

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
Faculté des Sciences Appliquées
Département de Génie Electrique



Mémoire
MASTER ACADEMIQUE
Domaine : Sciences et technologies
Filière : Génie électrique
Spécialité : Electrotechnique Industrielle
Présenté par :
Biteur brahim - Guettaf belkhir
Thème:

Optimisation d'un système photovoltaïque en utilisant L'ANFIS

Soutenu publiquement

Le :11/06/2022

Devant le jury :

M ^r bouhfs ali	MCA	Président	UKM Ouargla
M ^r kouras sid-ali	MCB	Encadreur/rapporteur	UKM Ouargla
M ^r Louazene Mohamed lakhdar	MCA	Examineur	UKM Ouargla

Année universitaire 2021/2022

Remerciements

Mes remerciements s'adressent tout d'abord au Dieu tout puissant de m'avoir donné tous ce que je possède et de guider mes pas vers le chemin du savoir.

*Je tiens à exprimer ma haute gratitude, mes profonds respects et mes sincères remerciements et reconnaissances d'abord à Monsieur : **kouras Sid - Ali** enseignant au Département d' Génie électrique, Université : **KASDI Merbah** qui m'a guidé avec grande patience tout au long de l'élaboration de ce travail.*

*J'adresse mes chaleureux remerciements à Monsieur : **LOUAZENE Lakhdar** Maître de Conférences au Département d' Génie électrique, Université : **KASDI Merbah** pour avoir accepté d'examiner le Jury de ce mémoire.*

*Mes sincères remerciements sont adressés à Monsieur : **Bouhfs Ali** Maître de Conférences au Département d' Génie électrique, Université de : **KASDI Merbah** qui m'a fait l'honneur de s'intéresser à ce travail, pour ses aides précieuses, et pour m'avoir honoré en acceptant d'examiner ce modeste travail.*

Sommaire

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I : Généralités sur les systèmes de pompage photovoltaïque

Introduction	4
I.1. L'énergie photovoltaïques	4
I.1. Définition	4
I.1.2. L'effet photovoltaïque.....	4
I.2. La cellule photovoltaïque.....	6
I.2.1. Les Types de Cellules Photovoltaïques.....	7
I.3. Matériaux semi-conducteur.....	9
I.3.1. Structure et Description de la jonction photovoltaïque.....	9
I.3.2. La jonction pn.....	10
I.3.3. L'élément de base le silicium.....	11
I.4. Association des cellules photovoltaïques.....	12
I.5. Les modules photovoltaïques.....	13
I.5.1. Différentes modèles d'une cellule photovoltaïque.....	14
I.6. Générateur photovoltaïque (GPV).....	16
I.6.1. Les différents types des systèmes photovoltaïques.....	17
I.7. Utilisation des systèmes photovoltaïque.....	18
I.8. La commande MPPT (MAXIMUM POWER POINT TRACKING).....	18
I.8.1. Principe de la poursuite du point de puissance maximale.....	18
I.9. Avantages et inconvénients de système photovoltaïque.....	19
Conclusion.....	20

Chapitre II: Commande neurone-floue ANFIS avec technique de MPPT

Introduction.....	22
II.1. Point de puissance maximale.....	22
II.1.1. Principe de recherche du point de puissance maximale.....	23
II.1.2. Convertisseurs DC-DC.....	24
II.1.3 Principe de l'hacheur.....	24
II.2.Système d'inférence flou base sur les réseaux de neurone adaptif.....	25
II.2.1. Structure d'ANFIS.....	25
II.3. conception d'un contrôleur MPPT a base de réseau neurone-flou.....	28
II.3.1. Description et structure du contrôleur MPPT neuro -flou proposé.....	28
II.3.2. Apprentissage du contrôleur "Entraînement d'un réseau ANFIS.....	29
II.3.3. Test de la capacité de généralisation après apprentissage.....	30
II.4.Résulta de simulationdel'application « APPROOCHE » neurone-flou a la poursuite du puissance maximale.....	31
II.4.1. Simulation du fonctionnement sous des conditions standard (constantes).....	31
II.4.2. Simulation des conditions variables d'ensoleillement.....	32
II.4.3. Simulation sous des conditions variables de température (changement de la température).....	33
II.4.4. Simulation sous des conditions aléatoires d'ensoleillement et de température.....	35
II.5. Les avantages de l'ANFIS.....	35
CONCLUSION.....	36

Chapitre III : SIMULATION ET RESULTAT

Introduction.....	38
III.1. Système photovoltaïque proposé.....	38
III.2 Description du système.....	39
III.3 Structure de la commande MPPT avec Neuro-Floue.....	40
III.4La création passe par plusieurs étapes sur logiciel Matlab.....	40
III.4.1.l'interface graphique.....	40
III.4.2. L'apprentissage.....	41
III.4.3.Structure neuro-flou proposé.....	44
III.4.4.Vérification concrète du système crée.....	45
III.4.5. Visualisation des entrées des fonctions d'appartenance.....	46
III.4.6visualisation des règles.....	48
III.5. Simulation de Système globale: un panneau photovoltaïque avec MPPT et convertisseur DC-DC	51
III.5. 1. Schéma bloc.....	51
III.5.2. Test1 : utilisant la méthode « ANFIS ».....	51
III.5.3 RESULTATS DE SIMULATION.....	52
III.5.4 Comparaison entre l'anfis et (p&o).....	55
III.5.5. Test 2 : utilisant la méthode (P&O) et « ANFIS »	55
III.6. Simulation.....	56
Conclusion.....	58
Conclusion générale	60
référence bibliographique.....	63
résumé.....	65

Listes des figures

Chapitre I

Figures I.1 : principe de fonctionnement de l'effet photovoltaïque.....	6
Figure I.2: Représentation schématique d'une cellule solaire.....	7
Figures I.3 :Les différents types cellules photovoltaïques.....	8
Figure I.4 : jonction PN.....	10
Figure I.5 : structure et fonctionnement d'une cellule photovoltaïque.....	12
Figure I.6 : Diagramme circulaire de l'utilisation du silicium dans les cellules solaires..	12
Figure I-7 : Caractéristique courant tension de N_s cellule en série.....	12
Figure I-8 : Caractéristique courant tension de N_p cellule en parallèle.....	13
Figure. I.9: Module photovoltaïque.....	14
Figure. I.10 : Schéma équivalent d'une cellule solaire, modèle d'une diode.....	15
Figure I.11 : Schéma équivalent d'une cellule solaire, modèle avec deux diodes.....	16
Figure I.12 : Composant d'un générateur photovoltaïque.....	17
Figure .I.13:Schéma de principe de la commande MPPT.....	19

Chapitre II

Figure. II .1 : Exemple de réseau de caractéristique photovoltaïque puissance/tension D'un générateur photovoltaïque Pour différents éclairagements.....	23
Figure. II.2 : Exemple de réseau de caractéristiques puissance/tension d'un générateur Photovoltaïque Pour différentes températures de jonction.....	23
Figure.II.3: Chaîne élémentaire de conversion photovoltaïque avec CS contrôlé par une Commande MPPT sur charge DC.....	23
Figure.II.4 : Circuit idéal de le hacheur survolteur (Boost).....	24
Figure.II.5 : Architecture équivalente d'ANFIS pour deux règles.....	26
Figure.II.6: Schéma synoptique d'un système Photovoltaïque avec une commande MPPT Par réseau de neurone flou ANFIS.....	28
Figure. II.7: illustration du principe du pour ANFIS du point de puissance maximale Par réseau de neuro-flou.....	28
Figure.II.8: Architecture du modèle ANFIS proposé.....	29
Figure.II.9 Structure neuronale du modèle proposé sous Matlab.....	30
Figure.II.10 : Entraînement du réseau neuro-flou (avec un nombre d'itération de 500)	31
Figure.II.11 : Test de la capacité de généralisation après apprentissage.....	31
Figure.II.12 : Variation de la puissance du module, la puissance de la batterie et de la Commande D pour une température de 25°C et un ensoleillement de 1000w/m2.....	32
Figure.II.13 : Courbe de variation des tensions de batterie et de module avec le contrôleur neuro-flou.....	32
Figure.II.14: Variation de la puissance du module, la puissance de la batterie et de la Commande D pour une diminution lente de l'ensoleillement de 1000 à 500 W/m2 en 5secondes avec une température de 25 C°.....	33
Figure.II.15 : Variation de la puissance du module, la puissance de la batterie et de la commande D pour une augmentation rapide de la température de 20°C à 45°C en 5 secondes avec un ensoleillement de 1000W/m2.....	33
Figure.II.16 : Variation de la puissance du module, la puissance de la batterie et de la commande D pour une diminution rapide de la température de 45°C à 20°C en 5 secondes avec un ensoleillement de 1000W/m2.....	34
Figure.II.17 : Variation de la puissance du module, la puissance de la batterie et de la	

commande D pour une augmentation lente de la température de 20°C à 45°C et un ensoleillement de 1000W/m ²	34
Figure.II.18 : Variation de la puissance du module, la puissance de la batterie et de la commande D pour une diminution lente de la température de 45°C à 20°C en 120 secondes avec un ensoleillement de 1000W/m ²	35
Figure.II.19 : Variation de la puissance du module, la puissance de la batterie et de la commande D pour un changement aléatoire à une température de 20°C à 45°C et un ensoleillement de 400 à 1000 W/m ²	35
Figure. II.20 : Variation de la puissance du module, la puissance de la batterie et de la commande D pour un changement aléatoire à une température de 20°C à 45°C et un ensoleillement de 400 à 1000 W/m ²	35

Chapitre III

Figure III.1 : Schéma synoptique du système GPV par Neuro-Floue.....	39
Figure III.2 : courbe courant tension et puissance tension avec variation de la température.....	40
Figure III.3.: courbe courant tension et puissance tension avec variation de l'irradiation.....	41
Figure III.4: l'interface graphique neuro-flou.....	41
Figure III.5: le processus d'apprentissage neuro-flou sur MATLAB.....	43
Figure III.6 : La forme de la courbe d'apprentissage.....	44
Figure III.7: structure neuro-floue sur ANFIS.....	45
Figure III.8: fenêtre de l'interface graphique floue.....	46
Figure III.9: Fonction d'appartenance du courant I _{pv}	46
Figure III.10: Fonction d'appartenance de la puissance.....	47
Figure III.11. Fonction d'appartenance de la température de la cellule PV.....	48
Figure III.12. Fonction d'appartenance visualisation des règles.....	48
Figure III.13: Base de règles du contrôleur ANFIS.....	49
Figure III.14: Vue de surface créée par ANFIS.....	50
Figure III.15: Base de règles du contrôleur ANFIS.....	51
Figure III.16 : Schéma de simulation d'un système PV commandé par un contrôleur MPPT avec ANFIS	51
Figure III.17 : résultat du panneau solaire avant commande MPPT avec une température de 25° et une irradiation de 1000W/m ²	52
Figure III.18: Puissance optimale du système PV	53
Figure III.19 : comparaison entre la courbe d'évolution de tension de la	

charge et des PV	54
Figure III.20: Puissance optimale du système PV pour des conditions variables de la température et de l'éclairement	55
Figure III.21: Schéma de simulation P&O.....	56
Figure III.22: Schéma de simulation ANFIS.....	56
Figure III.23 : Evolution de l'ensoleillement et température global.....	57
Figure III.24 : Evolution de la puissance Ppv des 2 algorithmes ANFIS P&O étudié..	58
Figure III.25 : comparaison du temps de réponse entre puissance avec technique ANFIS etP&O.....	58

***Introduction
générale***

Introduction générale

Durant les trois dernières décennies, les énergies renouvelables ont proliféré à la surface de notre planète. Cette tendance s'est progressivement accélérée, notamment à la suite de la signature du protocole de Kyoto, qui impose à de nombreux pays à limiter leur émission de gaz à effet de serre. La technologie photovoltaïque est en train de subir un essor sans précédent. En effet, la production d'énergie solaire dans le monde a été multipliée par 20 en dix ans.

En Algérie l'utilisation de l'énergie solaire dans les sites isolés pour différentes applications tel que le pompage d'eau présente un intérêt très important ; cependant les générateurs photovoltaïques possèdent deux inconvénients majeurs qui sont un rendement faible et un coup élevé, cela se vérifie sur la caractéristique I-V sous l'influence de différentes températures.

L'énergie solaire photovoltaïque est de plus en plus utilisée pour opérer diverses applications terrestres comme l'éclairage, les télécommunications, la réfrigération et le pompage [2].

La demande croissante d'eau dans les zones rurales et sites isolés fait qu'un intérêt grandissant est porté sur l'utilisation des générateurs photovoltaïques comme source d'énergie aux groupes moteur-pompes. En effet, la réalisation de systèmes de pompage autonome constitue une solution pratique et économique aux problèmes de manque d'eau dans les régions désertiques.

Parmi les avantages importants de la conversion photovoltaïque, nous pouvons citer, la décentralisation de la production d'énergie pour de petites communautés très dispersées comme le prouve déjà, les pompes solaires dont le fonctionnement s'est révélé très acceptable et l'autonomie du système photovoltaïque, autonomie de lieu mais tout aussi importante est l'autonomie de fonctionnement.

- Le premier chapitre est un travail de recherche bibliographique portant sur les panneaux solaires et les module, leurs différents types, ainsi que les générateurs photovoltaïques et les avantage et les inconvénient des systèmes photovoltaïques
- Le deuxième chapitre, nous somme intéressé à la méthode de neurone flou anfis
- Le troisième chapitre, concerne le dimensionnement du système photovoltaïque et l'implémentation de la commande PPM qui alimenté une charge résistive

CHAPITRE I

*Généralités Sur les systèmes
photovoltaïque*

Introduction

Durant ces dernières années, nous avons remarques un développement considérable dans les systèmes de pompage, ces dernières se diffèrent sur tant dans les propriétés de puissance fournie, à cause des diffèrent hauteur des quelle, il faut pomper et aussi la distance d'irrigation.

C'est pour cette raison qu'on a besoin d'une étude de faisabilité surtonte si au doit utiliser de système photovoltaïque afin de faire de l'économie instant dans les fil électrique

Dans ce chapitre nous présenterons ces systèmes en question ainsi que leurs différent type, avantage et inconvenants

I. l'énergie photovoltaïque

I.1.Définition

Le terme est composé du mot grec ancien " photos "" qui signifie lumière et de "volta" nom de famille du physicien italien (Alessandro volta), qui définissait la volte comme l'unité de mesure de la tension électrique. L'énergie photovoltaïque désigne l'énergie récupérée et transformée directement en électricité à partir de la lumière du soleil par des panneaux photovoltaïques. Elle résulte de la conversion directe dans un semi-conducteur

(le silicium, le CdTe, ou Tellurure Cadmium, etc.) d'un photon en électron.

I.1.2. L'effet photovoltaïque

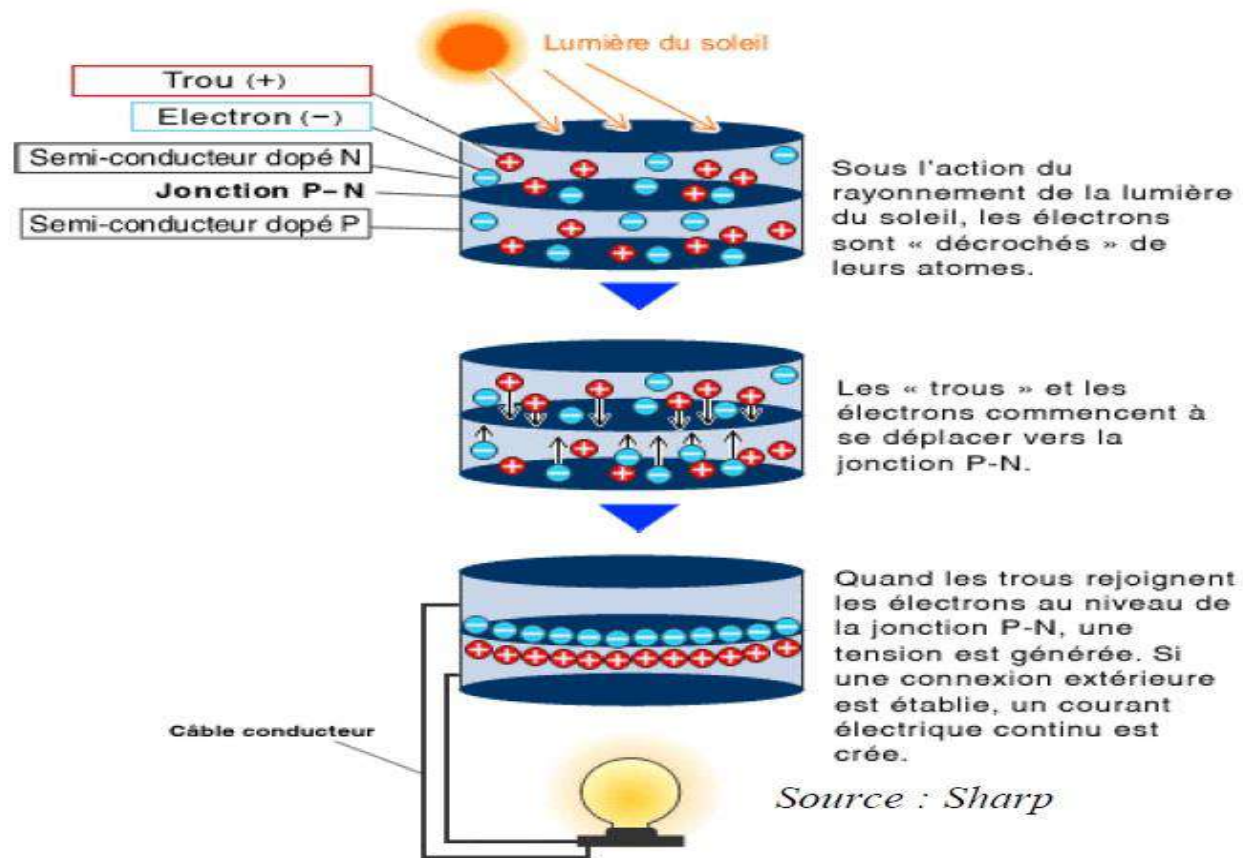
Lorsqu'un matériau semi-conducteur est exposé à la lumière du soleil, les atomes exposés au rayonnement sont "bombardés" par les photons constituant la lumière; sous l'action de ce bombardement, les électrons des couches électroniques supérieures (appelés électrons des couches de valence) ont tendance à être "arrachés":

Si l'électron revient à son état initial, l'agitation de l'électron se traduit par un échauffement du matériau. L'énergie cinétique du photon est transformée en énergie thermique.

Par contre, dans les cellules photovoltaïques, une partie des électrons ne revient pas à son état initial. Les électrons "arrachés" créent une tension électrique continue faible. Une partie de l'énergie cinétique des photons est ainsi directement transformée en énergie électrique : c'est l'effet photovoltaïque [3].

L'effet photovoltaïque constitue la conversion directe de l'énergie du rayonnement solaire en énergie électrique au moyen de cellules généralement à base de silicium. Pour obtenir une puissance suffisante, les cellules sont reliées entre elles et constituent le module solaire.

L'effet photovoltaïque, c'est-à-dire la production d'électricité directement de la lumière, fut observée la première fois, en 1839, par le physicien français Edmond Becquerel. Toutefois, ce n'est qu'au cours des années 1950 que les chercheurs des laboratoires Bell, aux Etats-Unis, parvinrent à fabriquer la première cellule photovoltaïque, l'élément primaire d'un système photovoltaïque [3].



Figures I.1 : principe de fonctionnement de l'effet photovoltaïque

I.2. La cellule photovoltaïque

Le fonctionnement des cellules solaires est basé sur les propriétés électroniques obtenues lorsque le silicium est remplacé par de petites quantités d'atomes étrangers (impuretés) dans le réseau cristallin. Ce comportement est appelé dopage. Si les atomes d'impureté contiennent plus d'électrons que le silicium, le matériau contiendra trop d'électrons libres : il sera dit de type N (ex : silicium dopé au phosphore). A l'inverse, si les atomes d'impureté contiennent moins d'électrons que le silicium, le matériau sera dépourvu d'électrons : il sera dit de type P (ex : silicium dopé au bore)[4]

Les batteries sont fabriquées à partir de lingots de silicium. Ces lingots sont découpés en couches minces de type P ou de type N en y diffusant du brome ou du phosphore.

La cellule solaire est alors obtenue en formant une jonction de deux régions de type opposé (jonction PN).

Par conséquent, une cellule photovoltaïque est un appareil qui convertit l'énergie solaire en électricité. Cette transition repose sur trois mécanismes : le matériau qui compose le dispositif absorbe les photons (dont l'énergie est supérieure à l'entrefer) ; la conversion de l'énergie des photons en électricité, qui correspond à la création de paires électron/trou dans le matériau semi-conducteur ; la collection de particules générées dans l'appareil

Ainsi, les matériaux qui composent les cellules photovoltaïques doivent avoir deux niveaux d'énergie et être suffisamment conducteurs pour permettre le passage du courant : les semi-conducteurs intéressent donc l'industrie photovoltaïque.

Afin de collecter les particules générées, un champ électrique permettant la séparation des paires électron/trou générées est nécessaire. A cet effet, une jonction P-N est le plus souvent utilisée.[4]

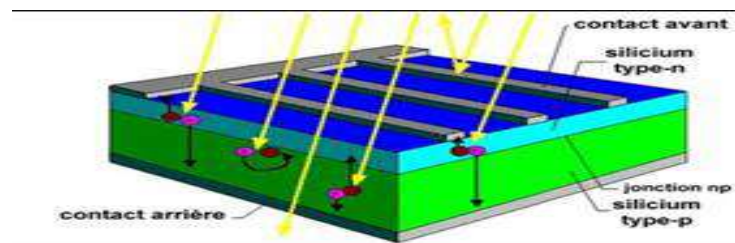


Figure I.2: Représentation schématique d'une cellule solaire

I.2.1. Les Types de Cellules Photovoltaïques

Les cellules photovoltaïques sont constituées de semi-conducteurs à base de : silicium (Si), de germanium (Ge), de sélénium (Se), de sulfure de cadmium (CdS), de tellure de cadmium (CdTe) ou d'arséniure de gallium (GaAs). Cependant, le silicium est actuellement le matériau le plus utilisé pour fabriquer les cellules photovoltaïques.

- **Les cellules monocristallines**

La première génération de photopiles

- ✓ Un taux de rendement excellent (12-16%) (23% en Laboratoire)
- ✓ Une méthode de fabrication laborieuse et difficile, donc très chère
- ✓ Il faut une grande quantité d'énergie pour obtenir du cristal pur

- **Les cellules poly-cristallines**
 - ✓ Coût de production moins élevé
 - ✓ Procédé nécessitant moins d'énergie
 - ✓ Rendement 11-13% (18% en Labo)
- **Les cellules amorphes** (cellules de calculatrices par exemple)
 - ✓ Coût de production bien plus bas
 - ✓ Rendement plus bas : 8-10% (13% en labo)
 - ✓ Durée de vie plus faible

C'est le silicium amorphe que l'on trouve le plus souvent dans les produits de consommation comme les calculatrices, les montres etc. ... Toutefois, ils réagissent mieux à des températures élevées ou à une lumière diffuse.

De plus, les cellules mono et poly-cristallines sont les types de cellules les plus répandues sur le marché du photovoltaïque (environ 60% de la production).



Cellule de silicium monocristallin Cellule de silicium poly cristallin Cellule en silicium amorphe

Figures I.3 : Les différents types cellules photovoltaïques [5]

I.3. Matériaux semi-conducteurs

Un semi-conducteur est un matériau qui a les caractéristiques électriques d'un isolant, mais pour lequel la probabilité qu'un électron puisse contribuer à un courant électrique, quoique faible, est suffisamment importante. Cela est possible grâce à une jonction p-n de grande surface. Cette jonction désigne une zone du cristal où le dopage varie brusquement, passant d'un dopage p à un dopage n dans laquelle les paires électron-trou créées par la lumière sont séparées par le champ électrique de la jonction.

Les semi-conducteurs sont primordiaux en électronique, car ils offrent la possibilité de contrôler, par divers moyens, aussi bien la quantité de courant électrique susceptible de les traverser que la direction que peut prendre ce courant

I.3.1. Structure et Description de la jonction photovoltaïque

Le cristal semi-conducteur dopé P est recouvert d'une région coiffée N extrêmement fine d'une épaisseur de quelques millièmes de millimètre. Entre les deux zones se trouve l'intersection de J.

La région N est recouverte d'une grille métallique qui agit comme la cathode k tandis que la plaque métallique de l'autre côté agit comme l'anode. L'épaisseur totale du cristal est de l'ordre du mm.

Parce que ces cellules sont fragiles, elles sont recouvertes d'une couche de verre résistant aux chocs et aux intempéries et parfois recouverte d'une couche antireflet.

Dans l'architecture cellulaire classique, les collecteurs de charge sont ajoutés par des techniques de sérigraphie, c'est-à-dire en ajoutant de la pâte métallique (selon un motif spécifique) qui est ensuite solidifiée par un nouveau passage dans le four. Il est déposé sur la couche p, au dos, une anode généralement en aluminium ou en argent, et est lui-même déposé sur un substrat. Ce métal boucle ainsi la fabrication des cellules.

I.3.2. La jonction pn

Lorsque ces types de semi-conducteurs p et n sont en contact au niveau de la ligne de jonction, les électrons diffusent du côté n vers le côté p. De plus, ils se combineront avec les trous. Cela créera des ions négatifs fixes du côté p et gardera des ions positifs du côté n. Par conséquent, un équilibre est atteint sans autre diffusion.

La jonction au niveau de la diode est divisée en deux zones : la zone d'appauvrissement et la zone quasi neutre. La figure 1 montre la diffusion et la couche de déplétion où la zone de déplétion contenant la zone de jonction

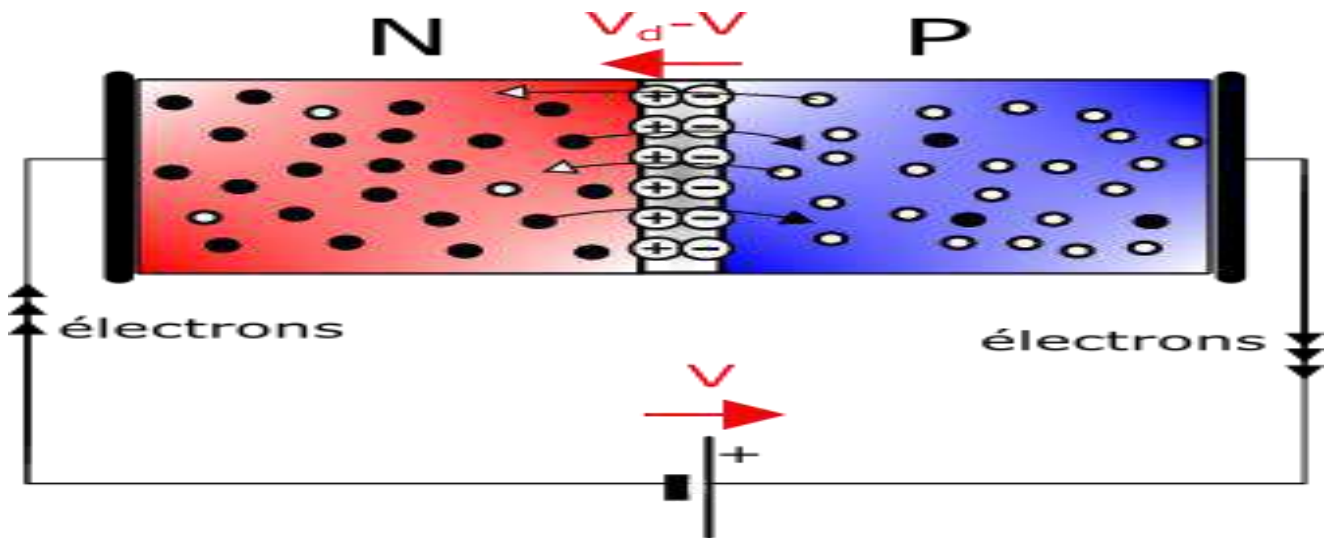


Figure I.4 : jonction PN

La strate n est placée au-dessus de la strate p, elle est donc la première à être exposée à la lumière solaire. Lorsqu'un rayon lumineux frappe le dispositif il peut pénétrer dans le cristal au travers de la grille et provoquer l'apparition d'une tension entre la cathode et l'anode. En général le semi-conducteur de base est du silicium monocristallin comme celui qui est utilisé pour la fabrication des transistors mais on rencontre maintenant plus fréquemment du silicium poly cristallin moins coûteux à produire.

Lors de collisions avec les atomes, les photons peuvent transférer leur énergie aux électrons, au point de les exciter et ainsi de les forcer à quitter leur bande de valence pour rejoindre la bande de conduction (ce qui est possible grâce à la faible épaisseur de la bande interdite). Ils peuvent alors se déplacer dans la matière, tout en laissant un « trou » derrière eux. Pour rappel, les électrons sont chargés négativement. Les trous ont donc une charge positive. Comme il est bien connu, les charges de signe opposé s'attirent ! Les électrons vont donc aller vers la couche dopée p et les trous vont se déplacer jusqu'à la couche dopée n. Ce mouvement de charges engendre un courant électrique, qui est recueilli dans un circuit conducteur placé sous les cellules et qui relie l'ensemble des cellules d'un panneau

Cette première étape est importante, mais elle ne suffit pas pour générer le courant souhaité. Il faut parvenir à séparer les trous des électrons pour éviter leur recombinaison.

Les panneaux peuvent alors être assemblés en série ou en parallèle, selon les caractéristiques électriques souhaitées puis ils seront encapsulés.

Les cellules photovoltaïques au silicium monocristallin sont d'un bleu ou d'un noir uniforme. En revanche, les structures poly cristallines sont marquées par des motifs correspondant aux limites des cristaux.

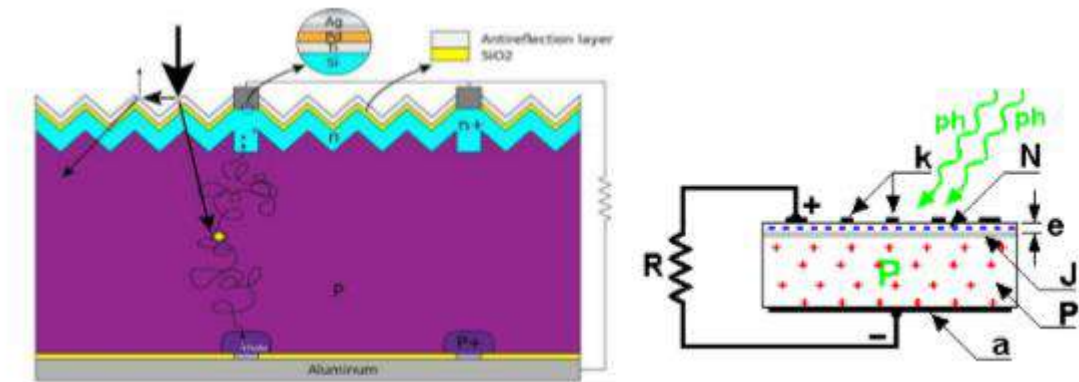


Figure I.5 : structure et fonctionnement d'une cellule photovoltaïque

I.3.3. L'élément de base le silicium

Le Silicium a pour numéro atomique $Z=14$, sa configuration électronique est $(K)2(L)8(M)4$. Un atome de silicium possède donc 4 électrons sur sa couche de valence.

Les installations photovoltaïques utilisées dans l'habitat présentent des avantages. En effet, elles sont d'une grande fiabilité (avec une durée de vie d'environ 25 ans), ne nécessitent aucune pièce mobile, pratiquement aucun entretien et n'engendrent aucun coût de fonctionnement. Mais elles présentent aussi quelques inconvénients par rapport à une installation électrique traditionnelle : elles ont des coûts de fabrication élevés, fonctionnent par intermittence (en effet, leur rendement dépend de l'ensoleillement) et ont un rendement qui reste assez faible malgré les grandes améliorations réalisées dans ce domaine depuis leur invention. Nous allons ici comparer les principaux types de cellules utilisées actuellement, en examinant leurs avantages et leurs inconvénients. Il en existe d'autres actuellement à l'étude, mais leur utilisation est pratiquement négligeable. Elles se distinguent principalement en fonction des technologies de silicium qu'elles utilisent.

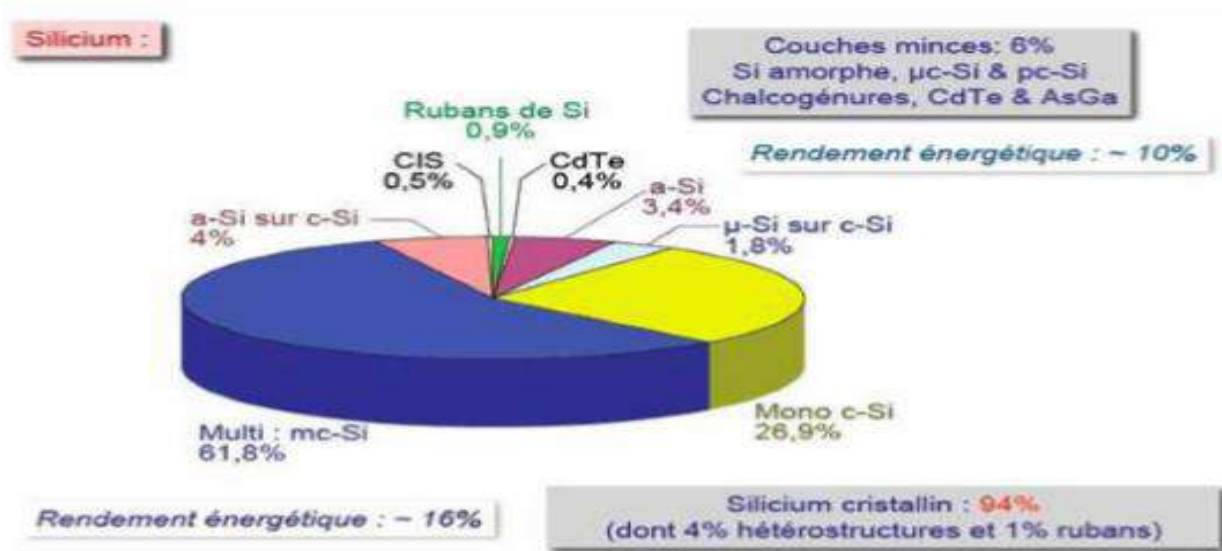


Figure I.6 : Diagramme circulaire de l'utilisation du silicium dans les cellules solaires [6]

I.4.Association des cellules photovoltaïques

➤ Association en série

L'association en série des photopiles délivre une tension égale à la somme des tensions individuelles et un courant égal à celui d'une seule cellule [7].

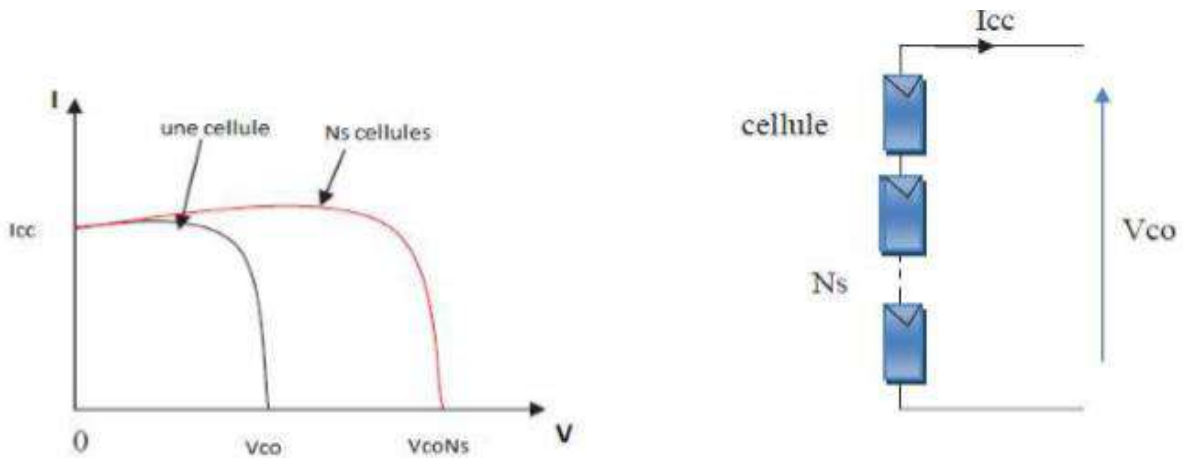


Figure I-7 : Caractéristique courant tension de Ns cellule en série

➤ Association en parallèle

L'association en parallèle des photopiles délivre un courant égal à la somme des courants individuels et une tension égale à celui d'une seule cellule [7].

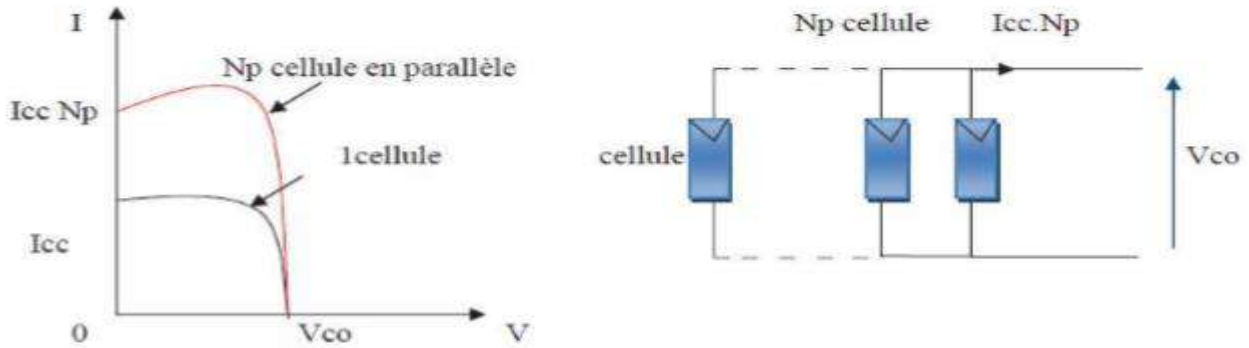


Figure I-8 : Caractéristique courant tension de N_p cellule en parallèle

➤ Association mixte (Série + Parallèle)

Pour avoir une satisfaction en courant et en tension, on est obligé d'utiliser un groupement mixte, c'est à dire Série-Parallèle [7].

I.5. Les modules photovoltaïques

La connexion en série de plusieurs cellules augmente la tension pour un même courant, tandis que la connexion en parallèle augmente le courant tout en maintenant la tension.

La plupart des modules sur le marché sont constitués de cellules en silicium cristallin à 36 cellules connectées en série pour les applications 12 V. Le courant de sortie, donc la puissance, sera proportionnelle à la surface du module.

L'interconnexion des modules entre eux - en série ou en parallèle - pour une plus grande puissance, définit la notion de champs photovoltaïques. Un générateur photovoltaïque est constitué d'un ensemble de modules et d'un ensemble de composants qui adaptent l'électricité produite par les modules aux spécifications du récepteur.

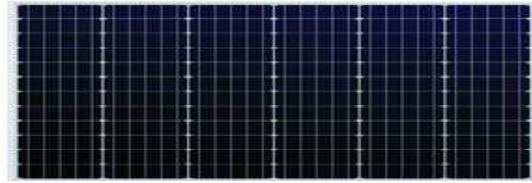


Figure. I.9: Module photovoltaïque [8]

✓ **Caractéristiques d'un module**

- La puissance de crête **P_c** : puissance électrique maximale que peut fournir le module

Dans les conditions standards (25°C et un éclairement de 1000W/m²).

- La caractéristique **I/V** : courbe représentant le courant I débité par le module en fonction de la tension aux bornes de celui-ci.

- Tension à vide **V_{co}** : Tension aux bornes du module en l'absence de tout courant, pour un éclairement « plein soleil ».

- Point de fonctionnement optimum (**U_m , I_m**) : Lorsque la puissance de (crête est maximum en plein soleil **$P_m = U_m, I_m$**

- Facteur de forme : Rapport entre la puissance optimale **P_m** et la puissance maximale que peut avoir les cellules.

I.5.1. Différentes modèles d'une cellule photovoltaïque

➤ **Modèle à une diode**

Une cellule photovoltaïque se présente souvent comme un générateur de courant électrique dont le comportement est équivalent à une source de courant shuntée par une diode. La figure ci-dessous représente le schéma électrique d'une cellule photovoltaïque.

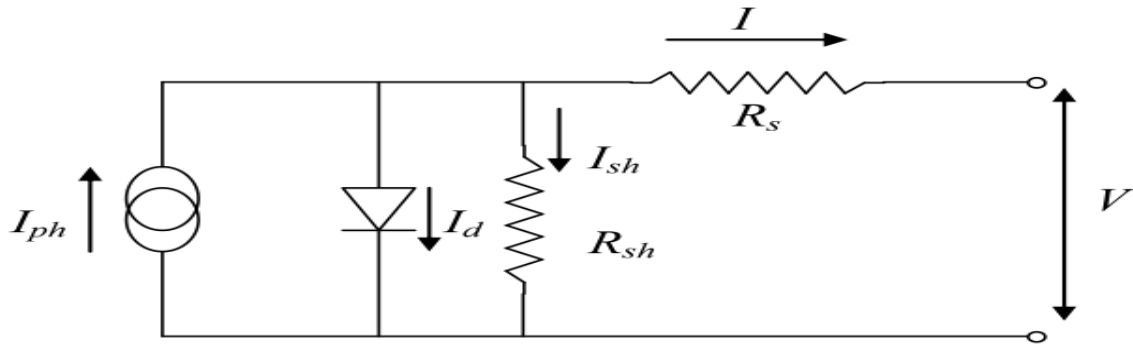


Figure. I.10 : Schéma équivalent d'une cellule solaire, modèle d'une diode [9].

✓ **L'équation non linéaire**

$$I = I_{pk} - I_s \left(e^{\frac{\gamma + I R_T}{m V T}} - 1 \right) - \frac{V + I R_S}{R_p} \quad (\text{I.1})$$

Avec :

- I_{ph} : photo courant.
- I_d : courant de diode.
- I_s : courant inverse de saturation de la diode.
- m : facteur d'idéalité de la diode, $m = 1 \dots 5$.
- V_T : Tension thermique [V].
- K : constante de Boltzmann.
- T : température absolue, $[T] = K$ (kelvin).
- e : charge d'un électron.
- R_p : résistance parallèle simulant les pertes en courant de la cellule solaire.
- R_s : Résistance série qui tient compte des pertes en tension dues aux contacts Externes.

➤ **Modèle à deux diodes**

Le modèle de diode est constitué de deux exponentielles, la première prenant en compte le phénomène de diffusion tandis que la deuxième exponentielle correspond au phénomène de recombinaison.

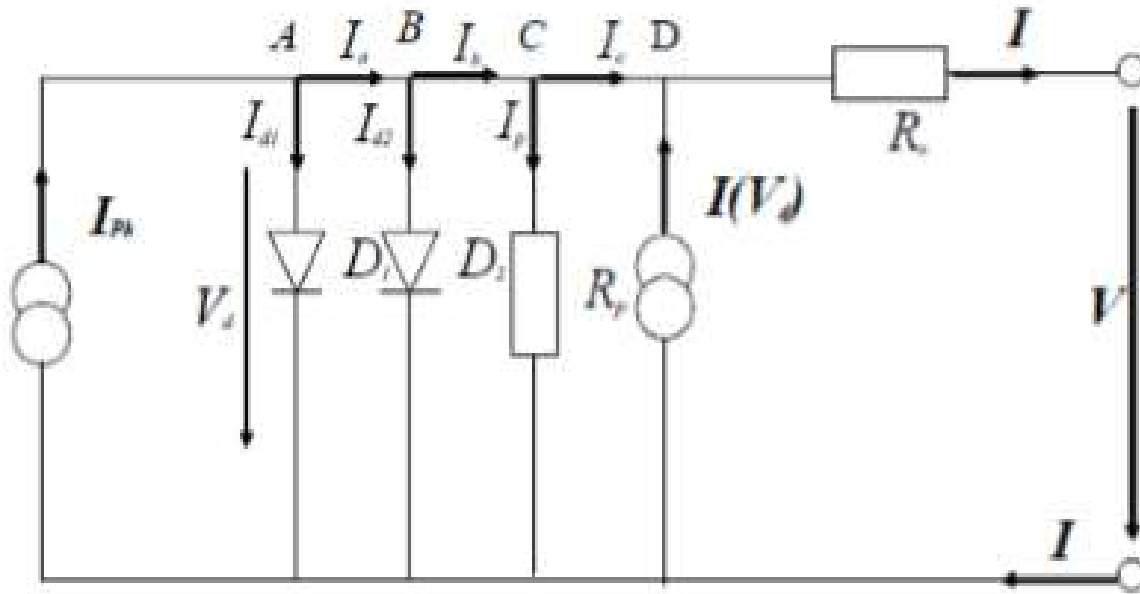


Figure I.11 : Schéma équivalent d'une cellule solaire, modèle avec deux diodes [9].

✓ L'équation non linéaire

$$I = I_{gh} - I_{s1} \left(e^{\frac{V+I \cdot R_s}{m_1 \cdot V_z}} - 1 \right) - I_{s2} \left(e^{\frac{V+I \cdot R_s}{m_2 \cdot V_z}} - 1 \right) - \frac{V + I R_s}{R_g} - a \cdot (V + I R_s) \left(1 + \frac{V + I R_s}{V_{gr}} \right)^{-n} \quad (I.2)$$

Avec:

- IS1, IS2: courant de saturation de la première et de la deuxième diode respectivement.
- m1, m2 : facteur d'idéalité de la première et la deuxième diode respectivement.
- VBr : tension de rupture (-15 : -50).
- a : facteur de correction (a=0 :1).
- n : indice de la rupture d'avalanche (n=1 :10).

I.6.Générateur photovoltaïque (GPV)

Les générateurs photovoltaïques convertissent l'énergie solaire en énergie électrique sous forme de courant continu et de tension, qui varie en fonction de l'effet de la lumière sur le panneau solaire. Les composants de base de cette conversion sont les cellules photovoltaïques.

➤ Composant d'un générateur photovoltaïque (GPV)

Le générateur photovoltaïque est constitué de plusieurs modules assemblés en série et en parallèle selon la puissance demandée. Chaque module est lui-même constitué de cellules photovoltaïques généralement montée en sérié.

Celles-ci sont encapsulées dans une même structure pour former un module. L'encapsulation ainsi réalisée va avoir deux principaux rôles [10] :

- ✓ Protection des cellules contre les agressions extérieures (chocs, humidité, corrosion, poussière... etc.).
- ✓ Contrôle de température des cellules qui vont permettre une bonne dissipation vers l'extérieur de la partie de l'énergie incidente qui n'est pas transformée en énergie électrique.

La tension délivrée par une cellule PV étant très faible, pour avoir des tensions compatibles avec les charges à alimenter, il faudra associer plusieurs cellules en série ou en parallèle. En outre, le générateur photovoltaïque est obtenu par l'interconnexion de modules en série et/ou en parallèle pour obtenir une puissance encore plus grande.

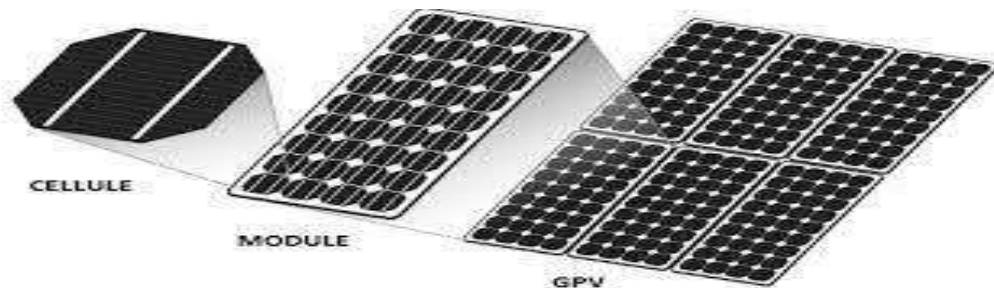


Figure I.12 : Composant d'un générateur photovoltaïque

I.6.1. Les différents types des systèmes photovoltaïques

➤ Système photovoltaïque autonome

Les systèmes autonomes dépendent uniquement de l'énergie solaire pour répondre à la demande d'électricité. Ils peuvent comporter des accumulateurs qui emmagasinent l'énergie produite par les modules au cours de la journée servant la nuit ou lors des périodes où le rayonnement solaire est insuffisant. Ces systèmes peuvent également répondre aux besoins d'une application (par

exemple, le pompage de l'eau) sans recours aux accumulateurs [10].

➤ **Systèmes photovoltaïque raccordés au réseau**

On parle de système photovoltaïque raccordé au réseau quand toute ou une partie de la production électrique est injectée sur le réseau national. C'est le type d'installation le plus répandu chez les particuliers ayant des panneaux solaires car il permet de revendre l'électricité produite. Un certain nombre de pays comme les USA, l'Allemagne, le Japon favorisent l'émergence d'un nouveau marché promoteur de couplage des générateurs solaires au réseau d'électricité [10].

I.7.Utilisation des systèmes photovoltaïque

- L'éclairage (autoroutes, arrêts d'autobus,), la climatisation solaire, le pompage photovoltaïque.
- Les communications (Stations de relais de téléphone, bornes d'appel d'urgences sur autoroutes, téléphones mobiles.)
- La fourniture d'électricité pour des sites éloignés du réseau normal (Forêts, montagnes)
- Pour de petites stations de pompage ou d'irrigation Chargement des batteries de voitures (les batteries normales, ou de voitures électriques).

I.8.La commande MPPT (MAXIMUM POWER POINT TRACKING)

Dans ce régulateur, un circuit mesure en permanence la tension et le courant du panneau pour tirer de l'énergie au point de puissance (MPPT, Maximum Power Point Tracking). Cela permet de garantir que le maximum d'énergie sera récupéré, quelle que soit la température et l'ensoleillement. Ces régulateurs fonctionnent soit en élevant, soit en réduisant la tension.

I.8.1. Principe de la poursuite du point de puissance maximale

La technique de poursuite du point de puissance maximale délivrée par un générateur photovoltaïque est basée sur l'introduction d'un convertisseur continu/continu (hacheur) entre le générateur et la batterie de stockage ou entre le générateur et la charge directement.

L'utilisation d'un convertisseur autorise une application de grande puissance, d'où l'intérêt d'un système de poursuite du point de puissance maximale, qui s'articule autour d'un étage de commande dédié. Le principe de la commande est de faire varier la valeur du rapport cyclique en

Fonction du résultat de l'algorithme de commande, de manière à forcer le système à fonctionner au point de puissance maximale.

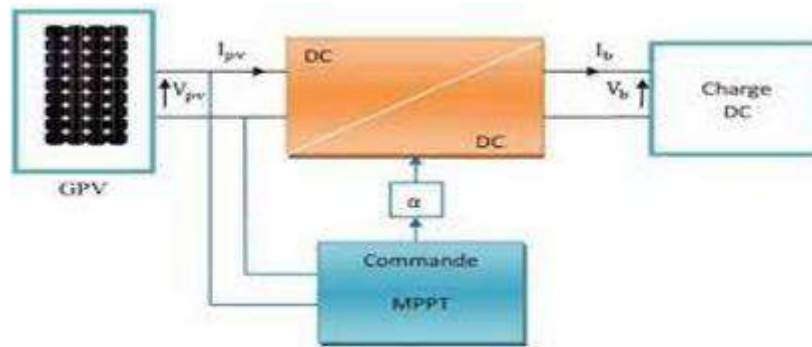


Figure. I.13 : Schéma de principe de la commande MPPT[11]

I.9. Avantages et inconvénients de système photovoltaïque

➤ **Avantage**

- ✓ D'abord une haute fiabilité. L'installation ne comporte pas de pièces mobiles qui la rendent particulièrement appropriée aux régions isolées. C'est la raison de son utilisation sur les engins spatiaux
- ✓ 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 puissances allant du milliwatt au Mégawatt.
- ✓ Le coût de fonctionnement est très faible vu les entretiens réduits et il ne nécessite ni combustible, ni son transport, ni personnel hautement spécialisé.
- ✓ La technologie photovoltaïque présente des qualités sur le plan écologique car le produit fini est non polluant, silencieux et n'entraîne aucune perturbation du milieu, si ce n'est par l'occupation de l'espace pour les installations de grandes dimensions.

➤ **Inconvénients**

- ✓ La fabrication du module photovoltaïque relève de la haute technologie et requiert des investissements d'un coût élevé.
- ✓ Le rendement réel de conversion d'un module est faible, de l'ordre de 10-15 % avec une limite théorique pour une cellule de 28%.

- ✓ Les générateurs photovoltaïques ne sont compétitifs par rapport aux générateurs diesel que pour des faibles demandes d'énergie en régions isolées.
- ✓ Lorsque le stockage de l'énergie électrique sous forme chimique (batterie) est nécessaire, le coût du générateur est accru.
- ✓ Le stockage de l'énergie électrique pose encore de nombreux problèmes.

Conclusion

Dans ce premier chapitre, nous avons présentés l'énergie renouvelable solaire et les différents éléments principaux de système de pompage photovoltaïque

CHAPITRE II

***Commande neuro-floue ANFIS
avec technique de MPPT***

Introduction

Un générateur photovoltaïque peut fonctionner dans une large gamme de tension et de courant de sortie mais il ne peut délivrer une puissance maximale que pour des valeurs particulières du courant et de la tension. En effet la caractéristique $I(V)$ du générateur dépend de l'éclairement solaire et de la température. Ces variations climatiques entraînent la fluctuation du point de puissance maximale. A cause de cette fluctuation, on intercale souvent entre le générateur et le récepteur un ou plusieurs convertisseurs statiques

Commandés permettant de poursuivre le point de puissance maximale. Ces commandes sont, connus sous le nom de MPPT (Maximum Power Point Trac King) associées au hacheur, lequel assure le couplage entre le générateur PV et le récepteur en forçant le premier à délivrer sa puissance maximale. Les techniques MPPT (maximum power point trac King) sont utilisées dans les systèmes photovoltaïques pour maximiser la puissance délivrée par le panneau photovoltaïques en poursuivant continuellement le point de puissance maximale, ce qui n'est pas évident à atteindre ; En effet, ce problème de poursuite fait jusqu'à nos jours l'objet de plusieurs recherches. Aussi, plusieurs méthodes ont être élaborées et utilisées.

Dans ce travail, nous développons une méthode intelligente et innovante, combinant les deux techniques intelligentes (floue et neuronale) ayant pour objet la poursuite du point de puissance maximale ainsi que l'amélioration des réponses obtenues avec les algorithmes classiques déjà développés, quel que soit la variation des conditions climatiques (ensoleillement, température, etc.) même dans les cas les plus défavorables.

Les résultats de simulation obtenus ont montré que la technique neuro-floue présente de bons résultats et que ce contrôleur est performant et très robuste.

II.1. Point de puissance maximale

Dans la figure, un exemple de réseau de caractéristiques puissance/tension d'un générateur photovoltaïque est illustré pour différentes valeurs de l'éclairement auquel est soumis le générateur.

[12]

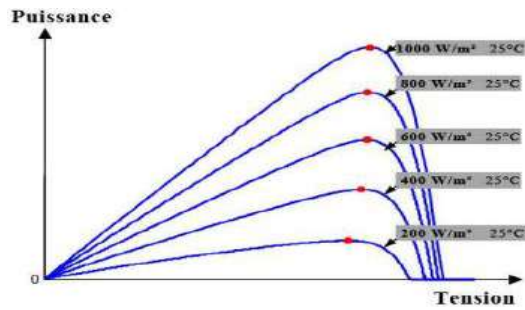


Figure. II.1 : Exemple de réseau de caractéristiques puissance/tension d'un générateur photovoltaïque éclairés.

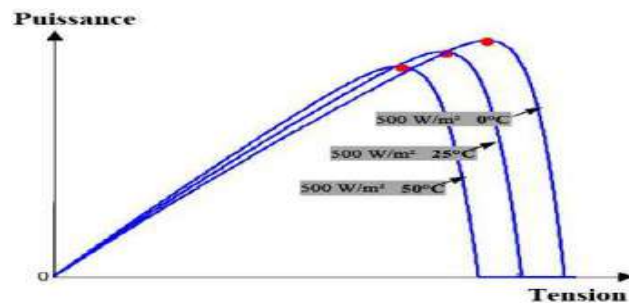


Figure. II.2 : Exemple de réseau de caractéristiques puissance/tension d'un générateur photovoltaïque Pour différents Pour différents températures de jonction.

Il est à noter que sur chacune des courbes, le point en gros représente le point de puissance maximale que peut fournir le panneau et que pour un éclairement et une température donnés, il existe une valeur de la tension qui maximise la puissance produite par le générateur. Ce qui nous contraint à insérer un convertisseur de puissance entre le générateur photovoltaïque et sa charge pour assurer un fonctionnement à puissance maximale quelles que soient la charge et les conditions d'éclairement et de température.

II.1.1. Principe de recherche du point de puissance maximale

La chaîne de puissance d'un GPV où une charge DC est alimentée par un générateur à travers un convertisseur statique (CS) commandé par une MPPT peut être représentée comme indiquée sur la figure

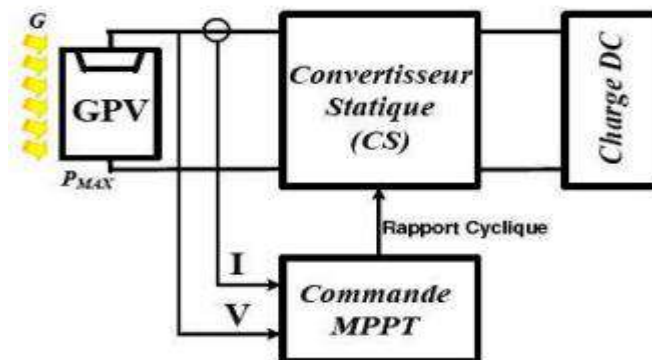


Figure.II.3 : Chaîne élémentaire de conversion photovoltaïque avec CS contrôlé par une commande MPPT sur charge DC.

et dont le rôle est de faire varier le rapport cyclique du CS de telle sorte que la puissance fournie par le GPV soit le P_{MAX} disponible à ses bornes.

L'algorithme MPPT peut être plus ou moins compliqué pour rechercher le PPM et en général est basé sur la variation du rapport cyclique de l'hacheur dans l'objectif d'atteindre le PPM en fonction des évolutions des paramètres d'entrée du CS (I et V).

II.1.2. Convertisseurs DC-DC

Le convertisseur DC-DC est l'organe qui doit forcer le GPV à fonctionner dans son point de puissance optimale via l'algorithme d'extraction du MPP. En effet l'algorithme MPPT fixe la tension de référence qui est la tension optimale où le GPV travaille à son maximum de puissance. Ainsi un rapport cyclique D est calculé afin de commander le convertisseur DC-DC

II.1.3 Principe de l'hacheur

L'hacheur ou convertisseur continu - continu est un dispositif de l'électronique de puissance mettant en œuvre un ou plusieurs interrupteurs commandés et qui permet de modifier la valeur de la tension d'une source de tension continue. Si la tension délivrée en sortie est inférieure à la tension appliquée en entrée,

le hacheur est dit dévolteur. Dans le cas contraire, il est dit survolteur. Le convertisseur dévolteur survolteur combine les propriétés des configurations de dévolteur et de survolteur. Il peut être employé pour transformer idéalement n'importe quelle tension continue d'entrée en n'importe quelle tension continue désirée de sortie. [13] Pendant le fonctionnement de l'hacheur, on ferme le commutateur avec un temps de fermeture égale à $(d.T_s)$, et on l'ouvre dans un temps d'ouverture $((1-d).T_s)$, avec

T_s : est la période de commutation et d le rapport cyclique du commutateur ($d \in [0,1]$).

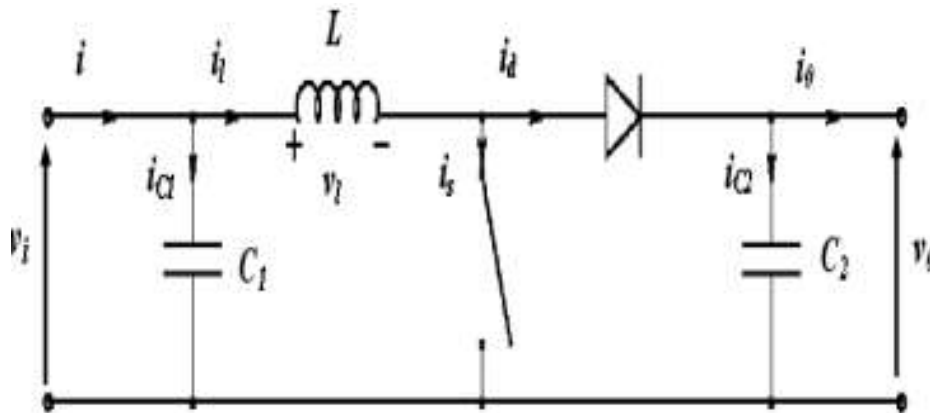


Figure.II.4 : Circuit idéal de l'hacheur survolteur (Boost).

II.2. Système d'inférence flou base sur les réseaux de neurone adaptif

Les réseaux de neurones (RN) multicouches constituent des approximations universelles. L'atout principal de ces réseaux réside dans leur capacité d'apprentissage. Par contre, leur structure et leurs paramètres n'ont pas toujours des justifications physiques. De plus, la connaissance humaine ne peut pas être exploitée pour les construire. Les systèmes d'inférence flous sont également des approximations universelles. Ces systèmes possèdent deux points forts par rapport aux RN. D'une part, ils sont généralement construits à partir de la connaissance humaine, d'autre part, ils ont une capacité descriptive élevée due à l'utilisation de variables linguistiques. Il est donc apparu naturel de construire des systèmes hybrides qui combinent les concepts des systèmes d'inférence flous et des RN. Ainsi l'approche Neuro-floue est apparue. [14]

Plusieurs auteurs ont utilisé cette approche. Nous présentons ici un type spécial de réseaux neuro-flous. Il s'agit de l'approche ANFIS (Système d'inférence flou organisé en réseau adaptatif) proposée par Jang.

II.2.1. Structure d'ANFIS

ANFIS met en application un SIF du type Taka gi Surgeon et a une architecture composée de cinq couches comme représentée. Pour simplifier la compréhension et sans perte de généralité, nous considérons un système à deux entrées x_1 et x_2 et une sortie y . Considérons aussi un modèle flou de type TSK de ce système, composé des deux règles suivantes:

Si x_1 est A1 et x_2 est B1 alors

$$y_1 = f_1(x_1, x_2) = a_1x_1 + b_1x_2 + c_1 \quad (II.3)$$

Si x_1 est A2 et x_2 est B2 alors

$$y_2 = f_2(x_1, x_2) = a_2x_1 + b_2x_2 + c_2 \quad (II.4)$$

Jang a proposé de représenter cette base de règles par le réseau adaptatif de la figure (II.5).

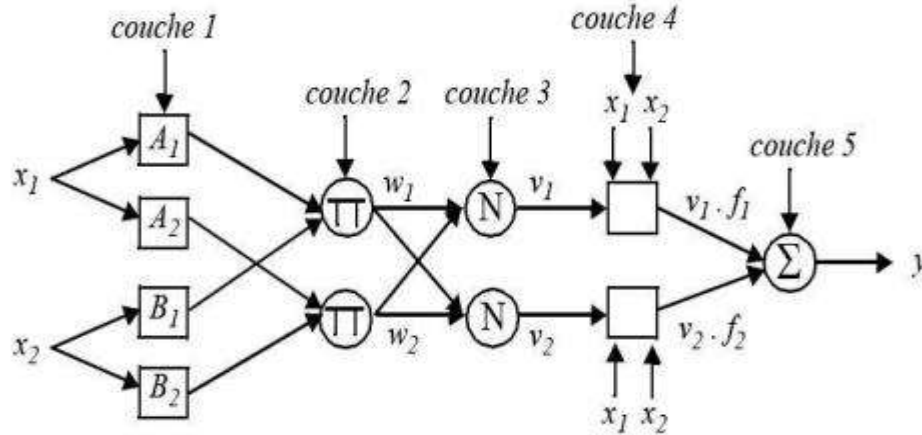


Figure.II.5 : Architecture équivalente d'ANFIS pour deux règles.

Le réseau adaptatif ANFIS est un réseau multicouche dont les connexions ne sont pas pondérées, ou ont toutes un poids de 1.

Les nœuds sont de deux types différents selon leur fonctionnalité : les nœuds carrés (adaptatifs) contiennent des paramètres, et les nœuds circulaires (fixes) n'ont pas de paramètres. Toutefois, chaque nœud (carré ou circulaire) applique une fonction sur ses signaux d'entrées.

La sortie O_{ki} du nœud i de la couche k (appelée nœud (i, k)) dépend des signaux provenant de la couche $k-1$ et des paramètres du nœud (i, k) , c'est-à-dire,

$$O_i^k = f(O_i^{k-1} \dots O_{nk-1}^{k-1}, a, b, c \dots) \quad (II.5)$$

Où $nk-1$ est le nombre de nœuds dans la couche $k-1$, et $a, b, c \dots$ sont les paramètres du nœud (i, k) . Pour un nœud circulaire ces paramètres n'existent pas.

✓ **Couche 1 :**

Les neurones de cette couche réalisent les ensembles flous qui serviront dans les antécédents des règles. Dans le modèle de Jang, les fonctions d'appartenance sont des gaussiennes.

$$O_i^1 = \mu_{A_i}(x) \quad (II.6)$$

Où x est l'entrée du nœud i , et A_i le terme linguistique associé à sa fonction. En d'autres termes, O_i^1 est le degré d'appartenance de x à A_i . Les paramètres d'un nœud de cette couche sont ceux de la fonction d'appartenance correspondante

✓ **Couche 2 :**

Chaque neurone dans cette couche correspond à une règle floue Surgeon. Il reçoit les sorties des neurones de fluidification et calcule son activation. La conjonction des antécédents est réalisée avec l'opérateur produit.

$$w_i = \mu_{Ai}(x_1) \cdot \mu_{Bi}(x_2), i = 1,2 \quad (II.7)$$

✓ **Couche 3 :**

Chaque neurone calcule le degré de vérité normalisé d'une règle floue donnée. La valeur obtenue représente la contribution de la règle floue au résultat final.

$$v_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2} \quad (II.8)$$

✓ **Couche 4 :**

Chaque neurone i de cette couche est relié à un neurone de normalisation correspondant et aux entrées initiales du réseau. Il calcule le conséquent pondéré de la règle.

$$O_i^4 = v_i \cdot f_i = v_i(a_i x_1 + b_i x_2 + c_i), i = 1..2 \quad (II.9)$$

Où v_i est la sortie de la couche 3, et $\{a_i, b_i, c_i\}$ est l'ensemble des paramètres de sortie de la règle i .

✓ **Couche 5 :**

Comprend un seul neurone qui fournit la sortie de ANFIS en calculant la somme des sorties de tous les neurones de dé fluidification.

$$O_1^5 = y = \sum_i v_i \cdot f_i \quad (II.10)$$

L'apprentissage à partir d'un ensemble de données concerne l'identification des paramètres des prémisses et des conséquences, la structure du réseau étant fixée.

L'algorithme d'apprentissage commence par construire un réseau initial, ensuite on applique une méthode d'apprentissage par rétro propagation de l'erreur.

Jang a proposé d'utiliser une règle hybride d'apprentissage qui combine un algorithme de descente de gradient avec une estimation par moindres carrés.

II.3. Conception d'un contrôleur MPPT a base de réseau neurone-flou

La figure. Représente le schéma synoptique d'un système photovoltaïque doté d'une commande MPPT à base de réseaux neuro-flou. [15]

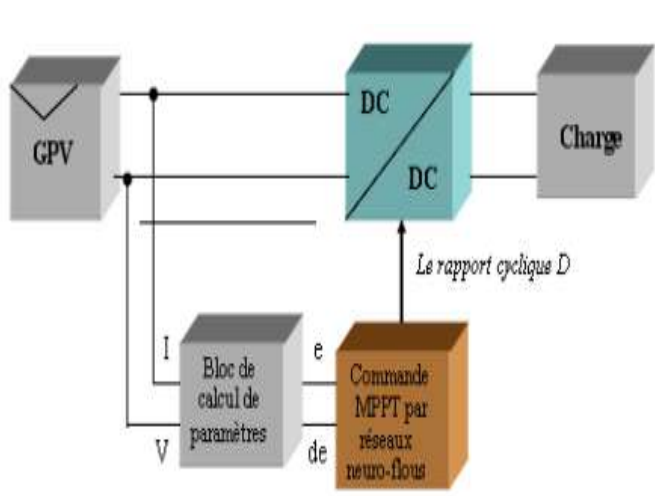


Figure.II.6 : Schéma synoptique d'un système Photovoltaïque avec une commande MPPT Par réseau de neuro-flou

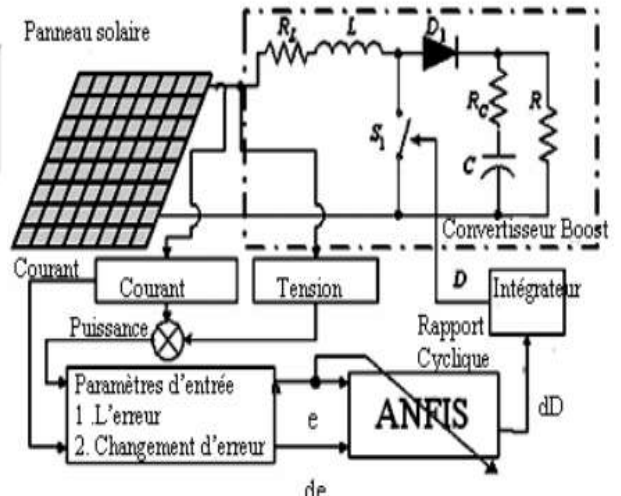


Figure. II.7: illustration du principe du pour ANFIS la poursuite du point de puissance maximale

II.3.1. Description et structure du contrôleur MPPT neuro -flou proposé

Le contrôleur neuro-flou développé dans cette partie comprend deux entrées 'e' et 'de' et une seule sortie 'D' qui représentent respectivement l'erreur, la variation de l'erreur, et la commande. Les deux variables d'entrées génèrent l'action de contrôle 'D' qui sera appliquée au hacheur, afin d'ajuster le rapport cyclique de ce dernier de telle manière à assurer l'adaptation de la puissance fournie par le GPV. Ce contrôleur permet une génération automatique de règles floues basées sur le modèle d'inférence de Surgeon.

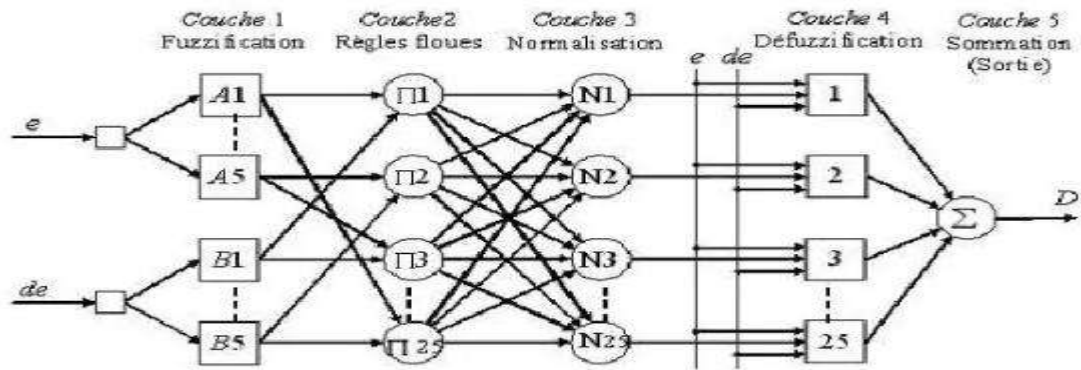


Figure.II.8 : Architecture du modèle ANFIS proposé

La structure neuronale équivalente proposée sous Matlab est représentée à la figure.

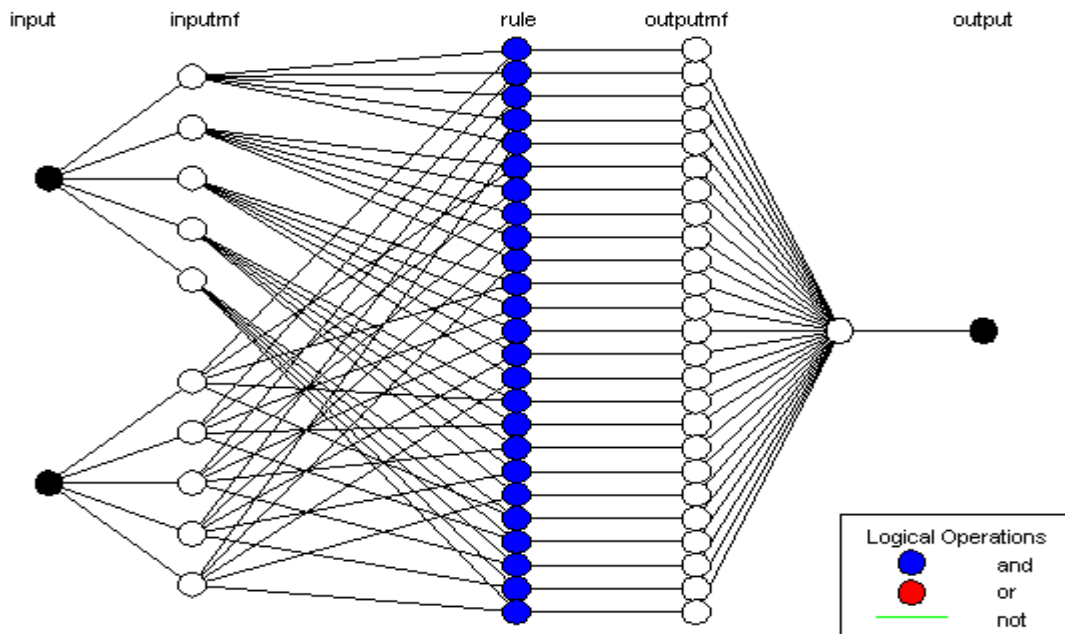


Figure.II.9 Structure neuronale du modèle proposé sous Matlab

II.3.2. Apprentissage du contrôleur "Entraînement d'un réseau ANFIS"

L'apprentissage de notre contrôleur est effectué par le biais de l'algorithme de rétro propagation, afin de déterminer les paramètres des prémisses (ajustement des paramètres liés aux fonctions d'appartenance) et l'estimation des paramètres conséquents par la méthode des moindres carrés. Ce qui a pour appellation "apprentissage hybride".

L'entraînement du réseau ANFIS est donc effectué par un algorithme à deux temps où on estime d'abord les paramètres des conséquents par une technique de moindres carrés et ensuite les poids du réseau par une descente de gradient.

Chaque époque d'entraînement comprend une phase avant et une phase arrière. Durant la phase avant, les patrons d'entrée servent à déterminer les sorties des neurones couche par couche, permettant de déterminer les valeurs des paramètres de conséquents en bout de compte.

Durant la phase arrière, l'algorithme de rétro propagation d'erreur est appliqué pour régler les poids des différentes couches.

Lors de la passe arrière, l'algorithme de rétro propagation d'erreur est appliqué pour mettre à jour les poids des antécédents des règles. Dans l'algorithme ANFIS de Jang, on optimise aussi bien les paramètres de antécédents que ceux des conséquents.

Durant la phase avant, les paramètres des conséquents sont adaptés alors que les paramètres des antécédents sont maintenus constants ; durant la phase arrière, les rôles sont échangés. Le résultat du processus d'apprentissage est montré sur la figure. [16]



Figure.II.10 : Entraînement du réseau neuro-flou (avec un nombre d'itération de 500).

II.3.3. Test de la capacité de généralisation après apprentissage

Après apprentissage du système neuro-flou adaptatif (ANFIS), nous avons testé sa généralisation, en présentant des données de validation (Checking Data).

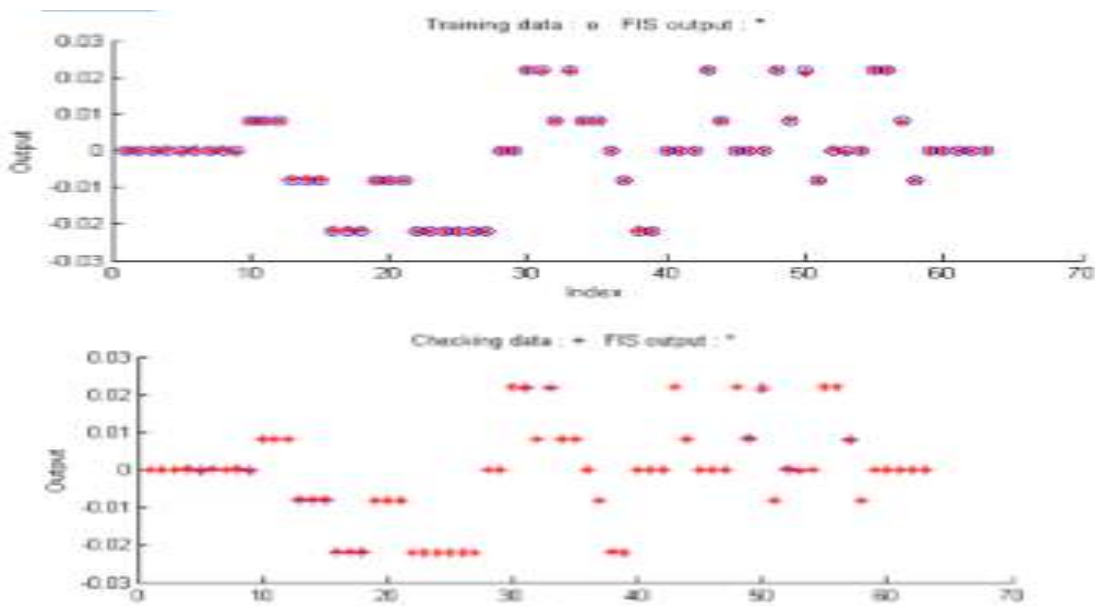


Figure.II.11 : Test de la capacité de généralisation après apprentissage.

II.4. Résultat de simulation de l'application « APPROOCHE » neurone-flou a la poursuite de la puissance maximale

Dans cette section, nous allons examiner les effets de cette hybridation, illustrés par les graphiques suivants qui mettent ainsi en évidence l'apport de la recherche globale dans l'amélioration des résultats d'apprentissage classique des réseaux de neurones. Une fois le contrôleur neuro-flou conçu et testé, il est inséré dans le système photovoltaïque. Une simulation numérique est par la suite effectuée.

II.4.1. Simulation du fonctionnement sous des conditions standard (constantes)

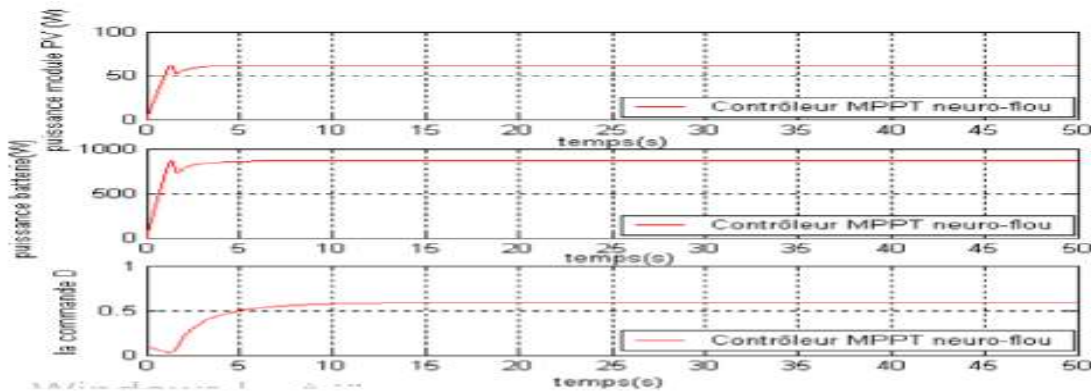


Figure.II.12 : Variation de la puissance du module, la puissance de la batterie et de la commande D pour une température de 25°C et un ensoleillement de 1000w/m2.

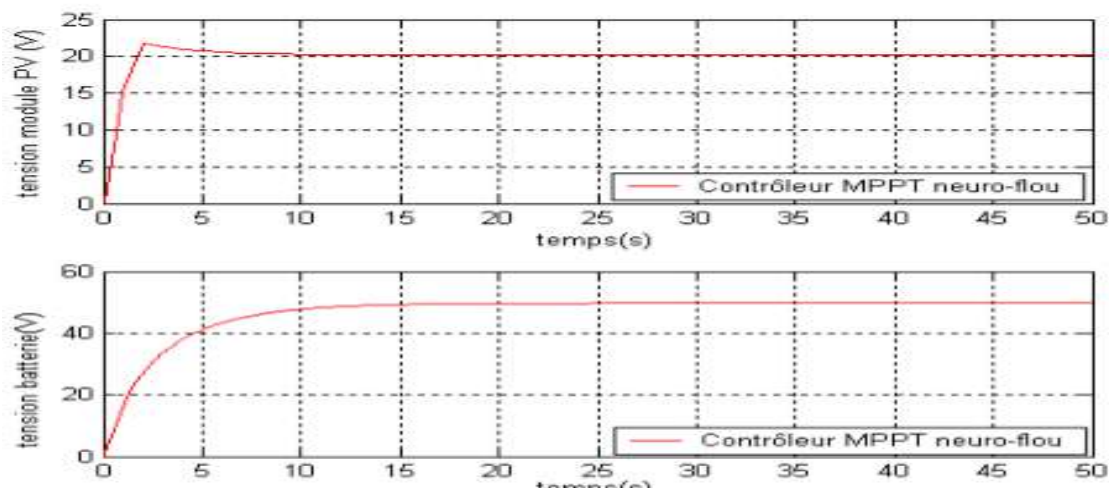


Figure.II.13 : Courbe de variation des tensions de batterie et de module avec le contrôleur neuro-flou.

II.4.2. Simulation des conditions variables d'ensoleillement

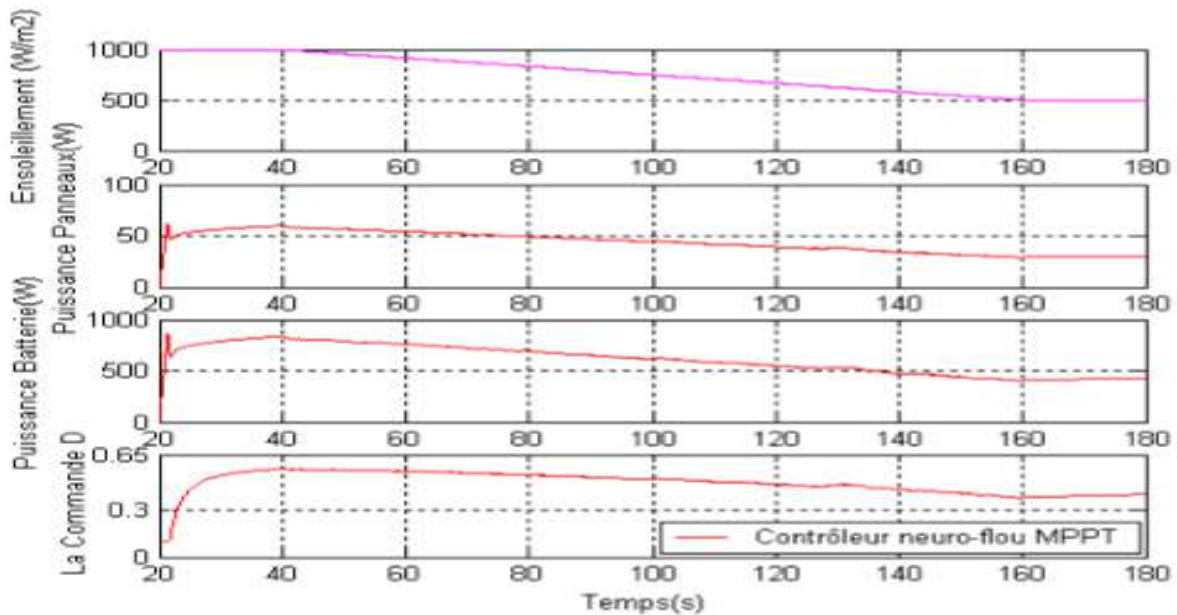


Figure.II.14: Variation de la puissance du module, la puissance de la batterie et de la commande D pour une diminution lente de l'ensoleillement de 1000 à 500 W/m2 en 5 secondes avec une température de 25 C°.

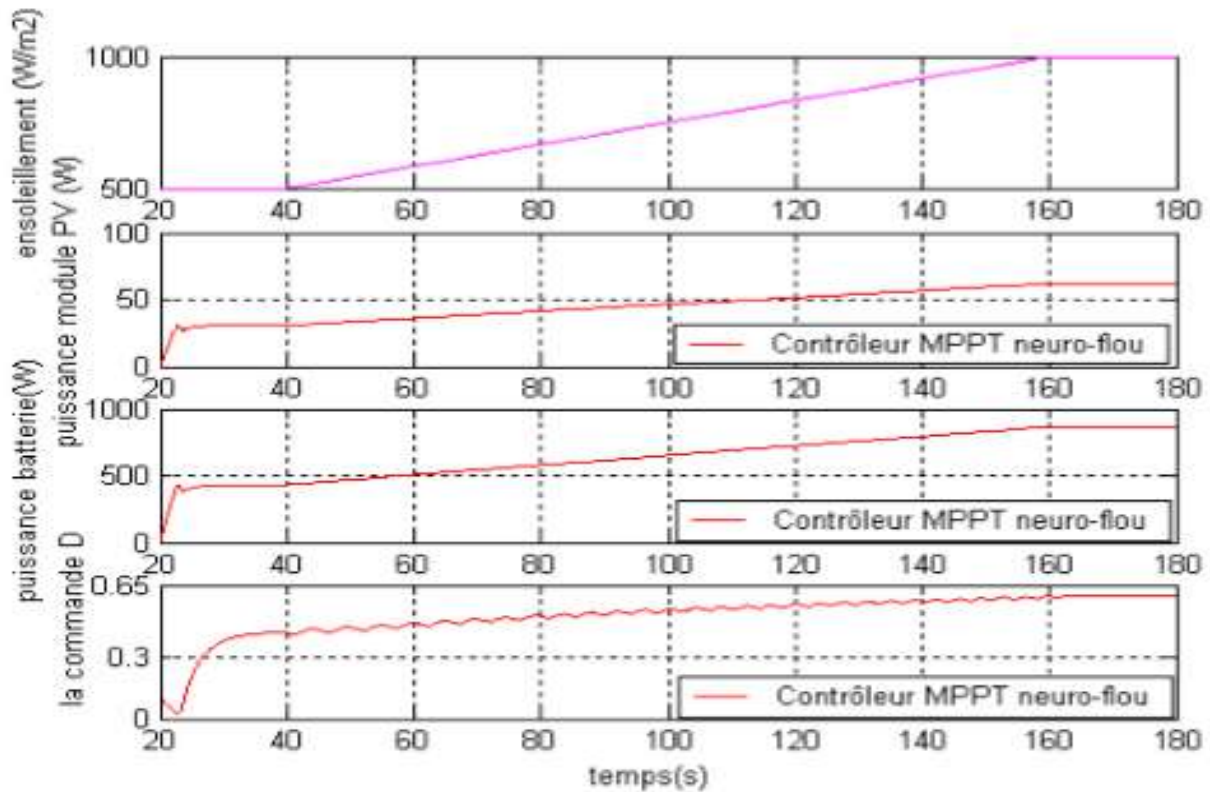


Figure.II.15: Variation de la puissance du module, la puissance de la batterie et de la commande D pour une augmentation lente de l'ensoleillement de 500 à 1000 W/m2 en 5 secondes avec une température de 25 C°.

II.4.3. Simulation sous des conditions variables de température (changement de la température)

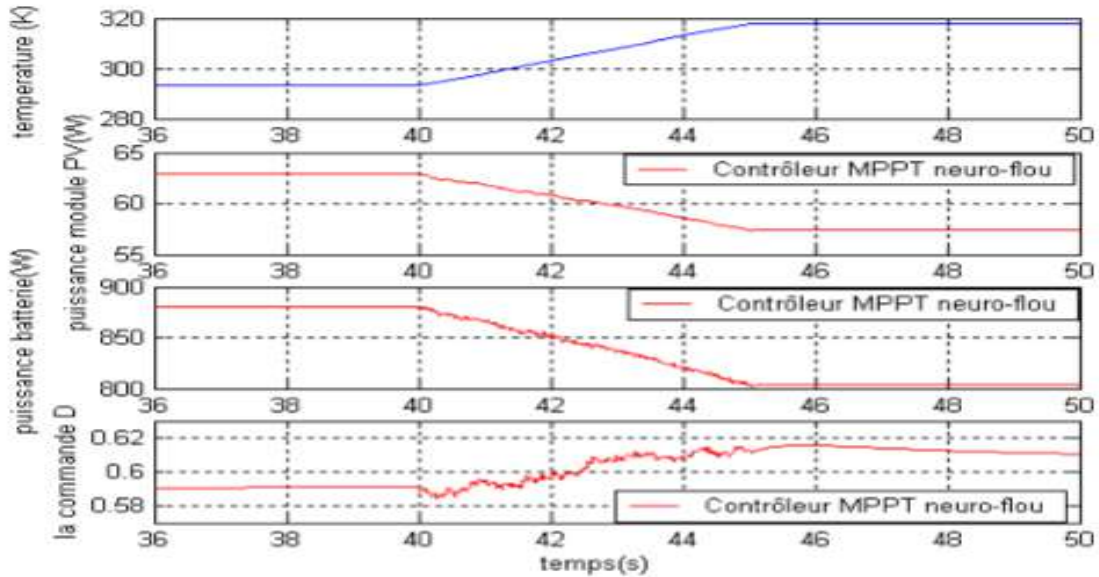


Figure.II.16: Variation de la puissance du module, la puissance de la batterie et de la commande D pour une augmentation rapide de la température de 20°C à 45°C en 5 secondes avec un ensoleillement de 1000W/m2.

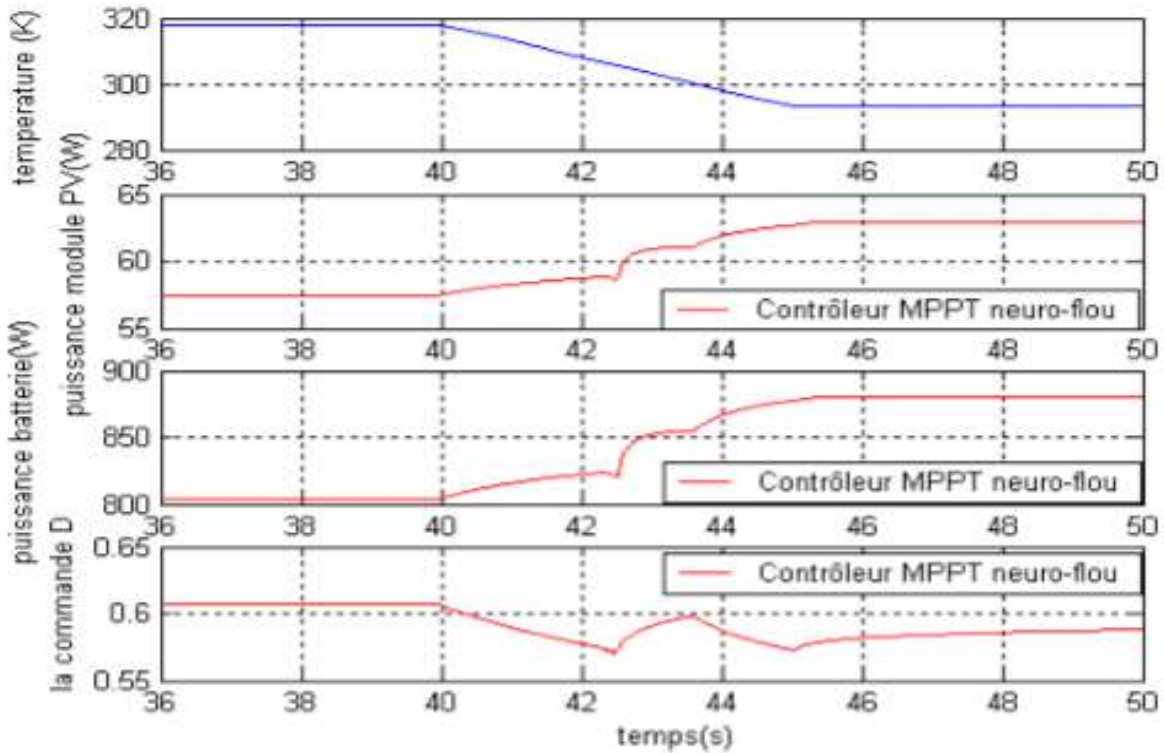


Figure.II.17: Variation de la puissance du module, la puissance de la batterie et de la commande D pour une diminution rapide de la température de 45°C à 20°C en 5 secondes avec un ensoleillement de 1000W/m2.

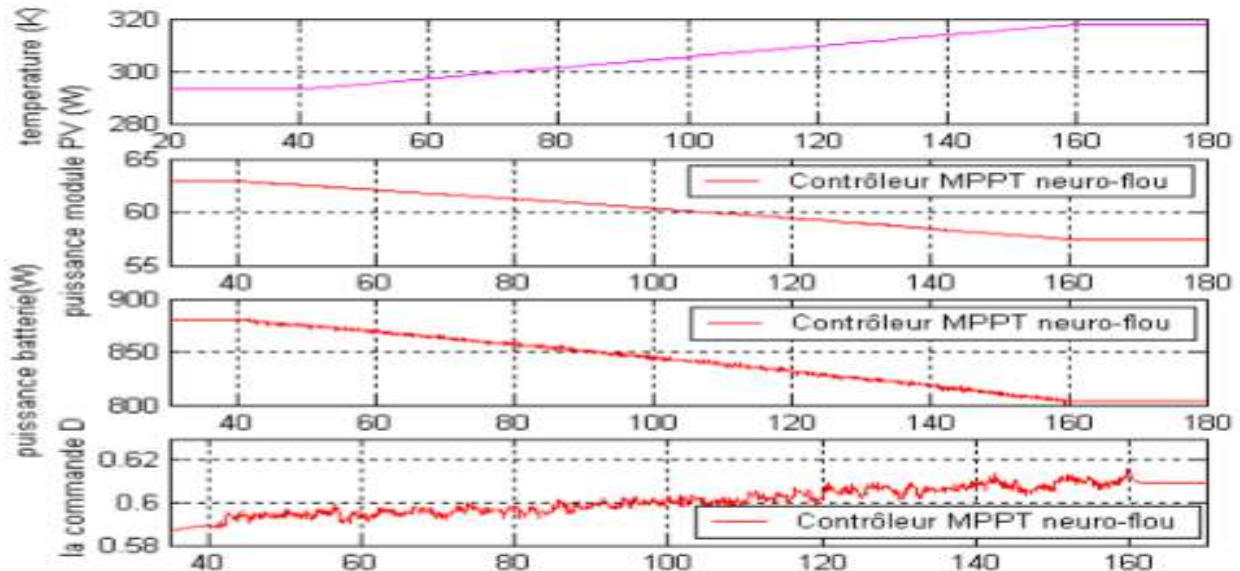


Figure.II.18: Variation de la puissance du module, la puissance de la batterie et de la commande D pour une augmentation lente de la température de 20°C à 45°C et un ensoleillement de 1000W/m².

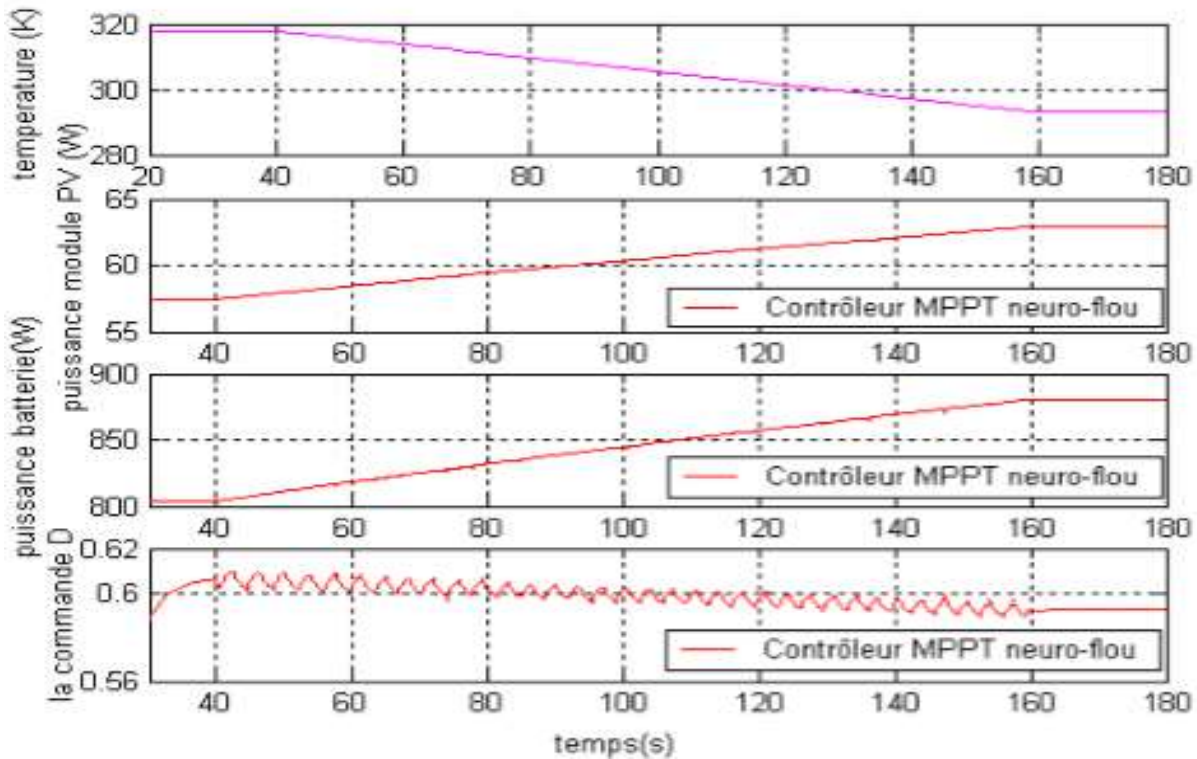


Figure.II.19 : Variation de la puissance du module, la puissance de la batterie et de la commande D pour une diminution lente de la température de 45°C à 20°C en 120 secondes avec un ensoleillement de 1000W/m².

II.4.4. Simulation sous des conditions aléatoires d'ensoleillement et de température

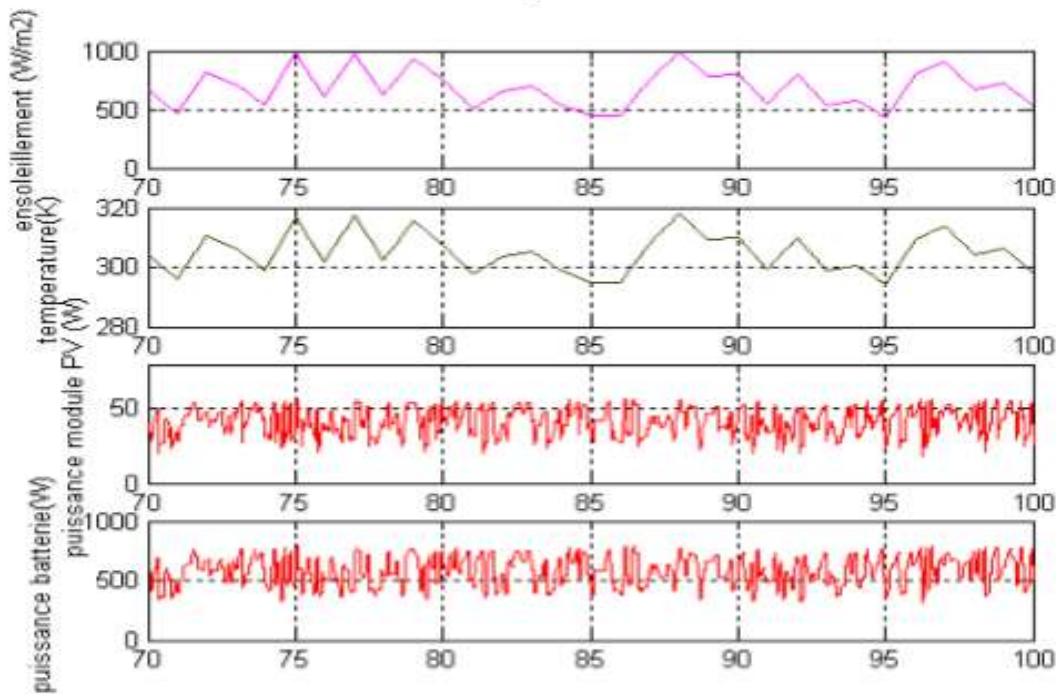


Figure.II.20 : Variation de la puissance du module, la puissance de la batterie et de la commande D pour un changement aléatoire à une température de 20°C à 45°C et un ensoleillement de 400 à1000 W/m2.

Permettent de donner des décisions correctes et d'éviter les cas d'indécisions, les réseaux de neurones avec leurs capacités à s'adapter à des situations inconnues par le biais de l'apprentissage, et la logique floue avec sa capacité de modélisation de connaissances imprécises et gestion de l'incertitude.

Les résultats obtenus lors de notre travail encouragent la poursuite des recherches dans ce sens Nous pouvons également envisager de les améliorer.

Ce travail ne recherche nullement à condamner les méthodes classiques. L'approche présentée vient avant tout enrichir la grande famille des méthodes de poursuite du point de puissance maximale.

II.5. Les avantages de l'ANFIS

Les avantages de cette technique stratégie sont :

- ✓ Exploitation de la connaissance disponible, grâce à la base de règles. Réduction de la taille de la base de règles : il suffit d'avoir des règles générales, les Détails seront fournis par le RN.

- ✓ Réduction de la complexité de l'apprentissage : le RN doit simplement apprendre les Cas particuliers ou les exceptions, pas le problème complet.
- ✓ Efficacité immédiate dès le début de l'apprentissage et possibilité d'éviter des Comportements initiaux erratiques

CONCLUSION

La conversion photovoltaïque de l'énergie solaire est une des alternatives qui, depuis l'avènement des grands programmes spatiaux, a montré sa grande souplesse et son aptitude à fonctionner en milieu hostile.

Il s'agit d'une solution intéressante aux moyens de productions conventionnels. Pour assurer le fonctionnement d'un générateur photovoltaïque à son point de puissance maximale, des contrôleurs MPPT sont souvent utilisés. Ces contrôleurs sont destinés à la poursuite PPM et à minimiser ainsi l'erreur entre la puissance de fonctionnement et la puissance maximale de référence qui est variable en fonction de la charge et des conditions climatiques.

Dans le même but, plusieurs techniques de contrôle MPPT ont été introduites, dans ce travail, nous avons présenté une stratégie d'hybridation entre deux techniques : les réseaux de neurones, et la logique floue en vue d'élaborer un système de commande et de poursuite du point de puissance maximale afin d'extraire le maximum de puissance. La poursuite du point de puissance maximale par l'approche ANFIS a montré l'efficacité de cette dernière.

L'utilisation de l'approche neuro-flou (ANFIS) a permis une génération automatique des règles floues.

Selon les résultats obtenus, on peut conclure que le système neuro-flou fait apparaître un bon compromis entre la caractérisation et l'efficacité des calculs. Sa robustesse, sa rapidité et la précision de ses sorties lui

CHAPTER III

Simulation et résultats

Introduction

Les systèmes Neuro-Flous permettent de combiner les avantages de deux techniques complémentaires. Les systèmes flous fournissent une bonne représentation des connaissances. L'intégration de réseaux de neurones au sein de ces systèmes améliore leurs performances grâce à la capacité d'apprentissage de réseaux de neurones. Inversement, l'injection des règles floues dans les réseaux de neurones, souvent critiques pour leur manque de lisibilité, clarifie la signification des paramètres du réseau et facilite leur initialisation, ce qui représente un gain de temps de calcul considérable pour leur identification. De nombreux types de systèmes Neuro-flous ont été définis et développés ces dernières années, loin d'être uniformes, et parfois équivoques et confuses. Afin de clarifier les définitions, nous proposons dans ce chapitre une présentation brève de quelques types de systèmes Neuro-flous et une présentation plus détaillée de L'ANFIS. [17]

III.1. Système photovoltaïque proposé

La figure III.1 représente le schéma synoptique global du système PV optimisé par la commande PPM, constitué d'un module PV-305W relié à la charge résistive par un hacheur BOOS piloté, la commande d'un transistor MOSFET du convertisseur en faisant varier le rapport cyclique pour trouver le maximum de puissance à la sortie du générateur, à l'aide de la boîte à outils MATLAB cela dans le but du suivi du point de puissance maximale (MPPT). La tension de sortie du générateur photovoltaïque est amplifiée à l'aide d'un convertisseur survolteur. Cette tension est filtrée à l'aide d'un filtre C pour réduire les tensions harmoniques dans la charge. [18]

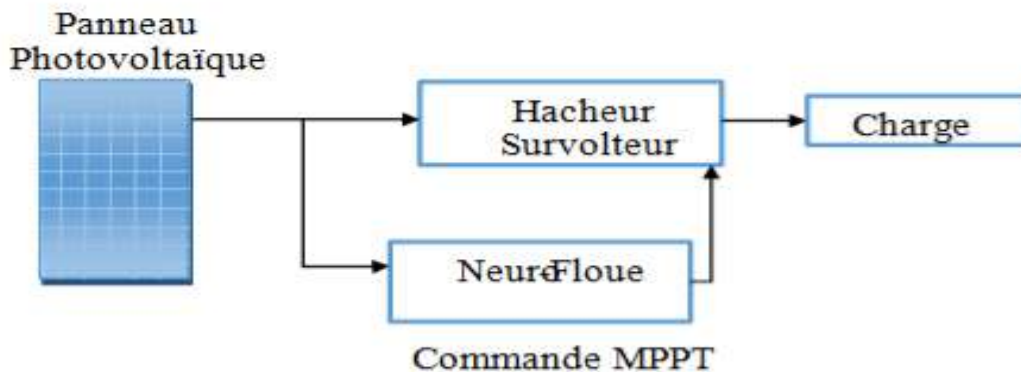


Figure III.1 : Schéma synoptique du système GPV par Neuro-Floue

III.2. Description du système

Cette module photovoltaïque « SUN POWER SPR-350E –WHT-D » Les caractéristiques électriques du module photovoltaïque sont données dans le tableau

Puissance maximale Pmax	305.226
Courant de court-circuit Icc	5.96
Tension de circuit ouvert VOC	64.2
Température de coefficient de VOC	-0.27269 %/deg.C
Température de coefficient de ICC	0.061745 %/deg.C
Courant au point de puissance maximum Imp (A)	5.58
Tension au point de puissance maximale Vmp (V)	54.7

Tableau (III.1) : Caractéristiques électriques du module photovoltaïque « SUN POWER SPR-350E –WHT-D »

Dans notre cas nous avons utilisé un modules photovoltaïque, 1 en série module et 1en parallèles strings a fin d’avoir une puissance globale environs de 1000W/m2, les caractéristiques (P,V) et (V,I) sont montres dans les figures III.2 suivantes :

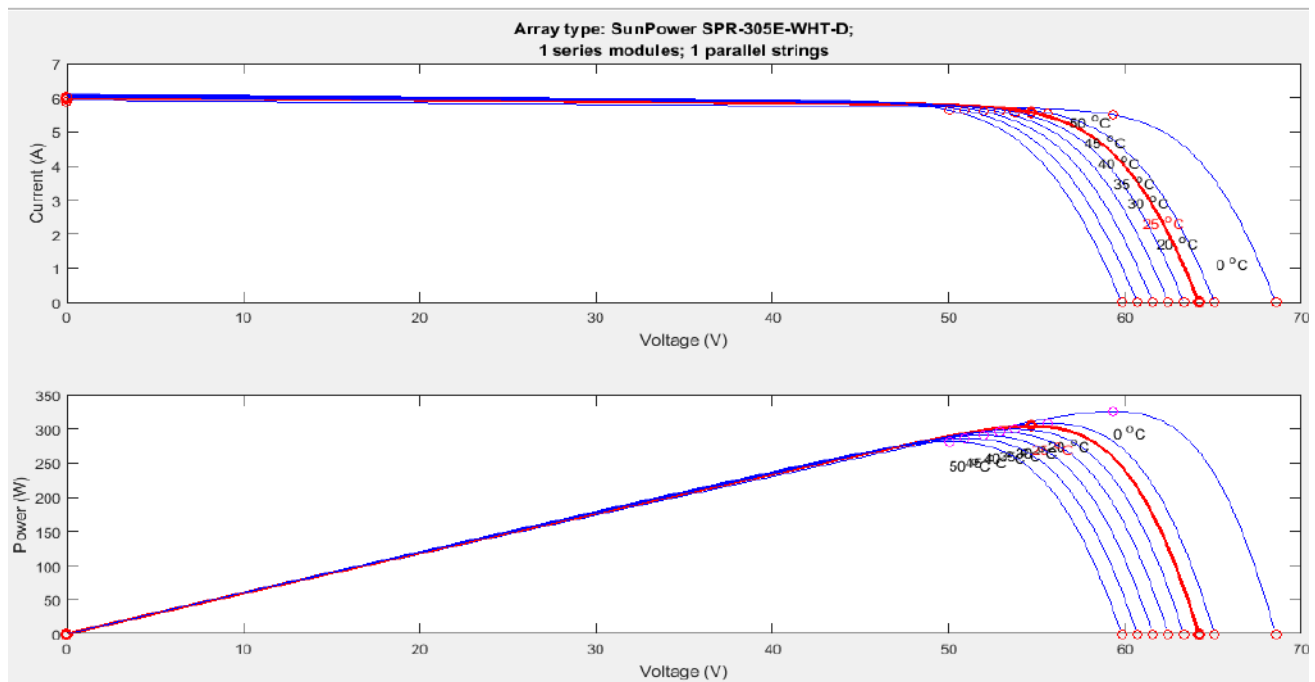


Figure III.2 : courbe courant tension et puissance tension avec variation de la température

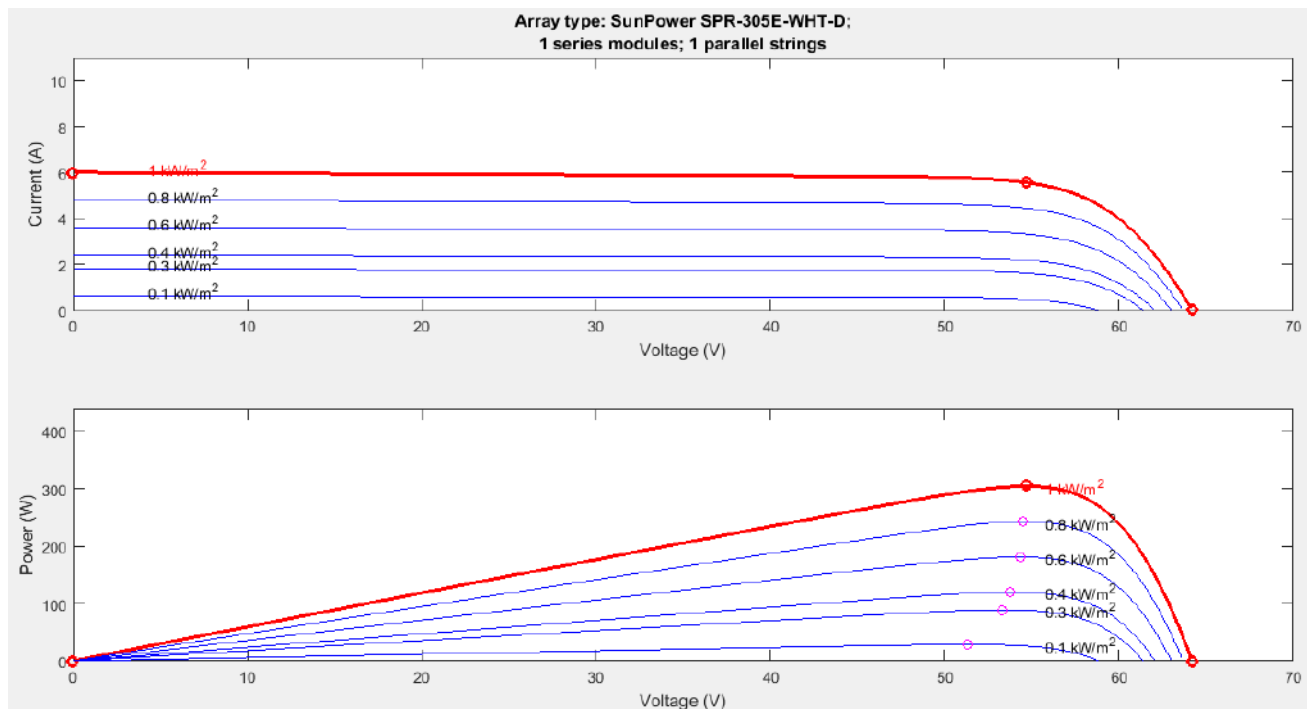


Figure III.3 : courbe courant tension et puissance tension avec variation de l'irradiation

III.3. Structure de la commande MPPT avec Neuro-Floue

Afin d'optimiser l'apport énergétique fournit pas les peaux, plusieurs démarches s'offre a nous, nous avons opté pour une méthode de suivit du point de puissance maximale avec la technique neuro-floue, elle reste parmi les meilleurs systèmes intelligents, elle fait associer la logique floue aux réseaux de neurones cela lui procure une rapidité dans l'exécution et un apprentissage adaptatifs ainsi que la possibilité de vérification instantané.

Cette méthode s'effectue en trois étapes : La création, l'apprentissage et le test, pendant lesquelles notre système doit pouvoir évoluer rapidement et efficacement [19].

Les systèmes neuro-floue sont des systèmes dont le raisonnement est le (in-add) est le plus proche de celui de l'être humain, capables de générer des modèles comportementaux à partir des données (règles-entrées) des systèmes dynamiques. Dans notre étude nous avons proposé un système réduit à 25 règles

III.4.La création passe par plusieurs étapes sur logiciel Matlab

La création passe par plusieurs étapes sur logiciel Matlab :

III.4.1.L'interface graphique

Après avoir écrit l'instruction « ANFISEDIT »

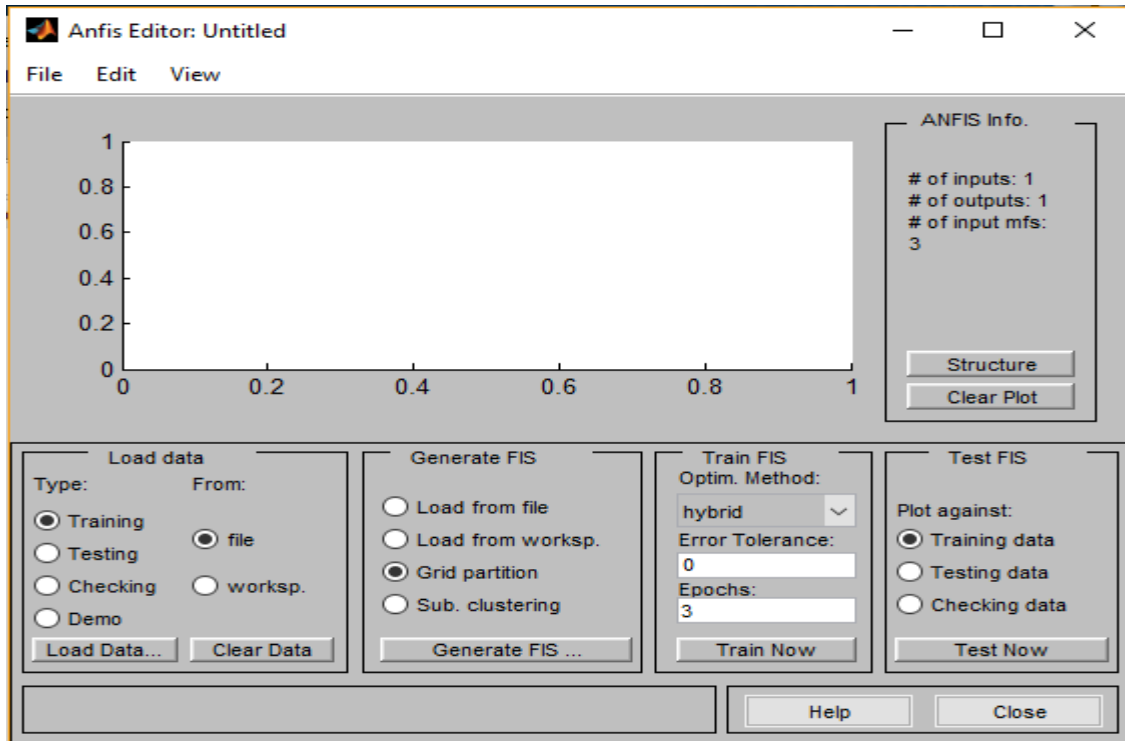


Figure III.4. : l'interface graphique neuro-flou

III.4.2. L'apprentissage

L'apprentissage avec ANFIS sous Matlab va permettre d'ajuster tous les paramètres que nous avons présentés précédemment. Des données de références nous permettrons de les choisir pour obtenir une sortie qui soit le plus en phase avec celle que nous recherchons. La méthode la plus utilisée s'appelle la rétro-propagation.

Le système ANFIS va décrire une boucle. Celle-ci va permettre de déterminer dans un premier temps qu'elles sont les connections responsable de l'erreur et de combien elle participe à cette dernière. En fonction de ces informations on va pouvoir modifier les poids qui ne vont pas. L'erreur que nous utilisons est du type quadratique (le carré de la différence entre la sortie voulue et de la sortie obtenue).

Le principe est modifier le poids des entrées du réseau en fonction de l'erreur que nous obtenons. Ainsi le système baissera le poids des neurones ayant le plus participé à l'erreur et en augmentera le poids des autres neurones. [20]

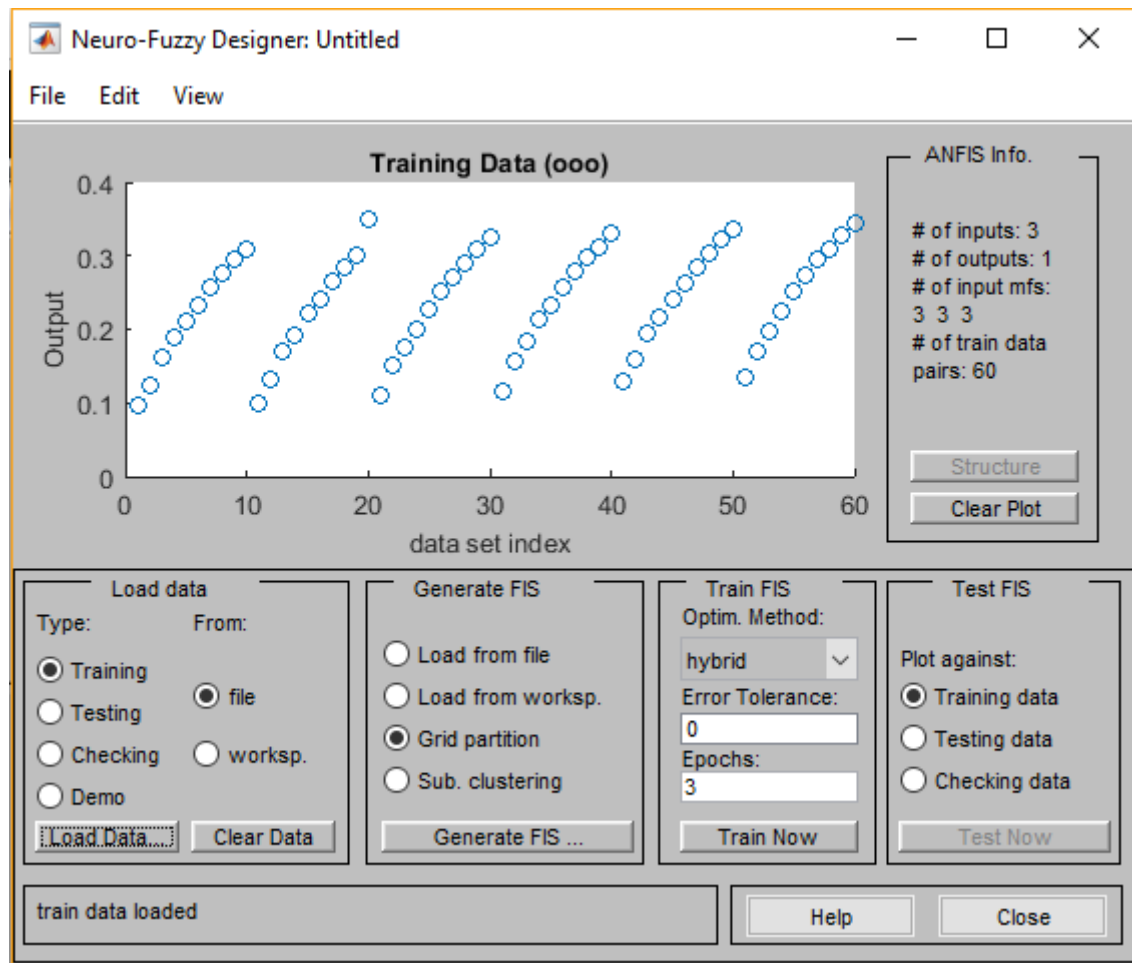


Figure III.5. le processus d'apprentissage neuro-flou sur MATLAB

Nous remarquons qu'ANFIS démarre l'étape de l'entraînement, après avoir fini l'étape de l'apprentissage, aussi nous avons opté pour la méthode des moindres carrés pour estimer les paramètres conséquents et l'algorithme de descente du gradient afin de déterminer les paramètres des prémisses (ajustement des paramètres liés aux fonctions d'appartenances). C'est ce qu'on a appelé "apprentissage hybride"

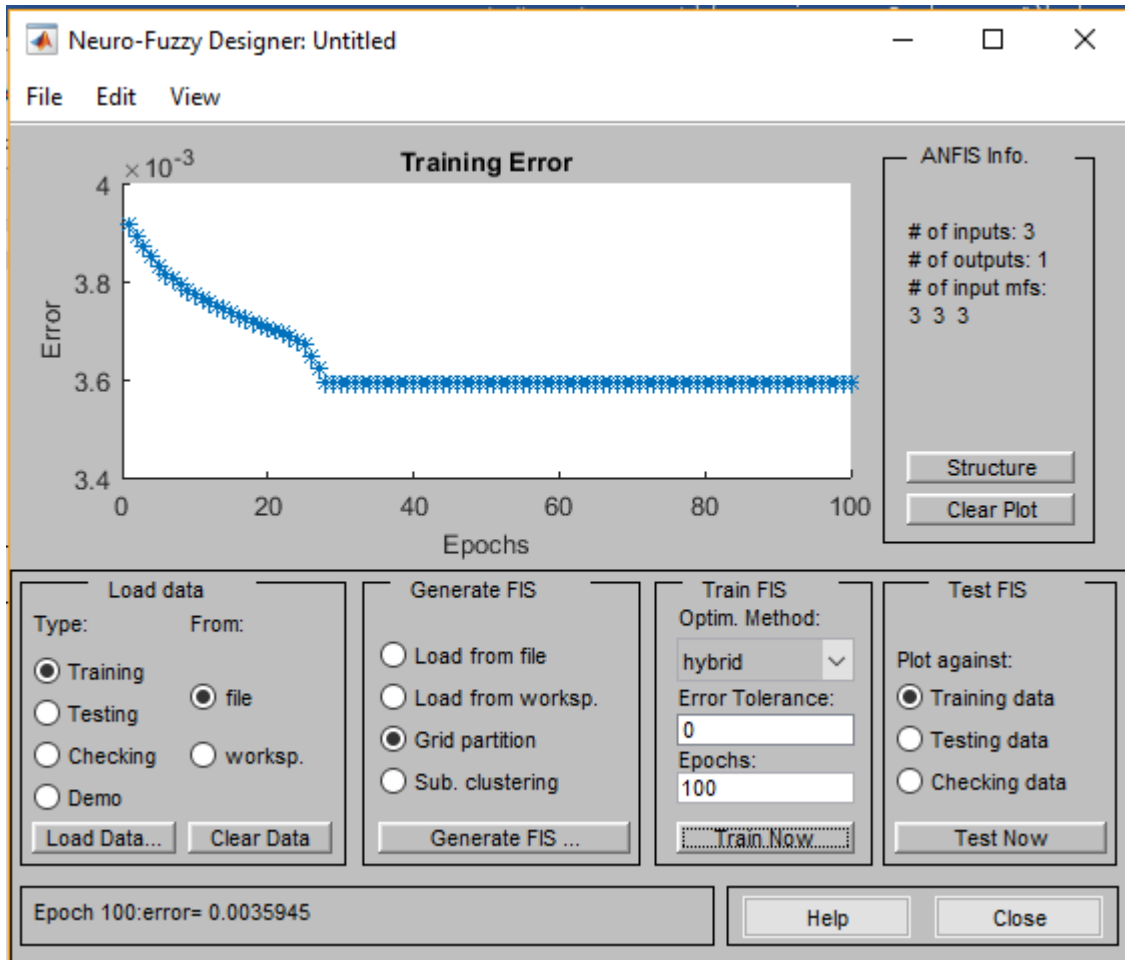


Figure III.6. La forme de la courbe d'apprentissage

Ici ANFIS, test de la capacité de généralisation après apprentissage du système neuro-flou adaptatif (ANFIS), dans notre approche nous nous sommes proposés de tester sa généralisation, en présentant des données de validation (training data).

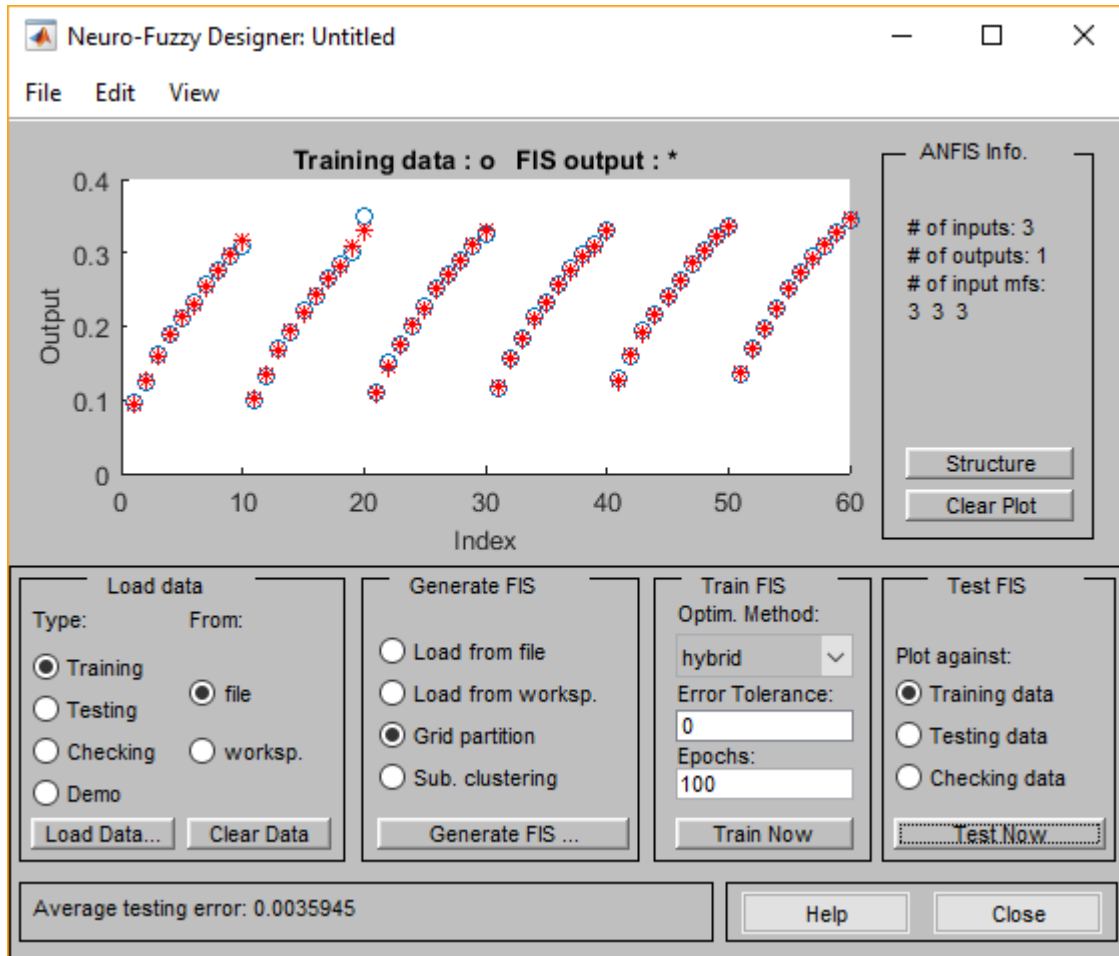


Figure III.7. : Test de la capacité de généralisation après apprentissage.

III.4.3. Structure neuro-flou proposé

La structure neuro-floue globale représentée sur la figure III.8 est un réseau à cinq couches. Cette dernière montre trois entrées, le courant et la tension et la puissance, qui sont traduites en fonctions d'appartenance appropriées, cinq fonctions le courant et cinq fonctions pour la tension. Et cinq fonction pour la puissance, Ces fonctions d'appartenance sont générées par le contrôleur ANFIS sur la base des connaissances préalables obtenues à partir du jeu de données d'apprentissage programme dans notre cas. La forme de la fonction d'appartenance varie au cours de l'étape d'apprentissage et la forme finale obtenue après l'achèvement de l'apprentissage est illustrée sur les Fig. III.10 et III.11.

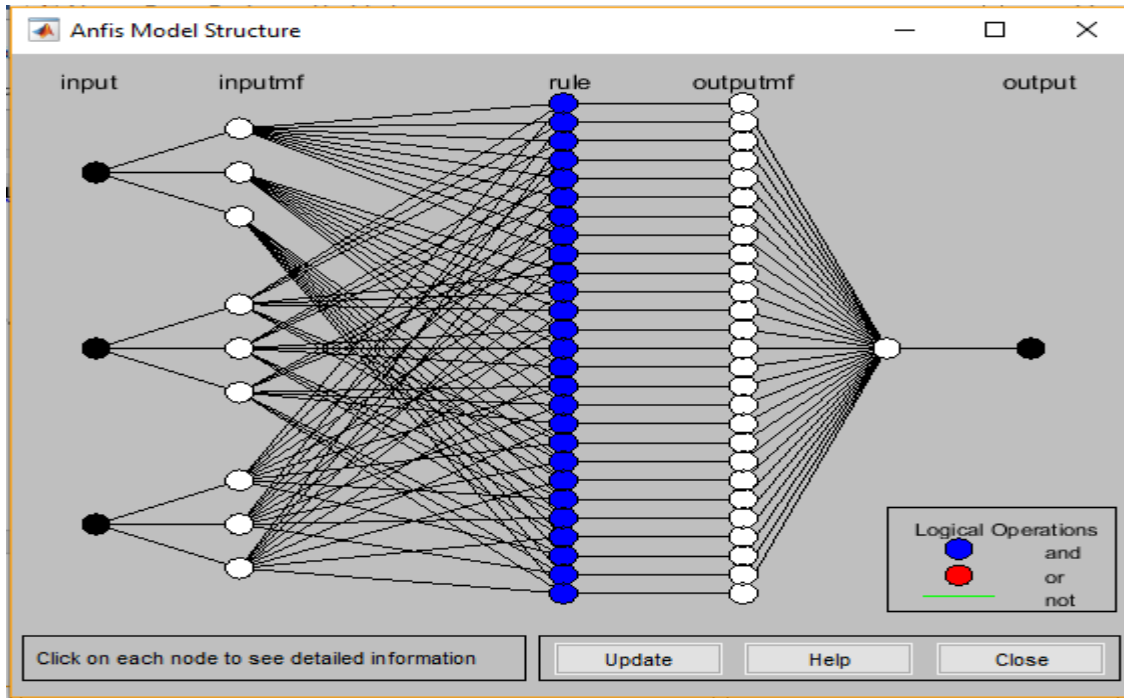


Figure III.8. : Structure neuro-floue sur ANFIS.

III.4.4. Vérification concrète du système crée

En première étape on fait appel à l’interface graphique floue où on devra charger le système crée préalablement, on aura le graphique

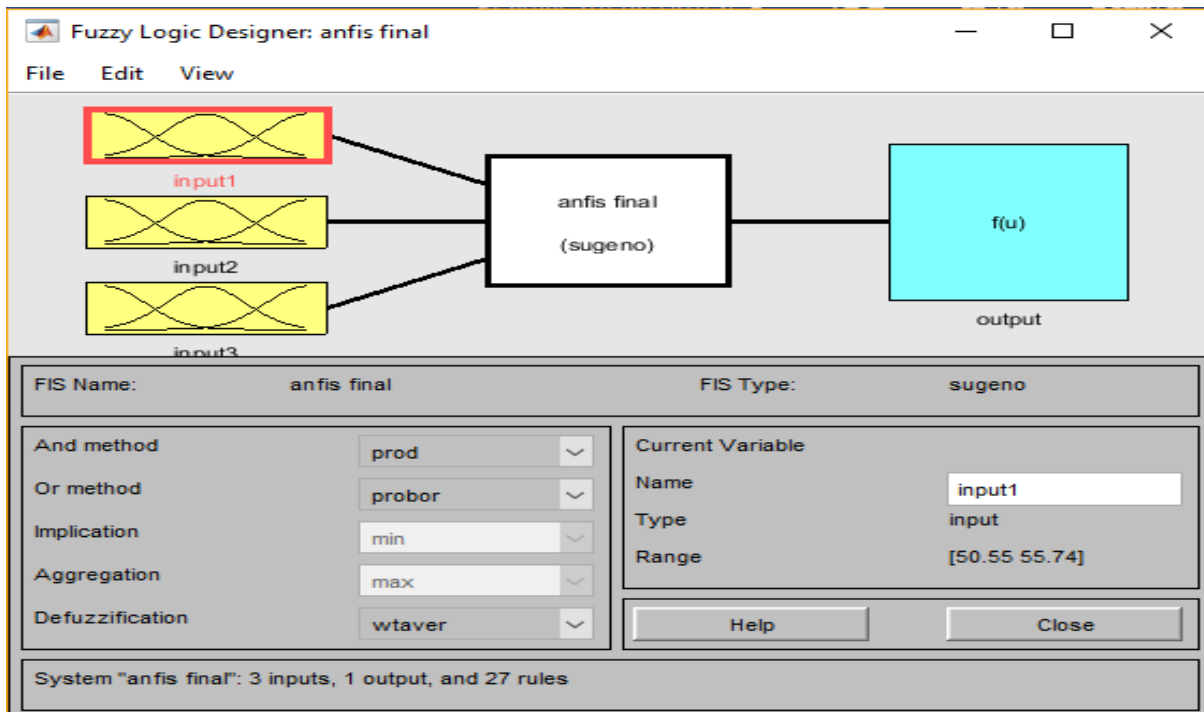


Figure III.9.: fenêtre de l’interface graphique floue

III.4.5. Visualisation des entrées des fonctions d'appartenance

Le plus souvent, on utilise pour les fonctions d'appartenance des formes trapézoïdales ou triangulaires. Ils s'agissent des formes les plus simples, composées par morceaux de droites. L'allure est complètement définie par trois points a , b et c pour la forme triangulaire et quatre points a , b , c et d pour la forme trapézoïdale

La visualisation des deux entrées données par des fonctions d'appartenance triangulaires est montrée sur les deux graphiques suivants.

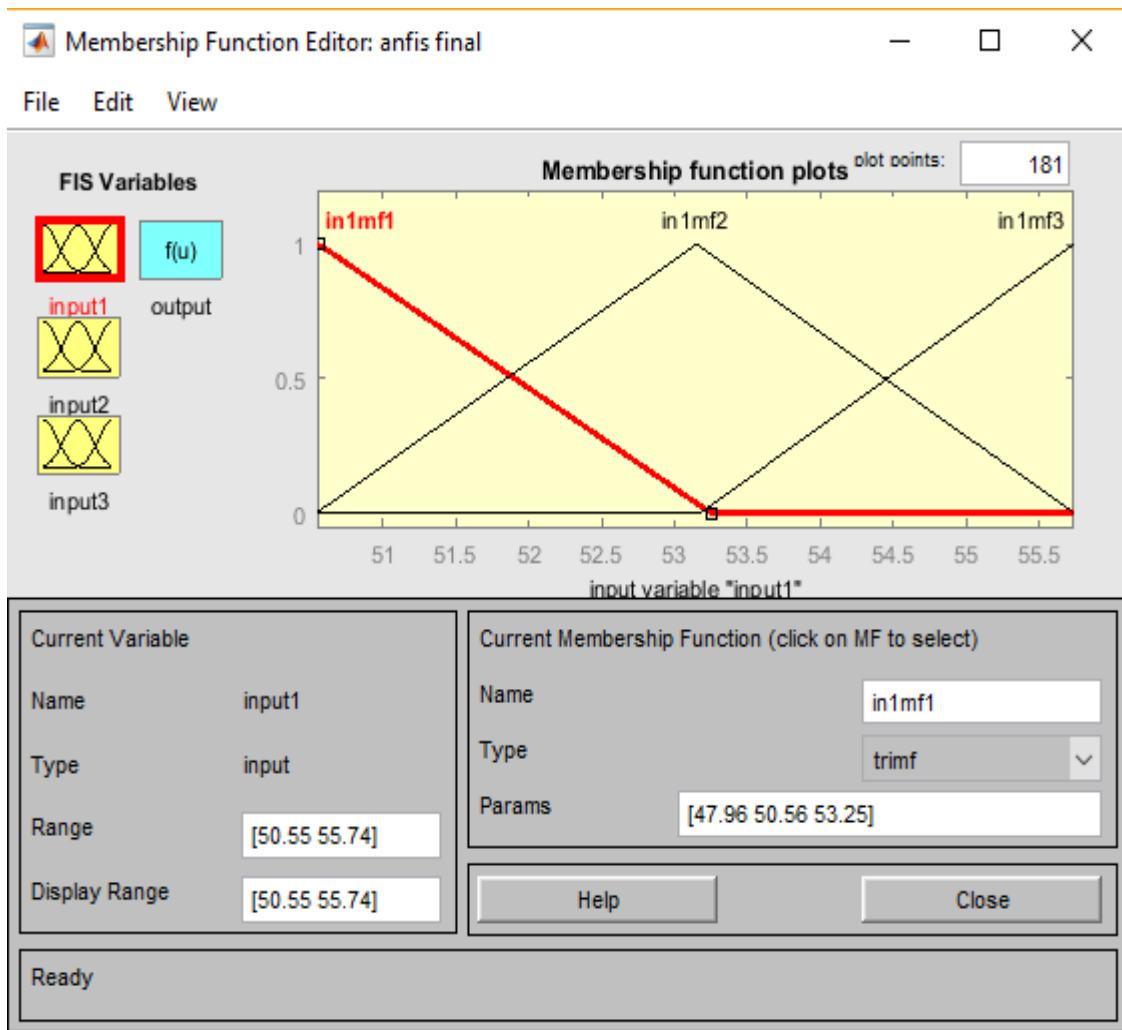


Figure III.10.: Fonction d'appartenance de la tension V_{pv}

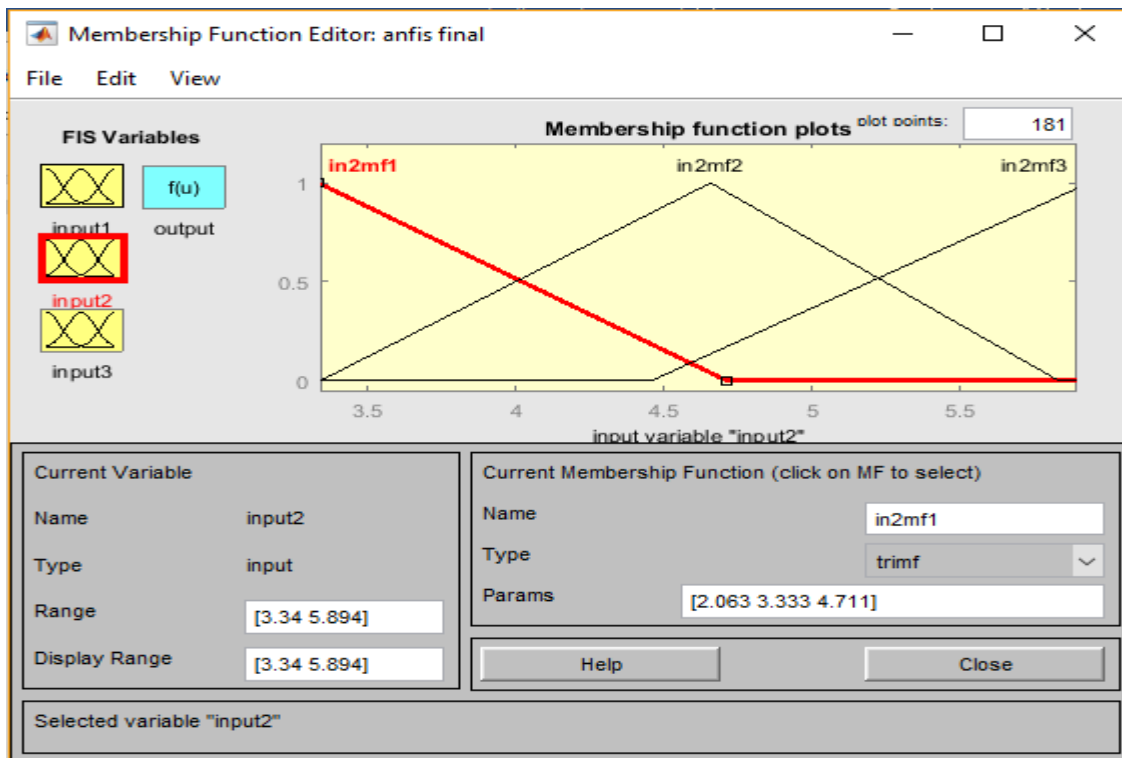


Figure III.11.: Fonction d'appartenance du courant Ipv

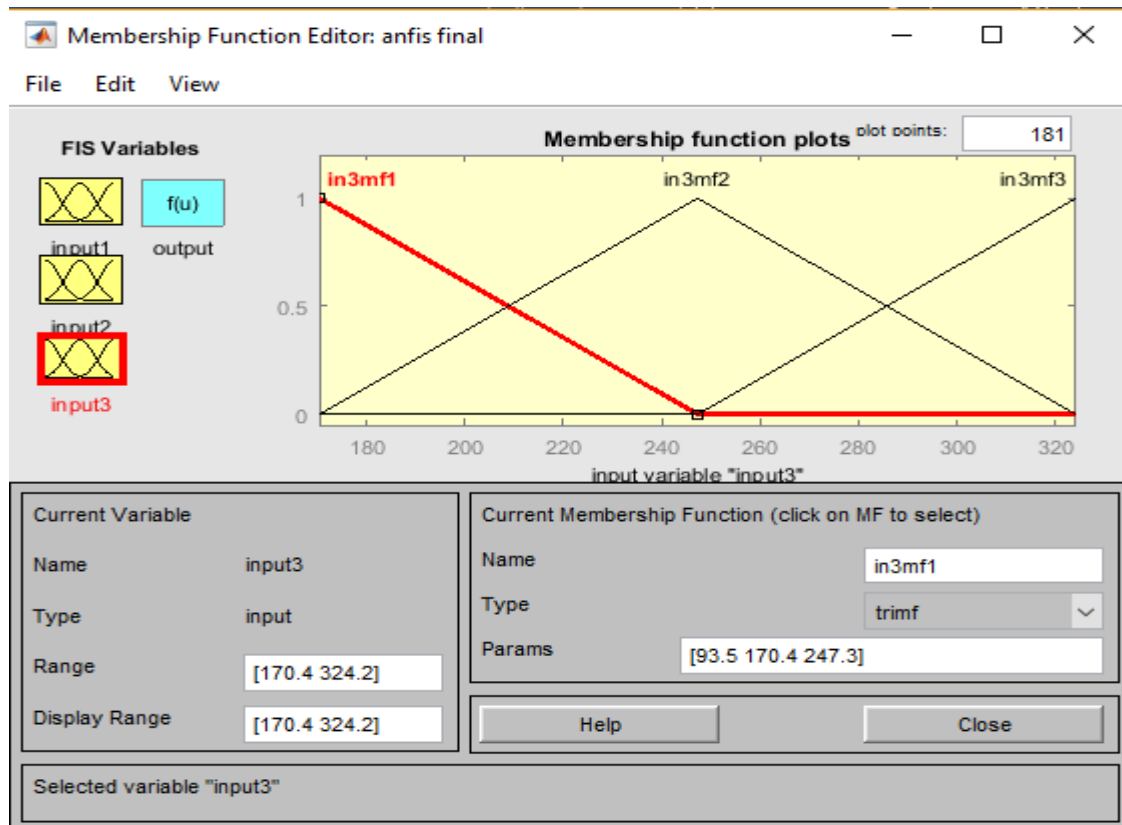


Figure III.12 : Fonction d'appartenance de la puissance

La sortie donnée sur la figure ci-dessus

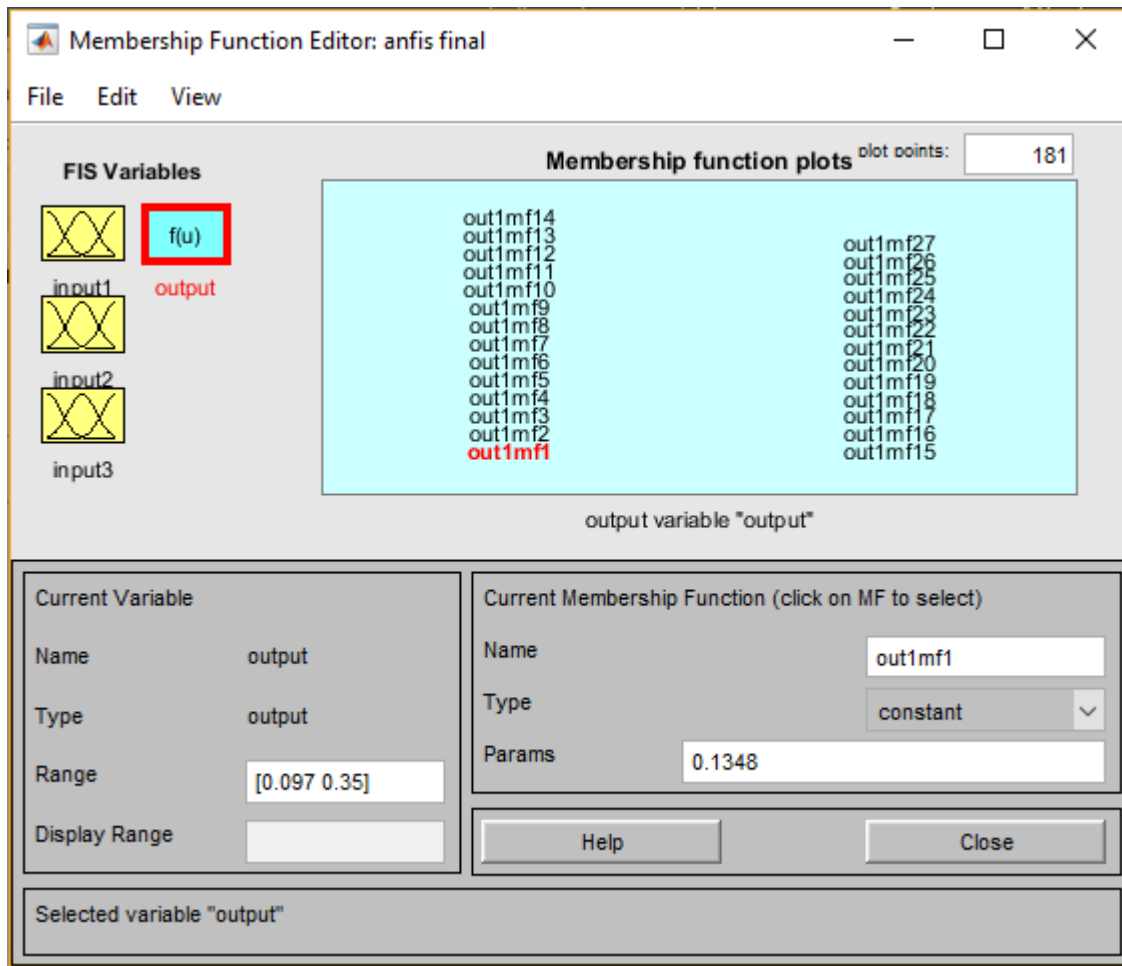


Figure III.13. Fonction d'appartenance de la température de la cellule PV

III.4 .6visualisation des règles

la visualisation des règles et leurs schéma fonctionnel donné par les deux figures III.14 :

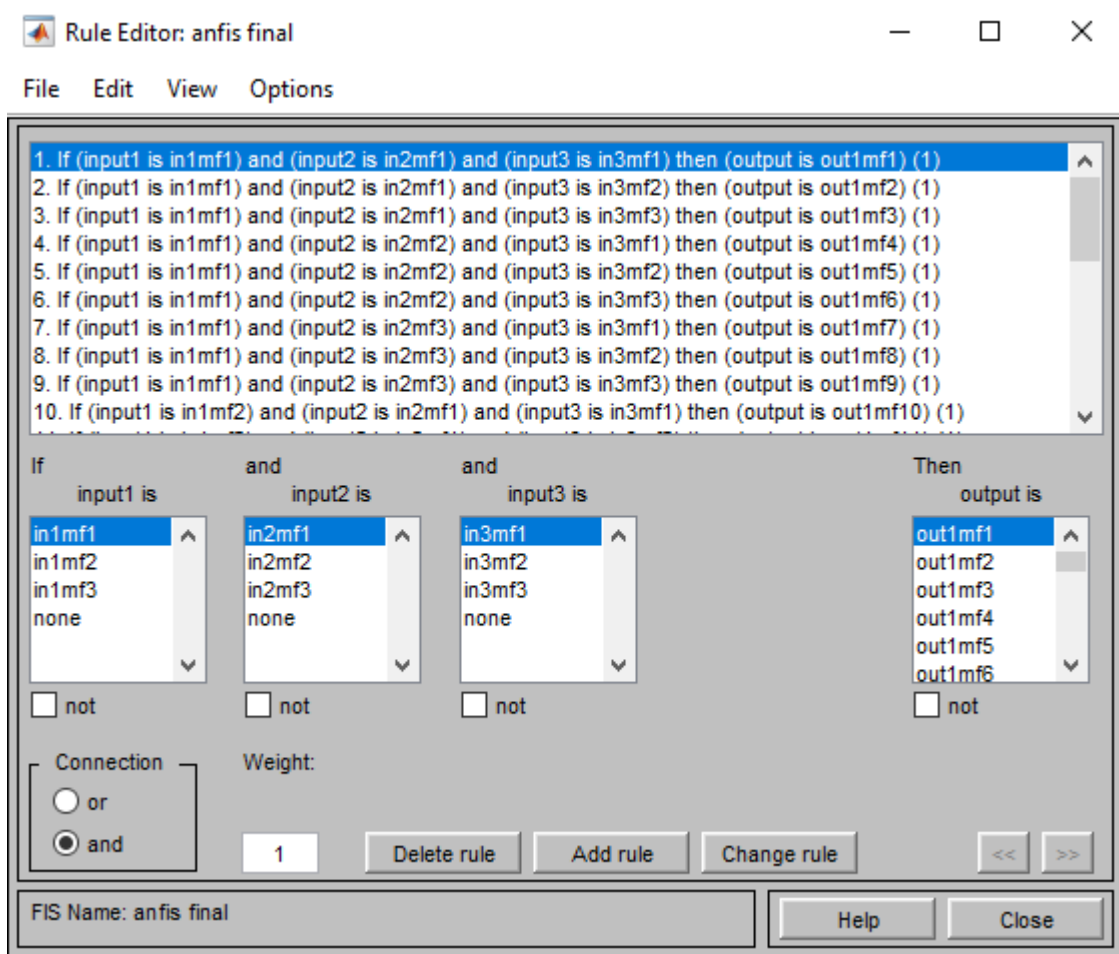


Figure III.14. Fonction d'appartenance visualisation des règles

Il est à noter qu'on aura 27 règles, et on a 3 mfs pour l'entrée 1 et 3 mfs pour l'entrée 2 et 3 mfs pour l'entrée 3.

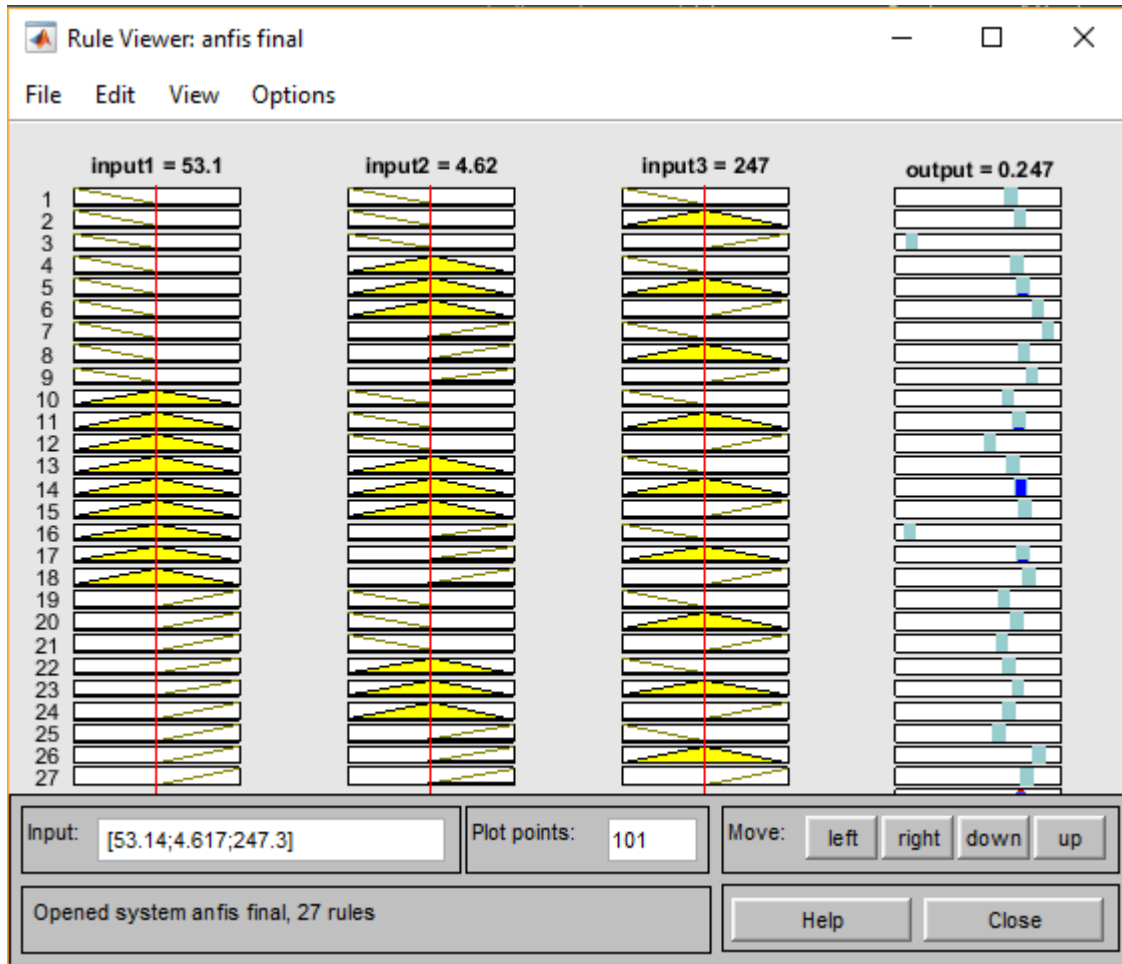


Figure III.15.: Base de règles du contrôleur ANFIS

En dernier nous illustrons le graphe de relation entre les 2 entrées et la sortie appelé « surface », comme sur la figure :

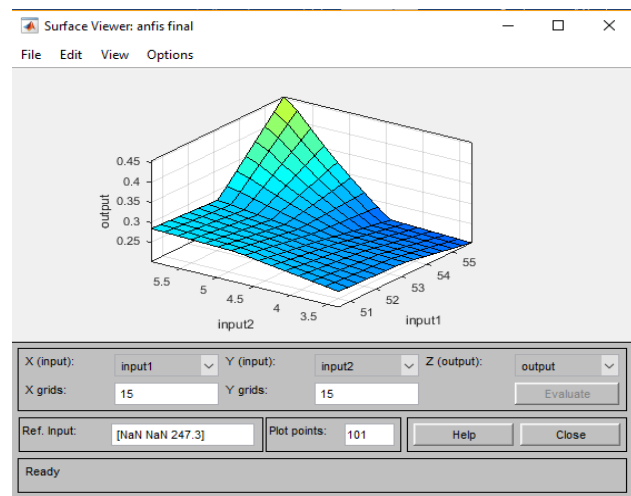
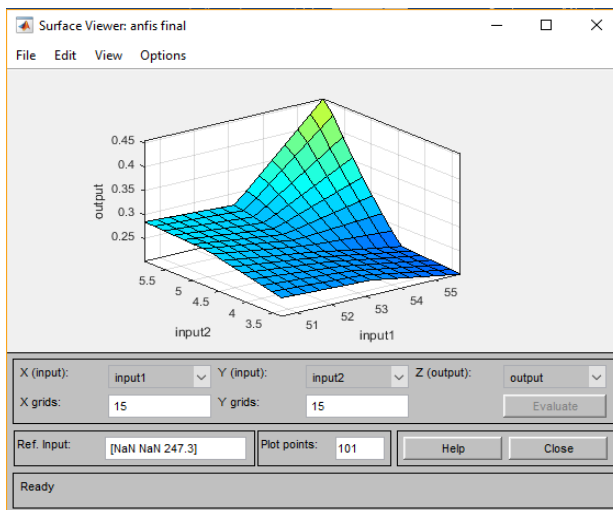


Figure III.16: Vue de surface créée par ANFIS

III.5. Simulation de Système globale: un panneau photovoltaïque avec MPPT et convertisseur DC-DC :

III.5. 1. Schéma bloc :

Bloc schématique de SIMULINK du système photovoltaïque adapté par la commande MPPT.

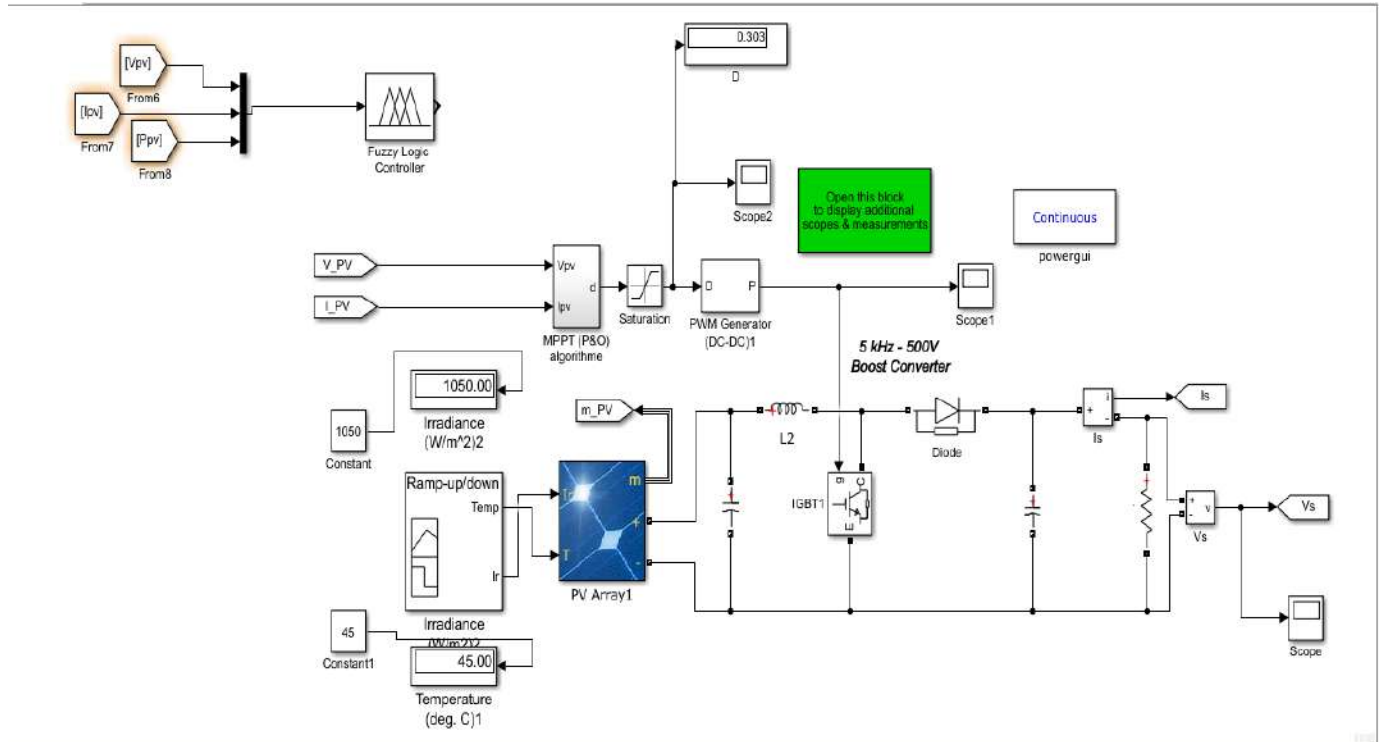


Figure III.17 : Schéma de simulation d'un système PV commandé par un contrôleur MPPT avec ANFIS

III.5.2. Test1 : utilisant la méthode « ANFIS »

Le système se compose d'un panneau photovoltaïque, d'un convertisseur élévateur DC-DC, d'un contrôleur MPPT et d'une charge.

Les valeurs de l'inductance et du condensateur sont déterminées par des équations connues dans la littérature. Le dimensionnement de ces composants c'est-à-dire les constituant le circuit de puissance à savoir, l'inductance de lissage L, le transistor de commutation, les capacités et la diode. Cette étape de dimensionnement est critique surtout dans l'implémentation d'un Boost commandé par MPPT.

Dans notre système, le convertisseur BOOST est conçu de manière à ce que les valeurs de ses paramètres soit : $C1 = 250\mu\text{F}$ $L = 0.5\text{ mH}$, $C2 = 47\mu\text{F}$ et la fréquence de commutation est de 5 KHz.

L'ANFIS prend en entrée le niveau d'irradiation et le degré de température, en fonction de ces valeurs, il donne la tension de référence que le panneau PV doit fonctionner à cette valeur. Ensuite, nous avons calculé la différence de tension entre la tension PV et la tension de référence de l'ANFIS. Cette tension calculée est comparée à un signal en dents de scie pour générer le signal de modulation de largeur d'impulsion approprié et le dispositif de commutation dans le convertisseur élévateur peut être activé/désactivé en fonction de ce signal PWM de contrôle. Chaque valeur pour l'irradiation et la température ont un signal PWM différent des autres. On peut prendre deux cas, le premier cas si l'on suppose la valeur d'irradiation autour de 1000 w/m^2 et le degré de température égal à 25C .

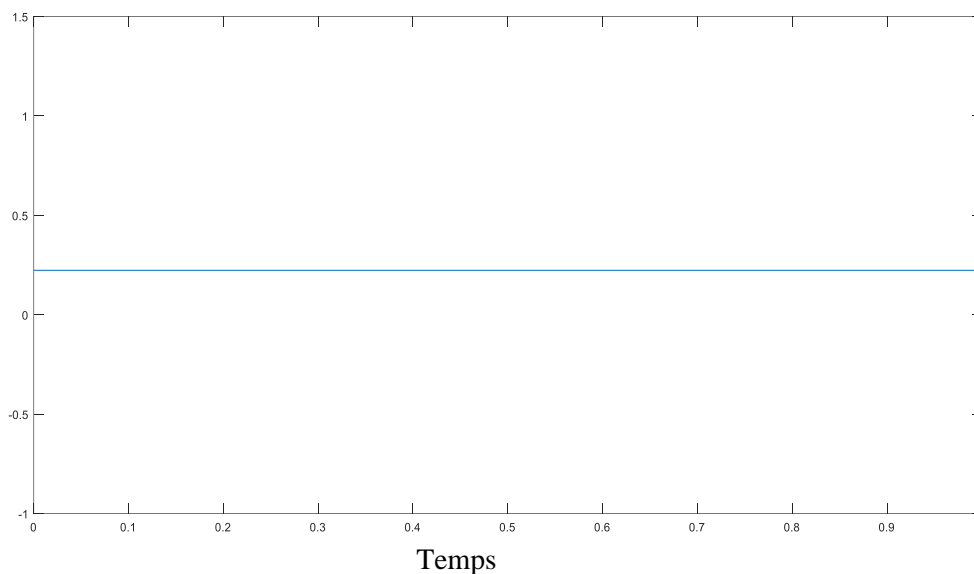


Figure III.18 : résultat du panneau solaire avant commande MPPT avec une température de 25° et une irradiation de 1000W/m^2

III.5.3 RESULTATS DE SIMULATION

Dans cette section, les résultats de la simulation de l'application de l'approche neurone foule à la poursuite du point de puissance maximal, nous allons examiner les effets de cette

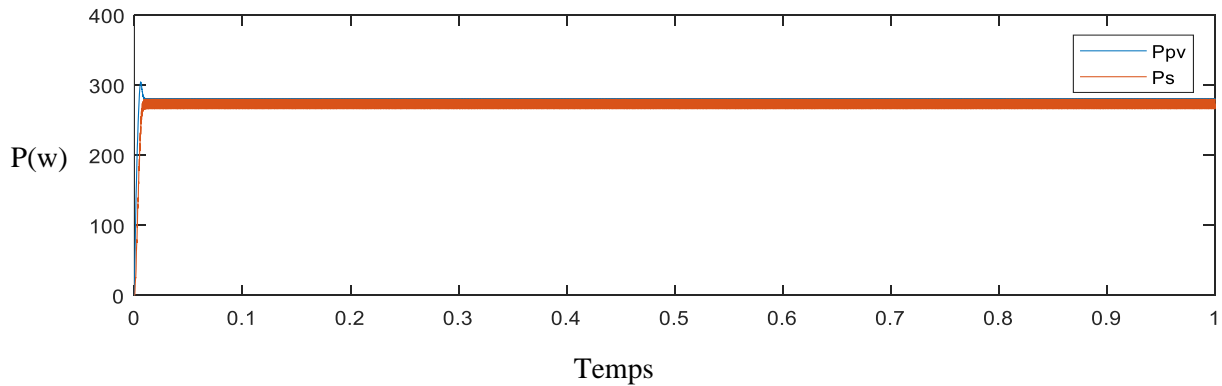


Figure III.19: Puissance optimale du système PV

Hybridation, illustrés par les graphiques suivants Une fois le contrôleur neuro flou conçu et Testé, il est inséré dans le système photovoltaïque. Une simulation numérique est par la suite effectuée.

Les résultats de simulation, sont donnés par les figures 13 et 14. Ces figures montrent Les valeurs de sortie de la puissance et de la tension pour une paire de la température et de L'éclairement égale à (25°C , 1000 W/m^2).

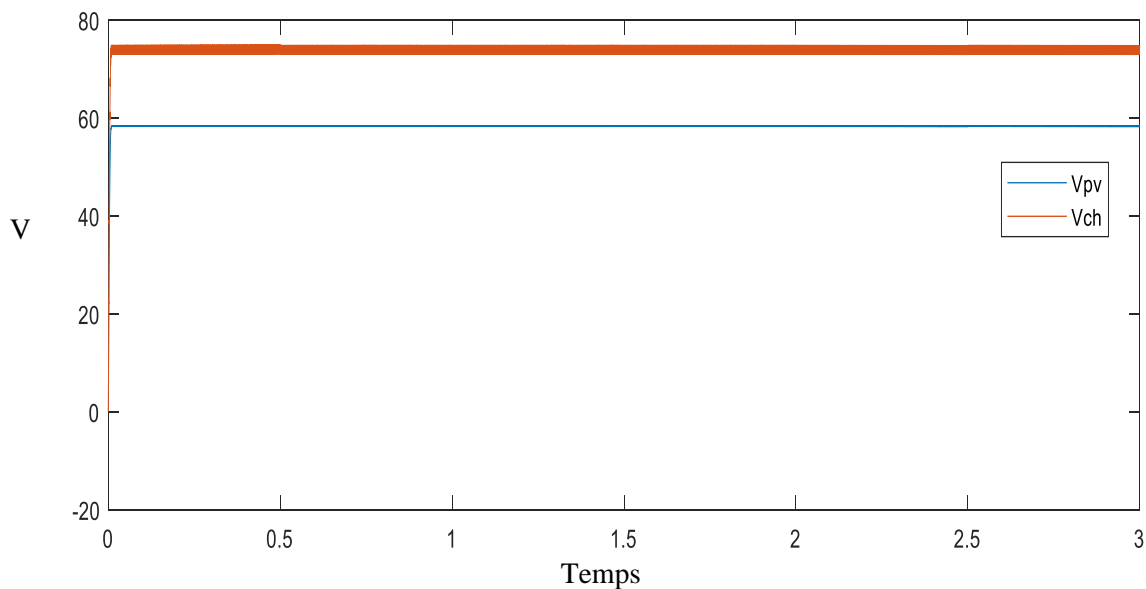


Figure III.20: Tension optimale du système PV

Figure III.21 comparaison entre la courbe d'évolution de tension de la charge et des PV

Figure III.21 comparaison entre la courbe d'évolution de tension de la charge et des PV

Les figures de simulation précédentes montrent que le système photovoltaïque converge vers les valeurs optimales.

On considère les variations de la température et de l'éclairement données par les figures 15 et 16. Les figures 17 et 18 illustrent l'évolution de la puissance et de la tension aux bornes du panneau PV, suite à l'évolution de la température et de l'éclairement.

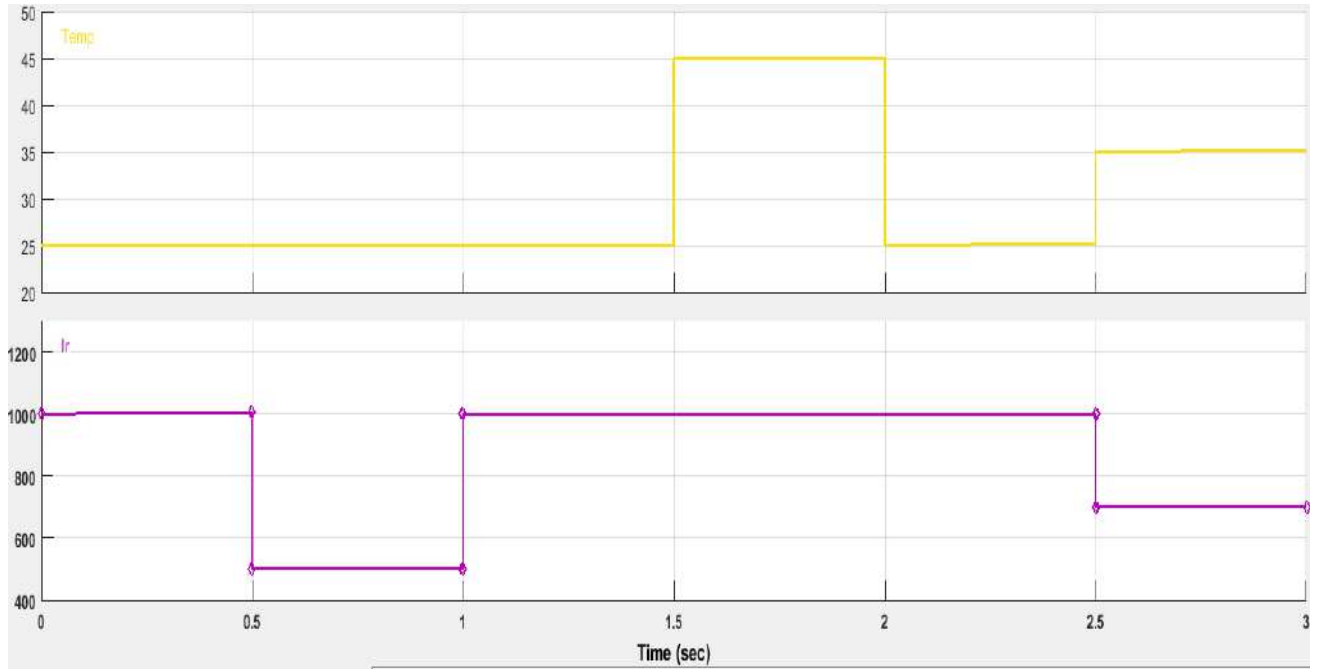


Figure III.21: Evolution de la température et Evolution de l'éclairement

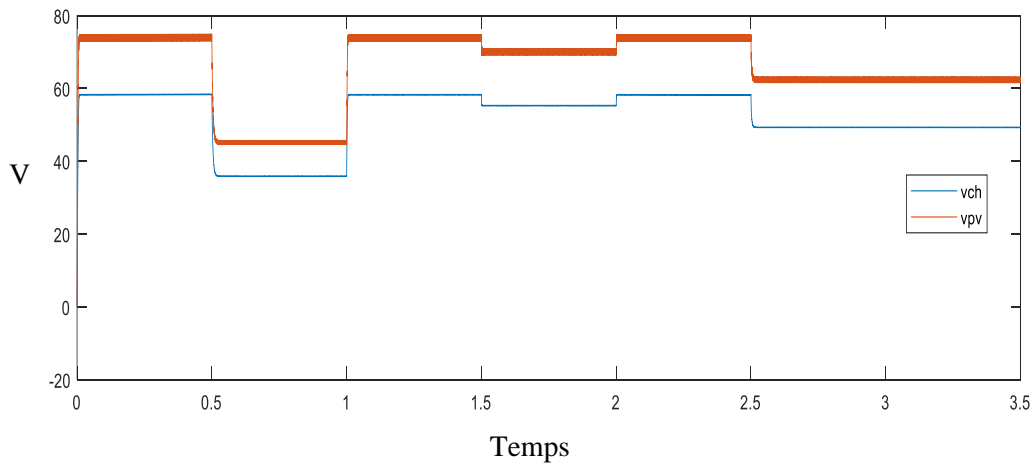
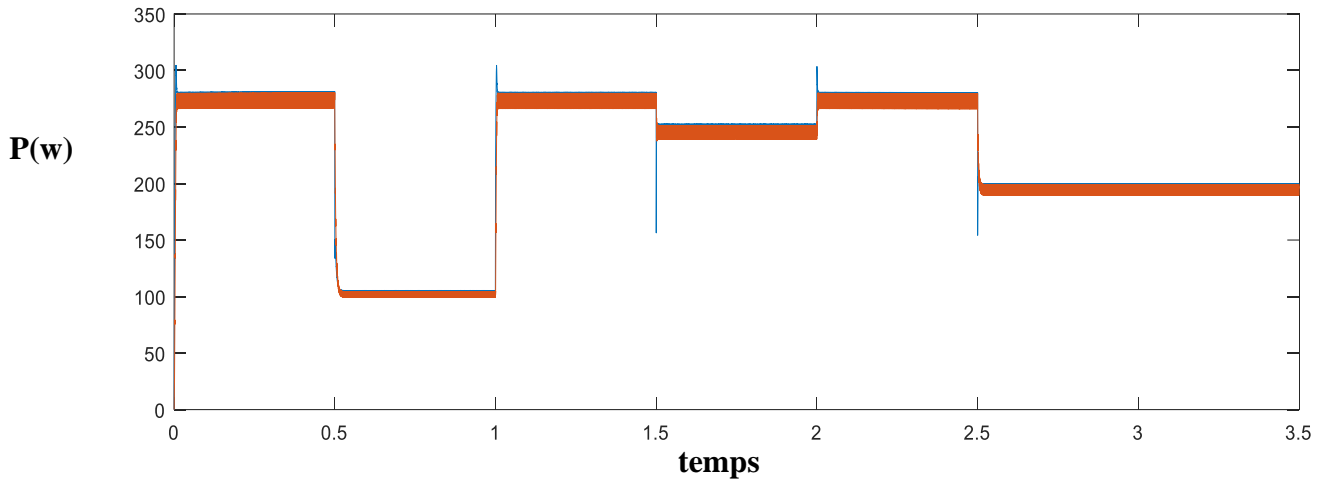


figure III.21 : comparaison entre la courbe d'évolution de tension de la charge et des PV

Tension optimale du système PV pour des conditions variables de la température et de l'éclaire



du système PV pour des conditions variables de la température et de l'éclairement

III.5.4 Comparaison entre l'anfis et (p&o)

Comparer les deux algorithmes proposés, des simulations P&O et ANFIS pour MPPT.

III.5.5. Test 2 :utilisant la méthode (P&O)et « ANFIS »:

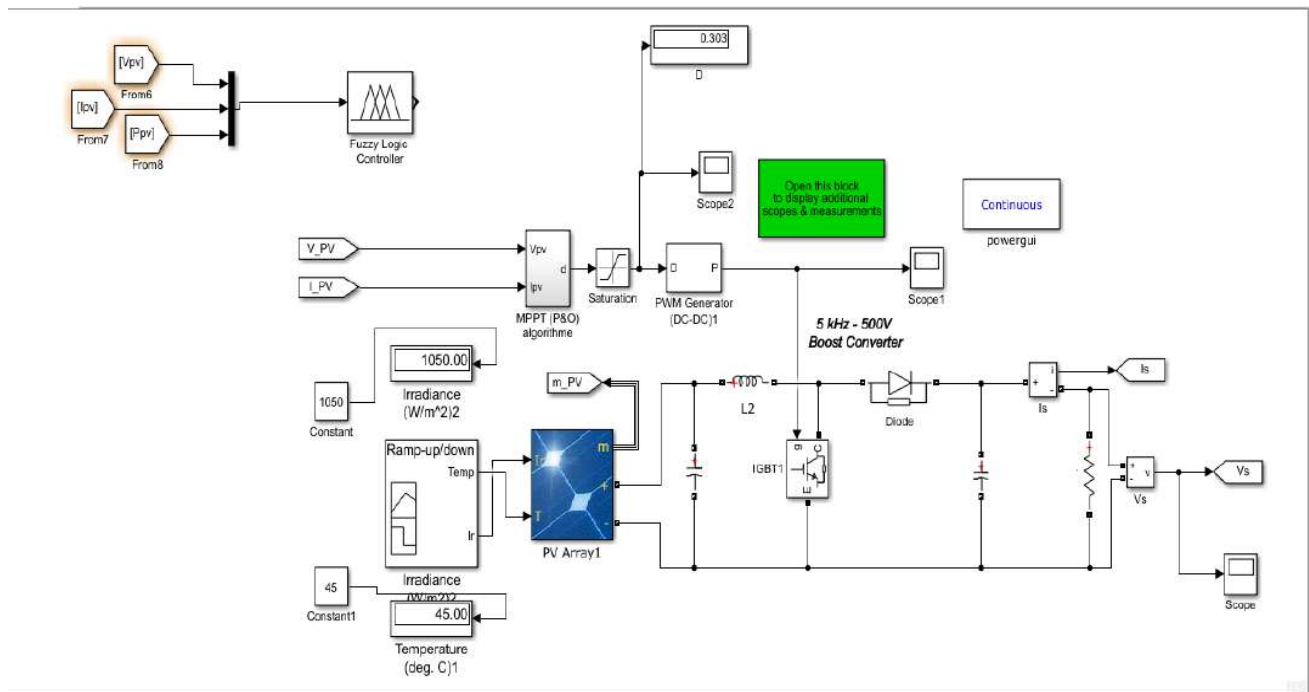


Figure III.23: Schéma de simulation (P&O) et (ANFIS)

III.6. Simulation

Dans cette partie, une analyse de simulation comparative est effectuée pour montrer les performances des algorithmes MPPT basés sur ANFIS et P&O.

À travers quatre phases de conditions météorologiques changeantes :

- Premièrement : dans les cas ordinaires
- Deuxièmement : les changements dans le rayonnement solaire
- Troisièmement, les changements de température des cellules
- Quatrièmement : conditions aléatoires

Il est clair que ces changements entraîneront une diminution ou une augmentation de l'énergie. Les nombres suivants représentent les résultats de la simulation.

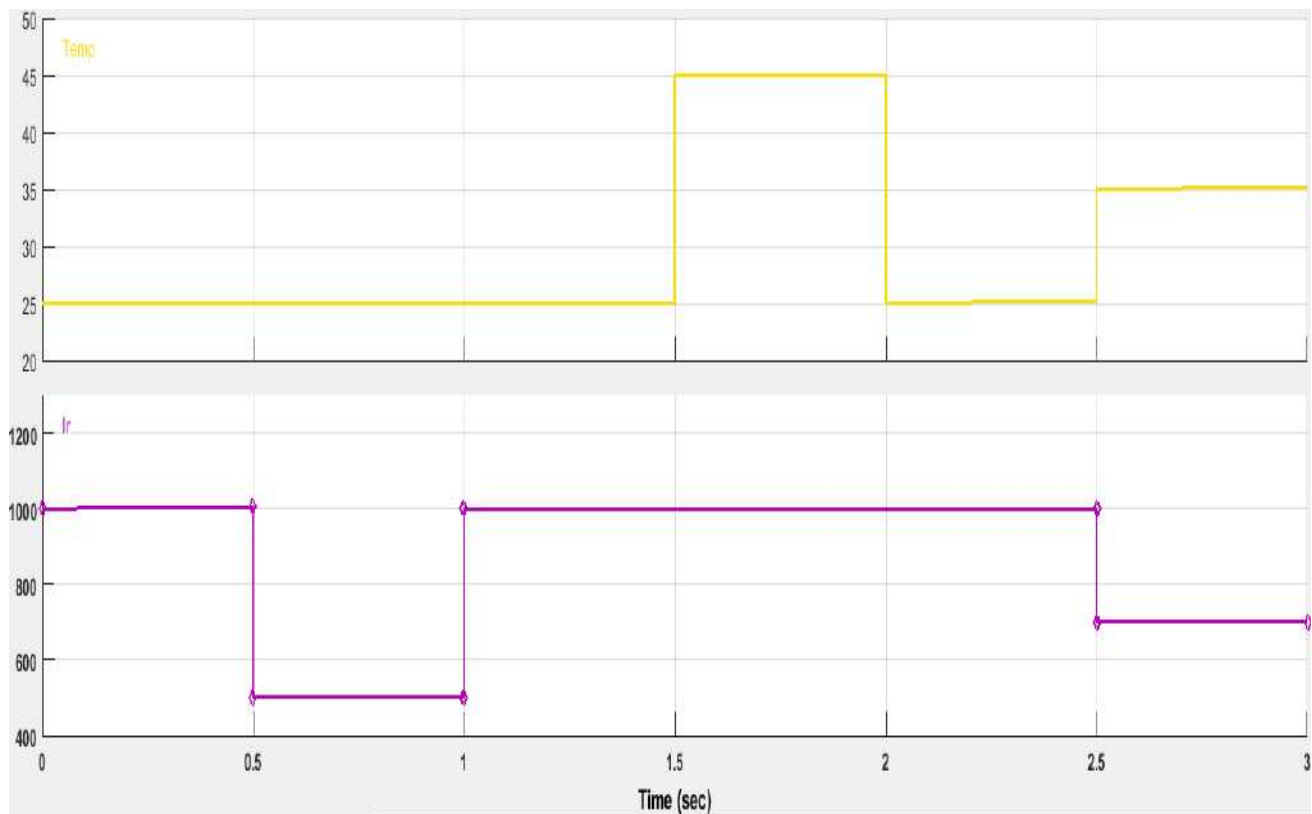


Figure III.24: Evolution de l'ensoleillement et température global

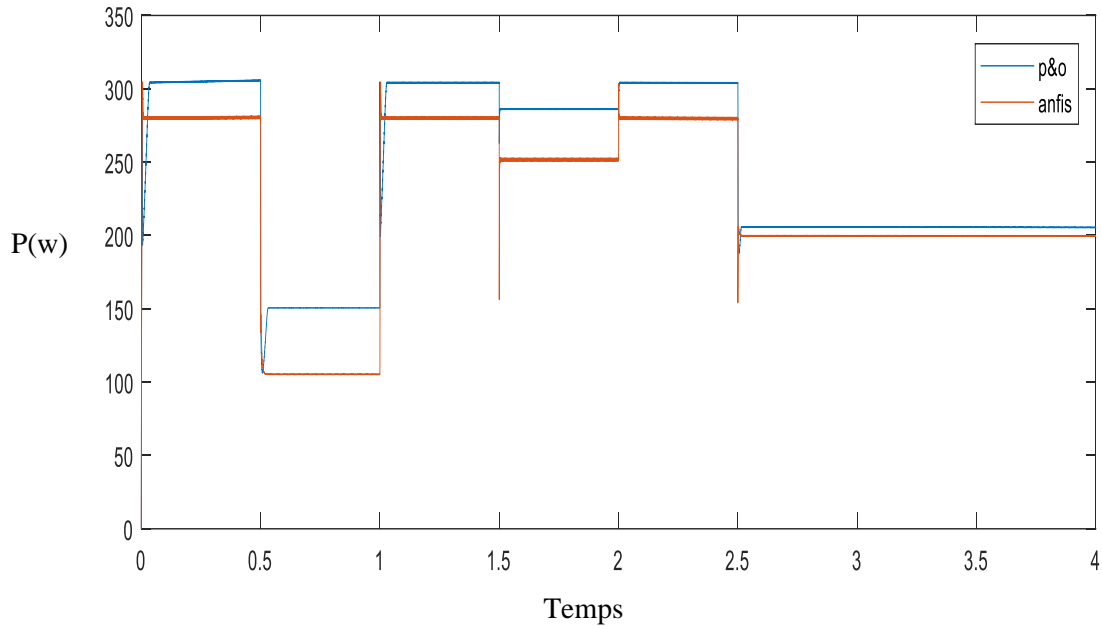


Figure III.25 : évolution de la puissance Ppv des 2 algorithmes (anfis) et (o&o)étude

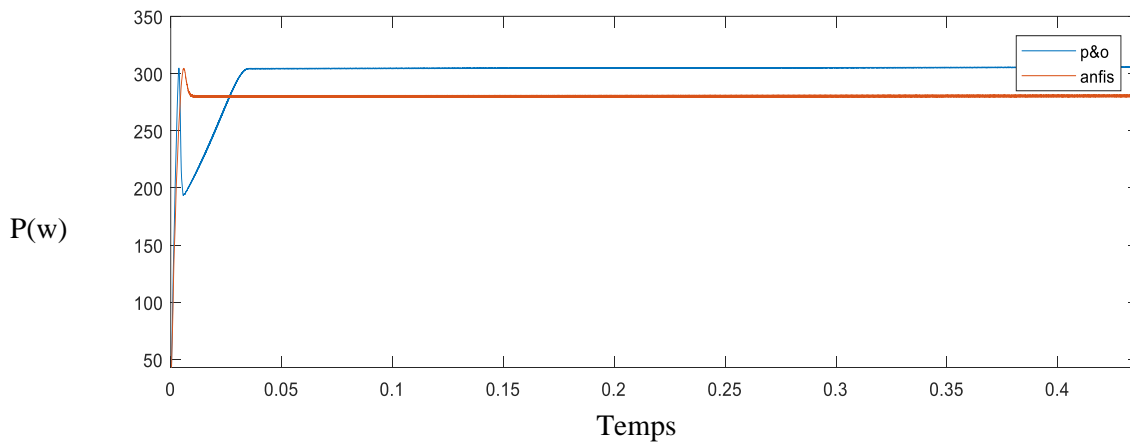


Figure III.26 : comparaison du temps de réponse entre puissance avec technique ANFIS et P&O

Selon les figures III.25, le contrôleur MPPT basé sur ANFIS est clairement capable de suivre la puissance maximale avec une grande précision dans diverses conditions météorologiques, et il a approché le point de puissance maximale d'environ 0,01 s. Alors que le contrôleur MPPT basé sur P&O prenait environ 0,05 seconde

D'après les figures ci-dessus, les performances du système PV sont stables lorsque le contrôleur MPPT proposé est appliqué. Le panneau photovoltaïque est intégré au contrôleur MPPT

basé sur ANFIS, au convertisseur BOOST et à la charge. Le contrôleur MPPT suit le changement du niveau d'irradiation et de température. Le contrôleur MPPT force le panneau photovoltaïque à fonctionner à un point de fonctionnement spécifique pour générer la puissance maximale. La température et la présence de nuages dans le ciel provoquent un changement rapide de la valeur de l'irradiation et de la puissance photovoltaïque. Ainsi, la puissance générée par le panneau photovoltaïque change continuellement. Comme nous pouvons le voir sur les graphiques, le contrôleur ANFIS-MPPT a la capacité de suivre ces changements rapides et d'extraire la puissance maximale à n'importe quel point de fonctionnement de manière stable. L'énergie générée par le panneau photovoltaïque avec et sans contrôleur MPPT est très différente.

L'ANFIS-MPPT a montré un haut degré de sensibilité et de stabilité dans ses performances

Conclusion

Dans ce chapitre, les résultats de simulation du système photovoltaïque optimisé par une technique MPPT intelligente (neurone-floue) ANFIS. Ces résultats confirment les performances correctes du contrôleur P&O mais montrent également de meilleures performances du contrôleur ANFIS. Ce dernier s'est avéré avoir de meilleures performances, un temps de réponse rapide, une très faible erreur de stabilité et est robuste dans diverses conditions météorologiques

Conclusion générale

Au cours de ce mémoire, nous avons présenté une étude sur l'optimisation d'un système de pompage photovoltaïque, l'utilisation des panneaux photovoltaïques, sans raccordement au réseau électrique et à une charge représentant un moteur synchrone à aimant permanent bien sur l'exploitation d'un périphérique de stockage a également été insérée dans le montage, qui a été réalisé par simulation via Matlab. L'étude d'ensemble de l'énergie solaire a été effectuée, avec l'utilisation comme interface d'un convertisseur élévateur muni d'une commande à régulateur PI, et la méthode de MPPT mise en œuvre est P&O. Nous avons présenté le modèle ANFIS, connu sous le nom de réseau adaptatif à base de système d'inférence floue, qui nous a permis d'avoir des résultats ou du moins des approximations très satisfaisantes. Avec la technique ANFIS nous avons incorporé les concepts de la logique floue dans les réseaux de neurones artificiels en vue d'élaborer un système de commande et de poursuite du point de puissance maximale afin d'extraire le maximum de puissance.

L'efficacité de la technique ANFIS pour la poursuite du point de puissance maximale est d'autant plus intéressante que l'approche de cette dernière a générer automatiquement des règles floues.

Nous avons arrivé à cette conclusion que les résultats observer, par le système neuro-flou qu'un bon compris entre la caractérisation et la justesse des calculs est possible. En plus le système est d'autant plus robuste que précis. Néanmoins cela ne sont pas ses seules qualités, en plus de donner des décisions correctes et d'éviter les cas d'indécisions, il est aussi très rapide avec une capacité à s'adapter à des situations inconnues par le biais de l'apprentissage du réseau neuronal, et

Aussi la capacité de modélisation de connaissances imprécises et gestion de l'incertitude de la logique floue.

Pour finir nous invitons les étudiants après nous a développer ce model en l'adaptant a une carte ARDUINO, vu les possibilités qu'il nous a permis de voir et les résultats encourageant que nous avons obtenus lors de notre travail.

Références

bibliographique

- [1] :KY.Thiemy, S .Maurice « système photovoltaïque dimensionnement pour un pompage irrigation goutte –à- goutte» mémoire de DEA 2007.
- [2] : Jimmy Royer, thomas Djiako, Erico SCHILLER, Bokar Sada: «le pompage photovoltaïque ». Manuel de cour à l'intention des ingénieurs et des techniciens.
- [3] M. Adouane, «Etude et conception d'une stratégie de commande d'un onduleur connecté au réseau électrique», Mémoire de magistère, Ecole Nationale Polytechnique, Alger, Algérie, 2008
- [4] F. Chekired, « Etude et implémentation d'une commande MPPT neuro-floue sur FPGA », mémoire de magister, Ecole Nationale Polytechnique, Alger, Algérie, 2008.
- [5]:T.FROUMHERZ, F.PADINGER, D.GEBEYEHUR, C.BARBAREC, And J.C.Himmelen: «sanicifei comparison of photovoltaic devicescontainvarious blends of polymer and fullerenederivatives».
- [6] (https://www.wikiwand.com/fr/Cellule_photovoltaique)
- [7] M. Makhloof, « Etude et optimisation d'un modèle de conversion d'énergie photovoltaïque application au pompage», mémoire de magister, université M'entourai Constantine, Algérie, 2006
- [8]: WWW.WEAKEPDIRACOM.
- [9] :Dj. Belaïa: « contribution à l'optimisation des systèmes de conversion d'énergie. Application au système photovoltaïque » : Mémoire de magistère université de Batna.
- [10] Deilmann, C. and K.-J. Bathe, A holistic method to design an optimized energy scenario and quantitatively evaluate promising technologies for implementation. International Journal of Green Energy, 2009. 6(1): p. 1-21.
- [11]:W.Achim, Design issues of photovoltaic systems and their grid integration», (Decembrer2003)
- [12] O.Gergaud, "Modélisation énergétique et optimisation économique d' un système de production éolien et photovoltaïque couplé au réseau et associé à un accumulateur", Thèse de doctorat, École normale supérieure de Cachan, décembre 2002.
- [13] M.Angel Cid Pastor,"Conception et réalisation de modules photovoltaïques électroniques", Thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse, septembre 2006. [3]R.W.

Erickson, ‘‘Fundamentals of Power Electronics’’, Chapman & Hall, 115 Fifth Avenue, New York, NY, 1997.

[14] Y. Nakoula, ‘‘Apprentissage des modèles linguistiques flous, par jeu de règles pondérées’’, Thèse de doctorat, Université de Savoie, 1997.

[15] Jyh-Shing Roger Jang, ANFIS: ‘‘Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System’’, IEEE Transactions on systems, Man, and Cybernetics, Vol 23, N°3, Mayijune 1993.

[16] Vlachos, Y. A. Tolias, ‘‘Neuro-Fuzzy modeling in bankruptcy prediction’’, Yugoslav Journal of Operations Research 13 (2003), Number 2, 165-174.

[17]Mellit, A. and S.A. Kalogirou, Artificial intelligence techniques for photovoltaic applications: A review. Progress in energy and combustion science, 2008. 34(5): p. 574-632.

[18]Zaiden, L.A., Fuzzy sets. Information and control, 1965. 8(3): p. 338-353.

[19]Passino, K.M., Stephen Yurkovich. Fuzzy Control. 1998, Boston (USA): Addison Wesley Longman.

[20]Jang, J.-S.R., ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system. Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on, 1993. 23(3): p. 665-685.

[21]Jang, J.-S.R. and C.-T. Sun, Neuro-fuzzy modeling and control. Proceedings of the IEEE, 1995. 83(3): p. 378-406.

الملخص

بالنظر الى التكلفة الاولى المرتفعة للألواح الكهروضوئية وكفاءتها المنخفضة في التحويل بالإضافة الى تأثيرات لظروف المناخية خاصة شدة الاشعاع الشمسي ودرجة الحرارة على مردودها بالتالي فمن الضروري استغلال اقصى طاقة يمكن انتاجها من اللوح في هذا السياق الهدف من هذه المدكرة هو تتبع نقطة الاستطاعة القصوى (MPPT) المستخرجة من الألواح الكهروضوئية. للقيام بذلك قمنا بتطوير شبكة عصبية اصطناعية (anfis) تشكل تغيرات (MPPT) في درجات حرارة و اشعاع شمسي مختلف وقاعدة بيانات لتدريب الشبكة العصبية الاصطناعية لإخراج اشارة (PWM). تظهر نتائج المحاكاة وكذلك النتائج التطبيقية تتبعا جيدا لنقطة (MPPT)

الكلمات المفتاحية: تتبع MPPT, لوح كهروضوئي، شبكة عصبية

Résumé

Compte tenu du coût initial élevé des panneaux photovoltaïques et de leur faible efficacité en conversion, en plus des effets des conditions climatiques, notamment l'intensité du rayonnement solaire et de la température sur son rendement, il est donc nécessaire d'exploiter le maximum d'énergie pouvant être produite du panneau dans ce contexte. L'objectif de cette note est de suivre le point de puissance maximale (MPPT) extrait des panneaux photovoltaïques. Pour ce faire, nous avons développé un réseau de neurones artificiels (anfis) qui module les changements (MPPT) à différentes températures et le rayonnement solaire et une base de données pour entraîner le réseau neuronal artificiel à produire un signal (PWM).

Mots-clés : suivi MPPT, panneau photovoltaïque, réseau de neurones

Abstract

Considering the high initial cost of photovoltaic panels and their low efficiency in conversion, in addition to the effects of climatic conditions, especially the intensity of solar radiation and temperature on its yield, therefore, it is necessary to exploit the maximum energy that can be produced from the panel in this context. The goal of this note is to track the maximum power point (MPPT) extracted From photovoltaic panels. To do this, we have developed an artificial neural network (anfis) that modulates changes (MPPT) in different temperatures and solar radiation and a database to train the artificial neural network to produce a signal (PWM).

Keywords: MPPT tracking, photovoltaic panel, neural network