

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



جامعة محمد بوضياف - المسيلة

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

كلية التكنولوجيا

FACULTE DE TECHNOLOGIE

قسم الإلكترونيك

DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

MEMOIRE DE MASTER

DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIE

FILIERE : ELECTRONIQUE

OPTION : TECHNOLOGIE DES SYSTEMES ELECTR-ENERGETIQUES DE SOURCES
D'ENERGIES RENOUVELABLES

THEME

**Etude d'identification et localisation des défauts
d'un générateur photovoltaïque**

Proposé et dirigé par :

DRIF Mahmoud

Réalisé par :

CHEBABHI Ardjouna

N° D'ordre:2016/TS3ER04/89/385

PROMOTION: JUIN 2016

REMERCIEMENT

Nous remercions Dieu le tout puissant pour ce qu'il nous a tant donné comme volonté, santé et surtout patience, pour pouvoir, durant toutes ces longues années d'études d'arriver là où nous sommes aujourd'hui et de concrétiser tous nos efforts par ce modeste travail.

nos reconnaissances à Mr. DRIF Mahmoud, notre encadreur de mémoire, il a guidé efficacement nos travaux, avec qui j'ai eu la chance de travailler, d'être dirigé, Je tiens à le remercier sincèrement pour sa disponibilité et sa gentillesse .

Mes remerciements vont également aux membres de jury qui m'ont fait l'honneur de participer au jury .

Ça serait inconcevable de ne pas remercier nos enseignants du département d'électronique pour les efforts consacrés et la formation qui nous ont donnés durant notre cycle d'études.

En fin , je remercie mes parents et ma sœur **Aida** pour mon l'aider dans notre travail.

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à:

Mes parents

Mon frère

tous mes sœurs .

mes collègues

mon ami Ahlam

et à toute la famille

Chebabhi Ardjouna

SOMMAIRE

Tables de matières	3
Liste de Figures	7
Liste de tableaux.....	8
Introduction Générale.....	9
Chapitre 1: Générateur Photovoltaïque et Défauts de Fonctionnement.....	11
1.1 Introduction	12
1.2 Conversion photovoltaïque.....	12
1.3 Cellule solaire et différents régimes de fonctionnement	13
1.3.1. Caractéristique électrique d'une cellule solaire	14
Photo courant	15
Courant de saturation de la diode.....	16
1.3.2. Paramètres de performance d'une cellule	16
1. Tension de circuit ouvert	17
2. Courant de court-circuit	17
3.Puissance débitée	17
4. Facteur de forme	17
5. Rendement de conversion	18
1.3.3. Module Photovoltaïque.....	18
1.3.4 .Système de protection.....	19
Diode de by pass	20
Diode anti-retour	21

1.3.5.Champ Photovoltaïque.....	22
1.4. Défauts de fonctionnement d'un générateur PV	22
1.4.1. Classification des défauts de générateur PV	23
1.5. Méthodes de diagnostic	24
1.5.1. Méthodes infrarouge	24
1.5. 2. Méthode électrique.....	24
1.5.3. Méthode réflectométrie	25
1.5.4. analyse de point de fonctionnement.....	25
1.6. Conclusion.....	26
Chapitre 2: Générateur Photovoltaïque et Défauts de Fonctionnement.....	28
2.1. Introduction	29
2.2. Modèle universel du GPV en présence de défauts	30
2.2.1. Sous-modèle de défaut d'ombrage partiel	30
2.2.2. Sous-modèle de défaut de salissure et poussière	30
2.2.3. Sous-modèle de défaut de Mismatch	31
2.3. Simulation et résultats	31
2.3.1. Simulation du défaut d'ombrage partiel	32
2.3.2.Simulation du Défaut de salissure et poussière.....	39
2.3.3. Simulation du Défaut de résistance série	39
2.3.4. Simulation du défaut de résistance parallèle.....	40
2.3.5. Simulation du Défaut de mismatch de température.....	40
2.3.6. Simulation du défaut de diode by pass	41
2.3.7.Simulation du défaut de module	45
2.4. Evaluation des symptômes de défauts:	46
2.5. Conclusion.....	48
Chapitre 3: Générateur Photovoltaïque et Défauts de Fonctionnement.....	49

3.1. Introduction	50
3.2. Symptômes de mauvaises performances du GPV	50
3.3. Paramètres de diagnostic	52
Facteur de performance.....	52
Réduction du courant de court- circuit.....	53
Réduction de la tension du circuit-ouvert	53
Ratio de la tension.....	53
3. 4. Matrice des symptômes	54
3 .5. Procédure de diagnostic.....	55
3.4. Algorithme de détection et localisation de défauts	56
3.5. Développement de l'interface de DLD	58
3.5.1. Mesure du courant et de la tension	59
3.5.2. Lecture de données	59
3.6 . Tests de validation:.....	62
Test 1.....	62
Test 2.....	64
Test 3.....	66
3.7. Conclusion.....	68
Conclusion Générale.....	69
Références et Bibliographies.....	70

LISTE DE FIGURES

Figure 1. 1:Jonction PN et conversion photovoltaïque.....	13
Figure 1. 2:Caractéristique I-V d'une cellule solaire sous différents	13
Figure 1. 3: Modèle électrique simple d'une cellule solaire	14
Figure 1. 4: la caractéristique I-V d'une cellule	16
Figure 1. 5: Mise en série des cellules en module PV	18
Figure 1. 6:Caractéristique de l'association en série de cellules	19
Figure 1. 7: Mise en parallèle de cellules PV	19
Figure 1. 8:Module PV avec deux diodes de by-pass qui se chevauchent (overlapped).	20
Figure 1. 9: Etat de fonctionnement de diode by-pass.....	21
Figure 1. 10: le protection avec une diode anti retour	21
Figure 1. 11: Structure d'un champ PV.	22
Figure 1. 12: Exemple de détection de défauts par thermographie infrarouge.....	24
Figure 1. 13: Principe de la réflectométrie pour localiser le défaut dans un string PV	25
Figure 2. 1: Synoptique du modèle d'un GPV.....	29
Figure 2. 2:Schéma de modèle de simulation d'une cellule PV	31
Figure 2. 3: Comportement d'un module sous l'ombrage 50 %.....	32
Figure 2. 4: Description de comportement d'un module sous l'ombrage ;courant de dbp(a) ,courant de groupe18cellulesombrées (b) et (c) la courbe résultante	33
Figure 2. 5: Caractéristique I-V d'un module PV en fonctionnement normale et fonctionnement "ombrage 50%"	33
Figure 2. 6:Caractéristique I-V d'un module avec cellule ombrée (25% à 75%).....	35
Figure 2. 7: Caractéristique P-V d'un module avec cellule ombrée 25%à75%.....	35
Figure 2. 8:Caractéristique I-V d'un champ PV avec une cellule ombrée 50%.....	36
Figure 2. 9:Caractéristique P-V d'un champ PV avec une cellule ombrée 50%.....	36
Figure 2. 10:Les scénario du caractéristique I-V et P-V d'un champ PV avec différent pourcentage d'ombrage.....	37
Figure 2. 11: Caractéristique P-V de différent scénario d'ombrage dans champ PV	38

Figure 2. 12: Caractéristique I-V de différent scénario d’ombrage dans champ PV	38
Figure 2. 13: Caractéristique I-V de module lors défaut de poussière.....	39
Figure 2. 14 : Caractéristique I-V d’un module avec variation de résistance série	39
Figure 2. 15: Caractéristique I-V d’un module avec variation de résistance parallèle	40
Figure 2. 16:Caractéristique I-V d’un module sous mismatch de température	41
Figure 2. 17 : Schéma d’un groupe de cellules PV avec diode by pass court-circuitée	42
Figure 2. 18:Caractéristique I-V d’un module lors diode bypass C.C.....	42
Figure 2. 19: Caractéristique I-V d’un champ lors diode bypass C.C	42
Figure 2. 20: Schéma d’un groupe de cellules PV avec diode by pass déconnectée	43
Figure 2. 21:Caractéristique I-V avec diode by pass déconnectée	43
Figure 2. 22:Caractéristique I-V avec diode by pass inversée.....	44
Figure 2. 23:Caractéristique I-V d’un champ PV lors les défaut de module.....	45
Figure 3. 1:Symptômes de différents défauts	51
Figure 3. 2: Algorithme de diagnostic du GPV	55
Figure 3. 3: Algorithme globale de détection et localisation des défauts.....	57
Figure 3. 4: Interface graphique de diagnostic du GPV.....	58
Figure 3. 5:Palette de lecture	59
Figure 3. 6: Schémas bloc de programme de DLD.....	60
Figure 3. 7: Programme pour lecture et analyse les données.....	60
Figure 3. 8:Programme pour la comparaison.....	61
Figure 3. 9:Programme pour la localisation de défauts.	61
Figure 3. 10: Interface graphique de test 1.	62
Figure 3. 11: Interface graphique qui faire le test 2.....	64
Figure 3. 12: Interface graphique pour le test 3.....	66

LISTE DE TABLEAUX

Tableau 1. 1: Différents défauts du GPV.....	22
Tableau 1. 2: Classification des défauts et les anomalies d'un GPV.....	23
Tableau 2. 1: Paramètres de module PV	34
Tableau 2. 2: Les remarques lors les défauts de mismatch et d'ombrage.....	46
Tableau 2. 3: Les remarques lors la BPD défaillante.....	47
Tableau 2. 4: Les remarques lors le module défaillant.....	47
Tableau 3. 1: Nature de défauts et états des paramètres de diagnostic.....	54
Tableau 3. 2: Seuils pour différents paramètres de diagnostic.....	56

Introduction générale

Le marché du photovoltaïque, a connu une croissance très remarquable, surtout 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 en plus intéressant.

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 défauts et de maximiser ainsi la production énergétique du système photovoltaïque.

Le présent travail se veut une contribution au développement d'un nouvel **algorithme de Détection et de Localisation des Défauts (ADLD)** inhérents aux générateurs photovoltaïques. Il s'agit plus précisément d'une part de développer un modèle mathématique intégrant tous les paramètres indicateurs les défauts les plus fréquents au niveau d'un générateur photovoltaïque et d'autre part de développer une interface (IHM : Interface Homme-Machine) interactive et conviviale servant d'outil de diagnostic et l'identification de défauts en utilisant le logiciel LabVIEW.

Le présent travail comporte trois parties interdépendantes: une partie théorique dans laquelle nous donnons les principaux défauts de fonctionnement de GPV et un état de l'art sur les méthodes de diagnostic plus courantes, une deuxième partie sera consacrée à la modélisation et la simulation du comportement d'un GPV en présence de défauts et une troisième partie concerne l'implémentation software de l'algorithme DLD proposé ainsi que la présentation de tests de validation.

Pour arriver aux objectifs de l'étude, nous avons structuré le mémoire en trois chapitres;

- **Chapitre 1:** concerne la partie théorique et principe de fonctionnement d'une cellule, module et générateur photovoltaïque et la classifications des défauts qui peuvent se présenter

au niveau d'un générateur photovoltaïque et les méthodes différentes de diagnostic plus courantes

- **Chapitre 2:** concerne la partie modélisation et simulation du comportement d'un GPV en fonctionnement sain (sans défauts) et en présence de défauts.

- **Chapitre 3:** concerne l'implémentation de l'algorithme DLD développé sous forme d'IHM, l'acquisition de données de défauts et l'analyse par la détermination des paramètres de diagnostic et les tests de validation pour confirmer la performance de tel outil.

Enfin, une conclusion et une présentation des perspectives sont présentées à la fin du manuscrit.

CHAPITRE 1

Générateur Photovoltaïque et Défauts de Fonctionnement

Générateur photovoltaïque et défauts de fonctionnement

1.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous décrirons le fonctionnement d'un générateur photovoltaïque en bonne performance et les différents types des défauts qui peuvent avoir lieu au niveau de composant avec quelques notions fondamentales liées à l'étude et l'identification de leurs symptômes de mauvaises performances. Nous présenterons également les différentes méthodes de diagnostic.

1.2. Conversion photovoltaïque

Le principe de fonctionnement d'une cellule solaire repose sur le principe de l'effet photovoltaïque. Ce dernier permet de convertir directement l'énergie lumineuse des rayons solaires en électricité par le biais de production et de transport de charges électriques positives et négatives dans un matériau semi-conducteur comme le silicium. Ce matériau est composé de deux couches, l'une présentant un excès d'électrons et l'autre un déficit, dites respectivement dopée de type **N** et dopée de type **P**. Lorsque la première couche est mise en contact avec la seconde, les électrons en excès dans le matériau **N** diffusent dans le matériau **P**. La zone initialement dopée **N** devient chargée positivement et la zone initialement dopée **P** chargée négativement. Il se crée donc entre elles un champ électrique qui tend à repousser les électrons dans la zone **N** et les trous vers la zone **P**. La mise en contact des deux couches à dopages opposés dans ce semi-conducteur en y ajoutant des contacts métalliques constitue un élément connu: **la diode**. Lorsque la jonction est éclairée, les photons d'énergie égale ou supérieure à la largeur de la bande interdite communiquent leur énergie aux atomes, chacun fait passer un électron de la bande de valence dans la bande de conduction, créant ainsi une

paire électron-trou. Si une charge est placée aux bornes de la cellule, comme représentée sur la figure 1.1, les électrons de la zone **N** rejoignent les trous de la zone **P** via la connexion extérieure, donnant naissance à une différence de potentiel: le courant électrique circule. Cette jonction a donc les caractéristiques électriques d'une diode au silicium classique avec, sous illumination, l'apparition d'un photo-courant indépendant de la tension est proportionnel au flux lumineux et à la surface de la cellule [1].

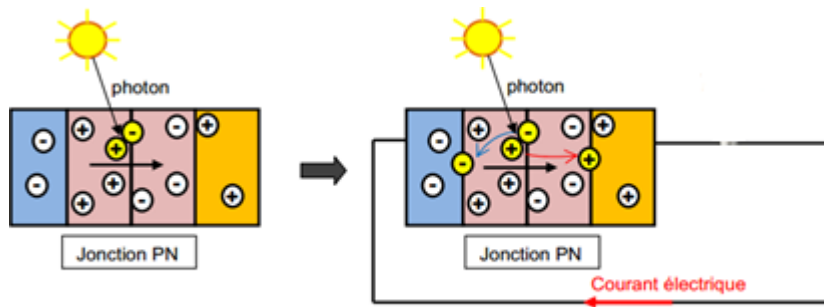


Figure 1. 1:Jonction PN et conversion photovoltaïque

1.3. Cellule solaire et différents régimes de fonctionnement

La cellule solaire est normalement conçue pour fonctionner comme générateur en fournissant l'énergie électrique convertie de l'énergie solaire à une charge. Par contre, il se peut que cette même cellule, lorsqu'elle est interconnectée avec d'autres cellules, fonctionne comme un récepteur en absorbant de l'énergie débitée par les autres cellules. La caractéristique électrique d'une cellule solaire sous différents régimes de fonctionnement (caractéristique dans 3 cadrans) est illustrée dans la figure 1.2

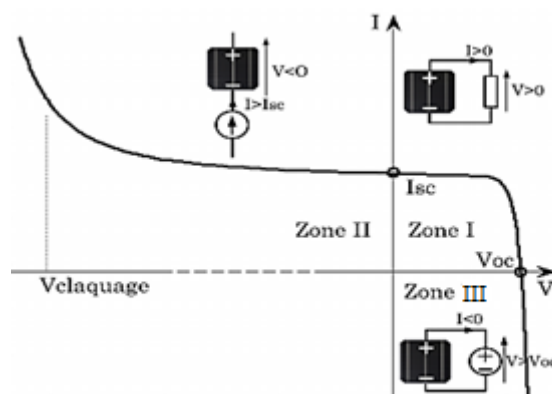


Figure 1. 2:Caractéristique I-V d'une cellule solaire sous différents régimes

Dans cette figure, on peut remarquer deux points de fonctionnement importants: le courant de court-circuit (I_{sc}) et la tension de circuit ouvert (V_{oc}). Comme son nom indique, le courant de court-circuit correspond au courant quand la cellule est court-circuitée. Ce courant de court-circuit est proportionnel à la surface de la cellule qui capture la lumière, et pour une surface quelconque, ce courant de court-circuit dépend de l'intensité de lumière absorbée par la cellule. La tension de circuit ouvert est la tension aux bornes de la cellule quand il n'y a pas de courant. Sa valeur est de l'ordre de 0.6 V pour la cellule de type cristallin. Ces deux points (V_{oc}) et (I_{sc}) délimitent le fonctionnement de la cellule en trois zones différentes.

La zone I de la Figure 1.2 correspond au fonctionnement en générateur de la cellule avec $0 \leq I \leq I_{sc}$ et $0 \leq V \leq V_{oc}$. C'est le fonctionnement dit normal de la cellule dans lequel elle débite la puissance produite à la charge.

La zone II correspond au fonctionnement en récepteur de la cellule avec $I > I_{sc}$ et $V < 0$. Quand le courant traversant la cellule est forcé par un circuit extérieur à dépasser son courant de court-circuit, la cellule produit une tension négative à ses bornes. La croissance en courant provoquera l'endommagement de la cellule si la tension à ses bornes atteint une limite : la tension de claquage ($V_{claquage}$). L'étude expérimentale sur différentes cellules de type cristallin a montré que la valeur de la tension de claquage varie entre -10 V et -30

La zone III correspond de nouveau au fonctionnement en récepteur de la cellule, mais avec cette fois-ci $I < 0$ et $V > V_{oc}$. Quand la tension aux bornes de la cellule est amenée à dépasser sa tension de circuit ouvert, un courant inverse circule dans la cellule. Si ce courant inverse dépasse une limite, la cellule sera irrémédiablement endommagée [2].

1.3.1. Caractéristique électrique d'une cellule solaire

Nous pouvons citer à titre d'exemple, le modèle à une diode, qui est le plus utilisé de par sa simplicité d'élaboration, sa rapidité à simuler, ainsi que sa précision [3].

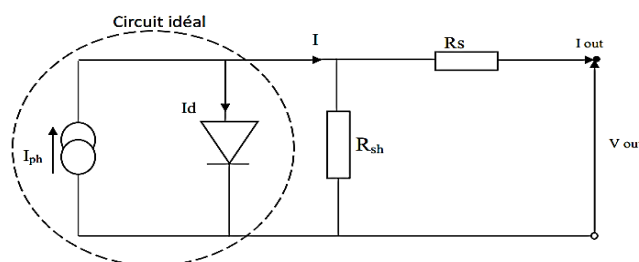


Figure 1. 3: Modèle électrique simple d'une cellule solaire

Ce modèle contient une source de courant I_{ph} qui représente l'ensoleillement reçu par la cellule, et une diode en parallèle qui représente la jonction PN. La résistance série R_s tient compte des pertes ohmiques des matériaux, des métallisations et du contact semi-conducteur. La résistance parallèle R_{sh} représente le courant de fuite qui se situe entre le dessus et le dessous de la cellule. L'équation du modèle à une diode de la cellule PV est la suivante :

$$I = I_{ph} - I_o \left[\exp\left(\frac{V + IR_s}{V_t}\right) - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{R_{sh}} \quad (1.1)$$

a) Photo-courant

Le courant I_{ph} d'une cellule PV dépend de la température et de l'ensoleillement ainsi que du coefficient de température du court-circuit généralement donné dans les références constructeurs (α). Le courant I_{ph} pour expression générale :

$$I_{ph} = [I_{ph,STC} + \alpha(T_c - T_{c,STC})] \frac{G}{G_{STC}} \quad (1.2)$$

Où :

$I_{ph,STC}$: est le photo-courant aux STC (1000W/m², AM1.5), en [A].

α : est le coefficient de température du courant court-circuit en [A/°C]

T_c : est la température cellule, en [°C]

$T_{c,STC}$: est la température cellule aux STC , [$T_{c,STC} = 25^\circ\text{C}$]

G : est l'éclairement reçu par la cellule solaire [W/m²]

G_{STC} : est l'éclairement aux STC.

La température de la cellule peut être donnée en fonction de la température ambiante par l'expression suivante :

$$T_c = T_a + \frac{NOCT - 20}{800} G \quad (1.3)$$

Où :

T_c : est température de la cellule en [°C]

T_a : est la température ambiante en [°C]

NOCT : est la température normale de fonctionnement de la cellule (Normal Operating Cell Temperature).

b) Courant de saturation de la diode

Le courant de saturation inverse de la diode qui représente la valeur asymptotique du courant I en polarisation inverse, dépend de la température et de largeur de bande d'énergie du matériau de la cellule solaire.

$$I_o = I_{o,ref} \left(\frac{T_c}{T_{c,STC}} \right)^3 \exp \left[\left(\frac{qE_g}{nT_{c,STC}} \right) \left(\frac{1}{T_{c,STC}} - \frac{1}{T_c} \right) \right] \quad (1.4)$$

Où :

I_o : est le courant de saturation inverse à la température T_c .

$I_{o,ref}$: courant de saturation inverse de référence.

E_g : est l'énergie de la bande interdite. Pour le silicium, elle est égale à 1.12eV

La tension thermique V_t donnée par l'équation suivante :

$$V_t = \frac{nkT}{q} \quad (1.5)$$

k :est le constant de Boltzmann

n : est facteur d'idéalité de diode.

q : est la charge d'électron.

1.3.2. Paramètres de performance d'une cellule

La caractéristique $I=f(V)$ d'une cellule solaire illuminée a la forme représentée dans la figure 1.4 dont la tension aux bornes de la charge est balayée de zéro à V_{oc} .

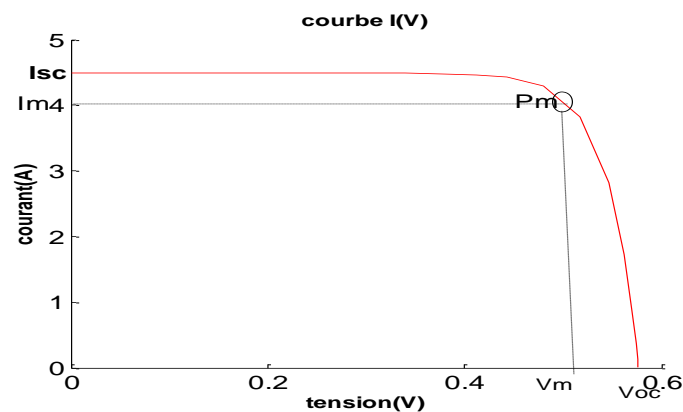


Figure 1. 4: la caractéristique I-V d'une cellule

Où

I_m : est le courant délivré par la cellule au point de puissance maximale P_m .

V_m : est la tension aux bornes de la cellule au point de puissance maximale P_m .

a) Tension de circuit ouvert

Elle représente la tension aux bornes de la cellule sous éclairement et sans circuit de charge ($V=V_{oc}$, $I=0$). Elle est donnée par l'expression suivante:

$$V_{oc} = nV_t \ln\left(\frac{I_{ph}}{I_0} + 1\right) \quad (1.6)$$

b) Courant de court-circuit

IL représente le courant délivré par la cellule quand la tension à ses bornes est nulle ($V=0$). Il est donné par l'expression suivante:

$$I_{sc} = [I_{ph,STC} + \alpha(T_c - T_{c,STC})] \frac{G}{G_{STC}} \quad (1.7)$$

c) Puissance débitée

La puissance fournie par la cellule est le produit $I.V$. Il s'écrit comme suit:

$$P = I.V = \left[I_{ph} - I_0 \left[\exp\left(\frac{V + IR_s}{V_t}\right) - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{R_{sh}} \right] . V \quad (1.8)$$

Mathématiquement, on obtient le point de puissance maximale P_m en résolvant l'équation de la dérivée suivante:

$$\left. \frac{\partial P}{\partial V} \right|_{P=P_m} = 0 \quad (1.9)$$

d) Facteur de forme

Le facteur de forme est donné par le rapport entre la puissance maximale est le produit ($V_{oc} \cdot I_{sc}$)

$$FF = \frac{P_m}{V_{oc} I_{sc}} = \frac{I_m V_m}{V_{oc} I_{sc}} \quad (1.10)$$

e) Rendement de conversion

Le rendement η de la cellule solaire est défini comme étant le rapport entre la puissance maximale délivrée par la cellule et l'éclairement incident P_{inc} sur la surface de la cellule S_c .

$$\eta = \frac{P_m}{P_{inc}} = \frac{V_m I_m}{P_{inc} S_c} \quad (1.11)$$

1.3.3. Module Photovoltaïque

Les cellules solaires sont généralement connectées en série dans les modules couramment commercialisés. La mise en série des cellules solaires permet d'augmenter la puissance. Le courant reste identique tandis que la tension est multipliée par le nombre de cellules en série. Un module photovoltaïque «classique » contient 36 ou 72 cellules. La Figure 1.5 montre un module contenant 36 cellules interconnectées en série. [4].

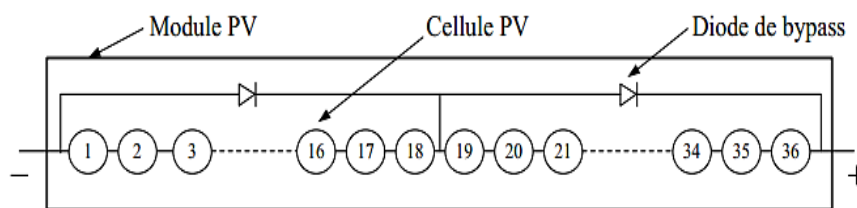


Figure 1. 5: Mise en série des cellules solaires en module PV

Et leur caractéristique est représentée sur la figure 1.6.

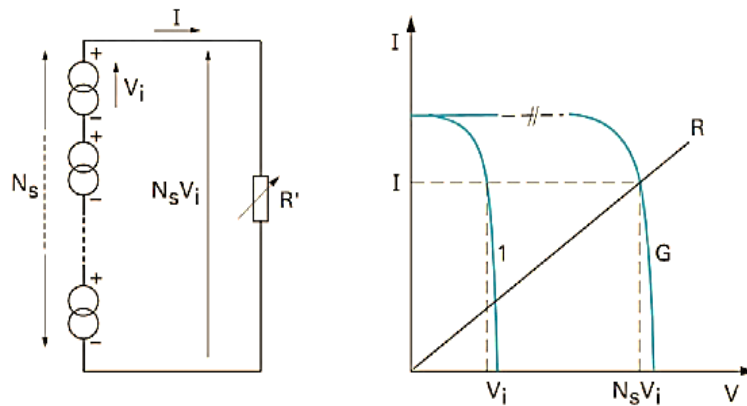


Figure 1. 6:Caractéristique de l'association en série de cellules solaires

Si les cellules sont connectées en parallèles, elles sont soumises à la même tension et la caractéristique résultante est obtenue par l'addition des courants comme le montre la figure ci-dessous.

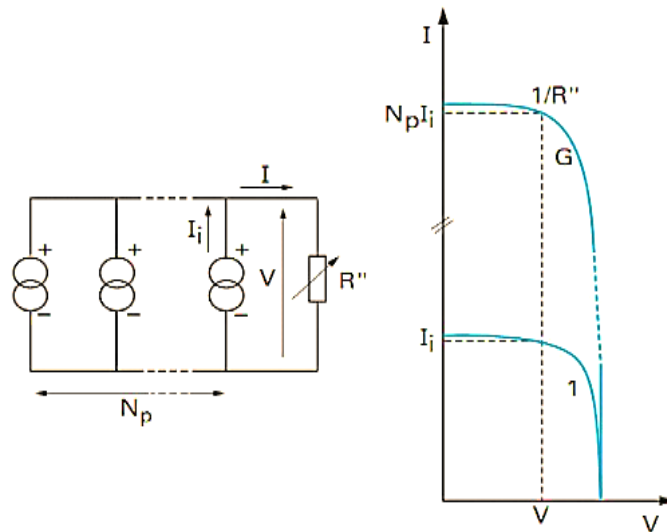


Figure 1. 7: Mise en parallèle de cellules PV

1.3.4. Système de protection

Des protections électriques sont ajoutées aux modules PV, afin d'augmenter sa durée de vie, en évitant les pannes liées à l'association des cellules. Pour cela, deux types de protections sont employées dans l'installation PV. Du fait que notre travail se concentre sur des défauts de générateur PV nous ne nous intéressons donc qu'aux composants servant à la protection du générateur PV.

a) Diode de by-pass

Les cellules dans un module sont associées en plusieurs groupes. Chaque groupe est ensuite connecté en antiparallèle avec une diode, appelée diode de by-pass ou diode de dérivation. Cette diode sert à protéger les cellules contre leur fonctionnement en régime inverse. On compte généralement 18 cellules pour une diode de by-pass. Par contre, ce nombre peut varier selon les différents fabricants des modules. Par ailleurs, pour mieux protéger les cellules, la connexion de chaque cellule individuelle à une diode de by-pass, d'autres architectures de connexion des diodes de by-pass dans le module, comme on peut le voir dans la Figure 1.8, Mais ces propositions ne sont pas largement appliquées du fait de la difficulté de fabrication.[4].

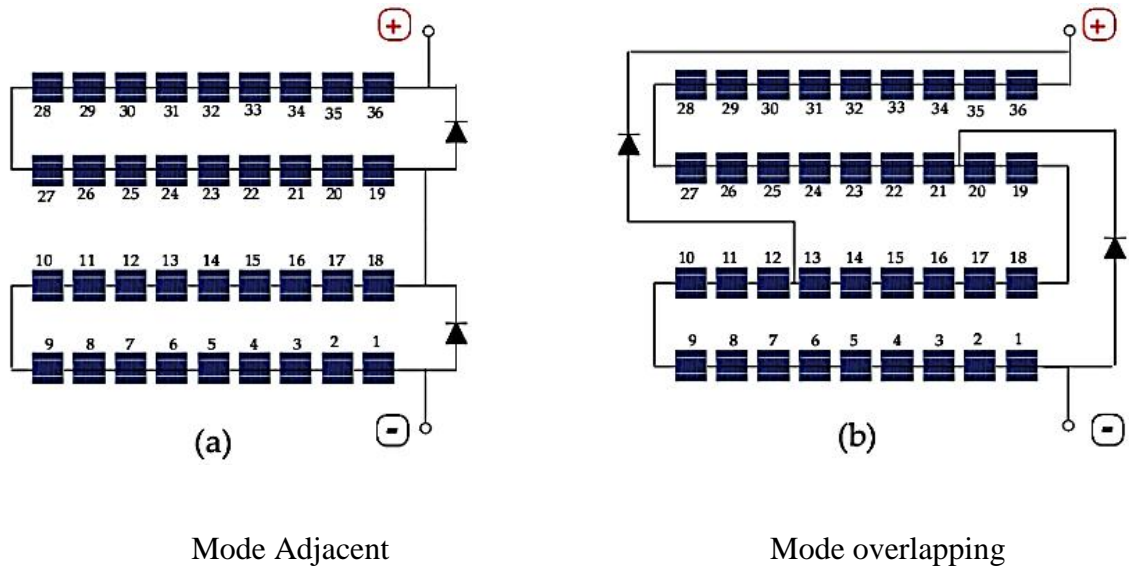


Figure 1. 8: Module PV avec deux diodes de by-pass qui se chevauchent (overlapped).

En court-circuitant le groupe de cellules associées en défaut et évitant ainsi l'apparition d'un sur-échauffement (Point chaud), ce qui peut endommager le groupe affecté et peut dégrader définitivement les performances du module PV en entier ou risque de feu. Comme le montre la figure 1.9.

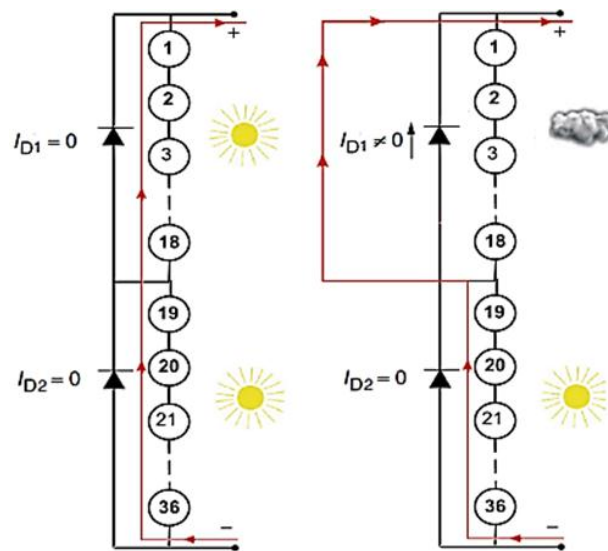


Figure 1. 9: Etat de fonctionnement de diode by-pass

b) Diode anti-retour

La tension produite par chaque string peut être différente. Lors de la mise en parallèle de ces strings pour former un champ, le string avec la tension la plus faible peut absorber un courant inverse provenant des autres strings. Cela conduit donc à une baisse de production et les modules du string traversés par le courant inverse pourraient être également susceptibles de la défaillance. Pour éviter ces courants inverses, une diode anti-retour est placée au bout de chaque string (figure 1.10). [5]

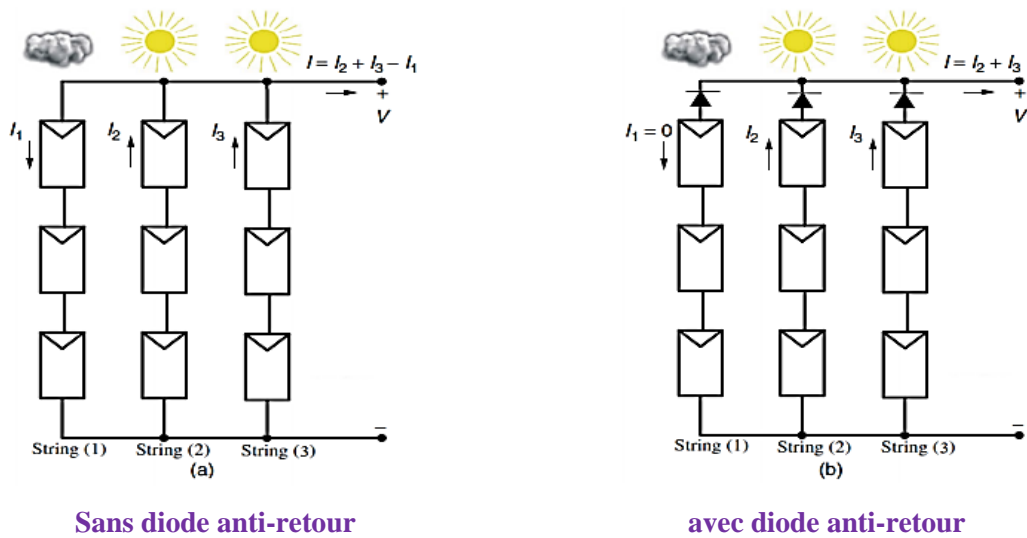


Figure 1. 10: °Protection avec une diode anti-retour

1.3.5. Champ Photovoltaïque

Pour disposer d'une puissance installée de plusieurs centaines de kilowatts, voire de mégawatts, il est nécessaire d'assembler les modules photovoltaïques suivant une architecture connue sous le nom de configuration série/parallèle.

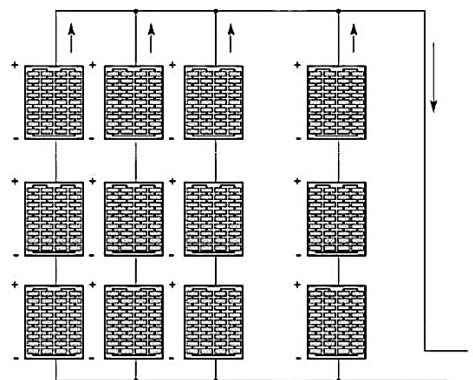


Figure 1. 11: Structure d'un champ PV.

1.4. Défauts de fonctionnement d'un générateur PV

Pour mieux comprendre nous avons défini quelques notions dans les phrases suivantes :

Défaut : On appelle défaut tout écart entre la caractéristique observée sur le dispositif et la caractéristique théorique.

Symptôme : c'est le changement de la quantité observée du comportement normal.

Détection : Elle consiste à reconnaître qu'un dispositif est dans un mode de dysfonctionnement à partir de la connaissance de certaines caractéristiques.

Localisation : Elle consiste à déterminer les causes physiques ou fonctionnelles d'une panne, c'est-à-dire à déterminer le ou les éléments à l'origine du défaut.

Le tableau 1.1. présente les principaux défauts et anomalies classés suivant l'emplacement de leur apparition au niveau d'un générateur PV [2].

Composant	Défaut et anomalie
Générateur PV	<ul style="list-style-type: none"> • Feuilles d'arbre, déjections, pollution, sable, neige etc. • Détérioration des cellules, fissure, échauffement des cellules • Pénétration de l'humidité, dégradation des interconnexions, • Corrosion des liaisons entre les cellules • Modules de performances différentes • Module arraché ou cassé • Modules court-circuités, modules inversés
Boite de jonction	<ul style="list-style-type: none"> • Rupture du circuit électrique • Court-circuit du circuit électrique • Destruction de la liaison • Corrosion des connexions
Câblage et connecteur	<ul style="list-style-type: none"> • Circuit ouvert • Court-circuit • Mauvais câblage (module inversé) • Corrosion des contacts • Rupture du circuit électrique
Protection (diode by-pass et diode anti-retour)	<ul style="list-style-type: none"> • Destruction des diodes • Absence ou non fonctionnement de diodes • Inversion de la polarité des diodes au montage

Tableau 1. 1: Différents défauts du GPV

1.4.1. Classification des défauts de générateur PV

Il existe plusieurs classifications des défauts qui sont citées dans la littérature. Dans notre travail, nous avons opté pour la classification par niveau d'apparition de défaut et l'étape à laquelle ils interviennent et s'ils peuvent modifier le comportement du composant de cette étape (cellule, groupe de cellules, modules, strings, champ). Le tableau 1.2 présente cette classification.

La première colonne montre la succession des composants. La deuxième donne la nature des différents défauts intervenant dans les étapes et la dernière colonne donne la dénomination de chaque catégorie de défauts pour la modélisation. et la dernière colonne donne la dénomination de chaque catégorie.

Composant du champ	Nature des défauts	Dénomination des défauts
Cellule	<ul style="list-style-type: none"> • Module arraché ou cassé • Pylônes, cheminée, sable, neige etc. • Echauffement des cellules • Dégradation des interconnexions • Fissure • Corrosion des liaisons entre cellules, Modules de performances différentes, Détérioration des cellules, Pénétration de l'humidité 	Défaut de mismatch et d'ombrage
Groupes de cellules	<ul style="list-style-type: none"> • Destruction des diodes • Absence de diodes, • Inversion de la polarité des diodes • Diode mal connectée • Diode court-circuitée 	Défaut de diode by-pass
Module	<ul style="list-style-type: none"> • Modules court-circuités, • Modules shuntés 	Défaut de module
String	<ul style="list-style-type: none"> • Rupture du circuit électrique • Destruction de la liaison • Corrosion des connexions • Corrosion des contacts 	Défaut de connexion

Tableau 1. 2: Classification des défauts et les anomalies d'un GPV

1.5. Méthodes de diagnostic

Plusieurs méthodes de diagnostic sont rapportées dans la littérature [6] à savoir :

- Méthode d'infrarouge
- Méthode électrique
- Méthode de réflectométrie
- Méthode d'analyse de point de fonctionnement

1.5.1. Méthode d'infrarouge

Il existe plusieurs méthodes non-électriques, destructives ou non destructives, pour diagnostiquer le défaut au niveau de la cellule solaire. Le défaut principal qui peut avoir lieu à ce niveau est la fissure de la cellule au niveau du module photovoltaïque. La méthode de l'imagerie d'infrarouge (caméra thermique) est largement appliquée [8]. Cette méthode repose sur le fait que tous les matériaux émettent un rayonnement infrarouge sur une plage de longueur d'onde qui dépend de la température du matériau. En examinant la distribution de la température au niveau du module, des anomalies (si elles ont lieu) peuvent être localisées.

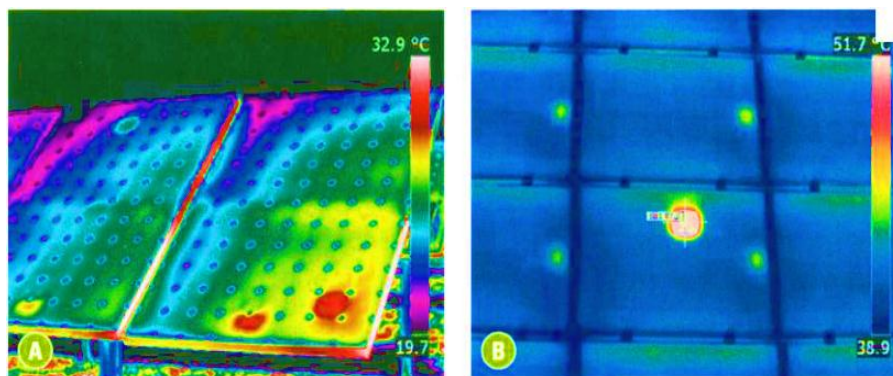


Figure 1.12: Exemple de détection de défauts par thermographie infrarouge

1.5.2. Méthode électrique

Les systèmes de monitoring actuels d'un système PV sont essentiellement intégrés aux onduleurs. Dans ce cadre, les grandeurs mesurées les plus courantes sont :

- Le courant débité par le champ PV
- La tension aux bornes du champ PV
- La résistance d'isolement entre les bornes positive et négative du champ PV

Il est aussi possible d'ajouter les grandeurs complémentaires qui sont la température ambiante du site et l'ensoleillement aux mesures électriques. Ces données nécessitent un capteur spécifique (sonde de température et cellule de référence). Il convient, dans le cas où ces grandeurs sont nécessaires, de les traiter à l'aide d'un automate spécifique. Cet automate est relié à l'onduleur et centralise la totalité des données afin de les enregistrer et/ou de les envoyer sur un serveur distant [9].

1.5.3. Méthode de réflectométrie

La méthode de réflectométrie électrique est une méthode électrique qui permet de mesurer les caractéristiques électriques d'une ligne de transmission et de détecter tout point de discontinuité. La réflectométrie est couramment utilisée pour la détermination de l'état électrique de câbles et de lignes. Elle fournit des informations pour la détection, la localisation et la caractérisation de défauts. [10].

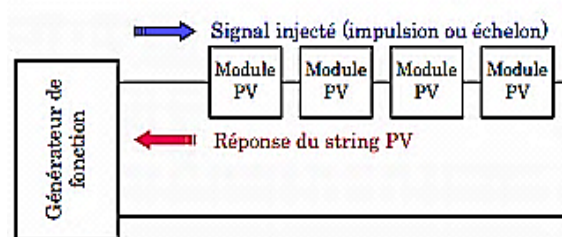


Figure 1. 13: Principe de la réflectométrie pour localiser le défaut dans un string PV

1.5.4. Méthode d'analyse du point de fonctionnement

La comparaison de la puissance maximale mesurée à celle simulée peut apporter plus d'informations sur le comportement du générateur PV. L'idée principale consiste à identifier le type de défaut présent sur une installation PV et plus particulièrement sur le générateur PV [11]. Ces défauts sont regroupés en 4 familles :

- Modules défaillant dans un string
- Fausse alarme
- String défectueux
- Ombrage, vieillissement, erreur MPPT

1.6. Conclusion

Ce chapitre a été principalement consacré à deux parties: une première partie concerne la description du générateur photovoltaïque et les composants utilisés pour sa protection. Dans la deuxième partie, nous avons présenté les défauts principaux du système PV ainsi que les différentes méthodes les plus utilisées dans le diagnostic et la localisation des défauts au niveau d'un générateur.

CHAPITRE 2

Modélisation des Défauts et Simulation

Modélisation des défauts et simulation

2.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous présenterons le modèle mathématique décrivant le comportement d'un générateur PV en fonctionnement sain et en présence de défauts. Ensuite, nous présenterons également l'étude de simulation et les résultats issus de cette étude.

Un des objectif visés dans le cadre de ce mémoire est l'établissement d'un modèle universel permettant d'obtenir la caractéristique courant-tension du GPV (module, champ PV) en présence de n'importe quel défaut, à l'image de: mismatch, ombrage, déconnection de BPD...etc.

Ce modèle proposé se compose de 3 parties interdépendantes (figure 2.1):

- Un cœur représente la formulation mathématique,
- Une entrée comporte les paramètres climatiques, la nature de défaut
- Une entrée secondaire concerne la configuration du GPV,
- Et enfin une sortie donnant la caractéristique I-V du GPV.

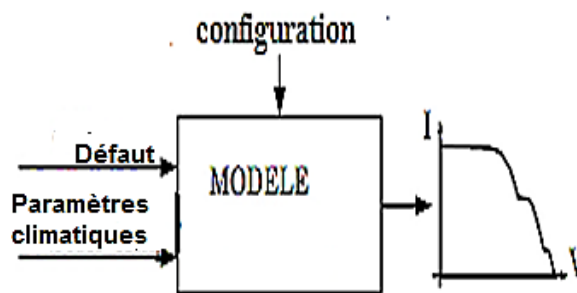


Figure 2. 1: Synoptique du modèle d'un GPV

2.2. Modèle universel du GPV en présence de défauts

Pour simuler un défaut quelconque au niveau du GPV, nous avons établi un modèle général se basant sur le modèle de à une seule exponentielle auquel sont introduits certains paramètres ou coefficients indiquant la nature du défaut. Ce modèle s'exprime par la relation suivante:

$$I = \alpha_{sh} \alpha_{Tr} I_{ph} - I_o \left[\exp \left(\frac{V + I(R_s - R_{sm})}{V_t} \right) - 1 \right] - \frac{V + I(R_s + R_{sm})}{(R_{sh} - R_{shm})} \quad (2.1)$$

Où :

α_{sh} : est un paramètre adimensionnel indiquant la présence d'ombrage,

α_{Tr} : est un paramètre adimensionnel indiquant la présence de salissure et poussière sur le plan du générateur photovoltaïque,

R_{sm} et R_{shm} : sont deux résistances qui peuvent s'ajouter aux résistances série et résistance parallèle lors de la présence du défaut de mismatch.

2.2.1. Sous-modèle de défaut d'ombrage partiel

Dans ce cas, on introduit dans l'équation 2.1 seulement le coefficient α_{sh} qui représente le pourcentage ou degré d'ombrage ($\alpha_{sh}=0$;ombrage totale , $\alpha_{sh}=1$;absence d'ombrage) son effet apparait uniquement sur le courant photo-généré. Les autres paramètres n'ont pas d'effet ($\alpha_{Tr}=1, R_{sm}=0, R_{shm}=0$). C e sous-modèle est donné par la relation suivante:

$$I = \alpha_{sh} I_{ph} - I_o \left[\exp \left(\frac{V + IR_s}{V_t} \right) - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{R_{sh}} \quad (2.2)$$

2.2.2. Sous-modèle de défaut de salissure et poussière

Le phénomène de salissure et poussière est défini comme une couche occultant le GPV et qui présente un coefficient de transmission α_{Tr} dépend de l'épaisseur de cette couche, il varie de zéro (pour une couche épaisse) à 0.9 (pour une couche légère). Les autres paramètres n'ont pas d'effet ($\alpha_{sh}=1, R_{sm}=0, R_{shm}=0$).

C e sous-modèle est donné par la relation suivante:

$$I = \alpha_{Tr} I_{ph} - I_o \left[\exp \left(\frac{V + IR_s}{V_t} \right) - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{R_{sh}} \quad (2.3)$$

2.2.3. Sous-modèle de défaut de Mismatch

Le défaut de mismatch est le défaut causé par le groupement de cellules possédant une caractéristique I-V non identique. Tout changement dans l'un des paramètres de l'équation 2.1 conduira à la dissemblance de leur caractéristique. On considère des défauts (mismatch de résistance série, mismatch de résistance parallèle et mismatch de température).

a) Défaut de résistance série

Dans ce sous-modèle, le comportement de la caractéristique I-V est étudié lorsque le paramètre de la résistance série augmente. Cette augmentation dans la résistance peut se traduire par la résistance R_{sm} . Les autres paramètres sont considérés sans effet ($\alpha_{sh}=1$, $\alpha_{Tr}=1$, $R_{shm}=0$). Dans ce cas une éventuelle oxydation des contacts métalliques ou de la connectique peut parfois apparaître. Ce sous-modèle peut s'exprimer par la relation :

$$I = I_{ph} - I_o \left[\exp \left(\frac{V + I(R_s + R_{sm})}{V_t} \right) - 1 \right] - \frac{V + I(R_s + R_{sm})}{R_{sh}} \quad (2.4)$$

b) Défaut de résistance parallèle

Dans ce cas, on peut avoir une diminution de la résistance parallèle et donc de la performance du générateur PV. Cette diminution peut se traduire par la résistance R_{shm} . Les autres paramètres sont considérés sans effet ($\alpha_{sh}=1$, $\alpha_{Tr}=1$, $R_{sm}=0$).

$$I = I_{ph} - I_o \left[\exp \left(\frac{V + IR_s}{V_t} \right) - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{(R_{sh} - R_{shm})} \quad (2.5)$$

2.3. Simulation et résultats

Pour élucider les différents effets de paramètres indicateurs des défauts, nous avons réalisé une étude de simulation à l'aide de logiciel Matlab/Simulink. La figure 2.2 illustre l'implémentation du modèle de l'équation 2.1.

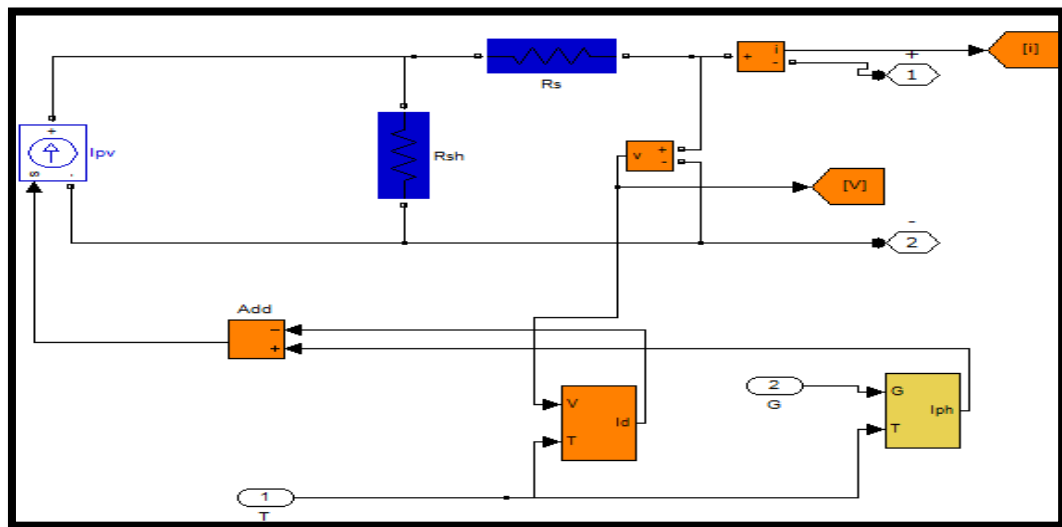


Figure 2. 2: Schéma du modèle de simulation d'une cellule solaire

Le module photovoltaïque faisant l'objet de cette étude de simulation possède les caractéristiques suivantes :- 36 cellules associées en série, - 02 diodes de by-pass en mode adjacent, - $I_{sc}(STC)=4.45A$, - $V_{oc}(STC)=21.1V$

2.3.1. Simulation du défaut d'ombrage partiel

Dans le cas du défaut d'ombrage partiel, lorsque nous faisons la somme de toutes les tensions des cellules interconnectées, la valeur obtenue peut être négative, puisqu'une partie des cellules produit une tension négative lorsque le courant qui la traverse dépasse la valeur du courant de court-circuit. C'est dans ce cas que la diode de by-pass rentre en jeu en devenant passante. Comme nous l'avons déjà souligné, le défaut d'ombrage peut être caractérisé en observant la variation de certains paramètres de la cellule. Lors de la mise en série des cellules solaires, pour un même courant, la tension produite par chaque cellule est différente. Par contre, en cas de mise en parallèle des cellules, l'effet est identique mais le courant fourni par chaque cellule diffère. Le résultat de simulation relatif à ce défaut est illustré dans la figure 2.3.

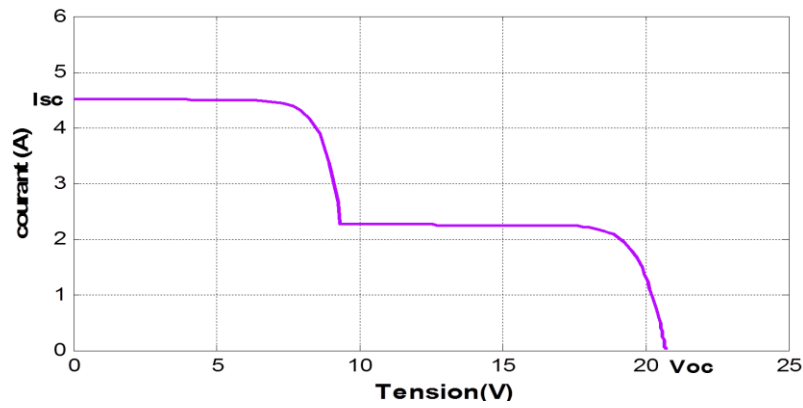


Figure 2.3: Comportement d'un module sous l'ombrage 50 %

Cela signifie qu'une ou plusieurs cellules sont traversées par un courant supérieur à leur courant de court-circuit. Les relations suivantes permettent de calculer le courant et la tension d'un module sous fonctionnement défaillant

$$I_{\text{groupe}} = I_{\text{cell}} + I_{\text{diode bypass}}$$

$$V_{\text{module}} = \sum V_{\text{cellule}} \text{ si } \sum V_{\text{cellule}} \geq 0 \tag{2.6}$$

$$V_{\text{module}} = 0 \text{ si } \sum V_{\text{cellule}} < 0$$

Les résultats obtenu de tel type de défaut sont représentés par les courbes de la figure 2.4.

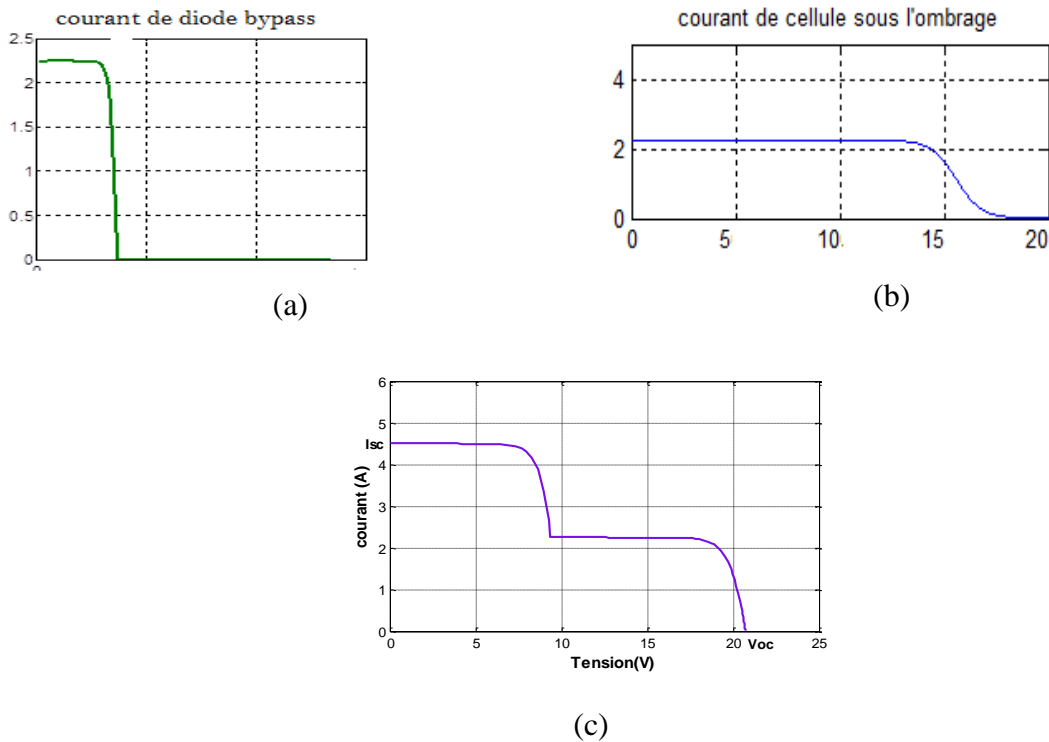


Figure 2. 4: Comportement d'un module sous ombrage partiel a) courant de BPD, b) courant du groupe 18 cellules ombragées, c) Courbe résultante

La figure ci-dessous montre la caractéristique I-V du module avec une diode by-pass active et celle en fonctionnement normale.

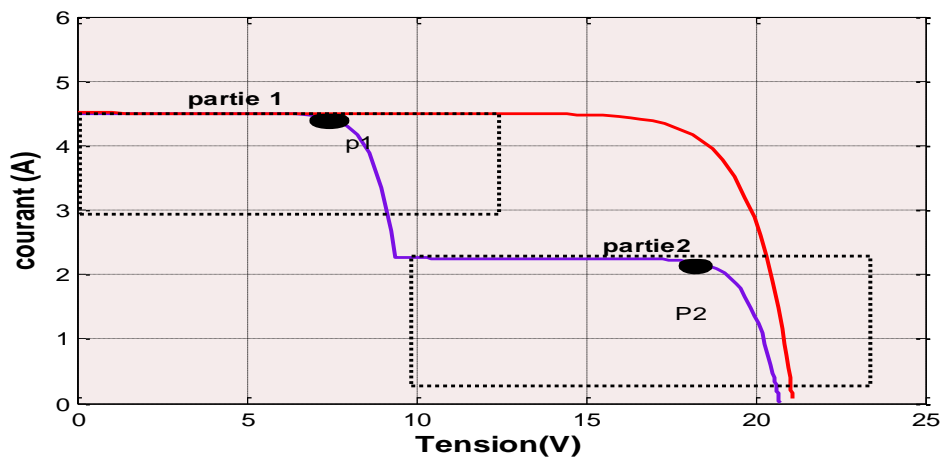


Figure 2. 5: Caractéristique I-V d'un module PV en fonctionnement normale et fonctionnement ($\alpha_{sh}=0.5$)

- La partie 1 correspond à la caractéristique I-V en fonctionnement normal, donc pour une tension V_1 et une diode by-pass D1 qui est bloquée.
- La partie 2 correspond à la caractéristique I-V sous ombrage, donc pour une tension V_2 et une diode by-pass D2 qui devient passante; Ainsi, les tensions V_1, V_2 sont ajoutées afin d'obtenir la caractéristique I-V complète du module. La tension V_1 correspond à 18 cellules en série en fonctionnement normal. La tension V_2 correspond à la tension des cellules en défaut. Si la tension V_2 devient négative, la tension est considérée comme nulle aux bornes des cellules car la diode devient passante. Par conséquent, lorsque les deux tensions sont ajoutées, un point d'inflexion apparaît caractérisant le nombre de cellule en fonctionnement normal et en fonctionnement sous ombrage. Cela fait apparaître la présence de deux points de puissance maximale (figure 2.5). Des recherches ont montré que la plupart des convertisseurs travaillent lorsque la tension de la caractéristique I-V sous conditions d'ombrage est la plus élevée (point 2).[1]

2.3.1.1. Scénarios de défaut d'ombrage

Dans cette partie, plusieurs conditions d'ombrage sont envisagées, en prenant en compte notamment le pourcentage d'ensoleillement. Dans le premier scénario, nous faisons varier le pourcentage d'ombrage d'une seule cellule du module de 25% à 75%. Le résultat de simulation est représenté en figure 2.6 et figure 2.7.

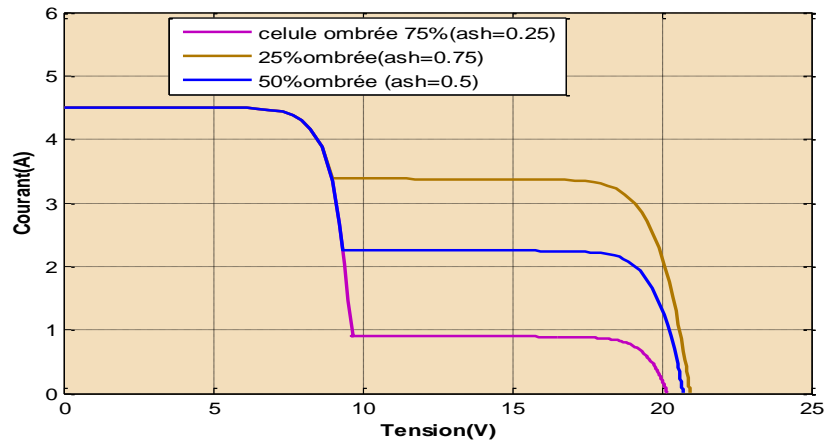


Figure 2. 6:Caractéristique I-V d'un module avec une cellule ombragée (de 25% à 75%)

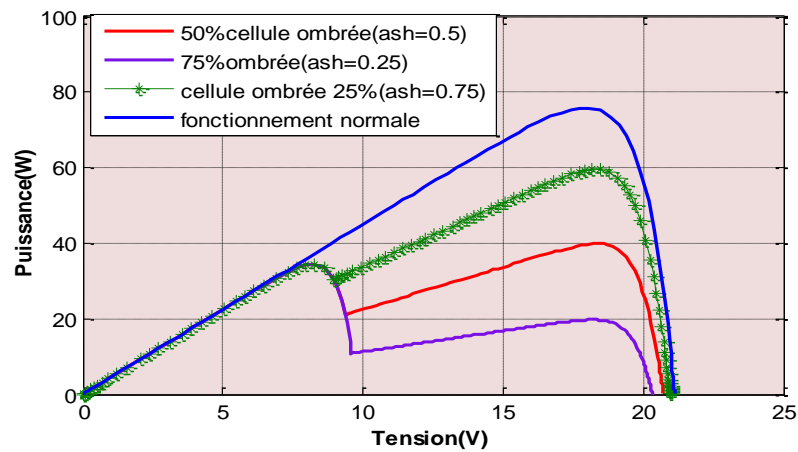


Figure 2.7: Caractéristique P-V d'un module avec une cellule ombragée (de 25%à 75%)

En ce qui concerne le champ de module photovoltaïque, nous avons étudié le comportement d'un champ de quatre modules (2série x 02parallèle) eux equations suivantes :

$$I_{\text{champ}} = N_{\text{string}} \times I_{\text{cellule}}$$

$$V_{\text{champ}} = N_{\text{module}} \times N_{\text{groupe}} \times N_{\text{cellule}} \times V_{\text{cellule}} \cdot$$

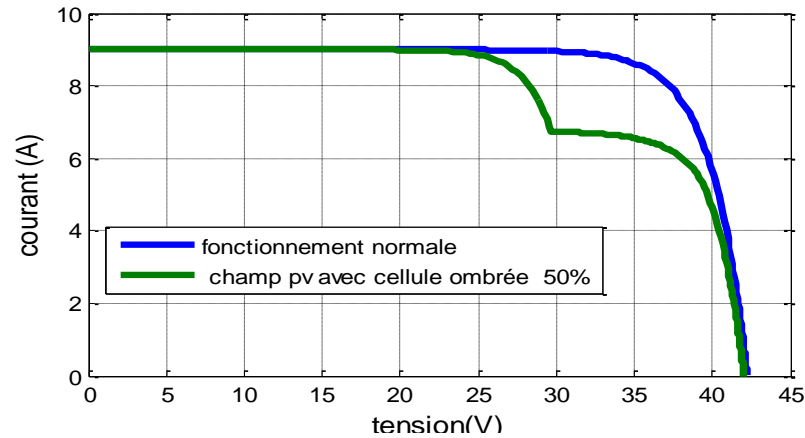


Figure 2. 8:Caractéristique I-V d'un champ PV avec une cellule ombrée 50%

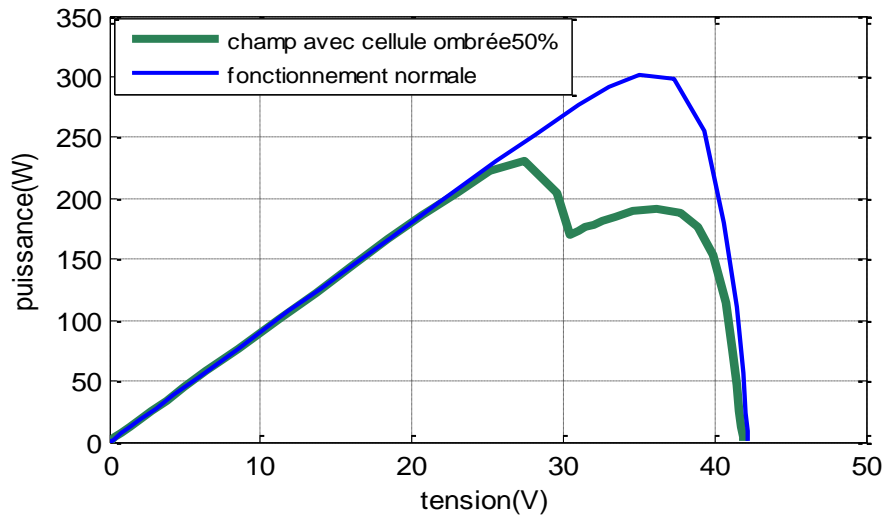


Figure 2. 9:Caractéristique P-V d'un champ PV avec une cellule ombrée 50%

dans cette figure, nous pouvons constater l'apparition d'un point d'inflexion du fait d'un ombrage sur un groupe de cellules d'un module. Sachant qu'un module possède deux diodes by-pass, dans ce scénario, nous avons 8 diodes by-pass. Un groupe de cellules d'un module sous conditions d'ombrage permet d'activer une 2 diode by-pass sur 8. à partir de cette simulation, nous pouvons effectuer d'autres scénarios de fonctionnement en conditions de ce défauts voir la figure 2.10.

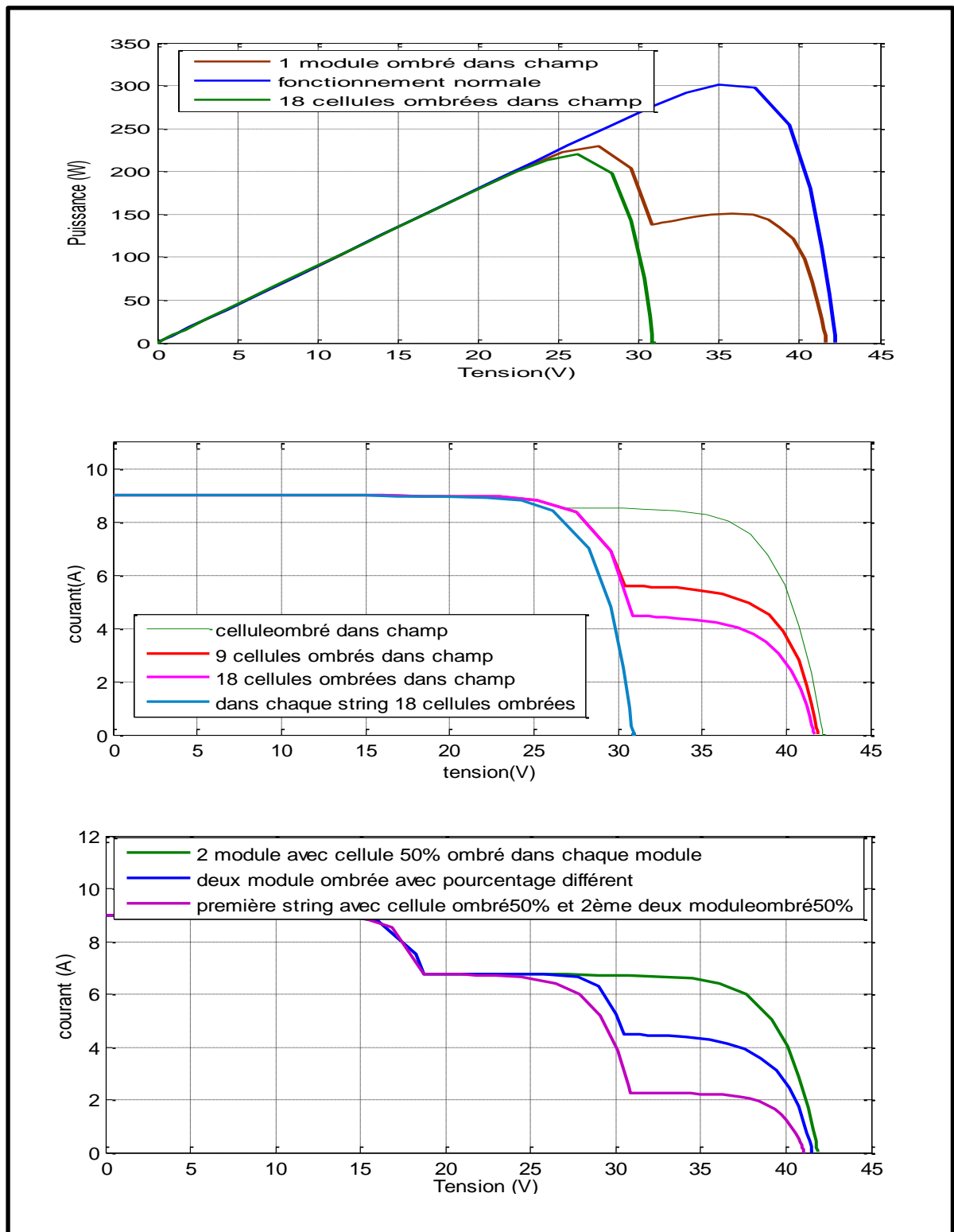


Figure 2. 10: Les scénarios de la caractéristique I-V et P-V d'un champ PV avec différents pourcentages d'ombrage

Nous pouvons constater sur cette figure que selon le pourcentage d'ombrage sur une cellule et sur un module, un point d'inflexion apparaît du fait de l'activation de la diode

by-pass. Plus l'ombrage est important sur la cellule, plus le courant au point d'inflexion diminue. Le scénario suivant, toujours avec la même configuration du champ, concerne maintenant 2 modules sur 4 sous conditions d'ombrage. Nous faisons varier le pourcentage d'ombrage d'une cellule sur un modules.

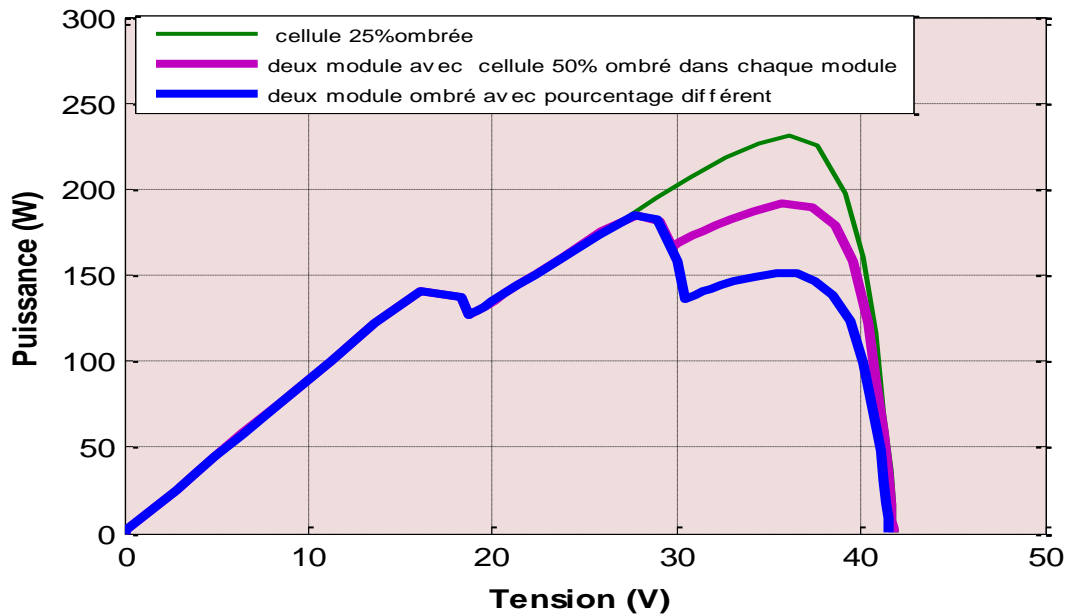


Figure 2.11: Caractéristique P-V de différent scénario d'ombrage dans champ PV

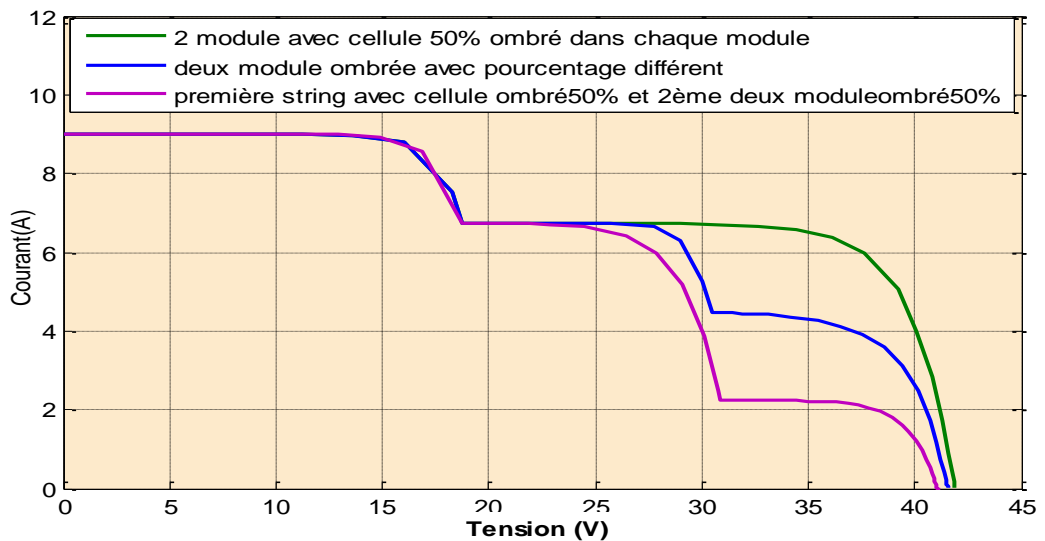


Figure 2.12: Caractéristique I-V de différent scénario d'ombrage dans champ PV

2.3.2. Simulation du Défaut de salissure et poussière

On garde le même configuration de module PV en tenir compte la modélisation de ce défaut ,on peut remarques la réduction de courant de court-circuit avec une variation légère de tension de circuit ouvert selon la sévérité de défaut.

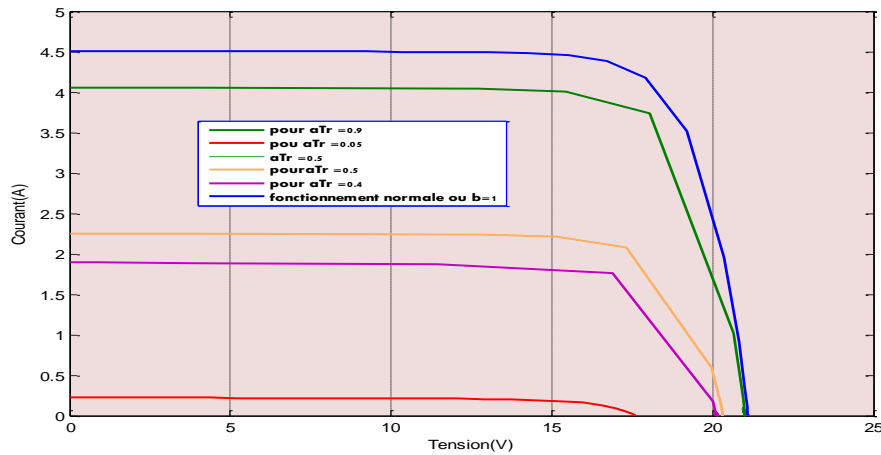


Figure 2. 13: Caractéristique I-V de module lors défaut de poussière

2.3.3. Simulation du Défaut de résistance série

La configuration d'un module est gardée, Nous effectuons directement la simulation sur un module avec un groupe de 18 cellules dont la résistance série augmente progressivement de 0.2Ω cette configuration représente sur la figure 2.14.

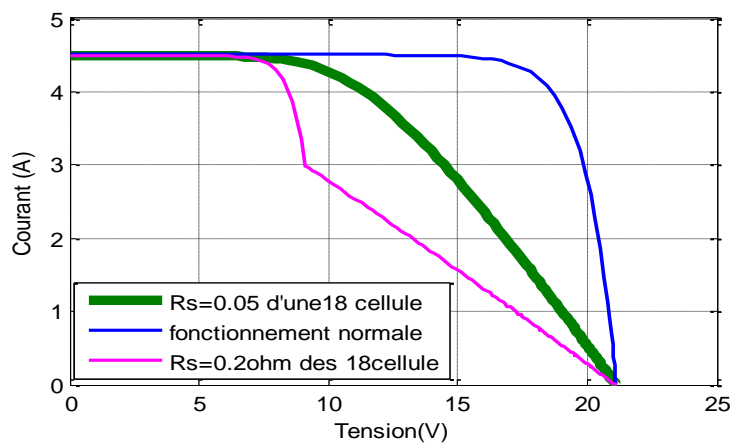


Figure 2. 14 : Caractéristique I-V d'un module avec variation de résistance série

la figure 2.14 illustre la perte en tension pour un courant donné qui est plus importante lorsque la résistance série augmente. Ce phénomène explique la déviation qui apparaît par rapport à la caractéristique I-V en fonctionnement normal. De plus, nous remarquons que pour une valeur de résistance assez importante, la perte en tension peut être

suffisamment grande pour rendre la tension du groupe négative et activer dans ce cas la diode by-pass.

2.3.4. Simulation du défaut de résistance parallèle

La configuration d'un module est gardée. Nous représentons sur la figure suivante le cas où un module un groupe de 18 cellules dont la résistance parallèle diminue progressivement.

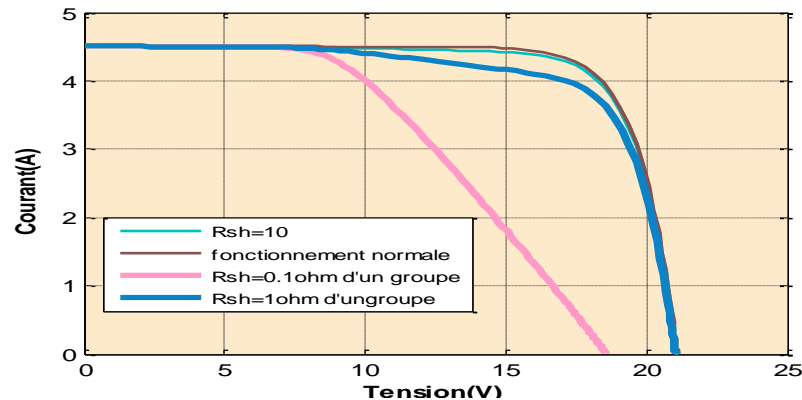


Figure 2. 15: Caractéristique I-V d'un module avec variation de résistance parallèle

La figure 2.15 illustre, pour une tension donnée, la perte en courant qui est élevée lorsque la résistance parallèle diminue. Si cette résistance est suffisamment petite, elle peut absorber tout le courant généré et faire apparaître une forte déviation de la caractéristique I-V par rapport à celle du fonctionnement normal. Selon les résultats de simulation obtenus pour ce type de défaut on peut remarquer que :

- Le courant de court-circuit est inchangé
- La tension de circuit ouvert est inchangée pour une faible sévérité
- Le facteur de forme diminue en fonction de la réduction de la valeur de la résistance shunt.
- Déviation de pente par rapport à celle de la courbe normale.

2.3.5. Simulation du Défaut de mismatch de température

La configuration du module reste la même. Nous faisons varier la température d'un groupe de 18 cellules d'un module, et d'autre groupe en fonctionnement normal. La figure 2.16 représente les allures des caractéristiques I-V du module, lors de l'échauffement de certaines cellules.

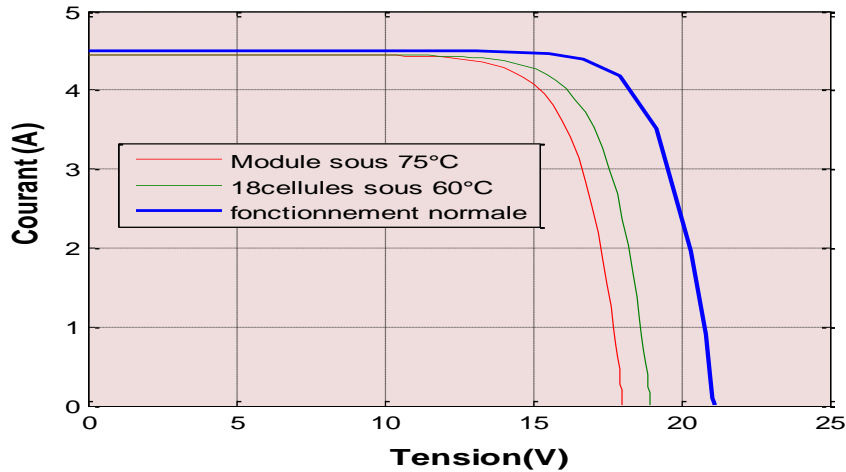


Figure 2. 16:Caractéristique I-V d'un module sous mismatch de température

les résultats de simulation obtenus pour ce type de défaut on peut remarquer que :

- Le courant de court-circuit est inchangé
- La tension de circuit ouvert et le facteur de forme diminuent en fonction de l'augmentation de la température

2.3.6. Simulation du défaut de diode by pass

Dans son bon état, la diode de bypass est passante quand la somme de la tension des cellules qu'elle protège est négative et elle est bloquée dans le cas contraire. Dans son état défaillant, ce rôle de protection n'est plus assuré, les défauts électriques associés à cette diode sont : diode court-circuitée, diode déconnectée et diode inversée. En plus de ces défauts électriques, cette diode pourrait être éventuellement claquée en cours de fonctionnement et se comporter comme une impédance d'une valeur quelconque. montre un schéma d'un groupe de cellules dans lequel la diode de bypass est remplacée par un élément qui peut, à chaque fois, prendre un des états défaillants de la diode : court-circuit, circuit ouvert, et diode inversée.[14]

diode by pass court-circuit

La tension et le courant d'un groupe de cellules associées à une diode By-pass court-circuitée (fig.2.17) sont donnés par les équations suivantes :

$$V_{\text{groupe}}=0$$

$$I_{\text{groupe}} = I_{\text{cellule}}+I_{\text{diode bypass}} \quad (2.7)$$

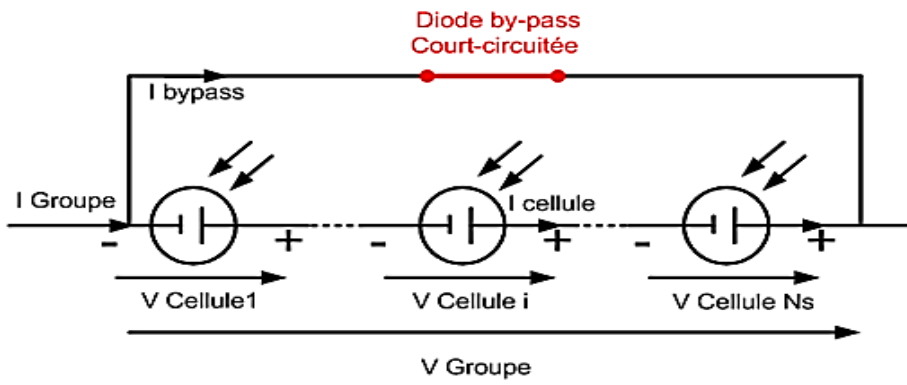


Figure 2. 17 : Schéma d'un groupe de cellules PV avec diode by pass court-circuitée

Les Figure 2.18 et 2.19 montrent quelques résultats de simulation d'un module lors défauts de diode de bypass. Les mêmes paramètres de cellule sont utilisés dans cette simulation.

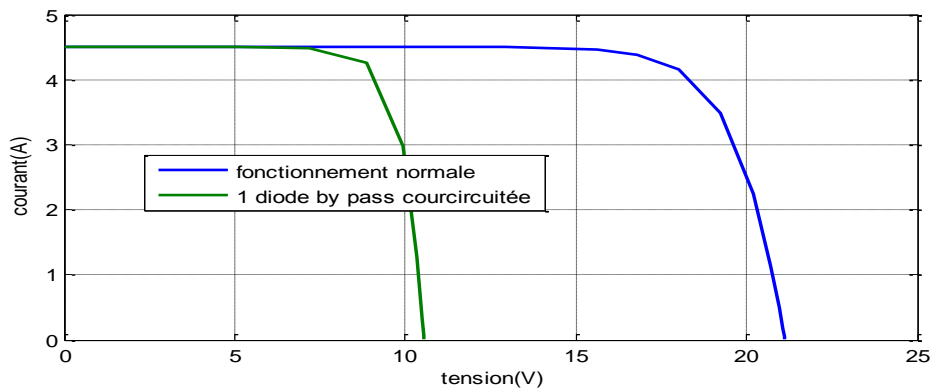


Figure 2. 18:Caractéristique I-V d'un module lors diode bypass C.C

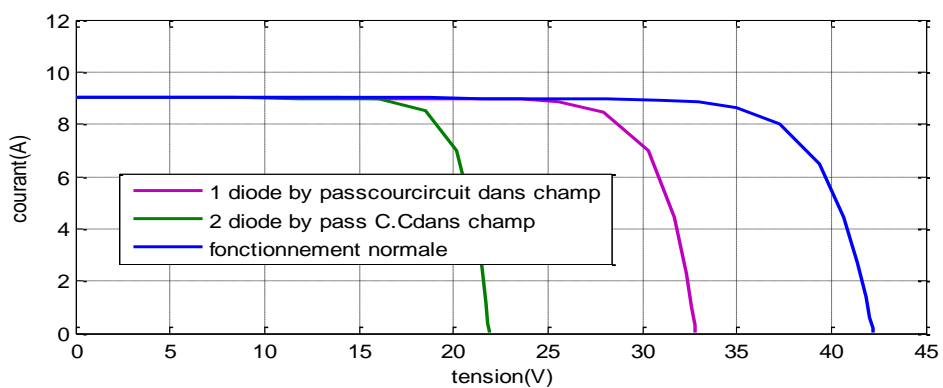


Figure 2. 19: Caractéristique I-V d'un champ lors diode bypass C.C

Dans ce cas, un quart de la tension produite est perdue dans le module car il y a 2 diodes de bypass dans un module. on peut remarquer que :

- Le courant de court-circuit est inchangé
- La tension de circuit ouvert diminue en fonction du nombre de diodes court-Circuit
- Diminution de la tension de circuit ouvert est facile à déterminer (-10,6 V par Diode)

Diode by pass déconnectée

La tension du groupe est égale à la somme de la tension des cellules du groupe. Le courant du groupe est égal au courant circulant dans le string de cellules.

$$V_{\text{groupe}} = \sum V_{\text{cellules}}$$

$$I_{\text{groupe}} = I_{\text{cellule}} \tag{2.8}$$

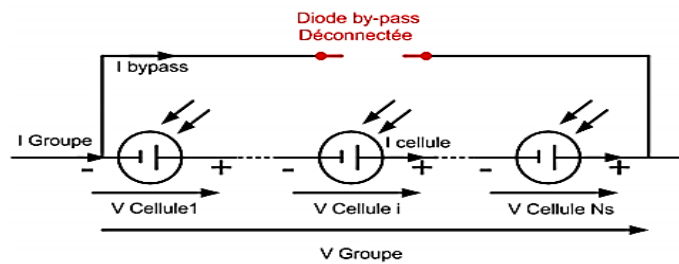


Figure 2. 20: Schéma d'un groupe de cellules PV avec diode by pass déconnectée

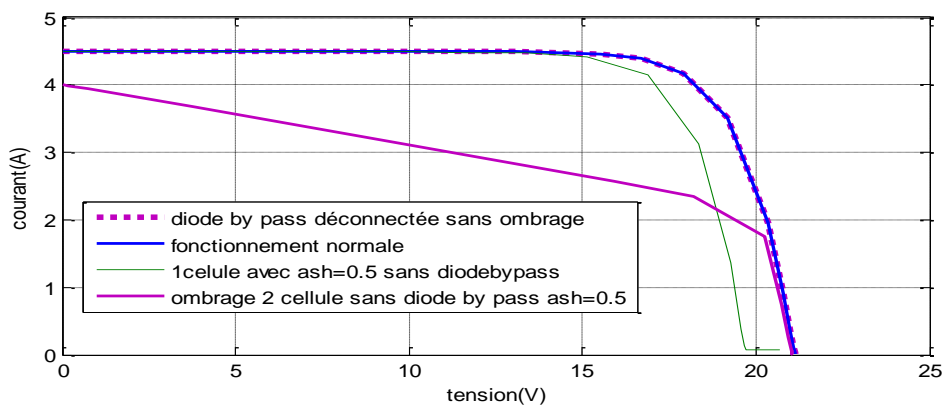


Figure 2. 21:Caractéristique I-V avec diode by pass déconnectée

la figure 2.21 montre le comportement d'un module PV quand une diode By-pass est déconnectée. Lorsque le module est totalement éclairé (sans ombrage), aucune perte de

tension ou de courant n'est apparue dans le module. Mais avec un ombrage, la perte en tension augmente en fonction de la croissance de l'amplitude de l'ombrage. Selon les résultats de simulation obtenus pour ce type de défaut on peut remarquer que :

- La tension de circuit ouvert est inchangée
- Le courant de court-circuit et le facteur de forme diminue fortement en fonction du nombre de cellules ombrées
- Déviation de pente par rapport à celle de la courbe normale.

Diode by pass inversée

le comportement d'un module PV quand une diode By-pass est inversée. Lorsque le module est totalement éclairé (sans ombrage), la diode By-pass est passante (la tension aux bornes du groupe de cellules est positive) dans cette situation, le quart de la tension du module est perdu. Dans le cas contraire (avec ombrage) la diode By-pass est bloquée, le module se comporte comme dans le cas où la diode By-pass est déconnectée. Selon les résultats de simulation obtenus pour ce type de défaut on peut remarquer que :

- La tension de circuit ouvert diminue en fonction du nombre de diodes inversées
- Le courant de court-circuit et le facteur de forme diminue fortement en fonction du nombre de cellules ombrées.

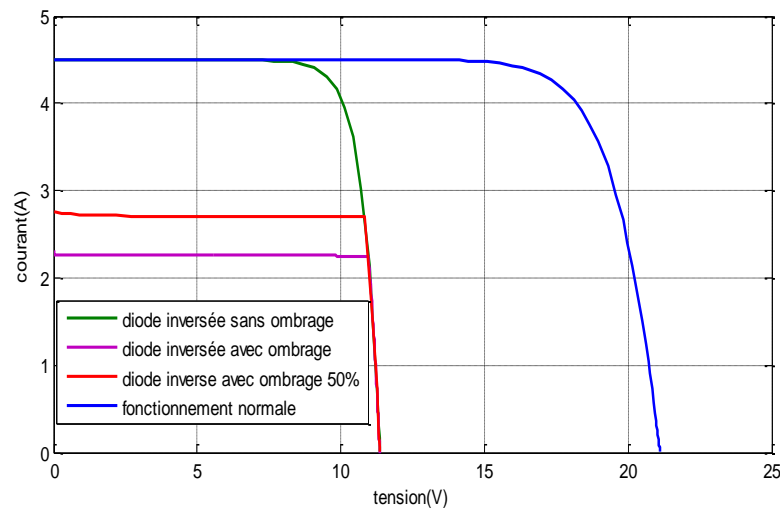


Figure 2. 22:Caractéristique I-V avec diode by pass inversée

2.3.7.Simulation du défaut de module

Le défaut de module se réfère à tous les défauts électriques associés à la connexion d'un module dans un champ PV : module court-circuité, module connecté en parallèle avec une impédance et inversion de la polarité du module. La Figure(2.23) montre le schéma d'un module avec l'élément qui représente, à chaque fois, un des états défailants de la connexion du module.

Cas « module court-circuité »

La tension du module s'annule. Le courant du module est égal à la somme du courant circulant dans les groupes de cellules et de celui circulant dans le chemin du court-circuit. Le courant dans le champ est égal au courant maximum produit par les cellules et le chemin court-circuité porte le courant en excès.

$$\begin{aligned}
 I_{string} &= I_{shunt} + I_{module} \\
 I_{champ} &= I_{string} * N_p \\
 V_{module} &= 0
 \end{aligned}
 \tag{2.9}$$

Cas « module connecté en parallèle avec une impédance »

La tension du module est égale à la somme de la tension de tous les groupes dans le module. Le courant du module est égal à la somme du courant circulant dans les groupes de cellules et de celui circulant dans l'impédance.

$$\begin{aligned}
 V_{module} &= \sum V_{groupe} \\
 I_{module} &= I_{groupe} + V_{module}/Z
 \end{aligned}
 \tag{2.10}$$

Dans le cas où le module est connecté en parallèle avec une impédance, la perte en courant du string augmente en fonction de la baisse en impédance. Quand un module est court-circuité, le string perd la tension d'un module .Les résultats de simulation de ce défauts :

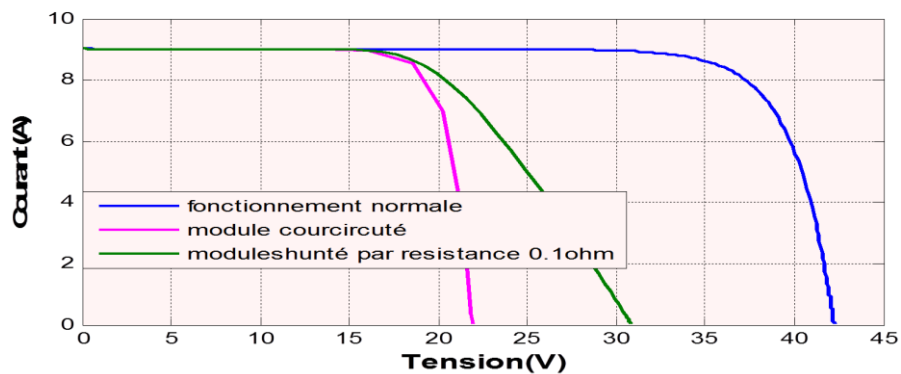


Figure 2. 23:Caractéristique I-V d'un champ PV lors les défaut de module

2.4. Evaluation des symptômes de défauts:

Dans cette partie, nous présentons les symptômes des défauts en prenant de compte les impacts de la sévérité des défauts sur le comportement d'un GPV est examiné.

a) Défaut de Mismatch et l'ombrage

Défaut	Les symptômes
Ombrage	<ul style="list-style-type: none"> - Isc inchangé - Voc diminue pour un nombre important de cellules ombrées - Le facteur de forme diminue en fonction du facteur d'ombrage - Présence d'un point d'inflexion
Poussière	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction de Isc en fonction coefficient de transmission - Voc diminue pour un coefficient de transmission très faible
Résistance série	<ul style="list-style-type: none"> - Voc et Isc inchangés - Le facteur de forme diminue en fonction de la croissance de la valeur de Rs - Présence d'un point d'inflexion pour une valeur importante de Rs - Déviation de pente par rapport à celle de la courbe normale - Voc inchangée pour une faible sévérité - Le facteur de forme diminue en fonction de la réduction de la valeur de normale
Résistance parallèle	<ul style="list-style-type: none"> - Isc inchangé - Voc inchangée pour une faible sévérité - Le facteur de forme diminue en fonction de la réduction de la valeur de Rp - Déviation de pente par rapport à celle de la courbe normale
Température	<ul style="list-style-type: none"> - Isc inchangé - Voc et le facteur de forme diminuent en fonction de l'augmentation de la température

Tableau 2. 1: Les remarques lors les défauts de mismatch et d'ombrage

b) défaut de BPD

Défaut	Symptômes
Court-circuit	<ul style="list-style-type: none"> - Isc inchangé - V_{oc} diminue en fonction du nombre de diodes court-circuitées - Diminution de V_{oc} est facile à quantifier (-10V par diode)
Circuit-ouvert	<ul style="list-style-type: none"> - Voc inchangée - Isc et FF diminuent fortement en fonction du nombre de cellules ombragées - Déviation de pente par rapport à celle de la courbe normale
Inversée	<ul style="list-style-type: none"> - Voc diminue en fonction du nombre de diodes inversées - Isc et FF diminuent fortement en fonction du nombre de cellules ombragées

Tableau 2. 2:Les remarques lors la BPD défailante

c) défaut de Module

Défaut	Symptômes
Module	<ul style="list-style-type: none"> - Isc inchangé - Voc diminue pour le défaut de type court-circuit - Voc reste quasiment inchangée pour des faibles valeurs de la résistance qui shunte le module. Elle diminue progressivement en fonction de la diminution de la résistance - Déviation de la pente pour les défauts de type module shunté

Tableau 2. 3:Les remarques lors le module défailant

2.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons proposé et développé une démarche de modélisation pour le GPV en défaut. L'intérêt réside dans l'obtention de la caractéristique I-V du GPV (cellule, module, champ) pour les différents défauts que nous avons considérés (défaut de mismatch, défaut d'ombrage, défaut de diode by pass et défaut de module) .Il reste maintenant à utiliser les résultats de ces simulations pour développer un algorithme de détection et localisation de défauts.

CHAPITRE 3

**Développement d'un Algorithme
DLD et Implémentation Software**

Développement d'un algorithme DLD et implémentation software

3.1. Introduction

Le premier chapitre a été consacré à la présentation des différentes méthodes de diagnostic de mauvaises performances du générateur photovoltaïque. L'objet du présent chapitre sera d'une part le **développement d'un algorithme de Détection et de Localisation des Défauts (DLD)** inhérents aux GPV dont son principe de base repose sur la comparaison entre la caractéristique I-V en fonctionnement sain (en absence de défauts) et celle en fonctionnement défaillant et d'autre part nous présenterons la partie d'implémentation dudit algorithme DLD sous forme d'interface (IHM: Interface Home Machine) en utilisant le logiciel spécialisé dans l'instrumentation LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench). Enfin, une partie de tests de validation sera également présenté dans ce chapitre.

3.2. Symptômes de mauvaises performances du GPV

Les symptômes évoluent en fonction de trois facteurs principaux [1] à savoir :

- **La sévérité des défauts:** au fur et à mesure que l'amplitude du défaut évolue les symptômes changent.
- **Condition de fonctionnement:** l'ensoleillement affecte considérablement symptômes manifestés
- **Type du GPV:** Pour un GPV unimodulaire, un string ou un champ PV l'effet du défaut n'est pas le même.

Dans cette étude, on se limitera à cinq symptômes qui se présentent fréquemment au niveau d'un GPV comme le montre la figure 3.1 ci-dessous. Le choix des symptômes est l'étape cruciale qui fait réussir un algorithme de diagnostic.

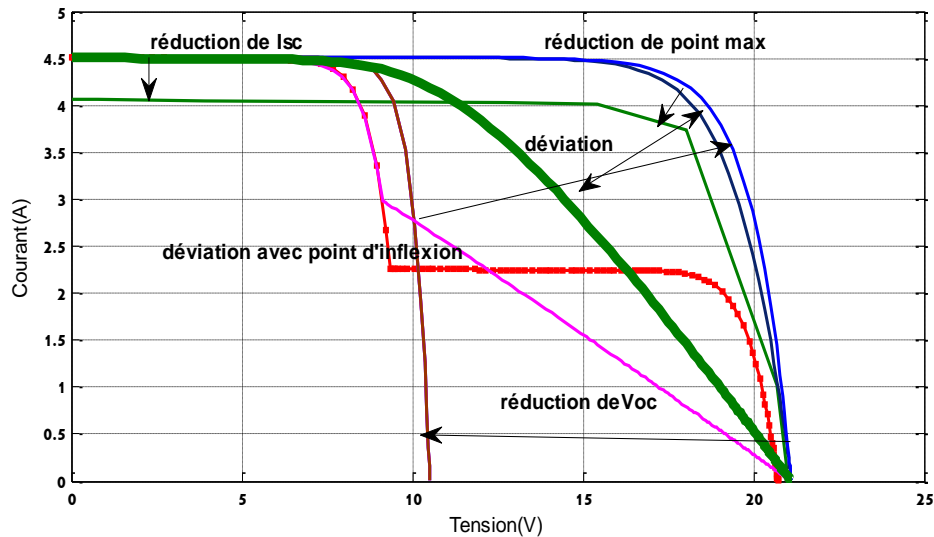


Figure 3. 1:Symptômes de différents défauts

Les résultats de simulation du comportement d'un module PV lors des défauts considérés ont montré qu'il est possible d'identifier des symptômes potentiels qui peuvent être utilisés pour remonter à la nature des défauts. Un défaut quelconque pourrait générer un seul ou plusieurs symptômes, mais certains symptômes sont communs à plusieurs défauts [2].

Donc, la combinaison des symptômes identifiés, appelés également signatures de défauts, permet d'identifier le défaut ou un groupe de défauts responsables du comportement examiné. A titre d'exemple, la comparaison de la caractéristique I-V d'un GPV en défaut avec celle en fonctionnement normal peut conduire à l'identification des symptômes potentiels pour faire le diagnostic.

Symptôme 1 : Il se traduit par la réduction de la puissance produite par le module PV, qui nous alerte sur l'état de santé de notre générateur PV. Ce symptôme est efficace mais n'est pas concluant car il semble évident qu'un défaut quelconque, une fois apparu, entraînera une perte de la puissance produite. Donc pour trouver l'origine d'un défaut, on doit recourir à d'autres méthodes. Par ailleurs, on peut souligner que cette constatation n'est pas toujours vraie car certains défauts lorsqu'ils apparaissent tous seuls (défauts simples), ne conduisent à aucune perte de puissance; cas de déconnexion de la diode de by-pass.

Symptôme 2: Il présente la réduction de la tension de circuit ouvert du module PV. Il est défini par l'écart entre la tension de circuit ouvert d'un GPV en fonctionnement normal et celle en fonctionnement défaillant.

Symptôme 3: Il présente la réduction du courant de court-circuit du GPV. Il s'exprime par l'écart entre le courant de court-circuit du GPV en fonctionnement normal et celui en fonctionnement défaillant.

Symptôme 4: Il se réfère à la déviation brusque de la caractéristique I-V du GPV en défaut qui peut conduire la convexité de la courbe.

Symptôme 5: Il se réfère à la déviation de la pente de la caractéristique I-V en défaut par rapport à celle en fonctionnement normal.

3.3. Paramètres de diagnostic

Dans le but d'établir un algorithme de détection et localisation des défauts qui peuvent se manifester au niveau d'un générateur photovoltaïque, nous avons proposé cinq paramètres indicateurs (ou paramètres de diagnostic) de performances d'un GPV. Dans l'établissement des symptômes de signatures de défauts deux états discrets, « **0** » et « **1** », ont été attribués à chaque symptôme pour représenter respectivement leur absence et leur présence pendant l'apparition d'un défaut quelconque.

Facteur de performance

Le facteur de performance «**PF : Performance Factor**» apparaît en tout défaut. Il est défini comme étant le rapport entre la puissance maximale mesurée et la puissance maximale de référence. La réduction du facteur de puissance PF est dans tous les défauts, excepté la déconnection la diode de by-pass DBP, car ce dernier défaut n'apparaît que s'il y a un ombrage partiel. Il s'exprime par la relation suivante :

$$\mathbf{PF} = \frac{\mathbf{P_{MP} (mes)}}{\mathbf{P_{MP} (réf)}} \cdot \mathbf{100\%} \quad \mathbf{(3.1)}$$

Réduction du courant de court-circuit

Ce paramètre peut être exprimé par l'écart entre le courant de court-circuit du GPV en fonctionnement normal $I_{sc (réf)}$ et celui en fonctionnement défaillant $I_{sc (mes)}$. Il est donné par l'expression suivante.

$$\Delta I_{sc} = I_{sc (réf)} - I_{sc (mes)} \quad (3.2)$$

Réduction de la tension du circuit-ouvert

Elle représente l'écart entre la tension de circuit ouvert du GPV en fonctionnement normal $V_{oc réf}$ et celle en fonctionnement défaillant $V_{oc més}$. Cet écart s'exprime par la relation suivante :

$$\Delta V_{oc} = V_{oc (réf)} - V_{oc (més)} \quad (3.3)$$

Ratio du courant

Il est défini par le rapport du courant correspondant à la puissance maximale et le courant de court-circuit. Il est donné par la relation suivante :

$$C_R = \frac{I_{MP(mes)}}{I_{SC(mes)}} \quad (3.4)$$

Ratio de la tension

Il est défini par le rapport de la tension correspondant à la puissance maximale et la tension de circuit ouvert. Il est donné par la relation suivante :

$$V_R = \frac{V_{MP(mes)}}{V_{OC(mes)}} \quad (3.5)$$

3. 4. Matrice des symptômes

Dans cette étude, nous avons introduit un vecteur de cinq composantes, qui représentent les symptômes de mauvaises performance ou paramètres de diagnostic ($PF, \Delta I_{SC}, \Delta V_{OC}, C_R, V_R$). A chaque paramètre est associée une seule valeur « **1** : état sain » ou « **0** : état défaillant » et chaque vecteur indique la nature de défaut. Arithmétiquement parlons, on peut avoir 2^5 combinaisons, néanmoins il n'y a que moins d'une vingtaine qui pourraient être possibles et détectables.

Dans ce travail, on s'est limité seulement à 12 cas qui à notre sens les plus fréquents et les concluants.

Dans le tableau 3.1, nous avons regroupé 12 combinaisons du vecteur sous forme de matrice, appelée matrice des symptômes qui donnant les natures des défauts correspondant.

Nature de défaut	Etat des paramètres de diagnostic				
	PF	ΔI_{SC}	ΔV_{OC}	C_R	V_R
Aucun défaut	0	0	0	0	0
BPD déconnecté	0	0	0	0	0
Ombrage partiel	1	0	0	1	0
Ombrage complet	1	1	0	1	0
BPD inversée	1	0	1	1	1
BPD court-circuitée	1	0	1	1	0
BPD déconnectée avec ombrage	1	1	1	1	1
Mismatch de R_s	1	0	0	0	1
Mismatch de température	1	0	1	0	0
Module shunté	1	0	0	0	1
Module inversé	1	1	1	0	0
Module court-circuité	1	1	1	1	1

Tableau 3. 1: Nature de défauts et états des paramètres de diagnostic

3.5. Procédure de diagnostic

La figure 3.2 montre les étapes principales de diagnostic des défauts qui peuvent avoir lieu au niveau d'un générateur PV.

1^{ère} étape : Introduction des données de base de la caractéristiques I-V

2^{ème} étape : lecture des données

3^{ème} étape : Détermination des paramètres de diagnostic

4^{ème} étape : Etablissement de la matrice de symptômes

5^{ème} étape : Algorithme de détection et localisation qui permet d'obtenir la nature de défaut.

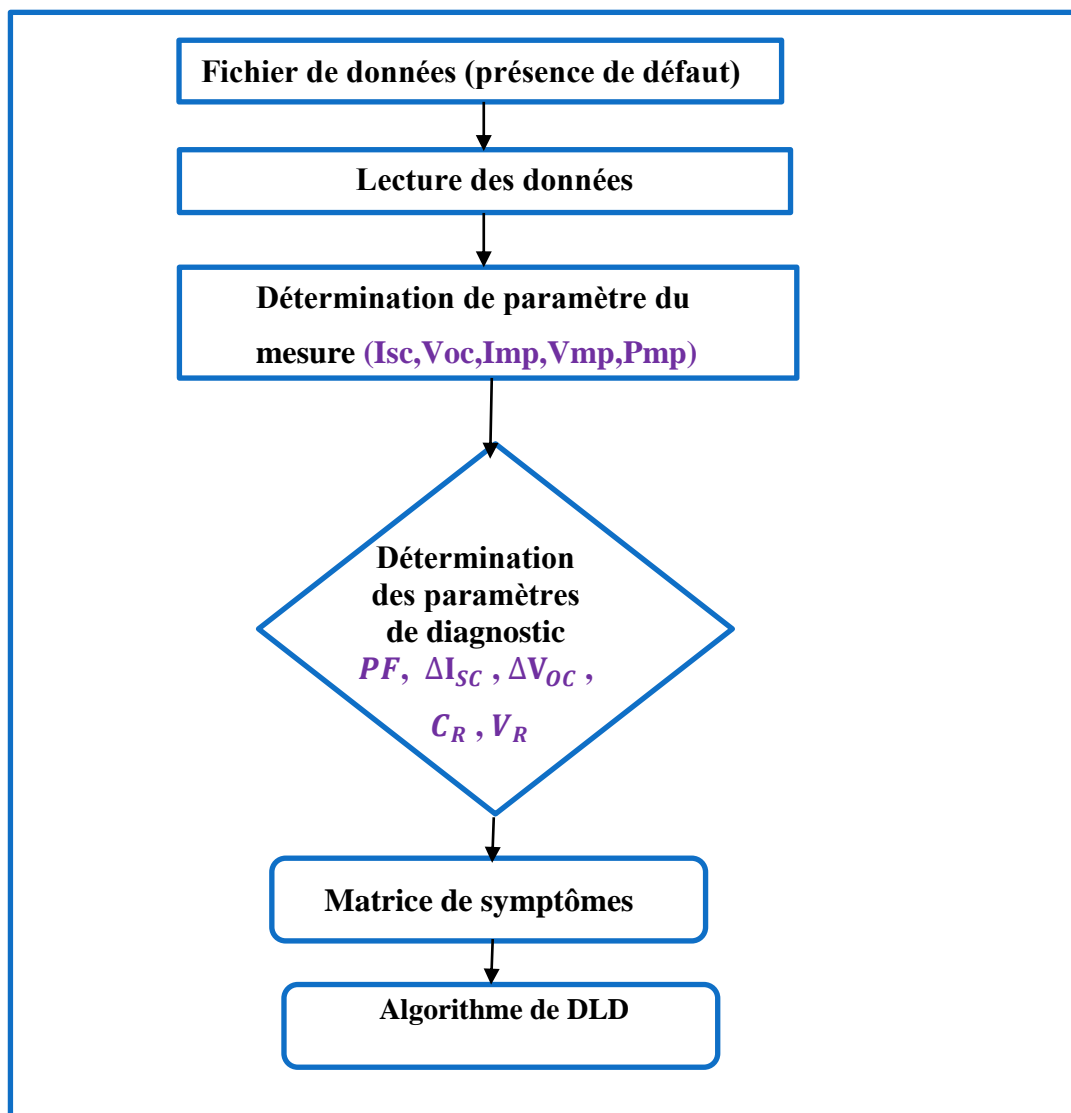


Figure 3. 2: Algorithme de diagnostic du GPV

3.4. Algorithme de détection et localisation de défauts

L'algorithme DLD (Détection et Localisation de Défauts) se base sur la comparaison entre les paramètres de référence (en fonctionnement sain, i.e. en absence de défauts) et ceux mesurés. Si un paramètre P_i ($i=1,2,\dots,5$) soit inférieur ou égal au seuil prédéfini, ceci est équivalent à un état logique « 1 » (i.e. il nous informe de la présence d'un ou plusieurs défauts). Le tableau 3.2 regroupe les valeurs des seuils relatifs aux différents paramètres de diagnostic.

Symbole	Paramètres de diagnostic	Seuil
P1	Facteur de performance (PF)	90%
P2	Réduction de I_{sc} (ΔI_{sc})	5%
P3	Réduction de V_{oc} (ΔV_{oc})	5%
P4	Réduction de ratio de courant (C_R)	3%
P5	Réduction de ratio de tension (V_R)	3%

Tableau 3. 2: Seuils pour différents paramètres de diagnostic

Ensuite, suivant les états des cinq paramètres de diagnostic, on pourra détecter la nature de défaut et le localiser. En effet, pour une implémentation software de l'algorithme DLD, on a procédé à la transformation de chaque ligne de la matrice des symptômes en fonction. à titre indicatif :

$$P1 + \overline{P2} + \overline{P3} + P4 + \overline{P5}$$

indique un défaut de mismatch

$$P1 + \overline{P2} + \overline{P1} + \overline{P1} + P5$$

indique un défaut de connectique

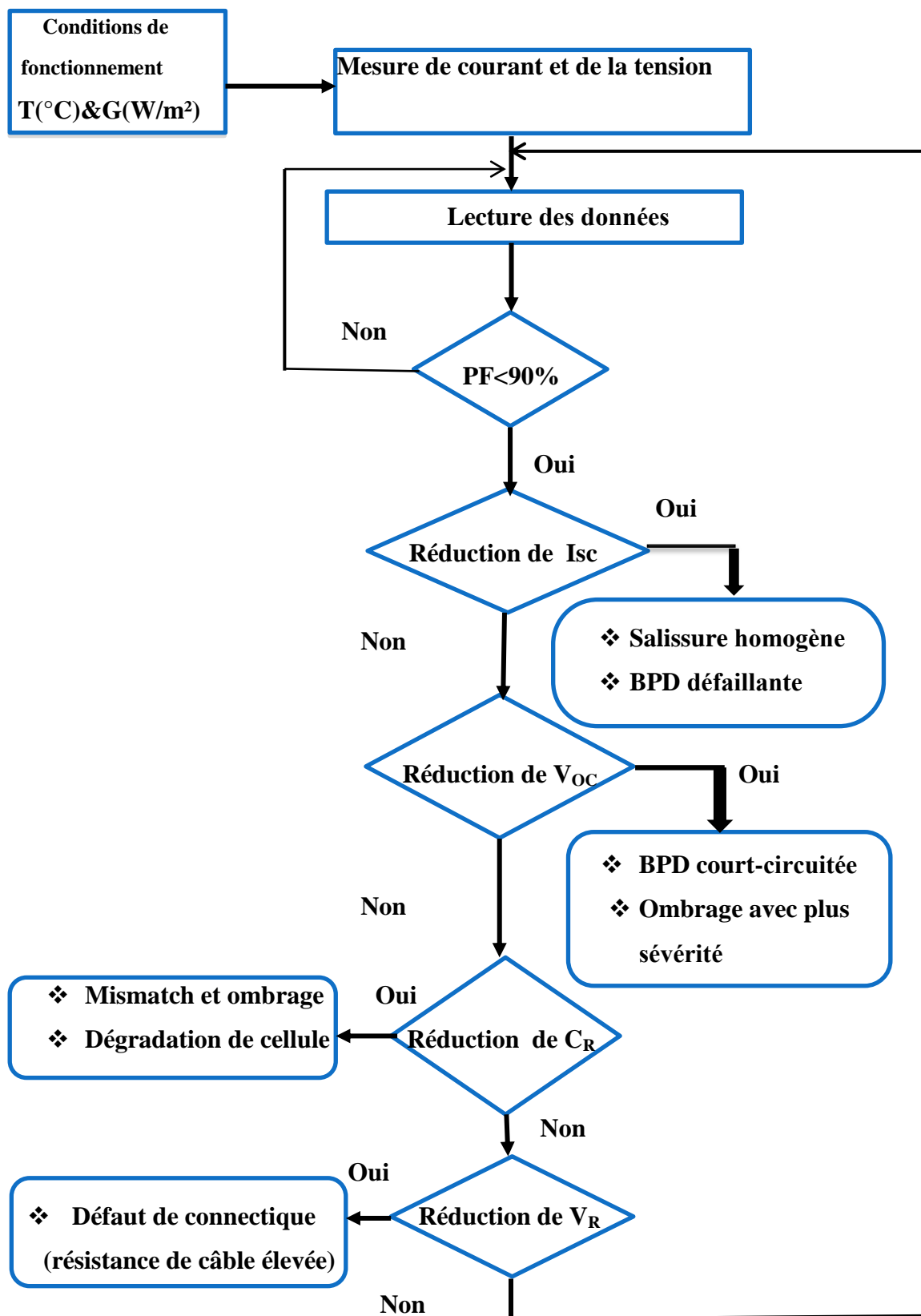


Figure 3. 3: Algorithme globale de détection et localisation des défauts.

3.5. Développement de l'interface de DLD

L'algorithme DLD développé est implémenté dans l'environnement du logiciel LabVIEW afin de réaliser une interface graphique (IHM : Interface Homme Machine) interactive et conviviale (figure 3.4). Les deux paramètres climatiques (ensoleillement et température cellule) sont requis pour établir le modèle de référence pour le GPV. Le courant et la tension mesurés sont les signaux essentiels sur la base desquels l'algorithme DLD est exécuté.

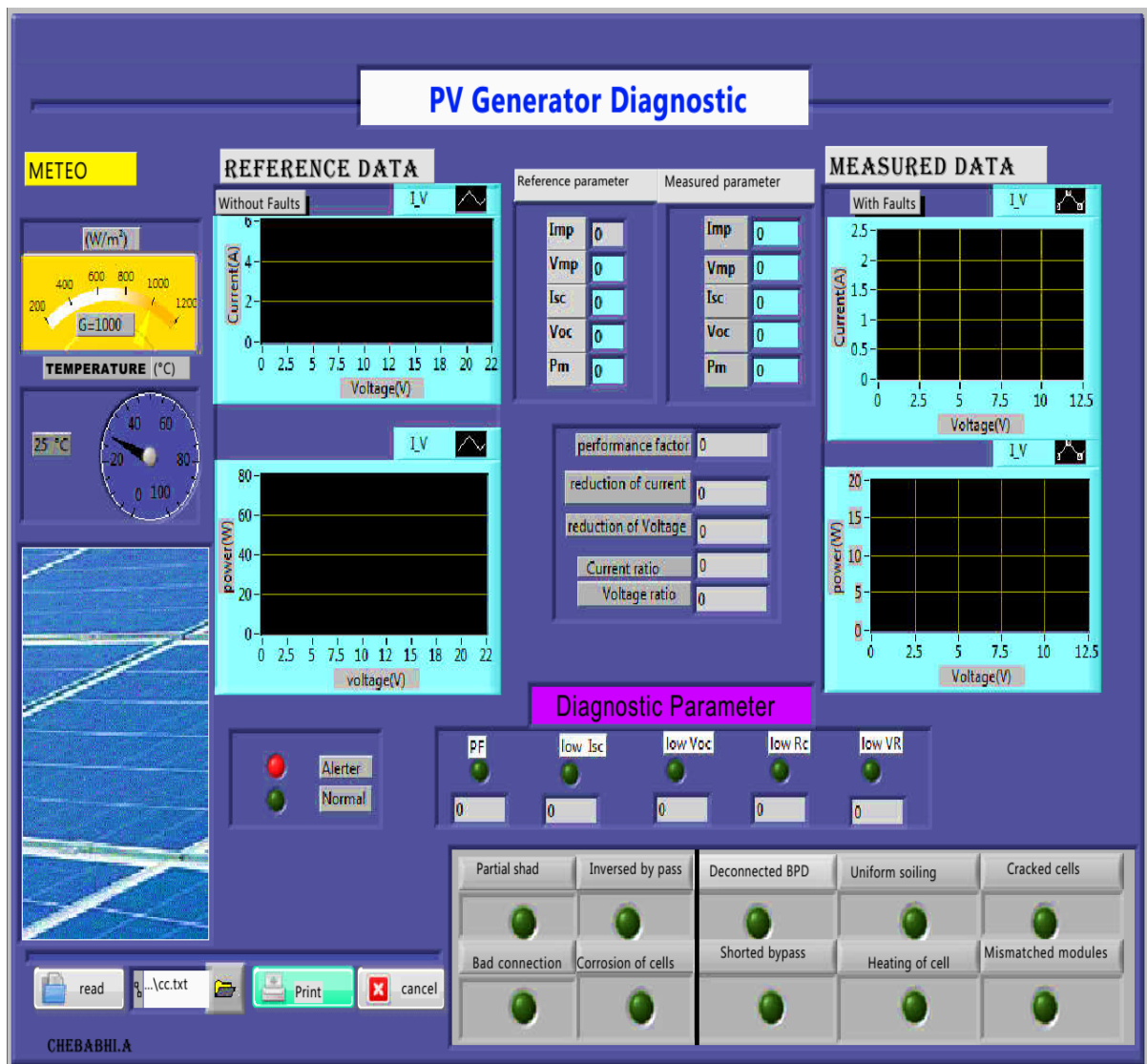


Figure 3. 4: Interface graphique de diagnostic du GPV

3.5.1. Mesure du courant et de la tension

Le courant et la tension mesurés sont indispensables pour l'algorithme de DLD. Ils sont utilisés pour déduire la puissance du GPV. En ce qui concerne les données du courant et de la tension de référence, il est à signaler que ces deux paramètres sont obtenus grâce à l'étude de simulation réalisée par l'auteur et mentionnée en chapitre 2. Les fichiers de données obtenus sont convertis au format TXT puis introduits dans notre programme.

3.5.2. Lecture de données

La lecture des données se fera par le biais d'une palette de lecture en logiciel LabVIEW qui est un langage de programmation dédié au contrôle d'instruments et l'analyse de données. Contrairement à la nature séquentielle des langages textuels, LabView est basé sur un environnement de programmation graphique utilisant la notion de flot de données pour ordonnancer les opérations.[15].

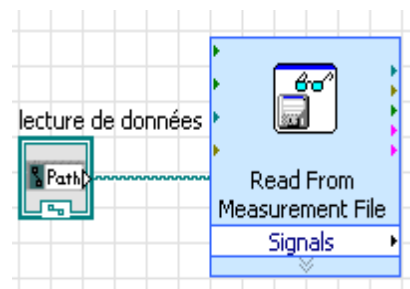


Figure 3. 5:Palette de lecture

3.5.3. Analyse des données

Après l'étape de lecture vient l'étape d'analyse des données à partir de l'extraction des paramètres des trois points $(0, I_{sc})$, $(V_{oc}, 0)$ et (V_{mp}, I_{mp}) ainsi que faire la comparaison entre ces paramètres et les paramètres de référence, en montrant ça dans le schéma suivant :

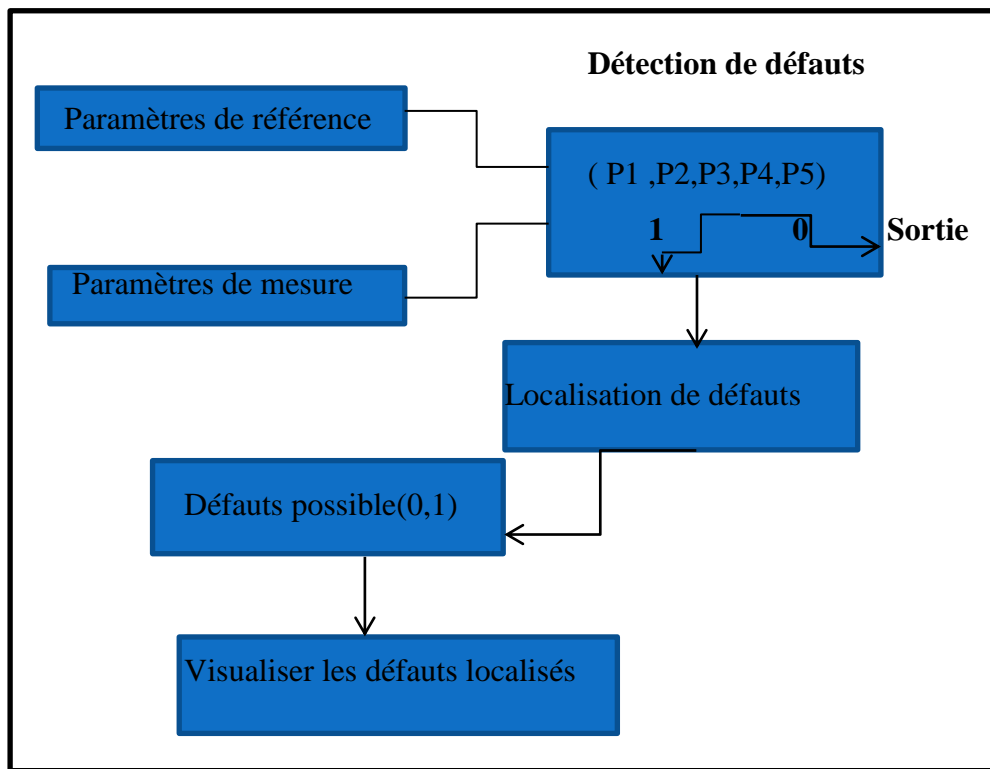


Figure 3. 6: Schémas bloc de programme de DLD

L’implémentation sous LabVIEW est représentée par la figure 3.7.

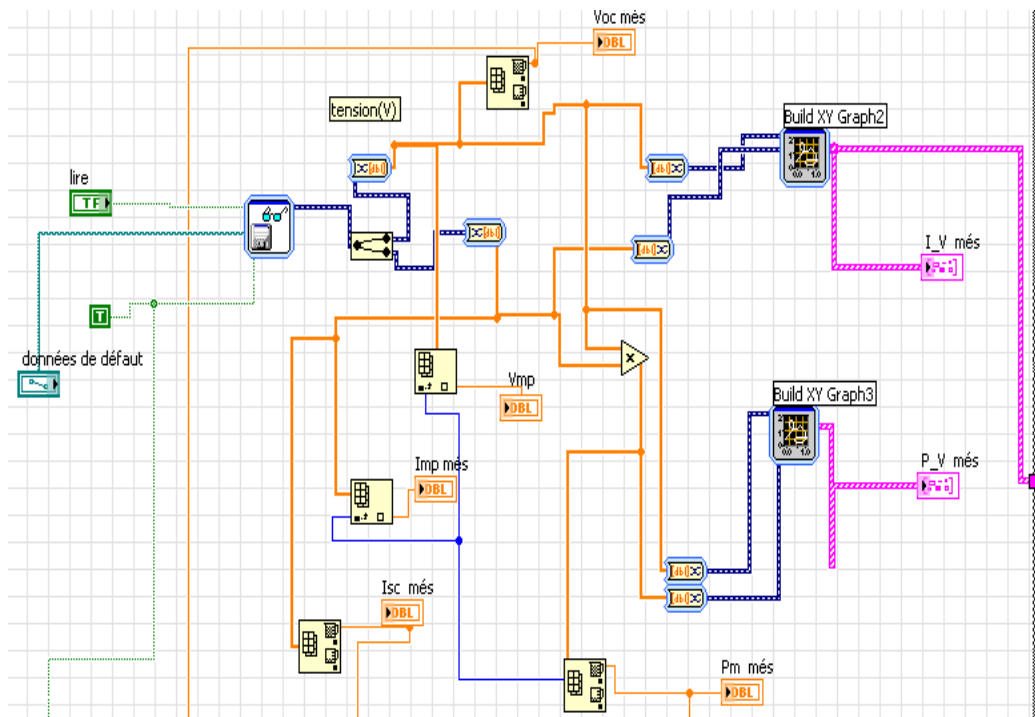


Figure 3. 7: Programme pour lecture et analyse les données

La figure 3.8 montre le sous-programme de comparaison.

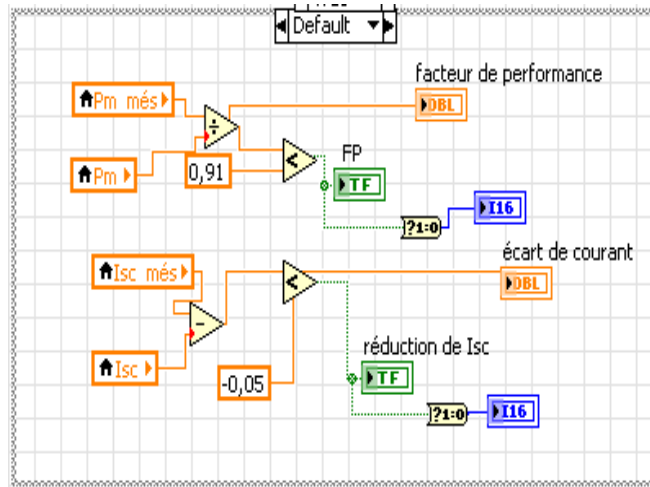


Figure 3. 8:Programme pour la comparaison

La figure 3.9 montre le sous-programme de localisation des défauts

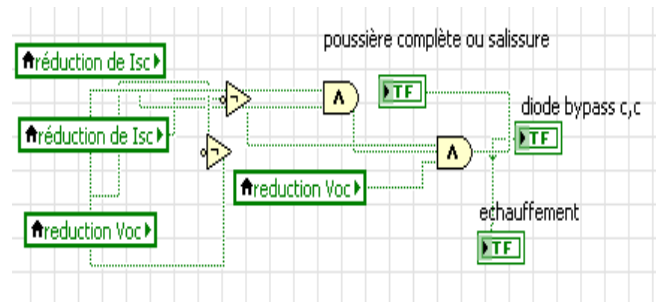


Figure 3. 9:Programme pour la localisation de défauts

Il est à noter également que notre programme offre la possibilité de générer un rapport qui comporte les informations suivantes:

- Caractéristiques en fonctionnements sain (sans défauts) et en présence de défauts
- Paramètres de diagnostic.
- Défauts possibles.

3.6 . Tests de validation

Nous avons effectué une série de tests sur un module PV dans les conditions météorologiques (1000W/m², 25°C) pour d'illustrer l'efficacité et la performance de notre algorithme DLD.

Dans ce sens, trois tests ont été réalisés. Les résultats peuvent être visualisés clairement sur l'interface, il s'agit des paramètres de diagnostic **PF**(0,1), **ΔI_{sc}** (0.1), **ΔV_{oc}** (0.1), **C_R** (0,1) et **V_R** (0,1) qui apparaissent comme boutons (rouge pour l'état 1, vert pour l'état 0) et d'autre part on peut procurer le résultat de localisation de défaut dans le tableau "défaut possible "

Test 1 :

Dans ce test, les paramètres affectés sont **PF** et **C_R** . Dans ce cas, trois défauts peuvent se présenter, il s'agit de : défaut de mismatch, défaut d'ombrage et défaut indiquant que le module est cassé. Ces défauts sont facilement identifiables : Les défauts « ombrage » et « module cassé » sont des défauts visibles. Si ce n'est pas le cas on peut déduire la présence de défaut de mismatch.

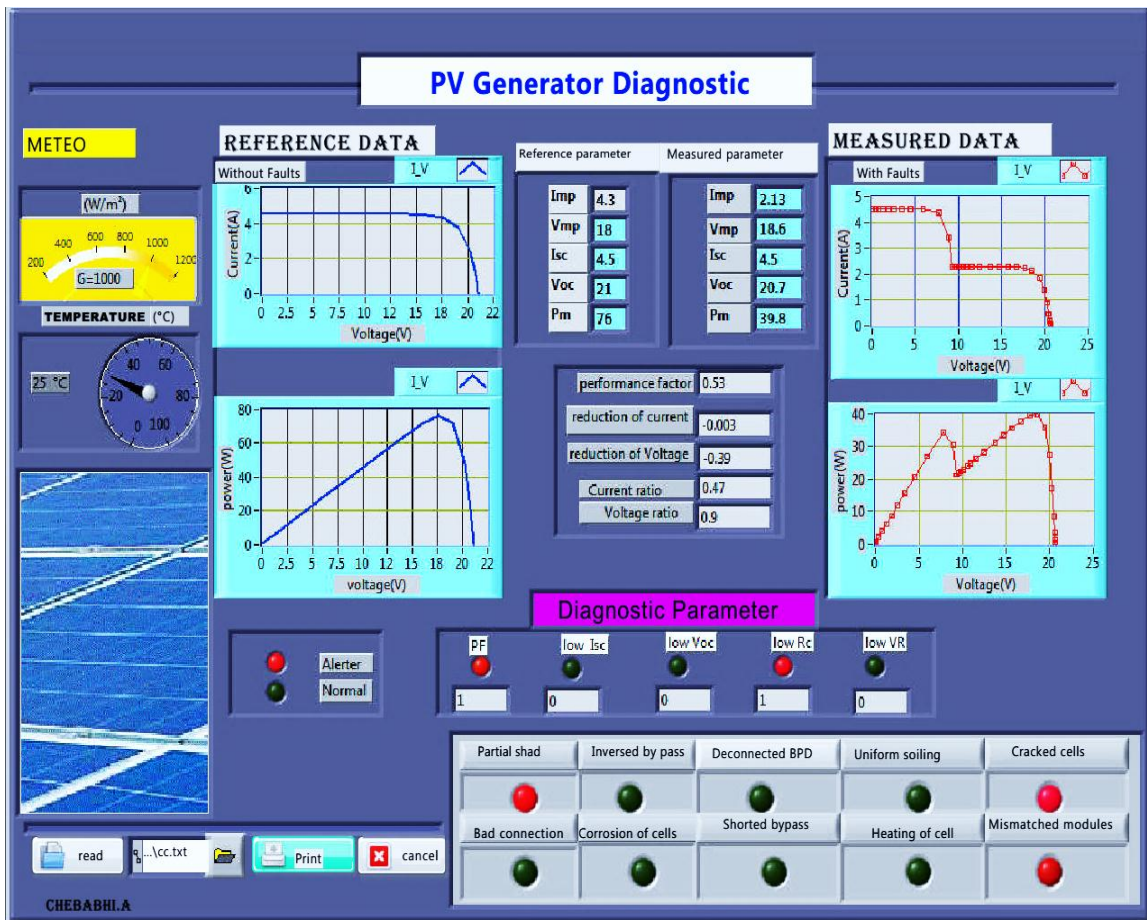
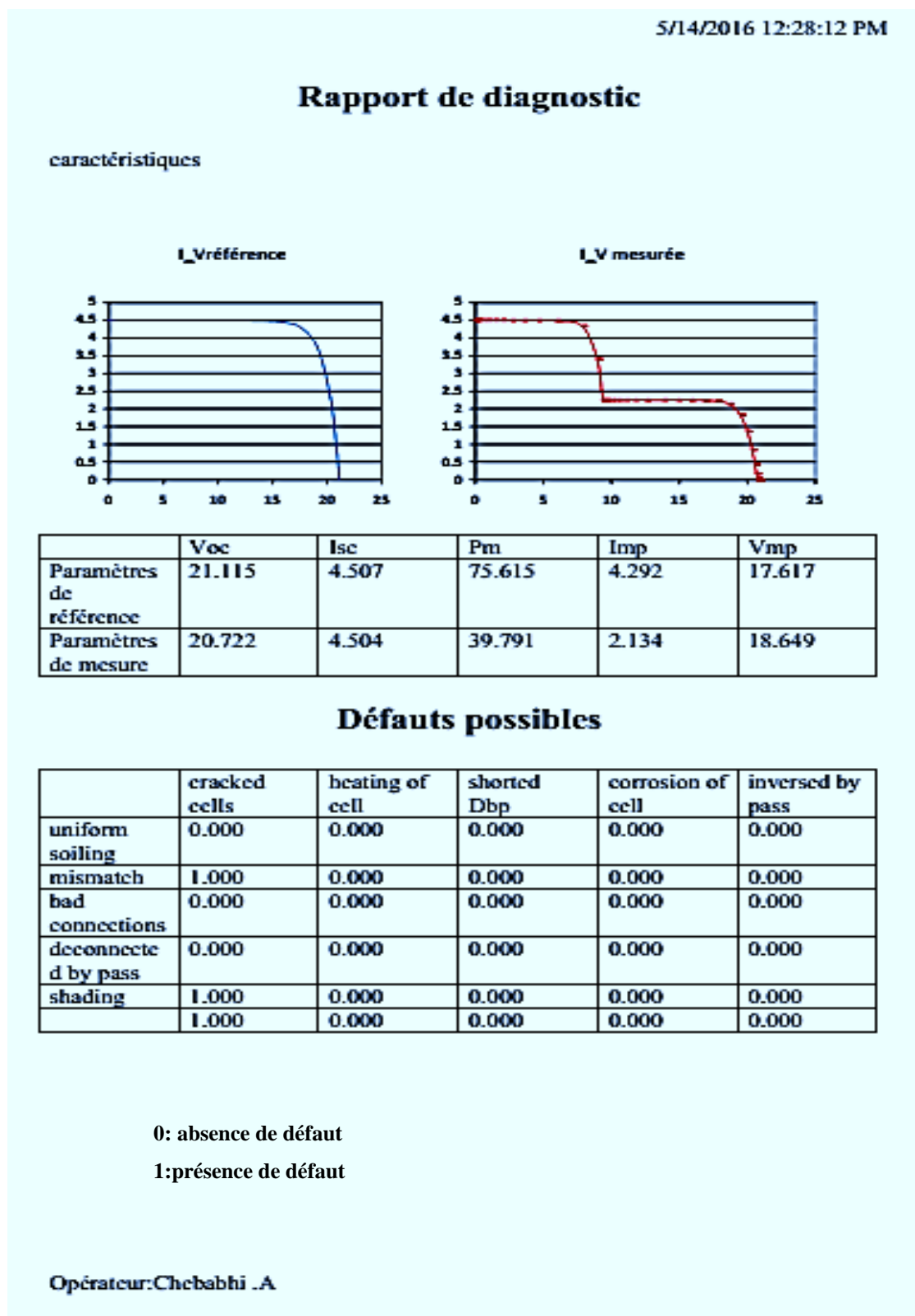


Figure 3. 10: Interface graphique concernant Test_1

Le rapport résumant les résultats issus du test 1 est le suivant :



Test 2

Le test 2 concerne le défaut de salissure. Les résultats de diagnostic peuvent être clairement visualisés sur l'interface graphique (figure 3.11). Dans ce cas, la correction à effectuer concerne uniquement le nettoyage de module.

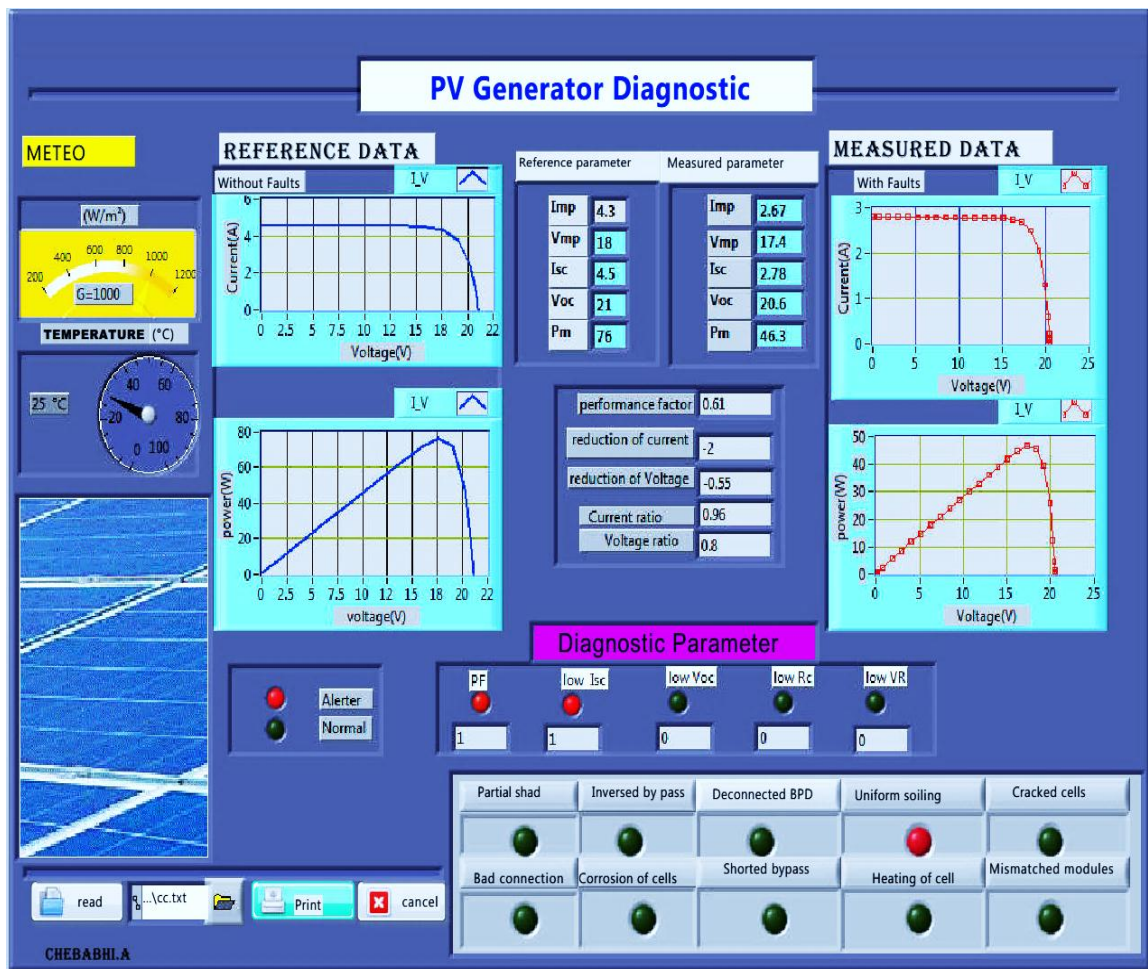
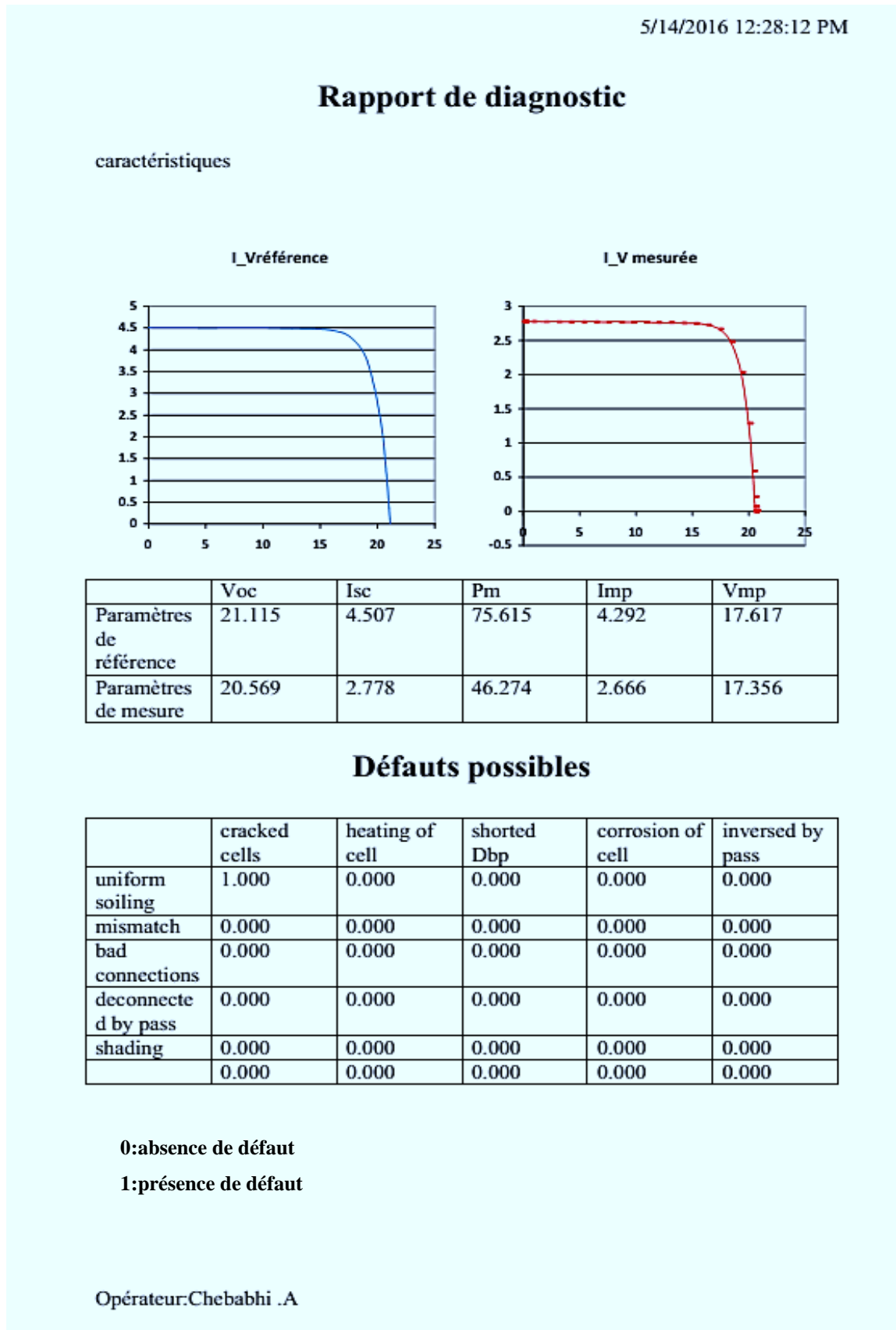


Figure 3. 11: Interface graphique concernant Test_2

Le rapport résumant les résultats issus du test 2 est le suivant :



Test 3

Dans ce troisième test, les défauts étudiés concernent l'inversion ou la déconnexion de la diode de by-pass (BPD) (figure 3.12). Il est à rappeler que la diode BPD fonctionne s' il y a ombrage.

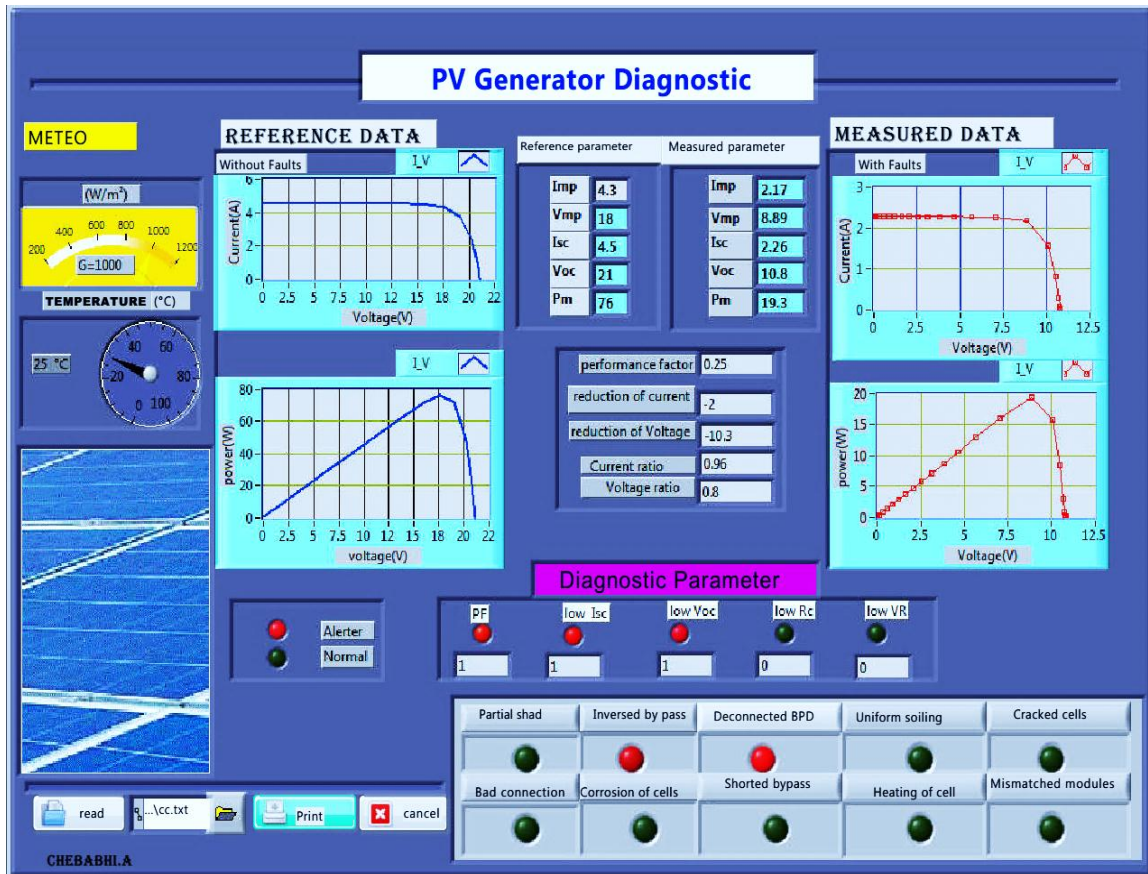
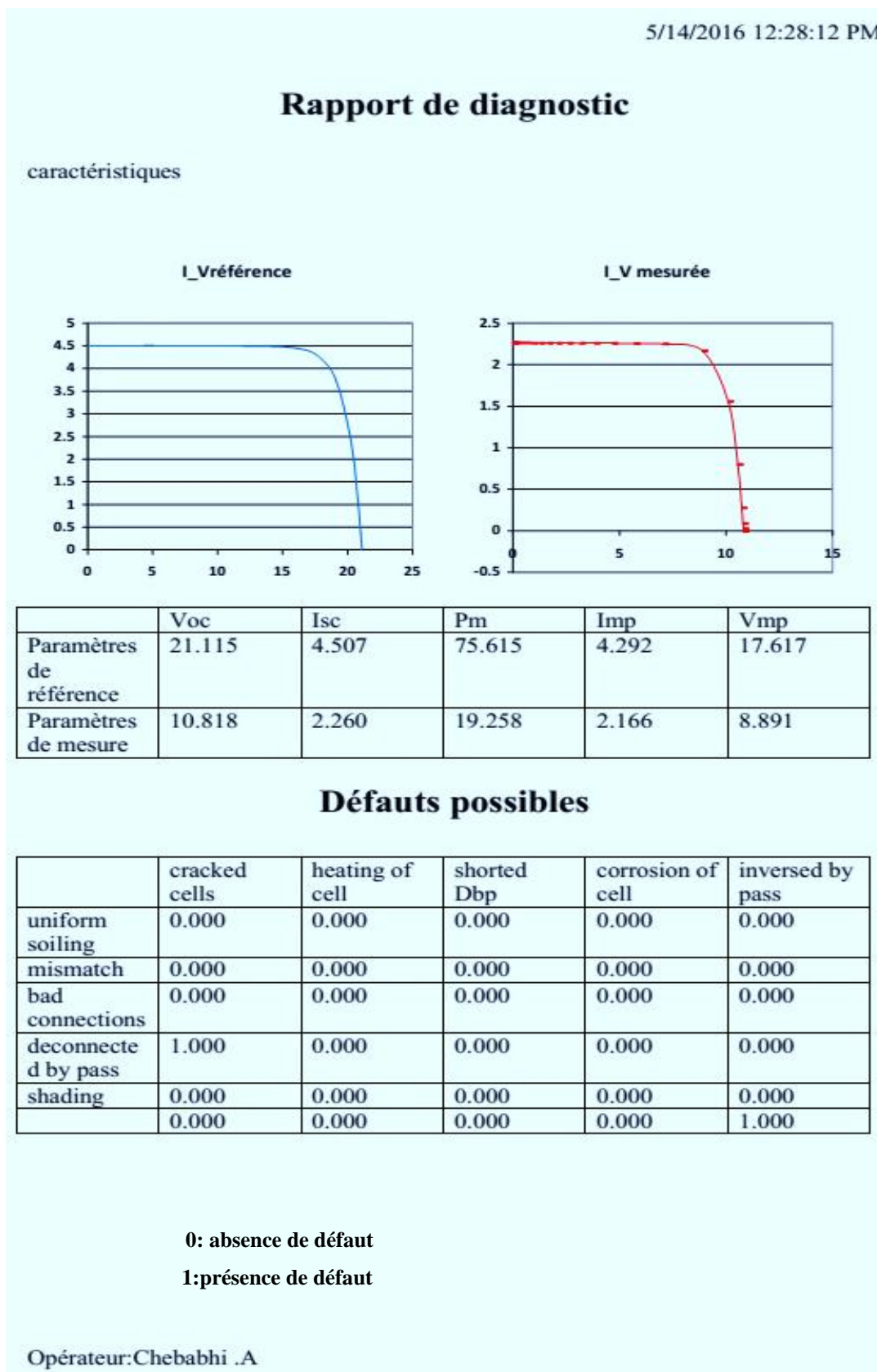


Figure 3. 12: Interface graphique concernant Test_3

Le rapport résumant les résultats issus du test 3 est le suivant :



3.7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'implémentation software de l'algorithme proposé pour le diagnostic et la localisation de défauts au niveau d'un module photovoltaïque sous forme d'interface (I.H.M : Interface Homme Machine) dans l'environnement du logiciel LabVIEW. Les séries de tests de validation de notre IHM ont permis de montrer l'efficacité de notre algorithme DLD. Les résultats de tests obtenus sont appréciables et montrent l'efficacité de tel outil dans la supervision du fonctionnement des générateurs photovoltaïques ainsi que leurs performances.

Conclusion générale

Dans le cadre du travail de ce mémoire, on s'est principalement intéressé au diagnostic des défauts du générateur PV par l'analyse de la caractéristique courant-tension et l'identification des symptômes provoquant de mauvaises performances. Dans ce sens, il a été également question de développer un algorithme servant d'outil d'identification, de détection et de localisation de défauts.

Guidé par les différentes méthodes de diagnostic de défauts développées et qui sont rapportées dans la littérature, une approche de diagnostic a été proposée par l'auteur, qui se base sur deux autres paramètres, il s'agit de : **ratio de courant et ratio de tension**.

Ensuite le modification de caractéristique I-V qui consiste à une relation causale entre les principaux défauts considérés et la caractéristique résultante, l'extraction de cette relation que nous avons donné sous forme matrice de symptômes . le développement un algorithme de détection et de localisation de défauts (DLD) en reposant sur cette matrice proposée.

L'algorithme implémenté en IHM dans l'environnement LabVIEW présente d'énormes avantages par rapport aux autres logiciels de simulation, car il nous a permis d'élaborer une face avant moderne. Des tests sur l'algorithme DLD ont été réalisés pour confirmer la validité de tel outil.

Enfin, pour améliorer ce travail, nous préconisons ce qui suit:

- Intégrer l'algorithme DLD proposé à un caractérisateur I-V.
- Elargir l'aptitude de diagnostic de défauts pour améliorer la performance du générateur photovoltaïque.

Références et Bibliographies

[1] B. Michaël. "Développement d'un outil de supervision et de contrôle pour une installation solaire photovoltaïque", thèse de doctorat, Université de Perpignan, 2014. France.

[2] L. Bun, "Détection et Localisation de Défauts pour un Système PV", thèse de doctorat, université de Grenoble, France, 2011.

[3] J. A. Gow and C. D. Manning, "Development of a photovoltaic array model for use in power-electronics simulation studies," IEE. Proc.-Electr. Power Appl., vol. 146, 2009

[4] T. Ikegami, T. Maezono, F. Nakanishi, "Estimation of equivalent circuit parameters of PV module and its application to optimal operation of PV system", Solar Energy Materials & Solar Cells 67 (2001), Page(s): 389-395

[5] A. Ricaud, "modules et systèmes photovoltaïques", université de Savoie (Polytech' Savoie), sept 2008.

[6] W. Dallas., "Resonance ultrasonic vibrations for crack detection in photovoltaic silicon wafers," Measurement Science and Technology, vol. 18, p. 852, 2007.

[7] T. Takashima, J. Yamaguchi, K. Otani, T. Oozeki, K. Kato, et al., "Experimental studies of fault location in PV module strings," Solar Energy Materials and Solar Cells, vol. 93, pp. 1079-1082, 2009.

[8] G. Schirripa Spagnolo, P. Del Vecchio, G. Makary, D. Papalillo, A. Martocchia, " A Review if IR Thermography applied to PV Systems", Environment and Electrical Engineering (EEEIC), 2012 11th International Conference, 879-884

[9] G. B. Alers, "Photovoltaic Failure Analysis: Techniques for Microelectronics and Solar," in PV Module Reliability Workshop, Colorado, USA, 2011.

[10] H. R Karshenas, and H. Saghafi, "Performance Investigation of LCL Filters in Grid Connected Converters" Transmission & Distribution Conference and Exposition: Latin America, 2006. TDC '06. IEEE/PES, Page(s): 1-6.

[11] A. Chouder and S. Silvestre, "Automatic supervision and fault detection of PV systems based on power losses analysis," Energy Conversion and Management, vol. 51, pp. 1929-1937, 2010.

[12] H. Patel, V. Agarwal, "MATLAB-Based Modeling to Study the Effects of Partial Shading on PV Array Characteristics", Energy Conversion, IEEE Transactions (Volume: 23, Issue: 1), Page(s): 302-310

[13.] A. D. Dhass , E. Natarajan, "Influence of Shunt Resistance on the Performance of Solar Photovoltaic Cell", Emerging Trends in Electrical Engineering and Energy Management (ICETEEEM), 2012 International Conference, Page(s): 382-386

[14] A. Mermoud and T. Lejeune, "Partial Shading on PV Array: Bypass Diode Benefits Analysis," in 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference, 5Valencia, 2010.

[15] National Instrument Corporation," Labview™ ,principe de base de labview ", article 374029b-0114,aout 2006

Web site

www.ni.com (national instrument).

www.mathwork.com (MATLAB et Simulink)

Résumé

Ce travail a pour objet l'étude d'identification et de localisation des défauts d'un générateur photovoltaïque. Pour ce faire, nous avons développé une interface (IHM) dans l'environnement LabVIEW qui sert d'outil d'aide au diagnostic et la supervision du fonctionnement de nos générateur PV à partir d'un algorithme proposé qui se base sur l'identification de leurs symptômes. Les résultats obtenus confirment la validité de tel outil et sa neccessite dans l'étude de performance du GPV et la réduction de la complexité de son entretien.

Mots clés : défauts, diagnostic, symptômes , Labview.

Abstract

This work has as objective the study of identification and fault localization a photovoltaic generator. For this reason, there has developed an interface (IHM) in the LabView environment that enables. us to diagnose and supervise our PV generator from a proposed algorithm detection and localization of faults based on identification of their symptoms. the results confirms our tool to adjust the performance of GPV and reduction of complexity its maintenance

Key words: Faults, diagnostic, symptoms, Labview.

ملخص

هذه المذكرة عبارة عن عمل يهدف إلى تطوير واجهة بيانية تسمح بتحديد أعطاب المولد الكهروضوئي باستعمال labview . يعتمد هذا العمل أساسا على خوارزمية مقترحة لتوقع وتحديد أعطاب هذا المولد وذلك بدراسة أعراض سوء أداءه من أجل تشخيص ومراقبة وظائف المولد الكهروضوئي مما يسمح بتحسين أداءه وتقليل صعوبة صيانتة .

الكلمات المفتاحية : عطب ,تشخيص , أعراض , labview.