REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière :Génie Electrique
Spécialité : .Energies Renouvelables

Diagnostic de défauts dans une installation PV connectée au réseau

---

Présenté par :

M^{lle} :ZOUAOUCHA Messaouda

M^{lle} :DJIAR Messaouda

Proposé et Dirigé par :

HENINI Noureddine

Promotion 2019

REMERCIEMENTS

Avant tout, nos remerciements infinis sont adressés à « ***ALLAH*** le Tout Puissant » de m'avoir donné le courage et la santé pour achever ce travail.

Nous remercions vivement notre promoteur Monsieur ***HENINI Noureddine*** pour sa générosité, sa patience et ses précieux conseils sans lesquels ce travaille n'aurait pas vu le jour.

.

Nous tenons également à remercier tous nos enseignants de 2ème année mastère, ainsi que tous les autres qui nous ont suivis durant notre cursus universitaire.

Nous tenons à exprimer notre respectueuse gratitude à monsieur le président de jury et les nombres de jury d'avoir accepté de nous faire l'honneur de jury ce travail et de participer au jury.

Nos sentiments vont également à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Liste de figures :

Chapitre I:

Figure(I.1) : Module PV avec deux diodes de by-pass qui se chevauchent (overlay) …….. 4

Figure(I.2) : Synoptique électrique d'un système PV connecté au réseau …….5

Figure(I.3) : Evolution de la répartition des technologies de cellule industrialisées…… 5

Figure(I.4) : Mise en série des cellules PV dans le module…….....6

Figure(I.5) : Différentes configurations pour un champ de 36 modules ……7

7 Figure(I.6) : Différents étages du groupe convertisseurs de la chaîne de conversion photovoltaïque…….. …..7

Figure(I.7) : Caractéristique I-V d'un champ PV en fonctionnement normal ……...8

Figure (I.8) : Schéma des topologies centrales d'un système PV connecté au réseau ……...9

Figure (I.9) : Schéma des topologies modulaires d'un système PV connecté au réseau …….10

Figure (I.10) : Quelques exemples de la localisation de défauts par la caméra thermique….. 14

Figure (I.11) : Principe de la réflectométrie pour localiser le défaut dans un string PV……..16

Figure (I.12) :Allure d'une caractéristique I-V d'un champ PV en fonctionnement défaillant ……18

Figure (I.13) : Différentes méthodes de diagnostic ……..22

Figure (I.14) : Différentes étapes de diagnostic par la méthode d'inférence ……..24

Chapitre II :

Figure II.1 : Schéma équivalent d'une cellule PV Modèle à une diode……24

Figure II.2 : schéma equivalent d'une cellule PV modéle a deux diodes……26

Figure II.3 : Circuit équivalant simple de la cellule PV……26

Figure II.4 : Schéma équivalent d'une cellule PV Modèle de Bishop……..28

Figure II.5 : Configuration retenu pour la modélisation……...29

Figure II.6 : Caractéristique I-V d'une cellule "bonne"(en noir) et d'un autre "ombré"(en rouge) ……...35

Figure II.7 : Caractéristique d'un groupe de cellules protégé par la diode de bypass……..36

Figure II.8 : Caractéristique I-V d'un groupe « mauvais » et « bon » …….37

Figure II.9 : Caractéristiques I-V d'un module "bonne" et d'un autre "ombré" ……...37

Figure II.10 : Caractéristique I-V d'un string « mauvais » et « bon » …….38

Figure II.11 : Caractéristique d'un champ PV protégé par la diode anti-retour……...39

Figure II.12 : formation de la caractéristique I-V du champ PV selon l'exemple considéré…40

Figure II.13 : Schéma bloc d'un groupe de cellules PV avec la diode de bypass défaillante..41

Figure II.14 : Schéma bloc d'un module PV défaillant……....43

Figure II.15 : Caractéristiques I-V d'un string PV lors de défauts de diode de module……..45

Figure II.16 : Schéma bloc d'un string PV avec la résistance de connectique non nulle…….47

Figure II.17 : Caractéristiques I-V d'un string PV lors de défauts de diode de connectique…47

Figure II.18 : Schéma bloc d'un champ PV avec la diode anti-retour défaillante……....47

Chapitre III :

Figure III.1 :Schéma global de détection et de diagnostic des défauts…….52

Figure III.2 **:** Schéma de connexion de champ PV sur bloc Simulink……...53

Figure III.3 caractéristiques I-V d'un module PV lors de l'ombrage……..53

Figure III.4 : caractéristiques I-V d'un module PV lors de mismatch type « Rs»……..54

Figure III.5: caractéristiques I-V d'un module PV lors de mismatch type « Rp……55

Figure III.6 : caractéristiques I-V d'un module PV lors de mismatch type « T » ……55

Figure III.7**:** Allure des dérivées premières et secondes de la caractéristique I-V pour défaut D'ombrage (avec déférent pourcentage)……..57

Liste des symboles

VPV = La tension du champ PV.

IPV = Le courant du champ PV.

V_{string} = La tension du string PV.

VPV = La tension du champ PV.

IPV = Le courant du champ PV.

V_{string} = La tension du string PV.

I_{string} = Le courant du string PV.

$I_{string\ inverse}$ = Le courant inverse du string PV.

$I_{string\ cellules}$ = Le courant des cellules du string PV.

$V_{string\ cellules}$ = La tension des cellules du string PV.

$N_{Cellules}$ = Nombre des cellules dans chaque groupe.

N_{groupe} = Nombre des cellules dans chaque groupe.

N_{module} = Nombre des modules dans chaque string.

N_{string} = Nombre des strings dans chaque champ.

PG = la puissance du champ PV.

V_{groupe} = La tension du groupe PV.

I_{groupe} = Le courant du groupe PV.

$V_{Cellule\ sain}$ = La tension d'une cellule PV saine.

$I_{cellule\ sain}$ = Le courant d'une cellule PV saine.

$I_{byss\ diode}$ = Le courant d'une cellule PV saine.

$N_{cellule}$ = Nombre des cellules dans chaque groupe.

$I_{groupe\ court-circuit}$ = Le courant de court-circuit du groupe PV.

$V_{groupe\ court-circuit}$ = La tension de circuit-ouvert du groupe PV.

$I_{string\ cellules}$ = Le courant des cellules du string PV.

V / I = Tension /Courant.

A	= Facteur de qualité de la diode.
Φ et Φref	= Irradiance effective et de référence
T et Tref	= Température effective et température de référence.
E_g	= Energie de Gap de la cellule.
V_t	=Tension thermique de la diode.
I_c	= courant fourni par la cellule PV.
I_M	= courant du module PV.
I_{st}	= courant du string.
I_g	= courant du générateur PV.
V_c	= tension aux bornes de la cellule PV.
V_m	= tension aux bornes du module PV.
V_{st}	= tension aux bornes du string.
V_G	= tension aux bornes du générateur PV.
N_{CS}	= nombre de cellule en série dans un module.
N_{MS}	= nombre de module en série dans un string.
N_{Stp}	= nombre de string en parallèle dans un générateur PV.
C	= Conception.
I	= Installation.
E	= Exploitation.

Liste des tableaux

Tableau (I-1) : principaux défauts et anomalies rencontres dans un générateur PV ……13

Tableau (I-2) : différents types de défauts analyses par la caractéristique I-V……... 19

Tableau (I-3) : comparaison des différentes méthodes de DLD……. 20

Tableau II.1 : défauts intrinsèques du générateur PV……...30

Tableau II.2 : Défauts extrinsèques du générateur PV……..32

Tableau II.3 : Impact des différents défauts sur les paramètres de la cellule……....34

Tableau II.4 : Paramètre utilisé dans la simulation en cas de mismatch……...41

Introduction Générale :

Au cours des dix dernières années, le marché du photovoltaïque a connu une croissance très remarquable, surtout dans les quelques dernières années grâce aux différents facteurs stimulants : réduction des coûts de production et politiques de soutien. Ces facteurs stimulants rendent le retour sur investissement d'une installation photovoltaïque de plus en plus intéressant. Un système photovoltaïque peut être soumis, au cours de son fonctionnement, à différents défauts et anomalies conduisant à une baisse de la performance du système et voire à l'indisponibilité totale du système. Toutes ces conséquences défavorables vont évidemment réduire la productivité de l'installation, et donc réduire le profit de l'installation, sans compter le coût de maintenance pour remettre le système en état normal.

Permettre de diagnostiquer finement et de faire de la détection et de localisation de défauts dans une installation PV réduit les coûts de maintenance et surtout augmente la productivité en augmentant le taux de disponibilité des installations en veillant à ce que leur rendement soit optimal. L'ajout de fonctions avancées de surveillance, de diagnostic et de supervision ne devra pas être ressenti pas l'acheteur. L'objectif de ce mémoire est de proposer une méthode permettant de détecter et de localiser les défauts dans des installations PV. En prenant le moins de mesures possibles pour respecter les contraintes économiques.

Cependant les installations photovoltaïques (comme le cas de tous les systèmes électriques et électroniques), tombent en panne et se dégradent pendant la durée de fonctionnement. Ce qui nécessite un diagnostic dont l'objectif principal est de fournir un outil qui permet de détecter les pannes et de maximiser ainsi la production énergétique du system photovoltaïque. Et pour ce faire on a élaboré à travers ce manuscrit un document pouvant couvrir l'essentiel pour une initiation au monde du diagnostic des systèmes photovoltaïques.

Dans le premier chapitre Nous discutons de toutes les problématiques liées à la productivité d'une installation photovoltaïque et comment ces problématiques nécessitent une étude de détection et de localisation de défauts.

Dans le deuxième chapitre, on a abordé la modélisation du système photovoltaïque coté DC, et pour ce faire ont exposé les différentes types de modèles utilisées dans la littérature. Le choix du modèle de la cellule PV, du module PV, et la modélisation du générateur PV sain et en défaut est abordé.

Dans le troisième chapitre, on a simulé les défauts par logiciel matlab et comparé les caractéristiques I-V dans le cas de module, string et champ PV.

Chapitre I

Défauts dans les systèmes photovoltaïques

Chapitre II

Modélisation d’un champ PV en fonctionnements normal et défaillant

III.1. Introduction :

Plusieurs méthodes de détection et de localisation de défauts, sont utilisées afin de vérifier et d'améliorer l'efficacité d'une installation solaire photovoltaïque. L'analyse de la puissance du générateur PV est une des solutions la plus adéquate car elle permet de détecter en temps réel un défaut éventuel sur une installation PV en analysant les variations de puissance.

Dans ce chapitre on va simuler les défauts qu'on a cité dans chapitre deux avec logiciel matlab bloque Simulink et voir les résultats avent de faire une comparaison avec l'état normal ou l'état défaut.

III.2. Architecture de diagnostic :

Les principaux objectifs de la surveillance du système PV sont la détection de la défaillance, l'évaluation de la performance et l'assurance du bon fonctionnement du système. Ceci nécessite des données électriques et environnementales à des panneaux photovoltaïques . Pour atteindre ces objectifs, des composants dédiés, tels que les capteurs, l'acquisition de données systèmes, les systèmes de communication de données et le logiciel dédié et les algorithmes pour l'analyse de données sont utilisés.

La taille et le fonctionnement du système et des coûts d'entretien sont des paramètres déterminent le système de surveillance adéquat. En revanche, la taille de l'installation photovoltaïque est importante pour la conception du système de surveillance.

L'adoption des capteurs câblés dans les petites installations PV est économique et moins complexe. Cependant, les réseaux sans fil sont plus commodes pour les moyennes et grandes installations photovoltaïques

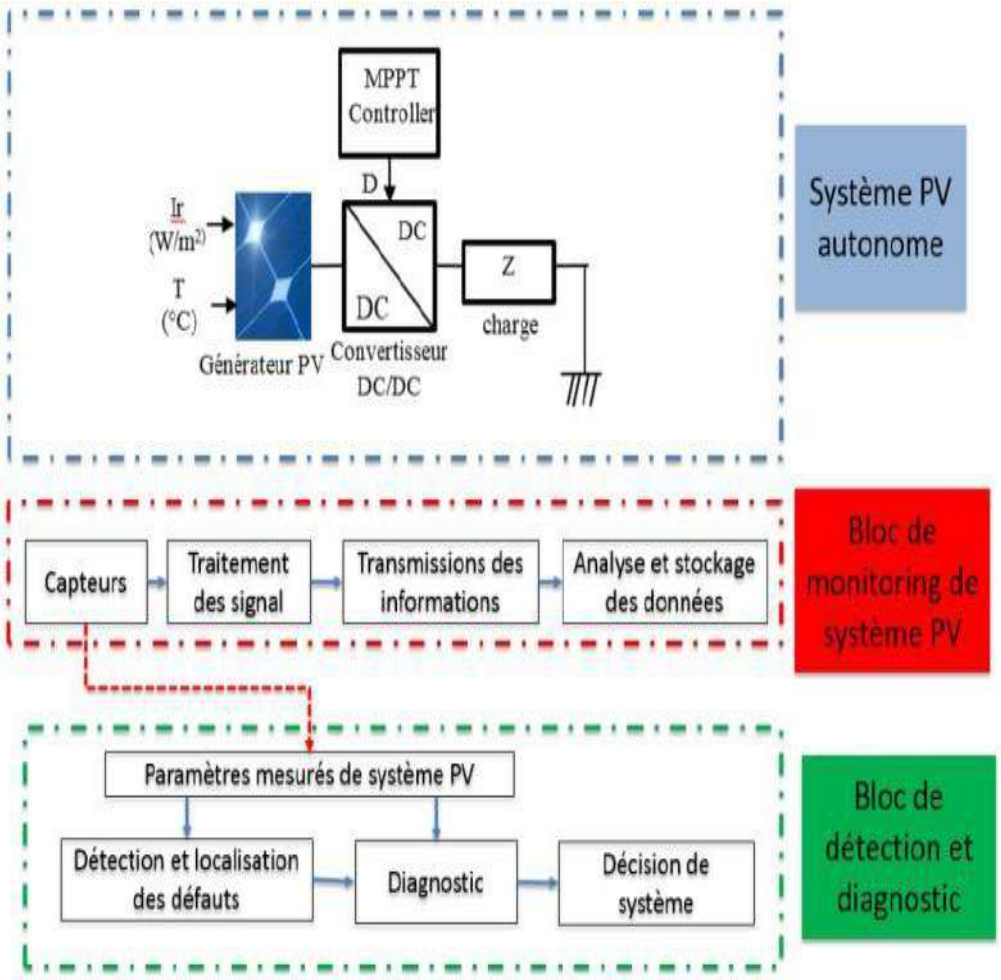


Figure III.1 :Schéma global de détection et de diagnostic des défauts

III..3. Simulation d'influence du type de connexion sur la caractéristique I-V :

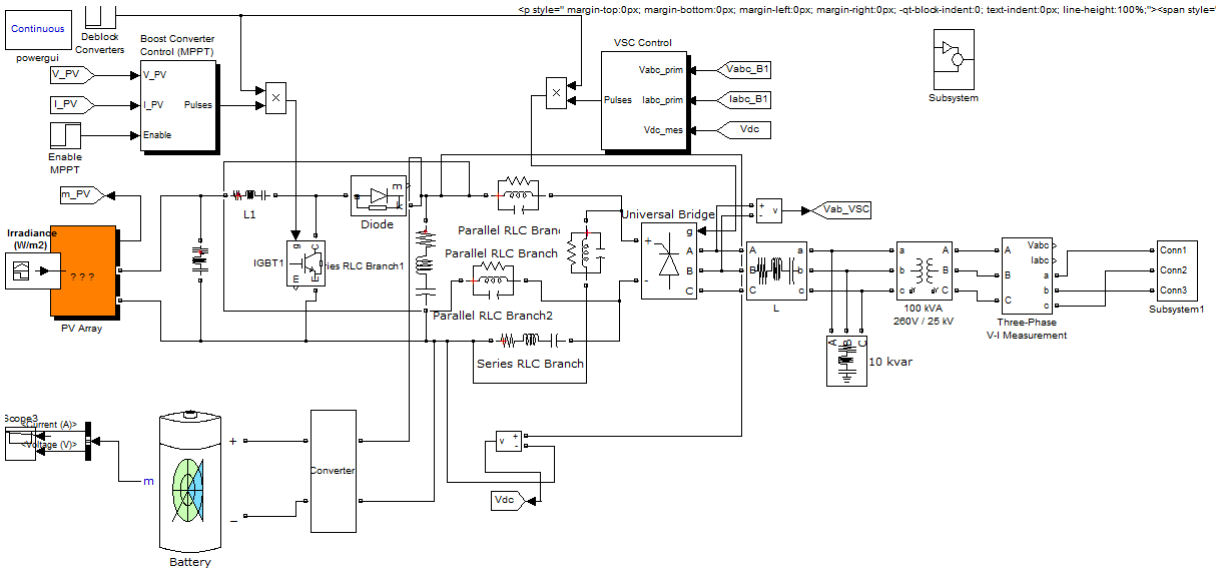


Figure III.2 : Schéma de connexion de champ PV sur bloc Simulink

III.4. défaut de mismatch et d'embrage :

La Figure II-4montre des résultats de simulation d'un module lors d'un défaut de mismatch et d'ombrage.

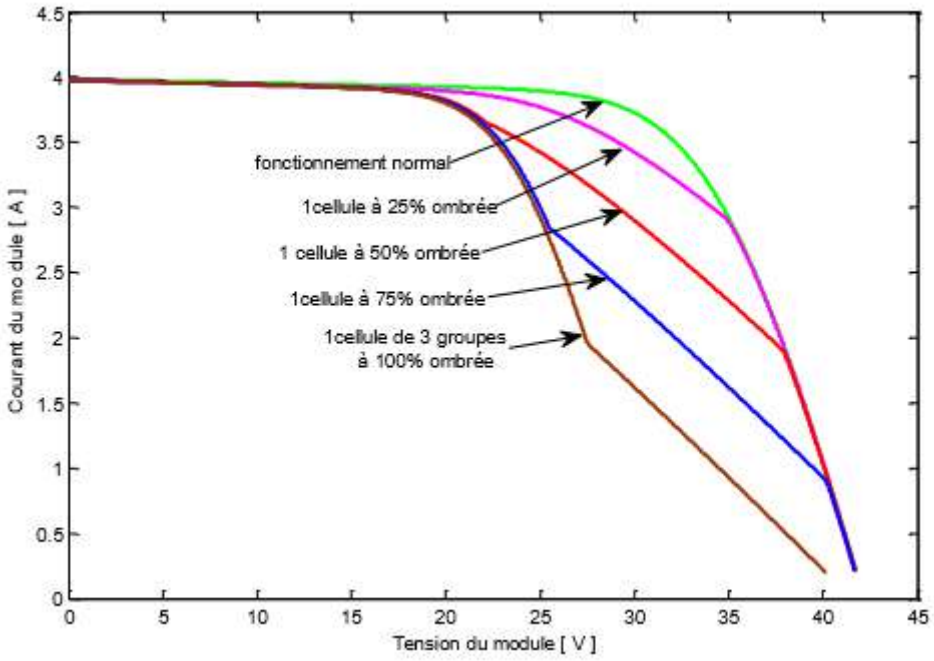


Figure III.3 caractéristiques I-V d'un module PV lors de l'ombrage

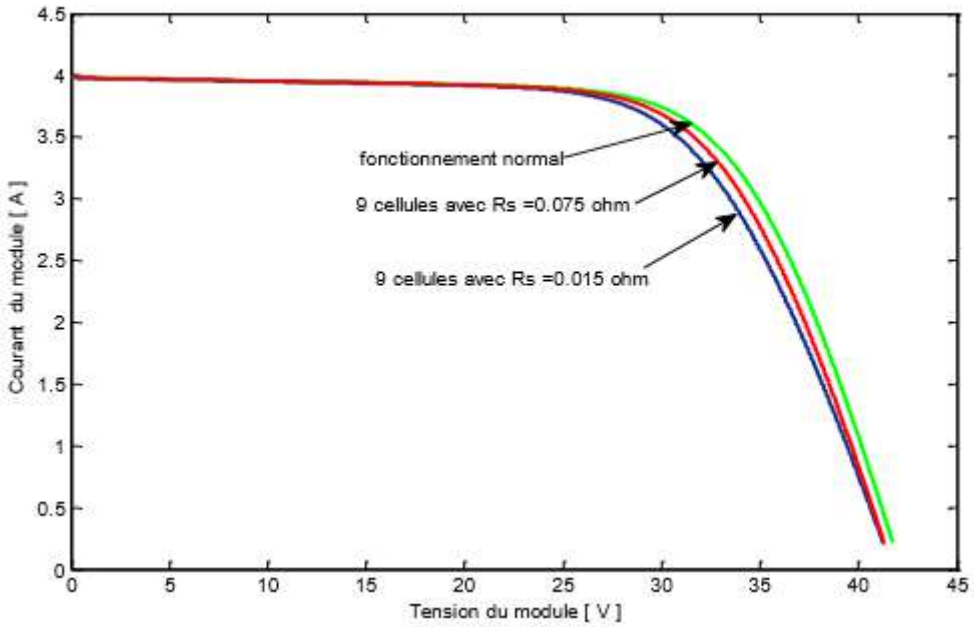


Figure III.4 : caractéristiques I-V d'un module PV lors de mismatch type « Rs»

La Figure II.4 montre une famille de caractéristiques d'un module lors de différents scénarii d'ombrage. Les « bosses » présentes dans cette figure sont dues au fait qu'une ou plusieurs diodes de bypass se mettent en conduction. Selon le pourcentage d'ombrage sur la cellule, la diode de bypass se met en conduction à différents niveaux de courant de fonctionnement. Il est à remarquer également que la perte en tension est en fonction du nombre de diodes de bypass en conduction.

La Figure II.5 est le cas d'un défaut de mismatch dû à la dispersion de la résistance série. Dans cette figure, on voit que la perte en tension pour un courant donné est plus importante à mesure que la résistance série augmente. Pour une limite donnée, la perte en tension peut être suffisamment grande pour ensuite rendre la tension du groupe négative et faire basculer la diode de bypass en mode passant.

La Figure II.6 est le cas d'un défaut de mismatch dû à la dispersion de la résistance parallèle. Pour une tension donnée, la perte en courant est plus importante à mesure que la résistance parallèle est petite. Si la résistance parallèle est suffisamment petite, elle peut absorber quasiment .

La Figure II.7 est le cas d'un défaut de mismatch dû à la dispersion de la température des cellules. la totalité du courant produit par la cellule.

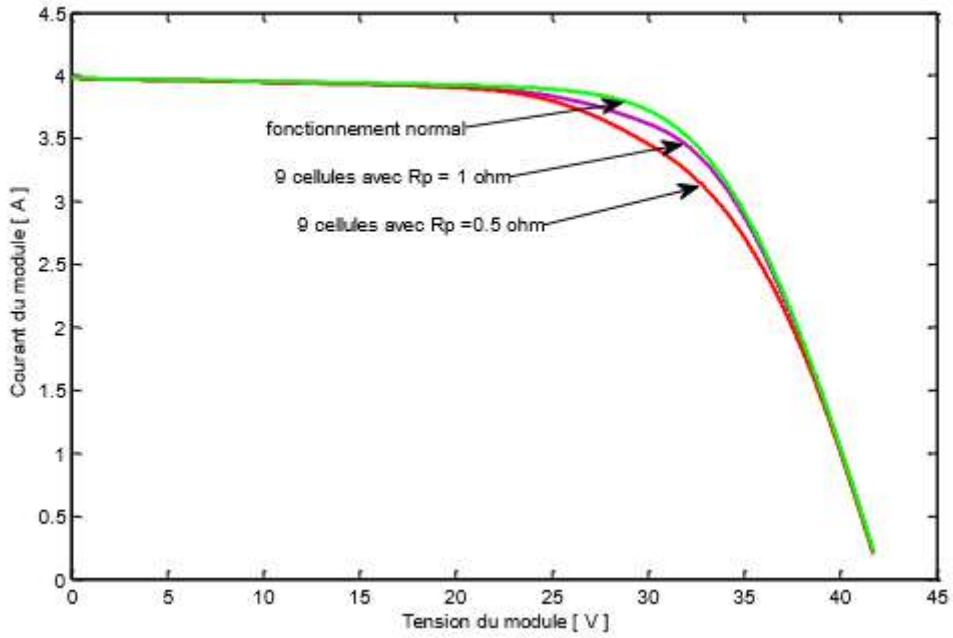


Figure III.5: caractéristiques I-V d'un module PV lors de mismatch type « Rp »

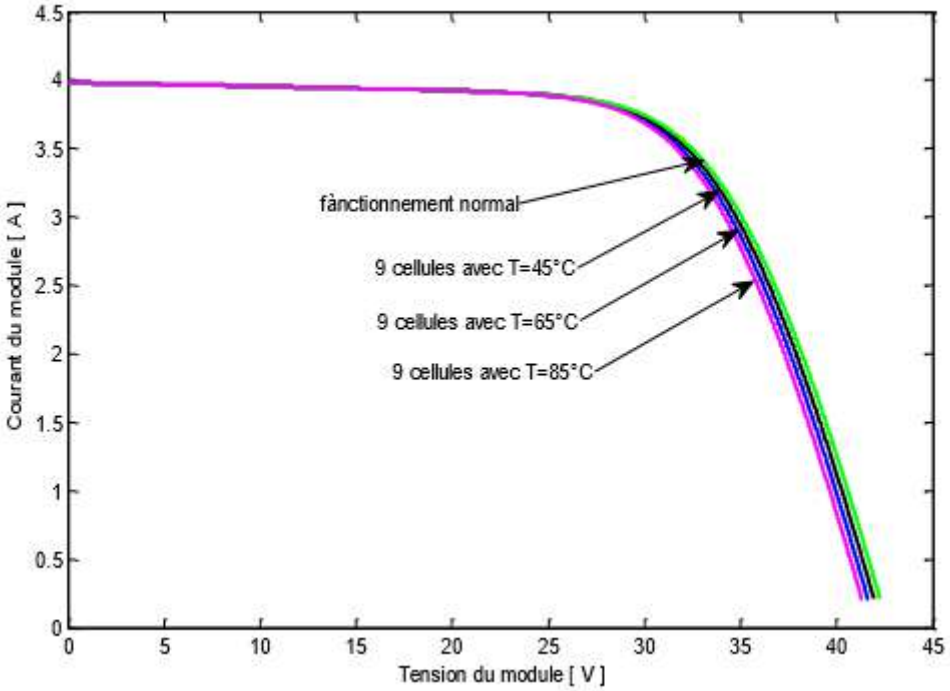
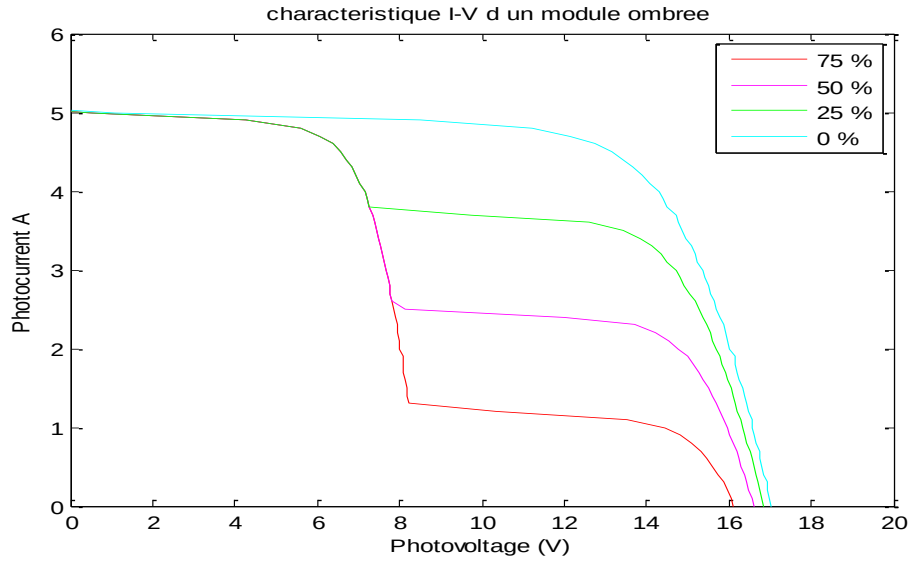
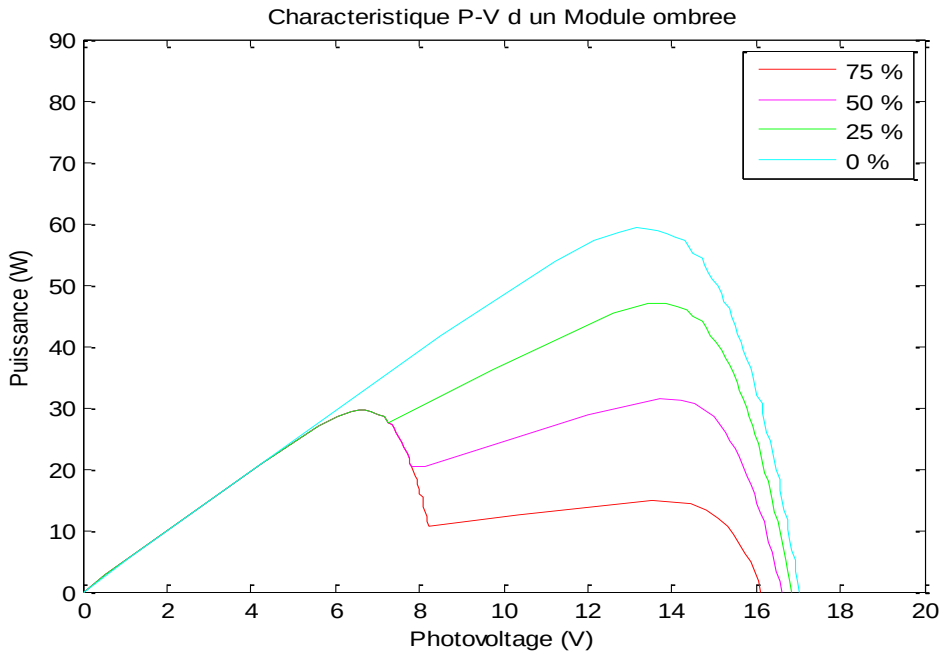


Figure III.6 : caractéristiques I-V d'un module PV lors de mismatch type « T »


characteristique I-V d un module ombree
Photocurrent A
Photovoltage (V)
75 %
50 %
25 %
0 %
0
1
2
3
4
5
6
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20


Characteristique P-V d un Module ombree
Puissance (W)
Photovoltage (V)
75 %
50 %
25 %
0 %
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20

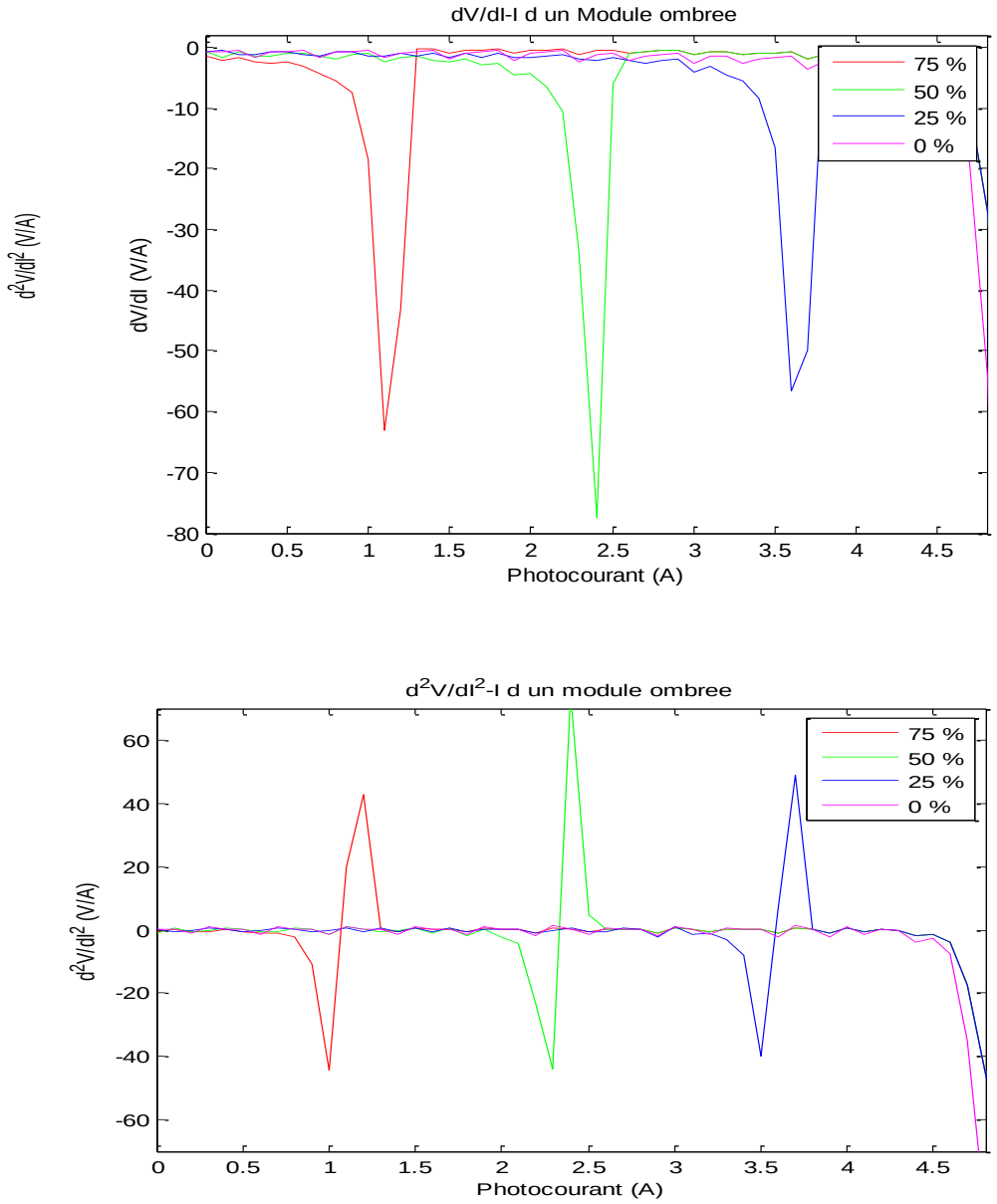


Figure III.7: Allure des dérivées premières et secondes de la caractéristique I-V pour défaut D'ombrage (avec déférent pourcentage)

En observant le profil de la dérivée première, la présence d'un point d'inflexion est impossible à détecter. Par contre, le défaut est détectable en identifiant le maximum de la dérivée seconde. Cette étude est basée sur une simulation de la caractéristique V-I en défaut. Les deux cas de défauts représentés, c'est à dire l'ombrage et la résistance série, montrent l'apparition d'un point d'inflexion sur la caractéristique V-I.

III.5.conclusion :

Dans se chapitre nous avons identifié des paramètres influençant la performance des module PV comme :

- Défaut d'ombrage
- Défaut de court circuit

L'analyse de caractéristique I-V peut être un moyen de visualiser l'influnence de cas différents défauts le comportement de cette caractéristique pour cela paramètre de l'équation électrique de (cellule, module, string, champ) PV ont été modifié (R_s , R_p, ombrage, et T).

Nous avons évalué, par la suite, les différences en tension entre les caractéristiques I-V fonctionnement normal et défaillant.

Conclution générale

Le travail présenté dans ce mémoire concerne une application des plus actuelles des énergies renouvelables, celle de l'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque. Une meilleure rentabilité de ce système à énergies renouvelables implique forcément un meilleur conditionnement, donc adaptation.

Suite à une étude bibliographique sur les différentes méthodes de diagnostic de défauts d'un champ PV, couramment industrialisées ou non, l'approche reposant sur l'analyse de la caractéristique I-V a été retenue. L'utilisation de cette caractéristique pour évaluer l'impact des différents défauts sur la performance du champ PV a été largement appliquée. Par contre, l'utilisation d'une telle caractéristique pour remonter à la nature des défauts n'est pas largement répandue.

Ce mémoire est consacré à l'élaboration d'un système photovoltaïque et ces défauts.

En première étape consiste à établir une base de connaissances sur le comportement défaillant d'un champ PV.

En deuxième étape, nous avons proposé et développé une démarche de modélisation pour les systèmes PV en fonctionnement normal et défaillant, et on a classifié ces défauts en cinq catégories pour la modélisation.

Dans la troisième partie, nous avons simulé les cinq défauts dans logiciel MATLAB bloc Simulink pour visualiser l'influence de ces défauts sur les caractéristique I-V du système.

En comparant la caractéristique I-V d'un champ PV en fonctionnement sain et celle en fonctionnement défaillant pour les différents défauts considérés dans la base de connaissance.

Références bibliographiques

[1] Long Bun. Detection et localisation de d´efauts pour un syst`eme PV. Autre. These doctorat Université´ e Grenoble Alpes,France, 2011.

[2] H. E. Suryanto, S. R. Wenham and M. A. Green, "Shadow tolerance of modules incorporating integral bypass diode solar cells," Solar Cells, vol. 19, pp. 109- 122, 1986.

[3] E. Diaz-Dorado, A. Suarez-Garci, C. Carrillo and J. Cidras, "Influence of the shadows in photovoltaic systems with different configurations of bypass diodes," in Power Electronics Electrical Drives Automation and Motion (SPEEDAM), 2010 International Symposium on, 2010, pp. 134-139.

[4] D. Picault, "Reduction of Mismatch Losses in Grid-Connected Photovoltaic Systems Using Alternative Topologies," Thèse de doctorat, Laboratoire de Génie Electrique de Grenoble (G2ELAB), Université de Grenoble, 2010.

[5] T. Esram and P. L. Chapman, "Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques," IEEE TRANSACTIONS ON ENERGY CONVERSION, vol. 22, pp. 439-449, 2007

[6] D. L. King, J. A. Kratochvil, M. A. Quintana and T. J. McMahon, "Applications for infrared imaging equipment in photovoltaic cell, module, and system testing," in Photovoltaic Specialists Conference, 2000. Conference Record of the Twenty-Eighth IEEE Anchorage, AK , USA 2000, pp. 1487 - 1490 .

[7]. A. B.Arostegi, New Optimized Electrical Architectures of Photovoltaic Generators with High C

[08] A. Drews, A. C. de Keizer, H. G. Beyer, E. Lorenz, J. Betcke, et al., "Monitoring and remote failure detection of grid-connected PV systems based on satellite observations," Solar Energy, vol. 81, pp. 548-564, 2007.

[9] S. K. Firth, K. J. Lomas and S. J. Rees, "A simple model of PV system performance and its use in fault detection," Solar Energy, vol. 84, pp. 624-635, 2010

[10] A. Chouder, S. Silvestre, "Automatic supervision and fault detection of PV systems based on power losses analysis", Energy Conversion and Management Volume 51, Issue 10, October 2010, Page(s): 1929–1937

[11] T. Mishina, H. Kawamura, S. Yamanaka, H. Ohno and K. Naito, " A study of the automatic analysis for the I-V curves of a photovoltaic subarray", Photovoltaic Specialists Conference, 2002. Conference Record of the Twenty-Ninth IEEE, Page(s): 1630- 1633

[12] D. Sera, R. Teodorescu and P. Rodriguez, "Photovoltaic module diagnostics by series resistance monitoring and temperature and rated power estimation " in Industrial Electronics, 2008. IECON 2008. 34th Annual Conference of IEEE Orlando, FL 2008, pp. 2195 – 2199

[13] F. Barruel, N. Chantreuil and A. Labrunie, "Procédé de diagnostic de la défaillance d'un générateur photovoltaïque," France Patent FR2944647 (A1), 2010-10-22, 2010.

[14] B. Raison, "Détection et localisation de défaillance sur un entraînement électrique," Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble, 2000.

[9]. F.Bizzarri, A. Brambilla, L.Caretta, C. Guardiani, Monitoring performance and efficiency of photovoltaic parks, Renewable Energy, Vol 78, pp.314-321, June2015.

[10]. C. Bendel, A. Wagner, Photovoltaic measurement relevant to the energy yield, in the proceeding of 2003 IEEE PEC (3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion), pp. 2227-2230 Osaka, Japan, 18 May 2003.

[19]. T. Rosario, "Commande et diagnostic des systèmes dynamiques : modélisation, analyse, commande par PID et par retour d'état, diagnostic", Ellipses Edition Marketing S.A., 2005.

[20]. Z. Benjellouli, "contribution à la modélisation d'une cellule solaire", mémoire de magistère, université de Bechar, 2009.

Table des matières

LISTE DES FIGURES……I

LISTE DES TABLEAUX..…….…….……III

LISTE DES SYMBOLES……IV

INTRODUCTION GENERALE……...……1

Chapitre I : le système PV et ses défauts

I.1 Introduction : ……... …...3

I.2 Description d'un système photovoltaïque……... 3

I.2.1 Générateur PV …….. 3

I.2.2 Convertisseur …….....7

I.2.3 Câblage et boîte de jonction……... 11

I.2.4 Système de protection…… 11

I.3 Défauts dans le système photovoltaïque……... 12

I.4 Méthodes de diagnostic d'un champ PV…….. ..13

I.4.1 Méthodes de diagnostic courantes industrialisées…….. 14

I.4.1.1 Méthodes non-électriques……. 14

I.4.1.2 Méthodes électriques…… 15

I.4.2 Méthodes dans la littérature……. 16

I.4.2.1 Méthode de réflectométrie……... ... 16

I.4.2.2 Analyse de la puissance et de l'énergie produite…… 17

I.4.2.3 Analyse du point de fonctionnement…… 18

I.4.2.4 Analyse de la caractéristique statistique…….. ….18

I.4.2.5 Synthèse 19 I.5 Choix de l'approche de diagnostic……. ….22

I.5.1 Différentes approches théoriques de diagnostic…… 22

I.5.2Diagnostic par la méthode d'inférence ……... 24

I.5.CONCLUSION……. ….24

Chapitre II. Modélisation d'un champ photovoltaïque en fonctionnements normal et défaillants

II.1.Introduction……24

II .2. Les modèles de la cellule PV……...24

II.2.1. Modèle à une diode……24

II.2.2. Modèle à deux diodes……....26

II.2.3. Modèle empirique ……..…..26

II.2.4. Modèle de Bishop…….....27

II.3. Modélisation du générateur PV en fonctionnement sain……..28

II.3.1. Configuration retenue ……28

II.6. Modélisation du générateur PV en défaut……29

II.6.1. Classification des défauts pour la modélisation…….29

II.6.2Modélisation des différents défauts …….33

II.7. Conclusion…….48

Chapitre III :Résulta de simulation

III.1. Introduction ……51

III.2. Architecture de diagnostic ……51

III..3. Simulation d'influence du type de connexion sur la caractéristique I-V …….53

III.4. défaut de mismatch et d'embrage ……..53

III.5.Conclusion……58

CONCLUTION GENERALE……...59

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE……60