

Optimisation de la Technique de Perturbation et Observation par la logique floue

#H.Othmani^{#1}, H.chaouali^{#2}, D.Mezghani[#], A.Mami^{*}

[#]Université de Tunis El Manar, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis,
LR-11-ES20 Laboratoire d'Analyse et Commande systèmes, 1002, Tunis, Tunisie ;
¹hiochem1@gmail.com

^{*}Université de Tunis El Manar, Faculté des sciences de Tunis,
Campus Universitaire 2092 - El Manar Tunis, Tunisie
²Housseem.chaouali.fst@gmail.com

Résumé— Ce document présente une optimisation de la technique de perturbation et observation par la logique floue dans le but de rechercher le point de puissance maximale (MPPT: Maximum Power Point Tracking). Nous avons expliqué le principe d'un algorithme MPPT. Nous avons ensuite cité les différents critères de classifications de ces algorithmes. Nous avons aussi détaillé la technique de perturbation et observation qui va nous servir à concevoir notre contrôleur optimisé. Nous avons mis à la fin de notre travail des résultats de simulations qui approuvent les performances de cette optimisation.

Keywords— Générateur Photovoltaïque, MPPT, Convertisseur Sepic, perturb_Observe, Logique flou.

I. INTRODUCTION

Les énergies renouvelables, notamment l'énergie solaire sont des énergies prometteuses surtout vis-à-vis de la demande croissante en énergie et l'appauvrissement des énergies fossiles. L'énergie solaire a l'avantage d'être gratuite et inépuisable, mais comme d'autres moyens de production d'énergie renouvelable, les panneaux photovoltaïques offrent une énergie très fluctuante et dépend énormément des conditions météorologiques. Pour surmonter ces problèmes, nous pouvons superviser le rendement énergétique grâce à des algorithmes MPPT. Depuis 1968, divers résultats sur des commandes assurant un fonctionnement de type MPPT apparaissent régulièrement. La technique de perturbation et observations est l'une des fameuses technique qui peut garantir de bonnes performances. Nous avons choisi dans ce travail d'améliorer cette performance afin d'arriver à des résultats optimaux. En effet la limite de cette méthode classique est qu'elle est fortement liée à la caractéristique de la puissance en fonction de la tension du générateur photovoltaïque (GPV). Nous pouvons avouer que si cette caractéristique change (apparition d'un maximum secondaire par exemple) nous pouvons jamais arriver au rendement optimal. la logique flou est très utile lorsque nous nous trouvons confrontés à des systèmes qui sont difficilement modélisable.

En effet, la logique floue permet de raisonner sur des variables linguistiques qui vont permettre de manipuler des connaissances en langage naturel. C'est l'objectif de ce travail qui consiste à reproduire cette technique classique par la logique floue.

II. GENERALITES SUR LES ALGORITHMES MPPT

A. Utilité d'un algorithme MPPT

Le processus photovoltaïque consiste à transformer les rayonnements solaires en électricité. Les cellules photovoltaïques, actionneurs de cette conversion, ne sont pas capables de stocker de l'énergie sous aucune forme. Il s'agit d'une conversion instantanée, qui n'aura lieu que lorsque l'énergie lumineuse est disponible. Cette cellule solaire ne peut être assimilée à aucun autre générateur classique d'énergie électrique de type continu. Elle possède des caractéristiques électriques non linéaires dépendantes de l'éclairement solaire et de la température.

Par définition, le point de fonctionnement est l'intersection de la droite de charge avec la caractéristique du GPV. La caractéristique $I_p = f(V_p)$ du GPV est fortement liée aux conditions climatiques.

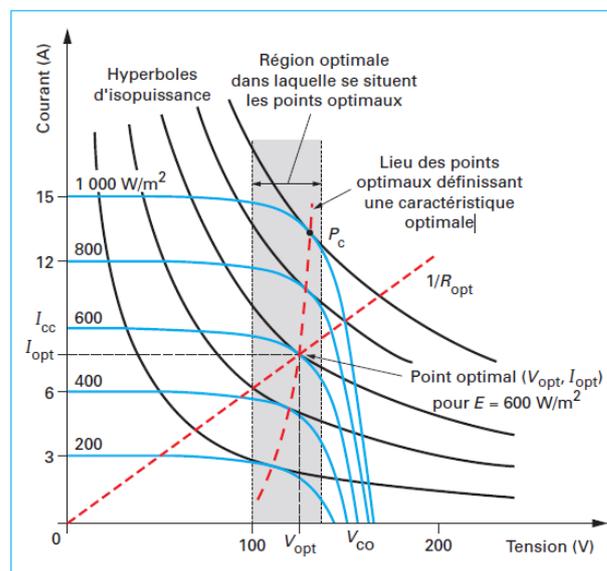


Fig. 1 Exemple de la variation du point de fonctionnement optimal d'un GPV pour différents éclaircissements.

Nous désignons par $R_{opt}(E, T)$, la valeur particulière de la charge électrique qui positionne le panneau au point de fonctionnement où il peut générer la puissance maximale

relative à (E : éclairement, T : température), notée $P_{opt}(E, T)$. Ce point permet de maximiser l'exploitation de l'énergie produite par le GPV. Ce qui influe directement sur l'investissement financier des systèmes de production de l'électricité par GPV.

Afin d'assurer le maximum de la productivité énergétique, nous devons chercher le fonctionnement optimal à chaque changement climatique. Ce fonctionnement est lié à la charge et aux GPV à la fois. Ce mode de fonctionnement est inhabituel car c'est GPV qui impose la consommation. Par conséquent, la charge varie constamment pour prendre la valeur $R_{opt}(E, T)$ qui dépend des conditions d'éclaircement et de température (E, T) variables. Le MPPT (Maximum Power Point Tracking) est un mécanisme qui assure d'une façon instantanée l'adaptation du point de fonctionnement de la charge à la puissance maximale fournie par le générateur PV. Ceci peut être assuré à travers un hacheur intercalé entre le générateur et la charge commandé d'une façon dynamique à l'aide de son rapport cyclique variable.

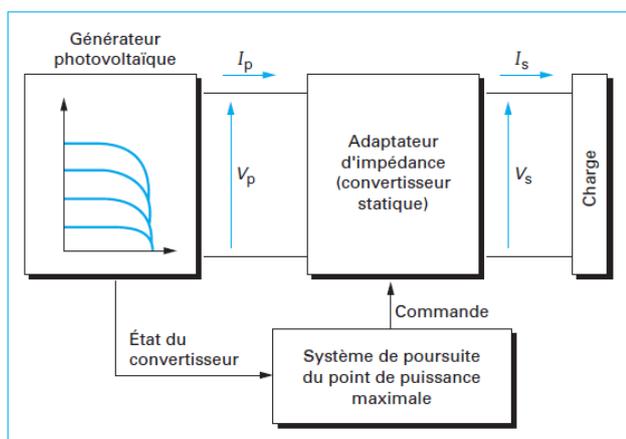


Fig. 2 Principe d'un système à surveillance MPPT.

B. Classification des commandes MPPT

Divers résultats sur des commandes assurant un fonctionnement de type MPPT ont été élaborés. La classification de ces méthodes peut se faire suivant différents facteurs. Nous pouvons faire la classification selon le type de recherche (directe ou indirecte).

Les MPPT indirectes utilisent le lien existant entre les variables mesurées, qui peuvent être facilement déterminées, et la position approximative du MPP. Le groupe des MPPT indirectes inclus aussi les commandes se basant sur une estimation du point de fonctionnement du GPV réalisée à partir d'un modèle paramétrique défini au préalable.

Les MPPT directes déterminent le point de fonctionnement optimal à partir des mesures des courants, tensions, ou puissances directement sur le système. Ce qui garanti la réaction à des changements imprévisibles du fonctionnement du GPV (chose qui n'est réalisable avec le premier types). De plus ce type de ce type de commandes se caractérise par sa précision et sa rapidité de réaction.

Nous pouvons aussi faire la classification suivant les paramètres d'entrée au niveau de la commande MPPT.

Les commandes MPPT fonctionnant à partir des paramètres d'entrée du convertisseur effectuent une recherche du MPP selon l'évolution de la puissance fournie par le GPV. La commande nécessite alors la mesure du courant et de la tension en entrée du convertisseur.

Les Commandes MPPT fonctionnant à partir des paramètres de sortie du convertisseur utilisent la tension ou le courant de sortie du convertisseur ou bien les deux ensemble. Nous citons l'algorithme MPPT qui maximise le courant de sortie, il est utilisé quand la charge est une batterie.

C. Technique de Perturbation et Observation (P&O)

Le principe de fonctionnement de cette technique consiste à engendrer une perturbation périodique ΔV sur la tension du panneau. Cette perturbation va nous servir pour prendre la décision au prochain cycle (observation) :

Si $\Delta P > 0$ alors la perturbation de la tension déplace le point de fonctionnement vers un point plus proche du MPP et nous continuons à perturber la tension dans la même direction cela va déplacer le point de fonctionnement jusqu'à l'atteinte du MPP.

Si $\Delta P < 0$ le point de fonctionnement s'éloigne du MPP alors nous perturbons la tension avec un signe algébrique contraire au signe précédent pour déplacer le point de fonctionnement jusqu'à l'atteinte du point de puissance maximale.

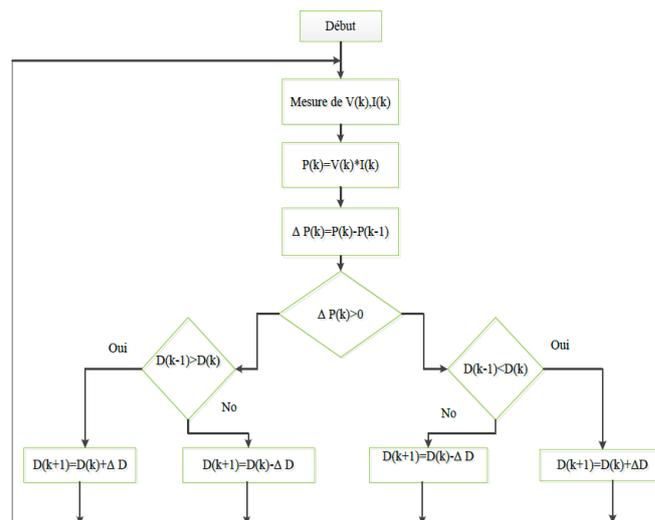


Fig. 3 Algorithme de la Perturbation et Observation (P&O)

III. DEMARCHE POUR L'OPTIMISATION

A. Généralités sur la logique floue

La logique floue, développée par Lotfi Zadeh en 1965, suscite actuellement un intérêt général de la part de tous ceux qui éprouvent le besoin de formaliser des méthodes empiriques de concevoir des systèmes artificiels effectuant les tâches habituellement prises en charge par les humains.

La conception d'un régulateur floue exige le passage par les étapes de choix des variables floues, fonctions d'appartenance, méthodes d'inférence et la stratégie de fuzzification.

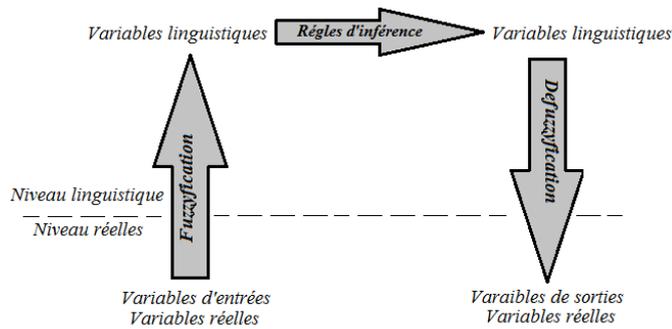


Fig. 4. Etapes de conception d'un régulateur flou

Fuzzification

A cette étape nous transformons les variables physiques en variables linguistiques. A chaque variable physique correspond un degré d'appartenance à une variable linguistique.

Règles d'inférence:

Ces règles permettent de déterminer le signal de sortie du contrôleur en fonction des signaux d'entrée; elles sont exprimées sous la forme «SI ALORS». Dans les règles floues interviennent les opérateurs "ET" et "OU". L'opérateur "ET" s'applique aux variables à l'intérieur d'une règle, tandis que l'opérateur «OU» lie les différentes règles. Il existe plusieurs possibilités pour interpréter ces deux opérateurs. La méthode d'inférence max-min réalise, au niveau de la condition, l'opérateur "ET" par la formulation du minimum. La conclusion dans chaque règle, introduite par «ALORS», lie le facteur d'appartenance de la prémisse avec la fonction d'appartenance de la variable de sortie, réalisé par la formation du minimum. Enfin l'opérateur "OU", qui lie les différentes règles est réalisé par la formation du maximum.

Defuzzification:

La Défuzzification permet de convertir les ensembles flous de sortie en variables physiques adaptées à un tel processus. Plusieurs stratégies de DEFUZZIFICATION existent, nous avons choisi la méthode du "centre de gravité" Donnée par l'équation suivante :

$$\chi_{out} = \frac{\int x\mu(x)dx}{\int \mu(x)dx} \quad (1)$$

χ_{out} : la valeur de sortie μ : Le degré d'appartenance

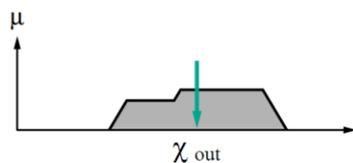


Fig. 5. Defuzzification par la méthode de "centre de gravité".

B. Optimisation de la méthode Perturbation et Observation par la logique flou

Fuzzification

Dans cette partie, nous allons essayer de concevoir un correcteur flou basé sur le principe de perturbation et observation.

Les variables d'entrée du correcteur flou seront $E_v(k)$ et $E_p(k)$ définis par les équations suivantes :

$$E_v(k) = V_p(k) - V_p(k-1) \quad (2)$$

$$E_p(k) = P_p(k) - P_p(k-1) \quad (3)$$

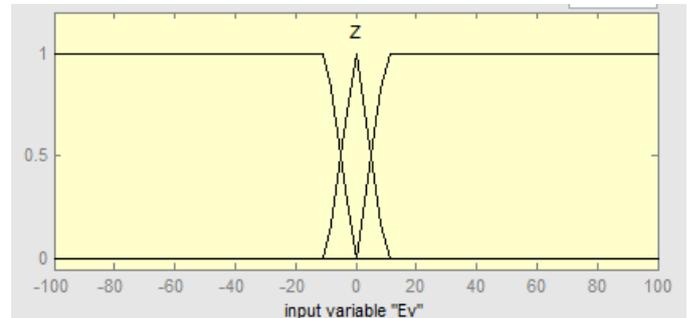


Fig. 6. a. Variable Linguistique $E_v(k)$

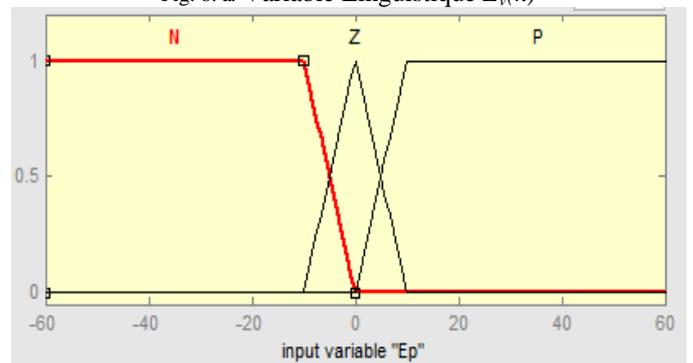


Fig. 6. b. Variable Linguistique $E_p(k)$

Règles d'inférence:

Les règles d'inférence pour ce correcteurs sont présentés dans les tableaux suivants

TABLE I
RÈGLES D'INFÉRENCES

Règle N°	E_v	E_p	D
1	P	P	Z
2	N	P	GP
3	Z	P	P
4	Z	Z	P
5	N	Z	P
6	P	Z	P
7	P	N	GP
8	N	N	Z
9	Z	N	P

Defuzzification:

Pour la Défuzzification, nous avons choisi la méthode du "centre de gravité" déjà présentée précédemment. Nous possédons une seule variable de sortie qui est le rapport cyclique D.

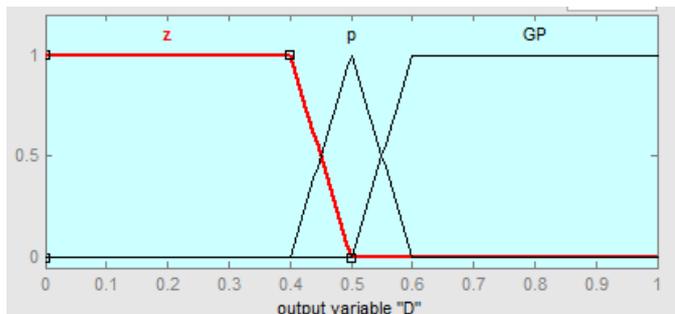


Fig. 7. Variable Linguistique de sortie "D"

IV. RESULTATS DE SIMULATION

Le système photovoltaïque étudié peut être modélisé sous Matlab de la façon suivante:

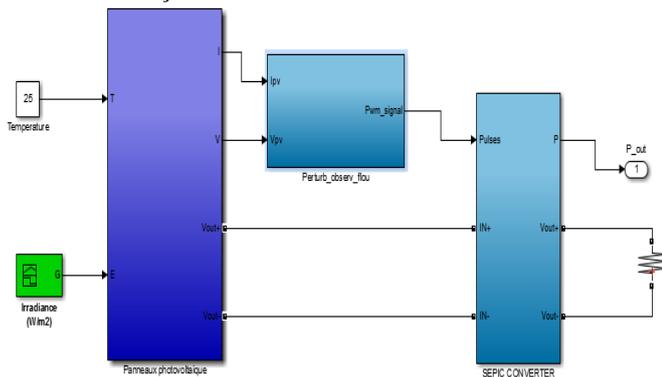


Fig. 8 Système photovoltaïque

Le module photovoltaïque utilisé est le KaneKa K60. Fig. 10 illustre une association des panneaux solaires KaneKa K60 installé à la faculté de sciences de Tunis. Voici les caractéristiques de ce panneau :

TABLE 2
 PARAMÈTRES D'UN MODULE KANEKA K60

Parametres	Valeur
Puissance Nominale	60W(+10/-5%)
Tension à puissance maximale	67W
Courant à Puissance maximale	0.9A
Tension à vide	92V
Courant de court circuit	1.19A



Fig. 10 champ photovoltaïque

Le convertisseur DC-DC est un SEPIC (single ended primary inductor converter). Ce convertisseur permet de convertir une tension continue en une autre tension continue de valeur différente (plus faible ou plus grande) sans inversion (tel est le cas du (Buck-boost)).

Le SEPIC peut être modélisé sous Matlab de la façon suivante :

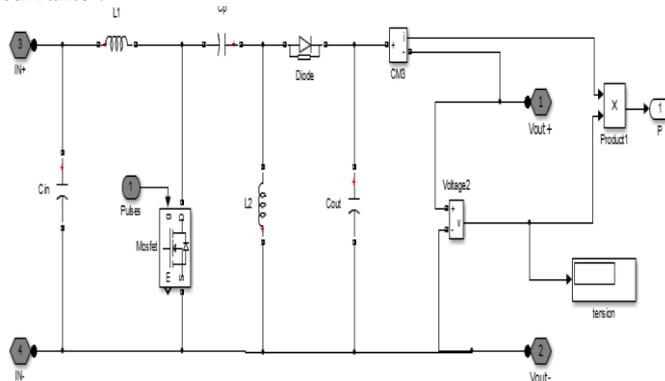


Fig. 11 Schéma du convertisseur SEPIC.

TABLE 3
 PARAMETRES DU CONVERTISSEUR SEPIC

Parametres	Valeur
Condensateur C_{in}	2000 μ F
Condensateur C_{out}	2000 μ F
Condensateur C_p	10 μ F
Bobine L_1	15 mH
Bobine L_2	15mH
Frecence de commutation F_{sw}	1 KHz

Le schéma de la commande conçu est illustré par la figure suivante :

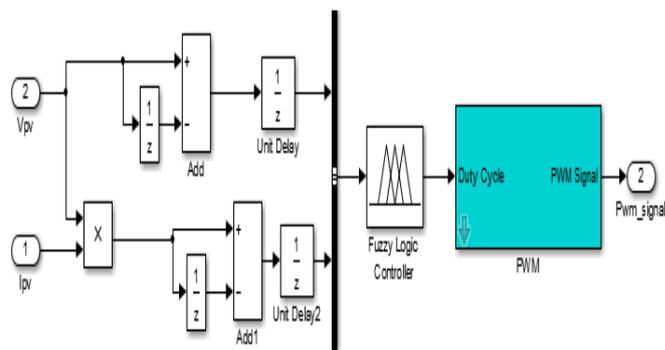


Fig. 12 Schéma de la technique de Perturbation et Observation optimisée

Pour mettre en place les performances de la commande conçue nous allons la comparer avec la technique conventionnelle à des conditions climatiques simples. Ensuite nous allons faire varier l'irradiation et voir la réponse de notre système.

A une irradiation fixe (1000w/m²) et une température fixe (25°C). Nous avons obtenu la courbe suivante :

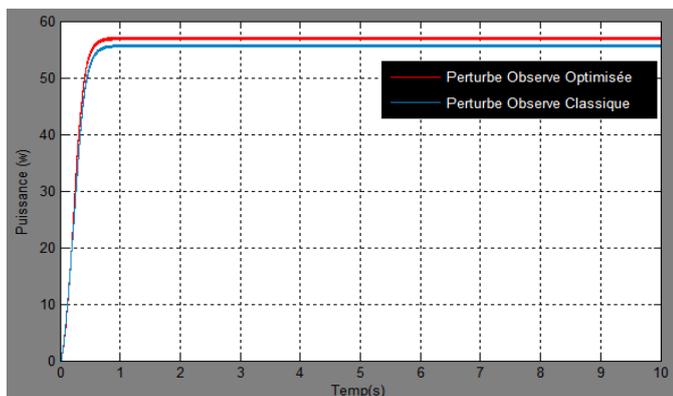


Fig. 13.a. Simulation avec des paramètres climatiques fixes

Nous pouvons dire que les deux correcteurs ont des résultats qui se ressemblent en termes de rapidité et stabilité. En ce qui concerne la puissance, nous remarquons que le correcteur optimisé est plus précis que la structure classique. Ensuite nous avons choisi de faire varier l'irradiation tout en gardant la température fixe (25°C).

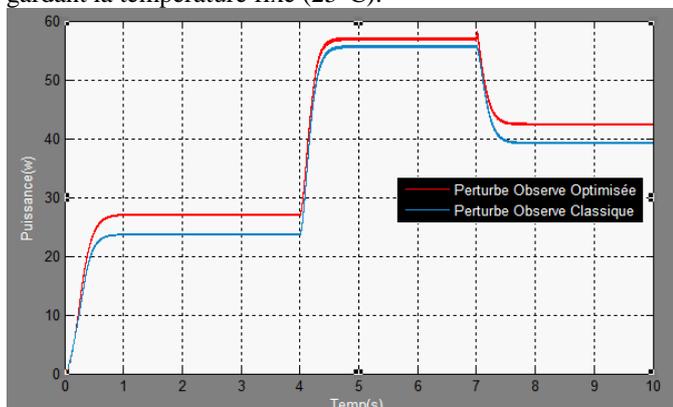


Fig. 13.b. Simulation à température fixe et Eclairage variable

Nous remarquons que la structure classique a été affectée par le changement d'éclairage plus que la structure optimisée. Pour la fig.13.c, nous avons choisi de faire varier la température tout en gardant fixe l'éclairage (1000w/m²).

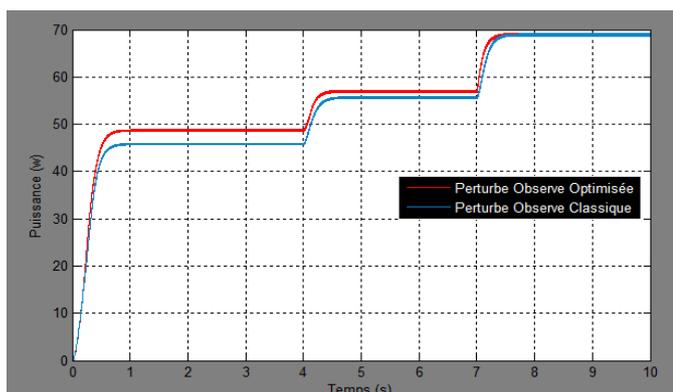


Fig. 13.c. Simulation à Eclairage fixe et température variable

Nous remarquons que les résultats sont semblables pour les hautes températures. Les faibles températures ont des effets remarquables sur le correcteur classique.

La fig 13.d présente les résultats à une température et éclairagements variables. Ce résultat confirme les résultats précédents pour les faibles valeurs de température et éclairage.

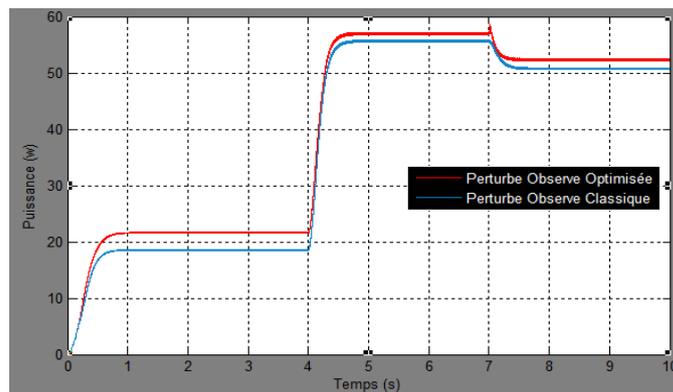


Fig. 13.d. Simulation avec des paramètres climatiques variables

V. CONCLUSION

Dans le but d'améliorer l'efficacité des systèmes photovoltaïques, nous avons optimisé la structure classique de la technique de perturbation et observation par la logique floue. Nous avons débuté par la présentation de l'utilité des algorithmes MPPT. Ensuite nous avons présenté le principe de technique de perturbation et observation. A partir de cette structure classique du MPPT nous avons conçu un correcteur P&O à base de la logique floue.

A partir des résultats de simulation, nous avons constaté que la poursuite du point maximum est bien accomplie avec un taux d'ondulation de la tension et de la puissance minime. Face aux différentes variations, les pertes de puissance sont moindres avec cette nouvelle structure; ce qui implique une amélioration du rendement du système par conséquence.

REFERENCES

- [1] A.Pradeep Kumar Yadav, S.Thirumaliah, G.Haritha "Comparison of MPPT Algorithms for DC-DC Converters Based PV Systems, IJAREEIE, Vol. 1, Issue 1, July 2012.
- [2] D.Mezghani, « Etude d'une installation photovoltaïque de pompage par une approche Bond Graph », thèse de doctorat de l'Ecole Nationale D'ingenieur de Tunis, Tunisie, 2009.
- [3] H.Othmani « Etude d'un système photovoltaïque », CIER2014, Vol.3-pp.111-115, IPCO 2015.
- [4] M.S. Ait Cheikh, C. Larbes, G.F. Tchoketch Kebir and A. Zerguerras "Maximum power point tracking using a fuzzy logic control scheme", Revue des Energies Renouvelables Vol. 10 N°3 (2007) 387 – 395
- [5] M. Azab "A New Maximum Power Point Tracking for Photovoltaic Systems", International Journal of Electrical and Electronics Engineering 3:11, 2009.
- [6] N. Thanh Phu, "Solar Panel Maximum Power Tracker", University of Computer Science and Electrical Engineering, 2001.
- [7] T. Eswam, P.L. Chapman, "Comparaison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques. IEEE transactions on energy conversion", VOL. 22, NO. 2, JUNE 2007.
- [8] T.Balamurugan, S.Manoharan, P.Sheeba, M.Savithri "Design A Photovoltaic Array With Boost Converter Using Fuzzy Logic Controller", Vol. 3, Issue 2, 2012, pp. 444-456.
- [9] Stéphan Astier, «Conversion photovoltaïque : de la cellule aux systèmes», Techniques de l'ingénieur d3936, Systemes electriques pour énergies renouvelables, Convertisseurs et machine electriques, Energies, 2008.