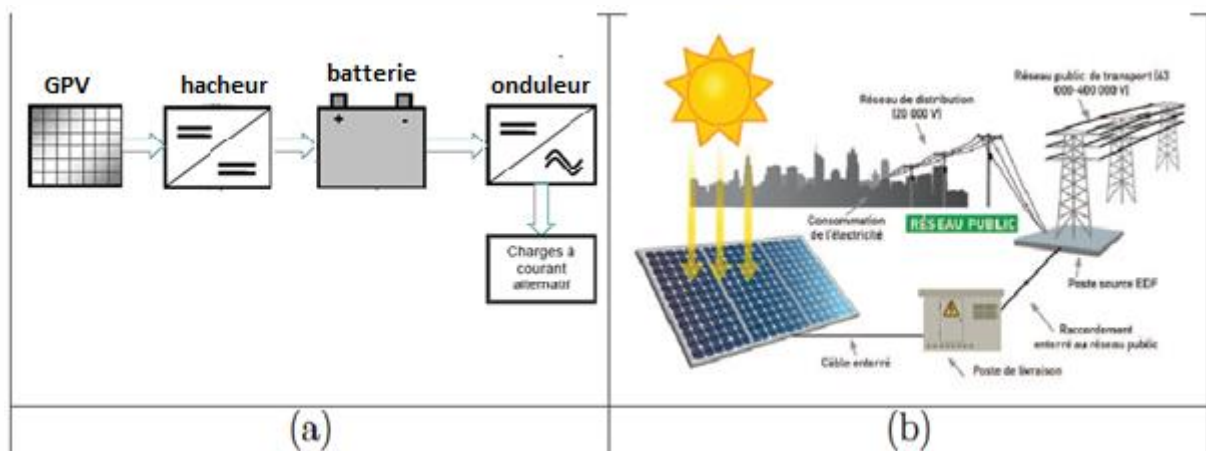


fig.2 Type d'installations Photovoltaïques.



#### **4. Avantages et inconvénients de l'énergie solaire photovoltaïque :**

Certes, la technologie photovoltaïque présente de nombreux avantages et veille à un développement durable de la planète, mais elle présente aussi quelques inconvénients. On citera [6] :

##### **a. Les avantages :**

- Le soleil est une source d'énergie propre et renouvelable, qui ne produit ni de gaz polluant ni de déchets toxiques.
- L'énergie solaire est inépuisable, contrairement aux énergies fossiles.
- Rendre les endroits isolés autonomes.
- Les panneaux solaires demandent très peu d'entretien.
- Les panneaux solaires restent silencieux et non dérangeants.
- Les panneaux solaires sont recyclables.
- Les panneaux solaires sont simples et rapides à installer et ne présentent aucun danger au niveau de l'installation ou de l'exploitation.

##### **b. Les Inconvénients :**

- Les panneaux solaires sont actuellement trop onéreux.
- Certaines cellules solaires nécessitent des produits polluants (ex : des solvants).
- Basse fiabilité des éléments auxiliaires (les batteries de stockage).
- Le rendement de conversion d'un module est faible, et diminue avec le temps (20% de moins au bout de 20 ans).
- L'énergie solaire n'est pas compétitive lorsqu'il s'agit de production importante d'énergie (nécessite grandes superficies).
- L'énergie solaire est variable sous les climats tempérés, surtout en fonction des saisons.

#### **5. Principe de l'effet photovoltaïque :**

L'effet photovoltaïque est la conversion de l'énergie lumineuse provenant du Soleil en énergie électrique par l'intermédiaire des cellules photovoltaïques. Ceci se fait en trois étapes [7] :

- Absorption des photons de la lumière solaire.
- Conversion de l'énergie reçue par les photons en énergie électrique (particules électriques libres).
- Collecter les particules dans un circuit électrique externe.

##### **5.1. La cellule photovoltaïque :**

Les cellules solaires ont une structure similaire qui ne dépend pas du semi-conducteur utilisé ; malgré qu'elles sont, généralement, fabriquées en silicium cristallin. Ainsi, elles sont constituées de deux couches d'un semi-conducteur d'épaisseurs différentes, l'une dopée

positivement « p » (la couche inférieure) et l'autre négativement « n » (la couche supérieure) avec ce qu'on appelle l'apport ciblé d'atomes étrangers (en général, le bore et le phosphore) créant ainsi une jonction P-N et, par la suite, une barrière de potentiel au niveau de la jonction. Donc, lorsque la cellule est éclairée le champ électrique généré dans cette zone permet de séparer les électrons des trous, et de les véhiculer dans des sens différents, ce qui va créer une différence de potentiel entre les deux couches. Cette dernière est mesurable entre les connexions des bornes positives et négatives de la cellule, sachant que les deux couches sont en contact avec deux électrodes. C'est ainsi qu'on peut récolter la puissance convertie à travers une charge continue. De plus, les cellules sont recouvertes d'une couche antireflet lumineux afin d'emprisonner le maximum de photons en étant exposées au rayonnement solaire dans le but d'augmenter leurs rendement. Cette dernière est aussi protégée par une couche de verre contre les conditions extérieures défavorables [8], comme illustré sur la figure figIV.3.

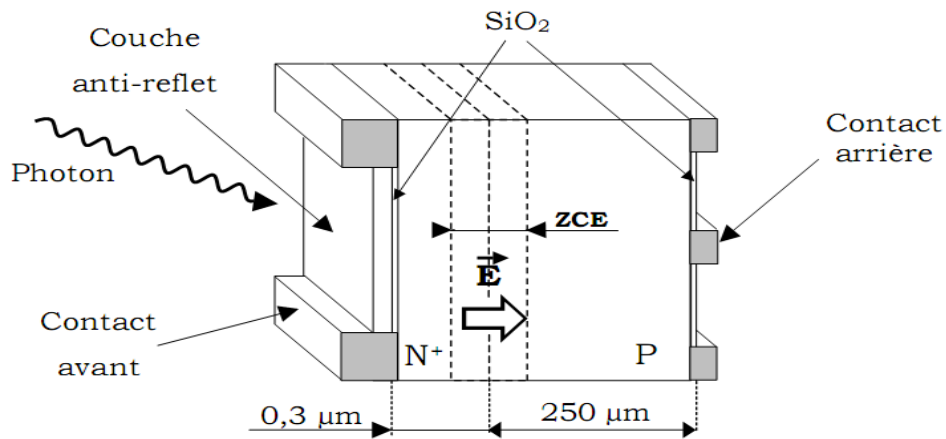


fig.3. Cellule photovoltaïque typique [7].

La cellule photovoltaïque élémentaire constitue un générateur de très faible puissance vis-à-vis des besoins de la plupart des applications domestiques ou industrielles. Une cellule élémentaire de quelques dizaines de centimètres carrés délivre, au maximum, quelques watts sous une tension inférieure au volt (tension de jonction PN) [9]. Donc, pour produire plus de puissance, plusieurs cellules doivent être assemblées créant ainsi un module ou un panneau photovoltaïque. Tel que, la connexion en série des cellules permet d'augmenter la tension de l'ensemble, tandis que la mise en parallèle permet d'accroître le courant. Le câblage série/parallèle est donc utilisé pour obtenir globalement un générateur photovoltaïque aux caractéristiques souhaitées [8] comme le montre la figure fig.4.

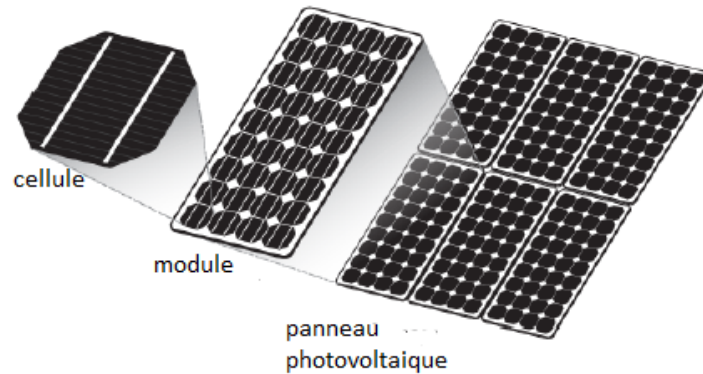


fig.4. composants d'un générateur photovoltaïque.

## 5.2.Type de cellules photovoltaïques :

Selon leur matériau de base, les cellules peuvent être divisées en 3 groupes [8] :

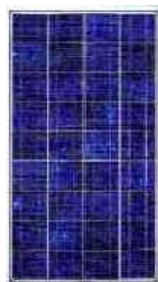
**Cellules au silicium monocristallin** : elles sont les plus répandues, elles ont la meilleure efficacité qui varie généralement de 13 à 18 %. Leur durée de vie est habituellement de plus de 25 à 30 ans.

**Cellules au silicium polycristallin** : possèdent les mêmes caractéristiques physiques, cependant elles ont une efficacité légèrement inférieure, soit de 12 à 15 %.

**Cellules à couche mince** (cellules amorphes au silicium et autres matériaux tels que, CIS,CdTe,GaAs). Leur efficacité est moindre, elle varie de 6 à 10 % et leur durée de vie est généralement inférieure à 20 ans.



Cellules au silicium monocristallin



Cellules au silicium polycristallin



Cellules à couche mince

fig.5. Type de cellules photovoltaïques.

## 6. Modélisation électrique d'un module photovoltaïque :

Pour décrire le comportement du module photovoltaïque, on est amené à utiliser le modèle électrique. Le circuit électrique équivalent est donné dans [9] et représenté par la figure fig.6 suivante :

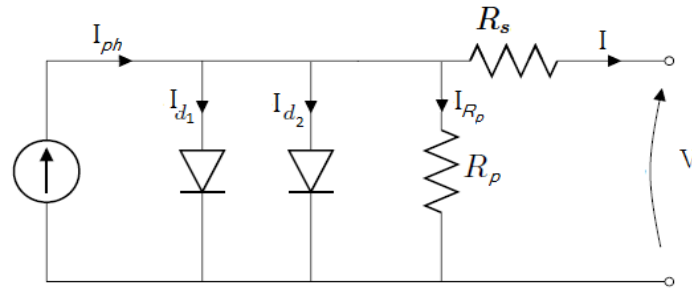


fig.6. Schéma du modèle équivalent à deux diodes d'une cellule photovoltaïque

Comme le montre la figure figIV.6 une photopile comporte en réalité une résistance série  $R_s$  et une résistance en dérivation ou shunt  $R_p$ . Ces résistances auront une certaine influence sur la caractéristique I-V de la photopile.

La résistance série est la résistance interne de la cellule ; elle dépend principalement de la résistance du semi-conducteur utilisé, de la résistance de contact des grilles collectrices et de la résistivité de ces grilles.

La résistance shunt est due à un courant de fuite au niveau de la jonction ; elle dépend de la façon dont celle-ci a été réalisée.

De la figure fig.6, le modèle mathématique de la caractéristique I-V est donné par la relation suivante :

$$I = I_{ph} - I_{s1} \left( e^{\frac{q(V-R_s I)}{\mu_1 K T}} - 1 \right) - I_{s2} \left( e^{\frac{q(V-R_s I)}{\mu_2 K T}} - 1 \right) - \frac{V + R_s I}{R_p} \quad (1)$$

Où :

I et V sont le courant et la tension de sortie de la cellule photovoltaïque,

$I_{ph}$  : est le photo-courant produit,

$I_{s1}$  et  $I_{s2}$  : sont les courants de saturation des diodes,

$\mu_1$  et  $\mu_2$  : les facteurs de pureté de la diode,

$R_s$  et  $R_p$  : sont respectivement la résistance série et la résistance parallèle,

T : est la température absolue en Kelvin,

q : est la charge élémentaire constante,

k : est la constante de Boltzmann.

Le photo-courant est atteint à une insolation maximum. Souvent on a :

$$I_{ph} = S I_{ph.max} \quad (2)$$

S : pourcentage d'insolation.

Il est évident de l'équation (1), que la caractéristique courant-tension dépend fortement de l'insolation et de la température.

La dépendance de la température est encore amplifiée par les propriétés du photo-courant et les courants de saturation inverse des diodes qui sont donnés par :

$$I_{ph}(T) = I_{(ph.T=29)}(1 + (T - 29)(5.10^{-4})) \quad (3)$$

$$I_{s1} = K_1 T^3 e^{-\frac{E_g}{KT}} \quad (4)$$

$$I_{s2} = K_2 T^{\frac{5}{2}} e^{-\frac{E_g}{KT}} \quad (5)$$

Où :

$E_g$  est la bande d'énergie du semi-conducteur avec :

$$K_1 = 1.2 \text{ A/cm}^2\text{K}^3$$

$$K_2 = 2.9 \cdot 10^5 \text{ A/cm}^2\text{K}^3$$

La considération du modèle de circuit équivalent la figure fig.6 mène à l'équation (6) pour une rangée photovoltaïque de cellules (généralement considéré comme un panneau solaire), avec  $z$  cellules photovoltaïques raccordées en série.

$$I = I_{ph} - I_{s1} \left( e^{\frac{q(V-R_S I Z)}{\mu_1 K T}} - 1 \right) - I_{s2} \left( e^{\frac{q(V-R_S I Z)}{\mu_2 K T}} - 1 \right) - \frac{V + R_S I Z}{R_p} \quad (6)$$

Ainsi la caractéristique statique du courant et de la puissance en fonction de la tension de la cellule est illustrée dans la figure fig.7 :

En observant la caractéristique, on voit qu'il y a trois points essentiels à retenir :

- Le premier point correspond au point de fonctionnement à tension nulle, où la cellule fournit un courant maximum, nommé courant de court-circuit  $I_{sc}$ .
- Le deuxième point correspond au point de fonctionnement à vide, où la cellule présente une tension maximale, nommée tension de circuit ouvert  $V_{oc}$ .
- Le troisième point correspond au point de fonctionnement où la puissance est égale à la puissance maximale que peut fournir la cellule, caractérisé par les coordonnées  $(V_{MPP}, I_{MPP}, P_{MPP})$ .

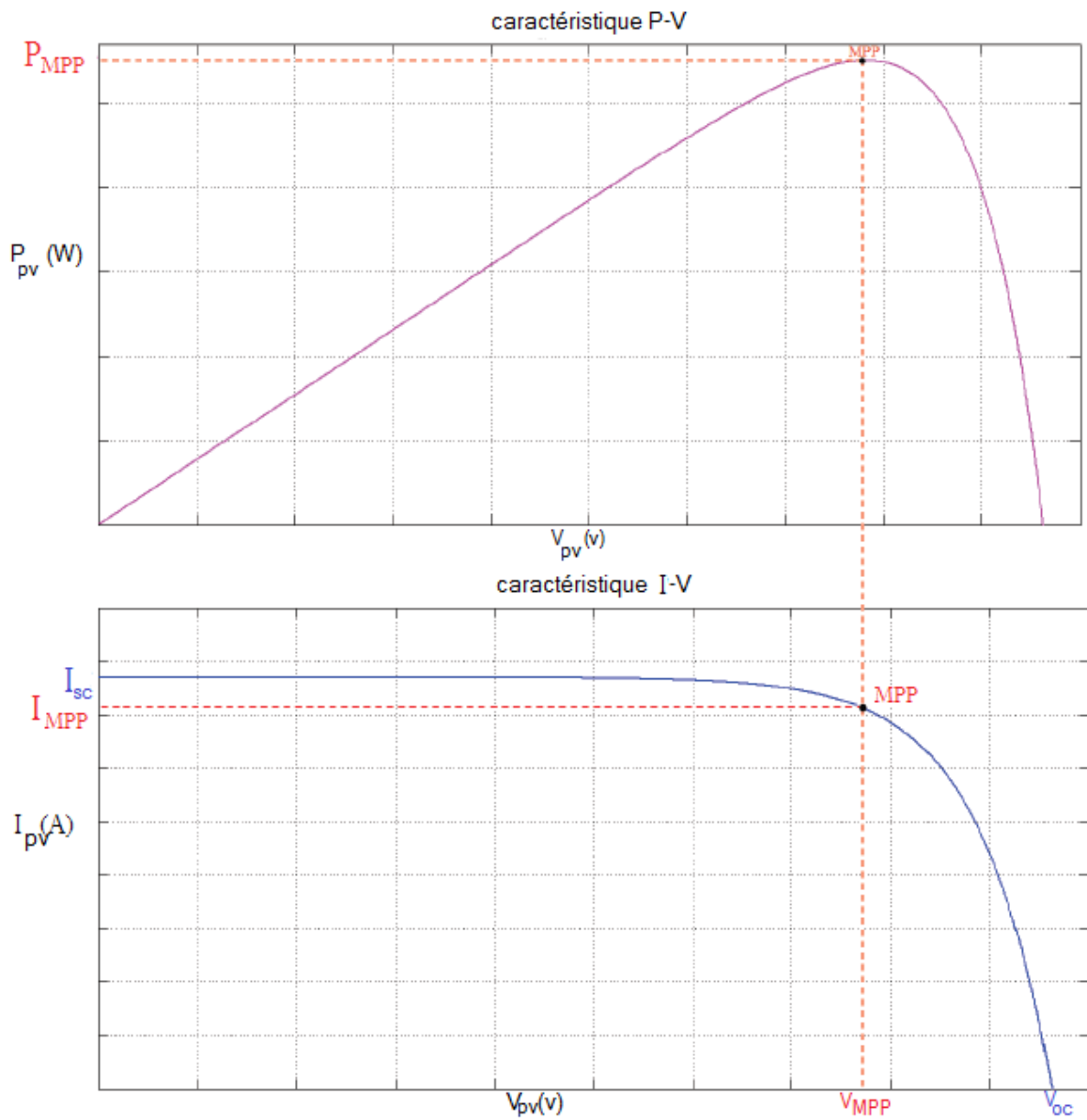


fig.7. Caractéristique statique d'une cellule photovoltaïque.

## 7. Problématique de production de puissance maximale :

### 7.1. Connexion directe GPV-charge comme mode de transfert de puissance :

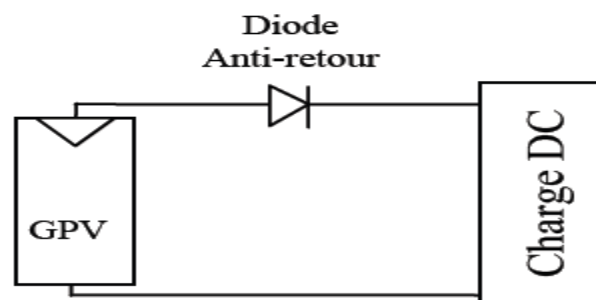


fig.8. Connexion directe GPV-Charge via une diode anti-retour.

La connexion directe du panneau solaire photovoltaïque à une charge reste actuellement le principe de fonctionnement le moins cher et le plus répandu [10], Figure fig.8. Bien sûr, il faut s'assurer auparavant que la charge accepte bien la connexion directe au générateur de puissance continue qu'est le panneau solaire. En effet, le GPV est une source d'énergie continue qui ne peut être connectée à une charge alternative que via un étage d'adaptation de type onduleur.

L'inconvénient majeur de cette connexion est sa dépendance directe entre la puissance fournie par le générateur et la charge. En fait, la puissance fournie par le module photovoltaïque résulte de l'intersection entre la caractéristique  $I(V)$  du GPV et celle de la charge. Comme la caractéristique de la Figure fig.9 le montre, la puissance transmise directement à une batterie ou une charge résistive de type lampe ou bien même un moteur (MCC), n'est pas toujours effectuée à la puissance maximale  $P_{MAX}$  (PPM = point de puissance maximale) que peut fournir le panneau solaire. La solution la plus utilisée actuellement est de créer généralement un GPV par association de cellules pour obtenir une puissance nominale donnée proche de celle nécessaire pour l'utilisation. Cette solution est valable pour les charges DC de type batterie recueillant le courant PV sous des tensions proches de  $V_{opt}$ . Une autre application directe est le pompage d'eau « au fil du soleil ». Dans ce cas, on garantit statistiquement la coïncidence du point de puissance maximale PPM du générateur avec les besoins optimaux de la charge. Toutefois, les pertes de ce genre d'association peuvent aller de 5% à 30% selon les gisements solaires et l'état des charges [10].

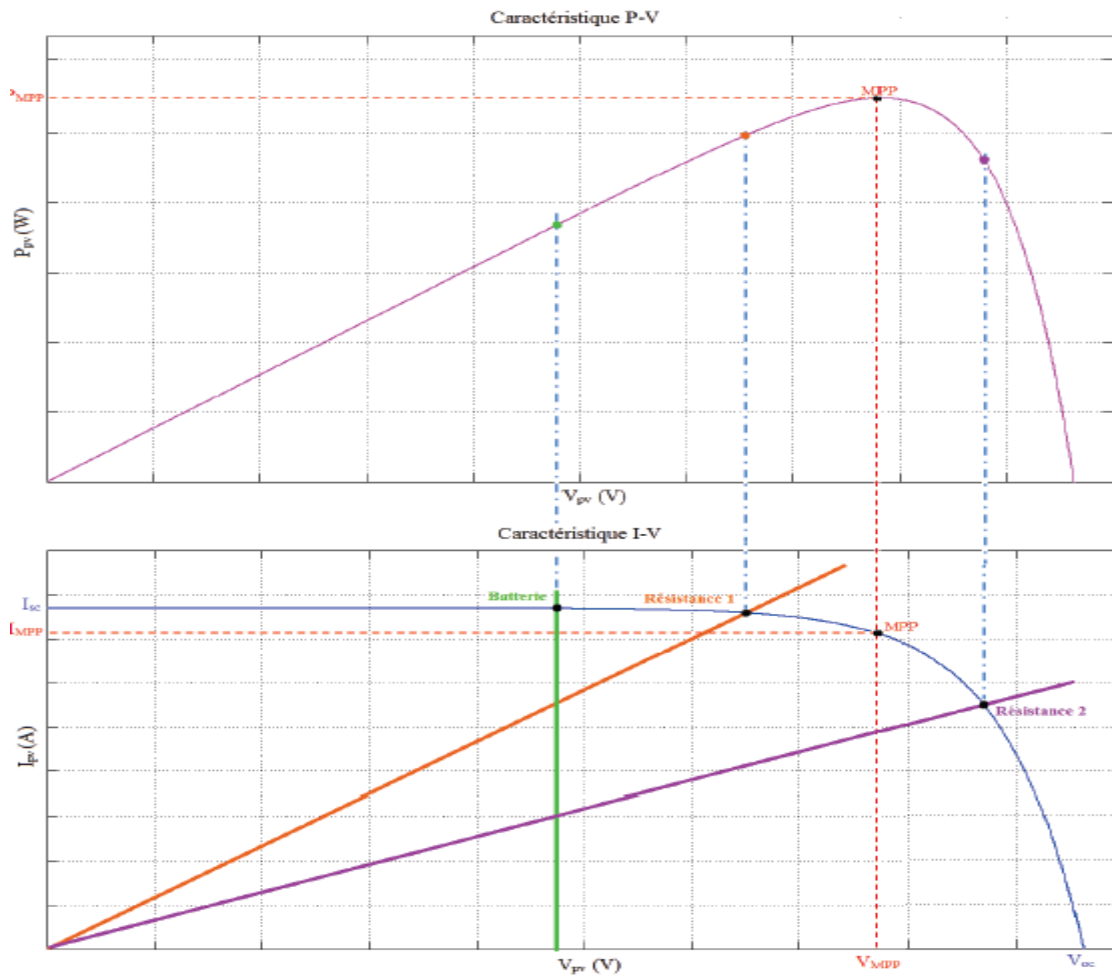


Fig.9. Caractéristiques électriques d'un générateur photovoltaïque en connexion directe GPV-Charge.

## 7.2. Influence de l'ensoleillement et de la température sur la caractéristique du GPV :

Les caractéristiques électriques d'un GPV dépendent fortement et peuvent changer rapidement en fonction de l'irradiation solaire, de la température et à plus long terme du vieillissement des cellules. Les deux figure fig.10 donnent un extrait de caractéristiques électriques fournies par un constructeur et illustrant bien ces phénomènes en fonction de l'éclairement et de la température en environnement contrôlé. En réalité, la connexion directe est surtout utilisée en raison de sa simplicité de mise en œuvre, son coût minimal et sa fiabilité. En termes de rendement, même si la puissance du GPV est choisie judicieusement par rapport à la charge, ce type de connexion souffre souvent d'une mauvaise adaptation électrique et présente des pertes importantes de production d'énergie.



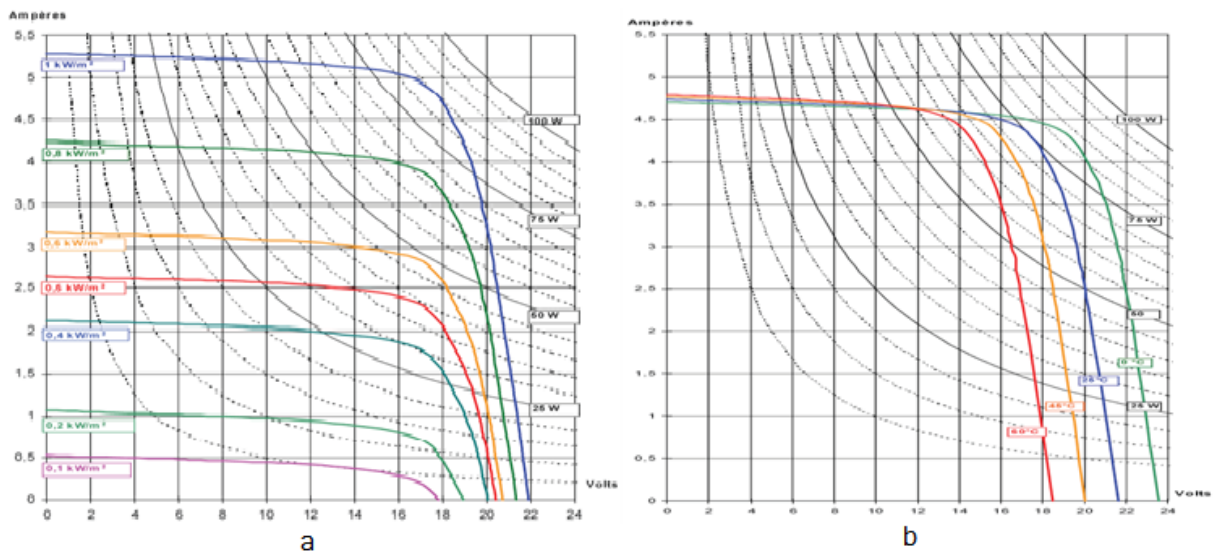


fig.10. Influence de l'insolation (a) et de la température (b) sur la caractéristique du GPV.

### 7.3. La connexion GPV-charge via un étage d'adaptation continu-continu :

Les panneaux solaires de première génération sont généralement dimensionnés pour que leurs PPM correspondent à la tension nominale de batterie de 12 ou 24 Volts. Grâce à cette configuration, une simple connexion directe via une diode anti-retour suffit à effectuer le transfert d'énergie du GPV à la charge. Cependant, les caractéristiques non-linéaires du module photovoltaïque et sa sensibilité aux conditions extérieures, comme l'éclairement et la température, induisent des pertes énergétiques. L'utilisation d'un étage d'adaptation afin d'optimiser la production d'énergie à tout moment est ainsi de plus en plus préconisée [10].

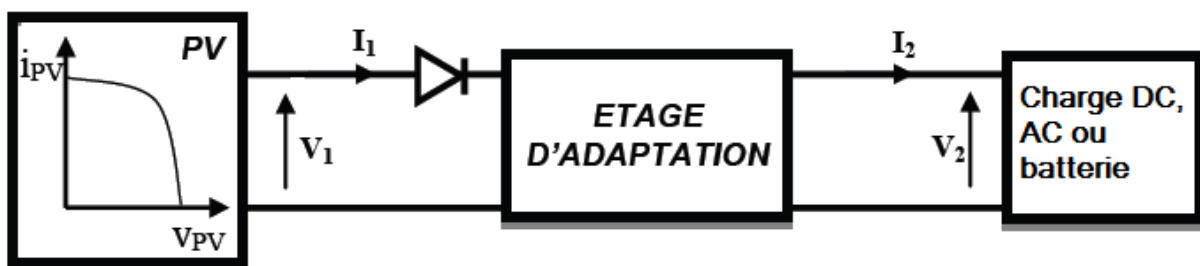


fig.11. Connexion d'un GPV à une charge à travers un étage d'adaptation.

Ce dernier, par le biais d'une commande spécifique est alors susceptible de permettre au générateur de délivrer sa puissance maximale  $P_{max}$  en faisant glisser n'importe quel point de fonctionnement au point de fonctionnement nominal MPP pour une courbe  $I(V)$  donnée ; tout en assurant que la tension ou bien le courant de la charge correspond bien aux caractéristiques de cette dernière.

### 7.4. L'étage d'adaptation :

La solution fréquemment adoptée, de sorte à amener le générateur PV à fonctionner dans son régime optimal, est l'introduction d'un convertisseur statique DC-DC pour jouer le rôle d'adaptateur de puissance entre la source et la charge. Ce qui permet, par la suite, d'assurer l'optimisation du transfert de puissance. Nous utilisons dans notre étude un hacheur boost dont le schéma est donné comme suit.

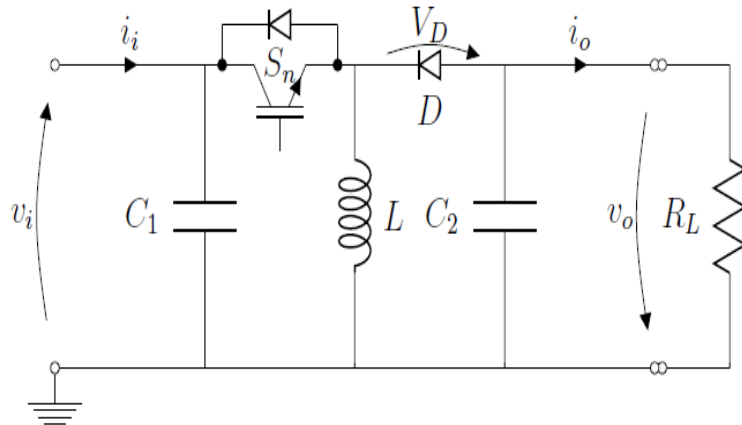


fig.13. schéma électrique d'un hacheur back/boost lié à une charge DC.

Suivant l'état de l'interrupteur S, le fonctionnement d'un hacheur Buck-Boost peut être subdivisé en deux configurations.

**Configuration 1 :**

**S= 1,  $t \in [0, \alpha T_d]$  :**

L'interrupteur S est fermé, la diode D est bloquée ( $V_D < 0$ ), ceci conduit à une augmentation de l'énergie stockée dans l'inductance L.

Avec :

$\alpha$  : Le rapport cyclique ;

$T_d$  : La période de commutation qui est égale à  $\frac{1}{f_d}$  ( $f_d$  : La fréquence de hachage).

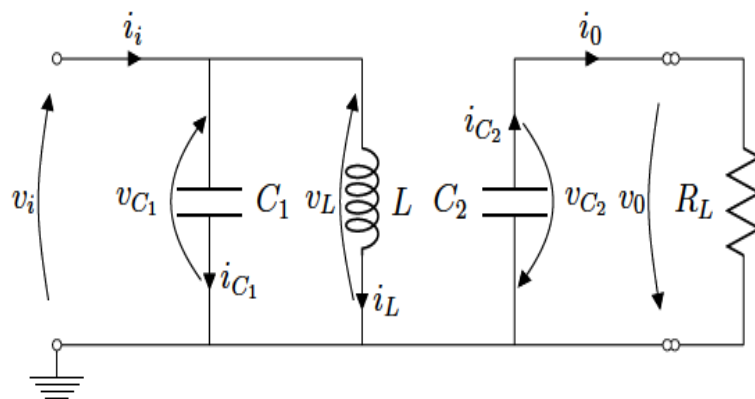


fig.14. Schéma électrique d'un hacheur back/boost lorsque S=1.

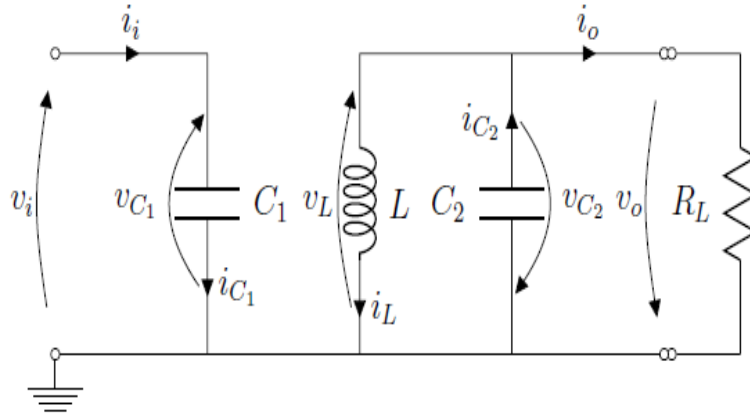
En appliquant la loi des nœuds et des mailles à ce circuit, on obtient les équations suivantes :

$$\begin{cases} i_{C_1}(t) = C_1 \frac{dv_i(t)}{dt} = i_i(t) - i_L(t) \\ i_{C_2}(t) = C_2 \frac{dv_o(t)}{dt} = i_o(t) \\ v_L = L \frac{di_L(t)}{dt} = v_i(t) \end{cases} \quad (7)$$

**Configuration2 :**

$S=0$ ,  $t_2 \in [\alpha T_d, T_d]$  :

L'interrupteur S est ouvert, la diode D est passante ( $V_D > 0$ ), ceci assure le transfert de l'énergie accumulée dans l'inductance L vers la capacité  $C_2$  et la charge  $R_L$ .



figIV.14. Schéma électrique d'un hacheur back/boost lorsque  $S=0$ .

$$\begin{cases} i_{C_1}(t) = C_1 \frac{dv_i(t)}{dt} = i_i(t) \\ i_{C_2}(t) = C_2 \frac{dv_o(t)}{dt} = i_L(t) + i_o(t) \\ v_L = L \frac{di_L(t)}{dt} = -v_o(t) \end{cases} \quad (8)$$

L'équation (7) et (8) représentent le comportement du hacheur dans la configuration 1 et la configuration 2 respectivement. Ainsi en assemblant les deux, on obtient son comportement sur une période complète, les équations décrivant sa dynamique est donc donnée comme suit :

$$\begin{cases} C_1 \frac{dv_i(t)}{dt} = i_i - \alpha i_L \\ C_2 \frac{dv_o(t)}{dt} = i_o(t) + (1 - \alpha) i_L(t) \\ L \frac{di_L(t)}{dt} = \alpha v_i - (1 - \alpha) v_o(t) \end{cases} \quad (9)$$

**Ondulations du courant et des tensions :**

Les équations de l'ondulation du courant et de la tension sont données par les équations suivantes [11] :

$$\begin{cases} I_{LCC} = 2\Delta I_L = \frac{V_i - R_L I_L}{L} DT_s \\ V_{iCC} = 2\Delta V_{C1} = -\frac{I_i - I_L}{C_1} DT_s \\ V_{oCC} = 2\Delta V_{C2} = \frac{I_o}{C_2} DT_s \end{cases} \quad (10)$$

Les valeurs des composants à choisir pour des ondulations données sont :

$$\begin{cases} L = \frac{V_i - R_L I_L}{2\Delta I_L} DT_s \\ C_1 = -\frac{I_i - I_L}{2\Delta V_i} \\ C_2 = \frac{I_o}{2\Delta V_o} DT_s \end{cases} \quad (11)$$

### 7.5. Les batteries :

Le système tampon utilisé le plus couramment pour les systèmes photovoltaïques est la batterie d'accumulateurs électrochimiques. Les deux types de batteries utilisés le plus couramment dans les systèmes photovoltaïques sont les batteries avec accumulateurs au plomb-acide (Pb acide) et les batteries avec accumulateurs au nickel-cadmium (Ni-Cd). La batterie au plomb-acide est la plus connue, étant utilisée depuis plus longtemps pour fournir le courant de démarrage des voitures.

Dans ce qui suit, on prendra le modèle électrique d'une batterie plomb-acide proposé dans [11] représenté dans la figure fig.15.

$C_{bp}$  est la capacité électrochimique de la batterie, elle est donnée par l'expression générale de l'énergie :

$$E_c = \frac{1}{2} C V_C^2 \quad (12)$$

Avec C étant la capacité et  $V_C$  la tension du condensateur.

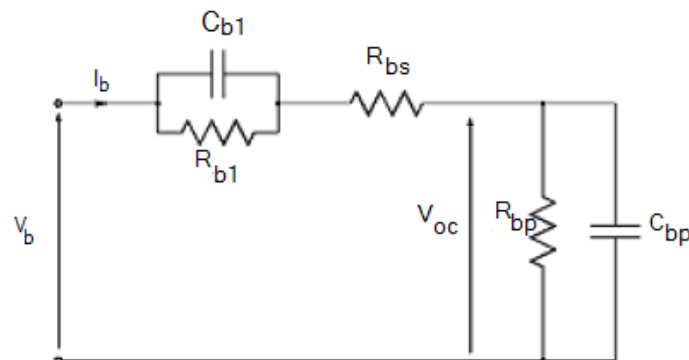


Fig.15. Modèle équivalent de la batterie.

À la différence d'un condensateur, la tension d'une batterie ne sera pas égale à zéro à son plus bas état de charge.

La capacité entièrement chargée de la batterie est représentée par un niveau maximum de charge.

Ceci est indiqué par l'équation suivante :

$$E_b = E_{C_{max}} - E_{C_{min}} = \frac{1}{2} C_{bp} V_{max}^2 - \frac{1}{2} C_{bp} V_{min}^2 = \frac{1}{2} C_{bp} (V_{max}^2 - V_{min}^2) \quad (13)$$

L'énergie  $E_b$  est donnée par le constructeur de la batterie directement en kilowatt par heure (kWh).

Les tensions  $V_{max}$  et  $V_{min}$  sont la tension maximale et la tension minimale de la batterie en circuit ouvert respectivement.

L'expression du condensateur représentant la capacité de la charge de la batterie est donnée comme suit :

$$C_{bp} = \frac{2E_b}{V_{max}^2 - V_{min}^2} \quad (14)$$

La résistance interne de la batterie est représentée par les deux résistances  $R_{bs}$  et  $R_{b1}$  en série.

La résistance en bloc d'électrolyte et de plaque est représentée par la résistance  $R_{bs}$  tandis que la résistance  $R_{b1}$  représente la diffusion d'électrolyte.

Ceci représente la tension du circuit ouvert de la batterie, dès qu'une charge sera reliée. On peut exprimer la tension de batterie  $V_b$  en fonction de la tension de batterie en circuit ouvert et les autres composants  $R_{bs}$  et  $R_{b1}$  et  $C_{b1}$  avec le constante de temps  $\tau = R_{b1}C_{b1}$ .

$$V_b = V_{oc} + R_{b1} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) i_b + R_{bs} i_b \quad (15)$$

La relation mathématique représentant l'impédance équivalente d'entrée d'une batterie plomb-acide dans le domaine fréquentiel est donnée par :

$$Z(s) = R_{bs} + (R_{b1} || C_{b1}) + (R_{bp} || C_{bp}) = R_{bs} + \frac{R_{b1}}{R_{b1}C_{b1}s+1} + \frac{R_{bp}}{R_{bp}C_{bp}s+1} \quad (16)$$

Donc la fonction de transfert s'écrit sous la forme suivante :

$$Z(s) = \frac{V_b}{I_b} = \frac{a_2s^2 + a_1s + a_0}{b_2s^2 + b_1s + b_0} \quad (17)$$

Avec :

$$\begin{cases} a_2 = R_{bs}R_{b1}R_{bp}C_{b1}C_{bp} \\ a_1 = R_{bs}R_{b1}C_{b1} + R_{bs}R_{bp}C_{bp} + R_{bp}R_{b1}C_{b1} \\ a_0 = R_{bs} + R_{b1} + R_{bp} \\ b_2 = R_{b1}R_{bp}C_{b1}C_{bp} \\ b_1 = R_{b1}C_{b1} + R_{b1}R_{bp} \\ b_0 = 0 \end{cases} \quad (18)$$

## 8. Dimensionnement du système photovoltaïque :

Maintenant que nous avons exposé les éléments constituant d'une chaine photovoltaïque ainsi que leurs rôles, nous devons dimensionner cette chaine afin de subvenir au besoin de la pompe alimentant notre application de dessalement. Il s'agit d'une pompe PANELLI dont les caractéristiques sont données dans l'annexe.

La conception et le dimensionnement d'un champ photovoltaïque précis est en réalité un processus relativement complexe mais aussi très important afin de pouvoir subvenir aux besoins énergétiques de consommation. Le dimensionnement qu'on effectuera suit une démarche de quatre étapes que l'on résume comme suit.

### 8.1. Détermination des besoins de l'utilisateur en énergie :

La première étape consiste donc à évaluer sérieusement nos besoins en énergie ce qui permet que l'on dispose d'un système bien adapté.

La puissance  $P$  est une donnée instantanée par contre l'énergie  $E$  c'est le produit de la puissance par le temps  $t$  :

$$E = P \cdot t$$

Cette relation permet de calculer les besoins journaliers en énergie de nos applications.

On notera  $E_{\text{cons}}$  l'énergie électrique consommée en 24h par l'application, en Wh/j. on l'appelle consommation journalière.

Pour calculer la consommation totale de nos applications, on calcule l'énergie électrique consommée en 24h par chaque appareil ou chaque fonction électrique et on les additionne :

$$E_{\text{cons}} = P_1 \cdot t_1 + P_2 \cdot t_2 + P_3 \cdot t_3 + \dots \quad (19)$$

Lorsque tous les appareils fonctionnent à la même tension, la consommation journalière peut également se chiffrer en ampère heure Ah, unité plus pratique pour les systèmes liés à une batterie.

Pour notre pompe qui fonctionnera pendant 24h/j, alors son énergie consommée est donnée par  $E_{\text{cons}} = P_m \cdot 24$ , ce qui donne

:

$E_{\text{cons}} = 180 \text{ k Wh/j.}$

## 8.2. Chiffrage de l'énergie solaire récupérable et Définition des modules photovoltaïque :

Dans cette étape nous nous intéressons au chiffrage de l'énergie récupérable selon l'emplacement géographique, ainsi que la définition des panneaux à savoir la tension de fonctionnement, technologie et la puissance totale à installer.

Un module photovoltaïque se caractérise avant tout par sa puissance crête  $P_c$  (W), qui est la puissance dans les conditions STC ( $1000 \text{ W/m}^2$  à  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Si le module est exposé dans ces conditions STC, il va produire à un instant donné une puissance électrique égale à cette puissance crête, et si cela dure  $N$  heures, il aura produit pendant ce laps de temps une énergie électrique  $E_{\text{prod}}$  égale au produit de la puissance crête par le temps écoulé :

$$E_{\text{prod}} = N \cdot P_c \quad (20)$$

**Avec :**  $E_{\text{prod}}$  : Energie électrique produite (Wh)  
 $N$  : Nombre d'heures d'exposition aux conditions STC (h)  
 $P_c$  : La puissance crête (W)

Cette loi n'est pas strictement applicable, compte tenu d'un rayonnement qui varie tout au long de la journée. On définit le nombre d'heures équivalentes correspondants à la réception d'un éclairage de  $1000 \text{ W/m}^2$  pendant un certain nombre d'heures. Ce nombre correspondra à l'énergie produite par un module photovoltaïque pendant une journée d'ensoleillement qui présente un certain profil énergétique.

Ainsi on obtient :

$$E_{\text{sol}} = 1000 \cdot N_e \quad (21)$$

$E_{\text{sol}}$  : Energie solaire journalière par unité de surface ( $\text{Wh/m}^2/\text{j}$ )  
 $N_e$  : Nombre d'heures équivalentes (h/j)  
 $1000 \text{ W/m}^2$  : Puissance dans les conditions STC

Sur le tableau Tableau.2 on assimile l'illumination solaire reçue du rayonnement  $1000 \text{ W/m}^2$  (conditions STC) par un certain nombre d'heures équivalentes  $N_e$  sur les 12 mois de l'année pour la ville d'Oran. Ces données ont été relevées de l'atlas solaire d'Algérie pour notre étude sur le calcul de la puissance crête pour le choix du nombre de modules que l'on doit avoir [12].

Mois	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
$S_m$	4058	4072	5854	5946	6108	5912	6390	6430	5998	5302	4066	3780
$N_e$	4.058	4.072	5.854	5.946	6.108	5.912	6.39	6.43	5.998	5.302	4.066	3.78

Tableau.2. Ensoleillement pour la ville d'Oran.

$S_m$  : Ensoleillement moyen par jour de chaque mois.

$N_e$  : Nombre d'heures équivalent par jour de chaque mois  $N_e$ .

On suppose ensuite que la puissance du panneau est directement proportionnelle aux rayonnements instantanés, ce qui est vrai en première approximation si le panneau a suffisamment de tension. On peut alors multiplier la puissance crête du panneau solaire par ce nombre d'heures équivalentes pour obtenir la production du module photovoltaïque pendant cette journée :

$$E_{\text{prod}} = N_e \times P_c \quad (22)$$

$E_{\text{prod}}$  : Énergie électrique produite dans la journée ( $\text{Wh/m}^2 \cdot \text{j}$ )

$N_e$  : nombre d'heures équivalents par jour ( $\text{h/j}$ )

$P_c$  : puissance crête ( $\text{W/m}^2$ )

Cependant, les calculs précédents ne sont bons que pour un cas idéal car ils ne tiennent pas compte des pertes inévitables d'un système dans les conditions réelles qui ont des pertes à plusieurs origines et affectent certains paramètres du système. Ces pertes peuvent être dues à [12] :

- Perte par salissure du panneau ou par un vitrage placé devant, qui modifient son courant de charge, la tension n'étant pas affectée.
- Pertes par chute de tension aux bornes des diodes séries.
- Pertes par chute de tension aux bornes des câbles selon leur longueur, leur section et l'ampérage transporté.
- Une autre perte affecte directement la tension du panneau, il s'agit de la baisse de la tension lorsque la température s'élève, la puissance crête étant, elle, donnée à  $25^\circ\text{C}$ .
- Perte d'énergie par la batterie parce qu'elle ne la restitue pas à 100%, on définit l'efficacité énergétique de la batterie par le rapport entre l'énergie restituée et l'énergie fournie.
- D'autre part, il peut exister un écart entre la réalité et le calcul présenté dans la relation (22) car il suppose que la puissance du panneau photovoltaïque est proportionnelle à l'éclairement et c'est en fait le courant qui l'est, il faut donc parfois considérer la perte des débuts et fin de journée quand l'éclairement est faible et la tension insuffisante pour charger la batterie.

Quant à la salissure, perte de type (a), on la nettoiera régulièrement dans la mesure du possible, sinon on prendra 5 à 15% de pertes (ci-dessous évaluation de  $C_p$ ). Prenons le cas du masquage par le sable (cas du Sahara) où la poussière doit être combattue en plaçant les panneaux largement en hauteur pour éviter les accumulations au pied des châssis sous l'effet du vent. On lutte contre l'effet de la température avec une bonne ventilation des panneaux. Il faut aussi veiller à ce que la tension fournie par le panneau soit aux alentours de la tension de charge de la batterie.

Les pertes en courant qui resteront inévitables, sont introduites dans les calculs énergétiques en ampère A ou Ah sous forme d'un coefficient  $C_p$  que nous appellerons coefficient de perte en courant.

### 8.2.1.Évaluation de $C_p$ :



Pour les salissures (perte a) on peut prendre typiquement selon [12] :

- 0.9 à 0.95 en règle générale (perte de 5 à 10%).
- 0.95 à 1 pour des panneaux nettoyés régulièrement.
- 0.8 à 0.9 pour des panneaux à l'horizontale et non nettoyés ;
- 0.92 en plus pour les panneaux placés derrière un vitrage (la perte dans ce cas est de 4% de réflexion par face de vitrage, donc 8%).

On prendra pour les batteries plomb utilisées en photovoltaïque une efficacité en Ah comprise entre 0.8 et 0.9 selon les modèles et la fiabilité demandée [12].

Pour notre cas d'étude les salissures des modules ne seront pas un problème, les utilisateurs veilleront à leur propreté, on ne prendra que 5% de pertes de ce côté, et pour le rendement de la batterie on prendra une perte de 0.8.

Ainsi le coefficient de pertes en courant est donné comme suit :

$$C_p = 0,8 \cdot 0,95 = 0,76$$

### 8.2.2. Calcul pratique de la puissance photovoltaïque :

Le module choisi pour notre étude est un module de type YINGLI SOLAR d'une puissance optimale de 80 W. Il présente les caractéristiques suivantes :

Puissance crête (W)	80	Tension optimale (v)	5,04
Tension de circuit ouvert (v)	22	Courant optimal (A)	22
Courant de court circuit (A)	5,04	Tension maximale (v)	50

Tableau.3. Caractéristiques du panneau photovoltaïque.

Notre pompe fonctionne à 380 V, donc on a besoin de  $(17.36=612)$  36 panneaux en série pour subvenir au besoin de l'alimenter en tension.

La puissance fournie à la pompe est 4kW, fonctionnant pendant 24 heures, donc l'énergie consommée par la pompe par jour est  $E_{cons}=7500.24=180$  kWh/j et l'énergie consommée en (Ampère. heure/jour) est donnée par  $Q_{cons}=300$  Ah/j.

Récepteur	Pompe
Energie consommée (Wh/j)	$E_{cons}=180000$
Energie consommée (Ah/j)	$Q_{cons}= 300$

Tableau.4. Consommation d'énergie par la pompe par jour.

La formule de l'énergie produite par jour est donnée par :

$$Q_{prod} = C_p \cdot N_e \cdot I_{opt} \tag{23}$$

Avec :  $Q_{prod}$  : Energie produite dans la journée (Ah/j)

$C_p$  : Coefficient de pertes en courant

$E_{sol}$  : Energie solaire journalière

$I_{opt}$  : Courant à la puissance maximale STC du module.

Pour être certain de disposer d'assez de puissance en toute saison, on fera ce calcul dans les conditions d'ensoleillement les plus défavorables de la période d'utilisation (en hiver pour Oran, le plus souvent dans le mois de décembre, (Tableau.2). la formule est donnée par :

$$I_{opt} = \frac{Q_{cons}}{N_e C_p} \quad (24)$$

Ainsi  $I_{opt} = \frac{300}{3,78.0,76}$ , ce qui fait :

$I_{opt} = 104,43 \text{ A.}$

Puisque notre puissance photovoltaïque nécessaire est bien établie, on compose notre champ de modules en série/ parallèle.

La puissance que doit délivrer notre champ photovoltaïque est :

$$P_c = 104,43 \cdot 17 \cdot 36 = 63911,16 \text{ W}$$

Ainsi le nombre de module est donné par :

$$\text{nombre de module} = \frac{P_c}{\text{puissance crétée du module}} \quad (25)$$

Ce qui donne dans un calcul numérique :

$$\frac{63911,16}{80} = 799 \text{ modules ;}$$

Nombres de modules = 799 modules

Donc on a besoin de 36 modules en série et de 23 modules en parallèle, ce qui donne le nombre total de modules de:

828 modules

### 8.3. Définition de la capacité de la batterie et choix de la technologie :

On appelle le nombre de jours d'autonomie sans apport solaire,  $N_{ja}$ , la durée de jours pendant laquelle la batterie peut alimenter seule l'installation à toute période de l'année (les panneaux étant considérés comme absents). C'est sur cette base que l'on calculera la batterie.

La durée d'autonomie nécessaire est liée à la probabilité de trouver une série de mauvais jours d'affilée, avec un ensoleillement très défavorable. Cela dépend directement de la météo du lieu. Pour une utilisation normale en Algérie, tempérés, on peut admettre une autonomie de 3 à 4 jours comme le montre la figure ci-dessous fig.16 pour la région d'Oran précisément, mais on peut réduire ce risque en travaillant avec 4 jours sans apport solaire pour notre systèmes.

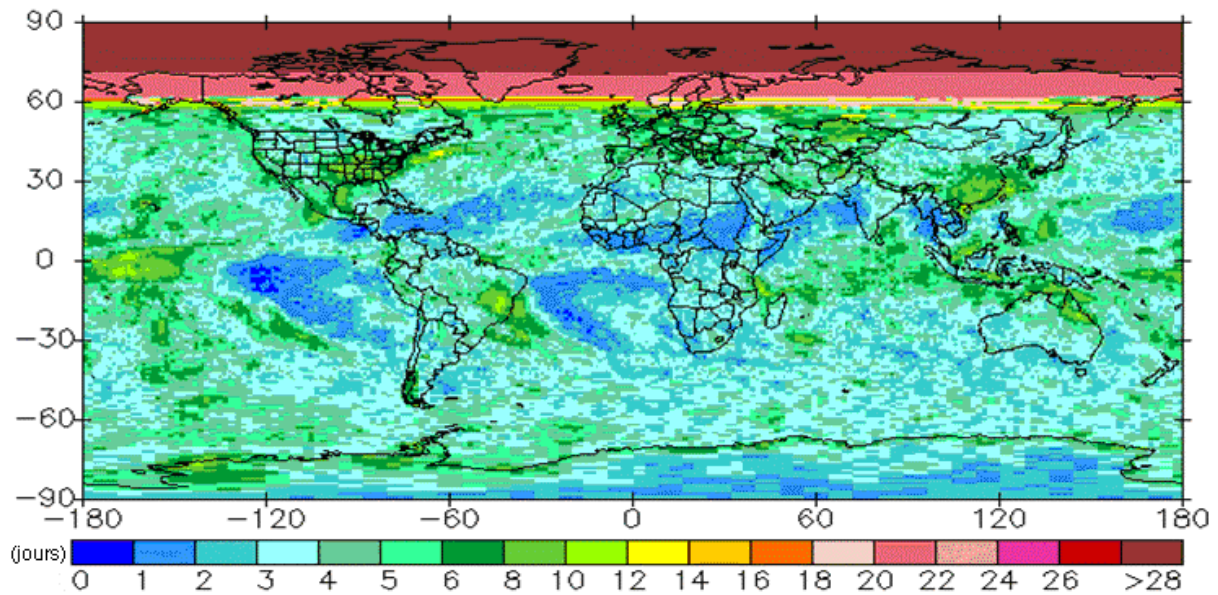


Fig.IV.16. Nombre maximal de journées sans ensoleillement en janvier

La capacité totale d'une batterie en (Ah) pour un fonctionnement de  $N_{ja}$  est donnée par la formule :

$$C_t = N_{ja} \cdot Q_{cons} \quad (26)$$

Avec :

$C_t$  : capacité totale de la batterie (Ah).

$N_{ja}$  : nombre de jours d'autonomie sans apport solaire (j).

$Q_{cons}$  : consommation journalière de l'application (Ah/j).

Cette capacité utile  $C_t$  n'est pas la capacité réellement disponible sur le terrain à tout moment. Pour calculer cette dernière en fonction de cette capacité souhaitée, on doit donc tenir compte de la profondeur de décharge autorisée.

Une batterie ne doit pas être déchargée en dessous d'un certain seuil sinon on risque de l'endommager.

$E_{CH}$ , nombre compris entre 0 et 1, exprime l'état de charge de la batterie ou en anglais (SOC), donc la profondeur de décharge  $P_D$ . La proportion de la capacité de décharge s'écrit :

$$P_D = 1 - E_{CH} \quad (27)$$

En pratique, en l'absence de problèmes de basses températures, et pour un usage normal, on applique un coefficient  $P_D = 0.7$  à  $0.8$  selon les modèles de batterie. Pour notre cas d'étude, on prendra le coefficient  $P_D = 0.8$ .

Pour calculer la capacité utile présente sur le terrain, capacité réellement utilisable, en tenant compte de la profondeur de décharge on donne la formule suivante :

$$C_u = P_D \cdot N_{ja} \cdot Q_{cons} \quad (28)$$

$C_u$  : capacité utile.

$N_{ja}$  : nombre de jours d'autonomie sans apport solaire (j).

$Q_{cons}$  : consommation journalière de l'application (Ah/j).

$P_D$  : Profondeur de décharge.

Pour notre cas la capacité utile est :

$$C_u = 0,8 \cdot 4 \cdot 300 = 960 \text{ Ah.}$$

Donc notre batterie doit avoir une capacité de 960 Ah.

On choisit une batterie Solar-one-deep-battery (1055Ah/12 v)

Ainsi pour subvenir aux besoins de notre application on doit mettre :

50 batteries en série.

#### 8.4. Dimensionnement des composants Electroniques de l'hacheur utilisé :

Pour notre système qu'on a dimensionné, les panneaux photovoltaïques délivrent une tension de 616 v, pour ne pas dépasser la tension de charge des batteries qui est de 600 V on doit dimensionner les valeurs des composants électroniques de le hacheur.

Pour cela on procède comme suit :

$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{D}{1-D} = \frac{600}{616} = 0.983 \text{ donc } D = 0.495.$$

$$T_s = \frac{1}{f} = \frac{1}{50000} = 20 \cdot 10^{-6} \text{ s}$$

Si on suppose que le hacheur back/boost restitue toute l'énergie on a :

$$P_e = P_s \text{ donc } V_e I_e = I_s V_s$$

Ce qui donne  $I_s = \frac{612 \cdot 108,33}{602}$  ;

Donc :  $I_s = 110,12 \text{ A.}$

Alors la valeur des composants électroniques du hacheur sont donnés par les équations (IV.11) :

$$L = \frac{616}{2.11,012} 0,495.20. 10^{-6} = 2,769. 10^{-4} H$$
$$C_1 = \frac{110,12-108,33}{2.61,2} = 1,46. 10^{-2} F. \quad (29)$$
$$C_1 = \frac{108,33}{2.61,2} 0,495. 20. 10^{-6} = 8,76. 10^{-6} F$$

### **Conclusion :**

Dans cette partie du travail, on a expliqué les principales caractéristiques d'une installation photovoltaïque, et ses différents constituants, afin de mieux comprendre les phénomènes régissant son fonctionnement. De plus, on a fait un dimensionnement de tout le système alimentant l'application de dessalement RO à savoir le nombre de modules nécessaire, le nombre de batteries de stockage, les composants électroniques de l'hacheur qui joue le rôle de l'étage d'adaptation dans le système PV.

# Conclusion générale

L'objectif du travail était de répondre un besoin industriel fondamental, celui d'alimenter un système de dessalement de l'eau de mer osmose inverse par une énergie solaire.

Tous les systèmes de dessalement ont un effet négatif sur l'environnement du à leurs consommations élevées de l'énergie et le dépôt du saumâtre. Pour cela l'utilisation des énergies renouvelables pour alimenter un système de dessalement va mitiger un peu de ses impacts, malgré que le coût pour la production de l'eau douce en utilisant les énergies renouvelables est plus élevés qu'on utilisant les systèmes conventionnels de dessalement, néanmoins ce coût élevé est compenser par les bénéfices réalisés dans l'environnement.

Nous avons procédé dans ce travail à présenter un système photovoltaïque et ses différentes parties dans le but de comprendre son fonctionnement. Et on a par la suite dimensionné tout ce système à savoir le nombre de modules nécessaire, le nombre de batteries de stockage, les composants électroniques de l'hacheur qui joue le rôle de l'étage d'adaptation dans le système PV, afin de satisfaire notre besoin en énergie pour alimenter la pompe à haute pression du système RO.

Et comme objectif d'avenir, nous envisagent d'alimenter le système avec un système hybride panneau photovoltaïque /éolienne, qui va être une solution prometteuse.

# Bibliographie

- [1] Ioannis D. Spyrou, John S. Anagnostopoulos “*Design study of a stand-alone desalination system powered by renewable energy sources and a pumped storage unit*” School of Mechanical Engineering/Fluids Section, National Technical University of Athens, 9 Heroon Polytechniou ave., Zografou, 15780 Athens, Greece. *Desalination* 257 (2010) 137–149. ELSEVIER.
- [2] Ali Al-Karaghoul “*Renewable and Sustainable Energy Reviews* 24 (2013) 343–356, *Energy consumption and water production cost of conventional and renewable-energy-powered desalination processes* “*Renewable and Sustainable Energy Reviews* 24 (2013) 343–356, Lawrence L. Kazmerski National Renewable Energy Laboratory Golden, CO 80401, United States.
- [3] Leah C. Kelley \*, Steven Dubowsky “*Thermal control to maximize photovoltaic powered reverse osmosis desalination systems productivity*”. *Desalination* 314 (2013) 10–19
- [4] Bouguerrouche Moussa, Hamiche Koussaila “*commande d’un système de dessalement d’eau de mer osmose inverse*” PFE, ENP, 2014
- [5] <http://www.mem-algeria.org/francais/index.php?page=potentiels>
- [6] F. MECIKAR, N. LOUKKAS. *Étude et Commande d’un Système Hybride Éolien-photovoltaïque Connecté au Réseau*. Mémoire de Fin d’Etude, ENP d’Alger, 2013.
- [7] J-J. PIREAUX. *Physique et énergie, travail sur les panneaux photovoltaïques*. Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix 2007.
- [8] C. I. ELMETENNANI. *Commande et Optimisation par l’Approche Hybride d’une Chaîne de Production Photovoltaïque à base d’un Convertisseur Multicellulaire*. Mémoire de Fin d’Etude, ENP d’Alger, 2012.
- [9] M. BOUDJEMA, N. BELHAOUAS. *Commande d’une poursuite du point de puissance maximum (MPPT) par les Réseaux de Neurones et implémentation sur FPGA et DSP*. Mémoire de Fin d’Etude, ENP d’Alger, 2007.
- [10] S. PETIBON. *Nouvelles architectures distribuées de gestion et de conversion de l’énergie pour les applications photovoltaïques*. Thèse Doctorat, Université Toulouse III-Paul Sabatier 2009.
- [11] SOBAlHI Khaled. *Étude et réalisation d’un hacheur de tracking du point de puissance maximale (MPPT) à contre réaction de tension*. Mémoire de magister. ENP d’Alger 2003.
- [12] *Dimensionnement d’un système photovoltaïque pour l’alimentation d’une ferme. Étude de l’onduleur triphasé lié à cette application*. Université des Sciences et de la Technologie d’Oran Mohamed Boudiaf.

# Annexe

## Caractéristiques de la pompe Panelli :

Puissance (kW)	7.5
Courant (A)	15
Tension (v)	380

## Caractéristique du panneau photovoltaïque :

Puissance crête (W)	80	Tension optimale (v)	5,04
Tension de circuit ouvert (v)	22	Courant optimal (A)	22
Courant de court circuit (A)	5,04	Tension maximale (v)	50