



Journal Homepage: [-www.journalijar.com](http://www.journalijar.com)

## INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI: 10.21474/IJAR01/19945  
DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/19945>



### RESEARCH ARTICLE

#### INFLUENCE DU CHAMP MAGNETIQUE ET DE LA PROFONDEUR DE LA BASE SUR LA PUISSANCE ET LE RENDEMENT OBTENUS D'UNE PHOTOPILE (N+/P) AU SILICIUM A JONCTIONS VERTICALES CONNECTEES EN PARALLELE SOUS ECLAIREMENT POLYCHROMATIQUE EN REGIME STATIQUE

Moussa Ibra Ngom<sup>1</sup>, Gilbert Ndiassé Dione<sup>1,2</sup>, Khady Loum<sup>1,3</sup>, Moustapha Thiame<sup>1,4</sup>, Lemrabott Habiboullah Elhevid<sup>1,5</sup> and Gregoire Sissoko<sup>1</sup>

1. Groupe International de Recherche en Energie Renouvelable (GIRER). BP. 15003, Dakar, Sénégal.
2. Ecole Polytechnique de Thiès, BP A10, Thiès, Senegal.
3. Institut Universitaire de Technologie. Université Iba Der THIAM de Thiès-Senegal.
4. Université Assane SECK, Ziguinchor, Senegal.
5. Ecole Supérieure Multinationale de Télécommunication, Dakar, Sénégal.

#### Manuscript Info

##### Manuscript History

Received: 15 September 2024  
Final Accepted: 26 October 2024  
Published: November 2024

##### Key words:-

Photopile à Jonctions Verticales  
Parallèles, Vitesse de Recombinaison-  
Champ Magnétique, Profondeur,  
Puissance, Rendement

#### Abstract

Une étude théorique de la photopile (n+/p) au silicium à jonctions verticales connectées en parallèle, en régime statique sous éclairage polychromatique et sous champ magnétique est présentée. La résolution de l'équation de magnéto-transport relative à la densité des porteurs minoritaires dans la base a permis de déduire les expressions du photocourant, de la phototension, de la puissance et du rendement de conversion en fonction du champ magnétique et de la profondeur  $z$  de la base. Les caractéristiques courant-tension, puissance-tension et puissance-vitesse de recombinaison à la jonction, ont permis de déterminer graphiquement le photocourant ( $I_{phmax}$ ) et la phototension ( $V_{phmax}$ ) correspondant au point de puissance maximale ( $P(S_{fmax})$ ) puis en déduire le rendement de conversion pour différentes valeurs du champ magnétique et de la profondeur  $z$ .

Copyright, IJAR, 2024.. All rights reserved.

#### Introduction:-

En vue d'améliorer le rendement [1-16] de photoconversion des photopiles [17-28], plusieurs travaux de caractérisation des matériaux semi-conducteurs, notamment le silicium, visent à déterminer les paramètres phénoménologiques [29-55] (diffusion, mobilité, recombinaisons volumique et surfacique) ainsi que les paramètres des modèles électriques [56-73] appelés paramètres macroscopiques (résistances série et shunt, capacité de transition, coefficient de self inductance). La photopile est maintenue sous obscurité ou sous éclairage polychromatique ou monochromatique et fonctionne par différents types de régimes [58-75] qui sont : statique, dynamique fréquentiel et transitoire. Ainsi les mesures expérimentales des paramètres électriques que sont la densité de photocourant et la phototension, permettent d'établir la caractéristique, courant-tension et puissance-tension [76-79]. A partir de ces caractéristiques, les résistances série et shunt, ainsi que la capacité de transition, peuvent être déterminées. Les paramètres environnementaux [10-12, 29-36, 40, 43, 45, 72, 78] qui sont, le champ électromagnétique, la température, le flux d'irradiation de particules électriques chargées, ainsi que la longueur d'onde et la fréquence de modulation de la lumière incidente, affectent les paramètres phénoménologiques et par suite les paramètres macroscopiques...

**Corresponding Author:-Gregoire Sissoko**

Address:-Groupe International de Recherche en Energie Renouvelable, BP 15003  
Dakar Senegal.

Ces paramètres environnementaux influencent la conception de l'architecture des photopiles, afin d'en extraire le maximum de courant et de tension : Ces photopiles élaborées, monofaciales à champ arrière[4, 9, 12, 15, 25, 42], bifaciales [19, 38-44, 53-55], photopiles à jonctions verticales [11, 16,20- 25, 27, 51, 52, 72] connectées en parallèle ou en série.

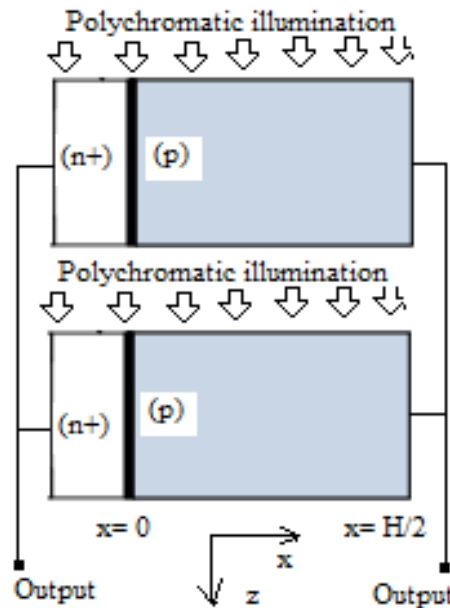
Notre travail traite de l'influence du champ magnétique (B) appliqué[29-36, 40, 45, 71, 72] et de la profondeur (z)[21-23] de la base sur la puissance [10-16, 77-79] et le rendement d'une photopile au silicium à jonctions verticales connectées en parallèle en régime statique sous éclairage polychromatique.

La résolution de l'équation de magnéto-transport à (2D), relative à la densité des porteurs minoritaires de charge dans la base de la photopile en régime statique[70, 72], est effectuée, munie des conditions aux limites, caractérisées par la vitesse de recombinaison (Sf) à la jonction[41-44, 48-55, 70, 73, 78]. La solution permet de déduire les expressions de la densité du photocourant, de la phototension, de la puissance et du rendement de conversion en fonction du champ magnétique et de la profondeur (z) de la base. A partir de la caractéristique courant-tension, le photocourant ( $I_{ph_{max}}$ ) et la phototension ( $V_{ph_{max}}$ ) correspondant au point de puissance maximale, sont déterminés ; le rendement de conversion en est extrait, pour différentes valeurs du champ magnétique et de la profondeur (z).

**Theorie**

**Présentation de la photopile à jonctions verticales**

La photopile à jonctions verticales connectées en parallèle [20-25] est conçue de telle sorte que l'éclairage polychromatique incident est parallèle au plan de la zone de charge d'espace. La photopile est de type (n<sup>+</sup> – p – n<sup>+</sup> – p ...) et représentée à la **figure.1**.



**Figure 1:-** Photopiles à jonctions verticales connectées en parallèle sous champ magnétique.

**Equation de continuité**

L'équation de magnéto-résistance, à (2D), relative à la densité des porteurs minoritaires de charge dans la base[20] est donnée par l'expression suivante :

$$\frac{\partial^2 \delta(x, z, B)}{\partial x^2} - \frac{\delta(x, z, B)}{L^*2} = -\frac{G(z)}{D^*} \tag{1}$$

G(z) est le taux de génération des porteurs minoritaires en excès en fonction de la profondeur z et dont l'expression [76]est donnée par la relation suivante:

$$G(z) = n \sum_{i=1}^3 a_i e^{-b_i z} \tag{2}$$

Pour les photopiles fonctionnant sous concentration de lumière [17-19, 22, 47],(n) est le nombre de soleil. Pour le cas étudié(n = 1), avec a<sub>i</sub> et b<sub>i</sub> qui sont les valeurs tabulées du rayonnement solaire sous air-masse 1.5.

Le coefficient de diffusion des porteurs minoritaires de charge en excès dans la base est affecté par les paramètres environnementaux en général et en particulier sous champ magnétique [29-32, 36, 40, 45, 55] qui est donné par l'expression ( $D^*$ ) suivante:

$$D^* = \frac{D_0}{[1+(\mu B)^2]} \quad (3)$$

$D_0$  est le coefficient de diffusion [37] des porteurs minoritaires de charge en excès dans la base en absence de champ magnétique et  $\mu$  est la mobilité [33] des porteurs minoritaires de charge dans la base.

La longueur de diffusion des porteurs minoritaires  $L^*$  est donnée par l'expression:

$$L^* = \sqrt{\tau D^*} \quad (4)$$

est la durée de vie [9, 30, 37, 46, 47, 75] des porteurs minoritaires photogénérés dans la base de la photopile

La solution générale de l'équation de continuité (1) est donnée par l'expression:

$$\delta(x, z, B) = A \cosh\left(\frac{x}{L^*}\right) + C \sinh\left(\frac{x}{L^*}\right) + \sum_{i=1}^3 K_i e^{-b_i z} \quad (5)$$

avec

$$K_i = \frac{a_i L^{*2}}{D^*} \quad (6)$$

où les coefficients A et C sont déterminés à partir des conditions aux limites suivantes :

a) A la jonction en  $x=0$

$$\left. \frac{\partial \delta(x, z, B)}{\partial x} \right|_{x=0} = \frac{S_f}{D^*} \delta(x, z, B) \Big|_{x=0} \quad (7)$$

La vitesse de recombinaison ( $S_f$ ) [41-45, 47-55] des porteurs minoritaires de charge (électrons) à la jonction émetteur-base en ( $x = 0$ ) de la photopile, caractérise le flux de charges électrique, sortant de la base pour donner les différentes composantes à travers les éléments du modèle électrique [56, 59-65] équivalent, selon le régime de fonctionnement.

b) Au milieu de la base, en  $x = H/2$ , le gradient de la densité des porteurs, loin de la jonction est nul [20] :

$$\left. \frac{\partial \delta(x, z, B)}{\partial x} \right|_{x=\frac{H}{2}} = 0 \quad (8)$$

### La densité de photocourant

Le photocourant résulte de la diffusion des porteurs minoritaires de charge à travers une unité de la surface de la jonction ( $n+p$ ) et son expression [20, 23] est donnée par :

$$I_{ph}(H, z, B, S_f) = 2qD^* \left. \frac{\partial \delta(x, H, z, B, S_f)}{\partial x} \right|_{x=0} \quad (9)$$

où  $q$  est la charge élémentaire de l'électron.

A partir du schéma électrique [56, 59-65] équivalent de la photopile et en utilisant la loi de Kirchhoff, l'expression du courant délivré dans une charge extérieure par la photopile éclairée s'écrit :

$$I_{ph}(H, z, B, S_f) = I_{ph}(H, z, B, S_{fcc}) - I_d(H, z, B, S_f) \quad (10)$$

Le courant de la diode a pour expression:

$$I_d = q \cdot S_{fo} \cdot \delta(x = 0, z, H, B) \quad (11)$$

$$I_d = I_s \left( \exp\left(\frac{V_{ph}}{V_T}\right) - 1 \right) = q \cdot S_{fo} \frac{N_0^2}{N_b} \left( \exp\left(\frac{V_{ph}}{V_T}\right) - 1 \right) \quad (12)$$

Où  $I_s$  est le courant de saturation de la diode ( $n/p$ ). ( $S_{fo}$ ) est la vitesse de recombinaison intrinsèque des porteurs minoritaires à la jonction, limitant le circuit ouvert [43, 44, 48-52]. ( $S_{fcc}$ ) est la vitesse de recombinaison des porteurs minoritaires à la jonction, initiant le court-circuit [41, 42, 53-55].

### La phototension

D'après la relation de Boltzmann, l'expression de la phototension est donnée par :

$$V_{ph} = V_T \ln \left[ 1 + \frac{N_b}{N_0^2} \delta(x = 0, H, z, B, S_f) \right] \quad (13)$$

$$\text{avec } V_T = \frac{KT}{q} \quad (14)$$

où :

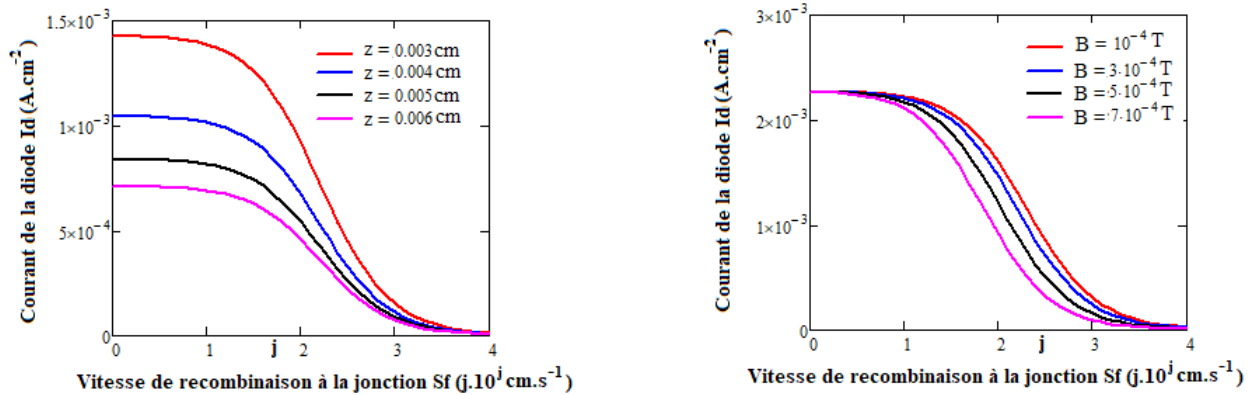
-  $N_0$  est la concentration intrinsèque des porteurs minoritaires ( $6,78 \cdot 10^9 \text{ cm}^{-3}$ ) ;

- Nb est le taux de dopage de la base en atomes d'impureté ( $10^{16} \text{ cm}^{-3}$ )
- $V_T$  est la tension thermique ;
- k est la constante de Boltzmann ( $1,38.10^{-23} \text{ m}^2 \text{ kg s}^{-2} \text{ K}^{-1}$ ) ; T la température absolue.

**Résultats et Discussion:-**

**Effet de la profondeur z et du champ magnétique sur le courant de la diode**

Le profil du courant de la diode en fonction de la vitesse de recombinaison à la jonction est donné à la **figure 2**, respectivement pour différentes valeurs de la profondeur (z)(**figure 2-a**) puis pour différentes valeurs du champ magnétique (B)(**figure 2-b**).



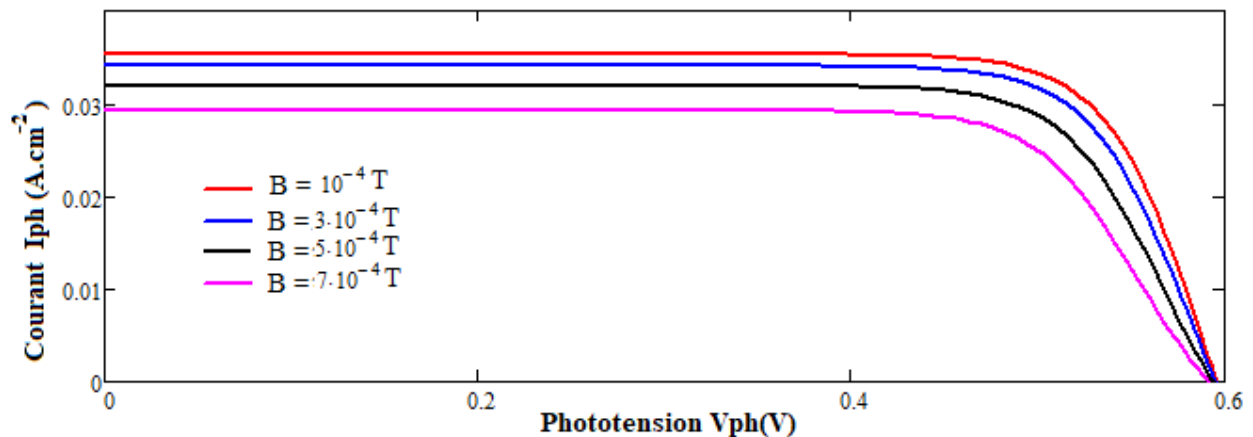
<p><b>Figure 2 a) :-</b> Profil du courant de la diode en fonction de la vitesse de recombinaison à la jonction pour différentes valeurs de la profondeur z  <math>B=3.10^{-4} \text{ T}</math> ; <math>D_0= 26 \text{ cm}^2.\text{s}^{-1}</math> ; <math>H= 0,03\text{cm}</math> ; <math>\tau= 10^{-5}\text{s}</math> ; <math>Sf_0= 1,5.10^{1,5} \text{ cm.s}^{-1}</math></p>	<p><b>Figure 2 b):-</b> Profil du courant de la diode en fonction de la vitesse de recombinaison à la jonction pour différentes valeurs du champ magnétique B  <math>z=0,002\text{cm}</math> ; <math>D_0= 26 \text{ cm}^2.\text{s}^{-1}</math> ; <math>H= 0,03\text{cm}</math> ; <math>\tau= 10^{-5} \text{ s}</math> ; <math>Sf_0= 1,5.10^{1,5} \text{ cm.s}^{-1}</math></p>
--	---

Le courant de diode diminue avec la vitesse de recombinaison à la jonction c'est-à-dire, lorsque la tension diminue. Le courant de la diode croît quand la vitesse de recombinaison à la jonction décroît, c'est-à-dire lorsque la phototension croît : Le courant de la diode diminue avec la profondeur (z) de la photopile mais aussi avec le champ magnétique.

**Caractéristiques courant-tension, puissance- tension et puissance-vitesse de recombinaison(Sf)**

**Effet du champ magnétique sur la caractéristique courant-tension  $I_{ph}(H, z, B, Sf) - V_{ph}(H, z, B, Sf)$  de la photopile**

La caractéristique courant-tension, pour différentes valeurs du champ magnétique (B), est donnée à la **figure 3**, par variation de la vitesse (Sf) de recombinaison des porteurs minoritaires de charge..



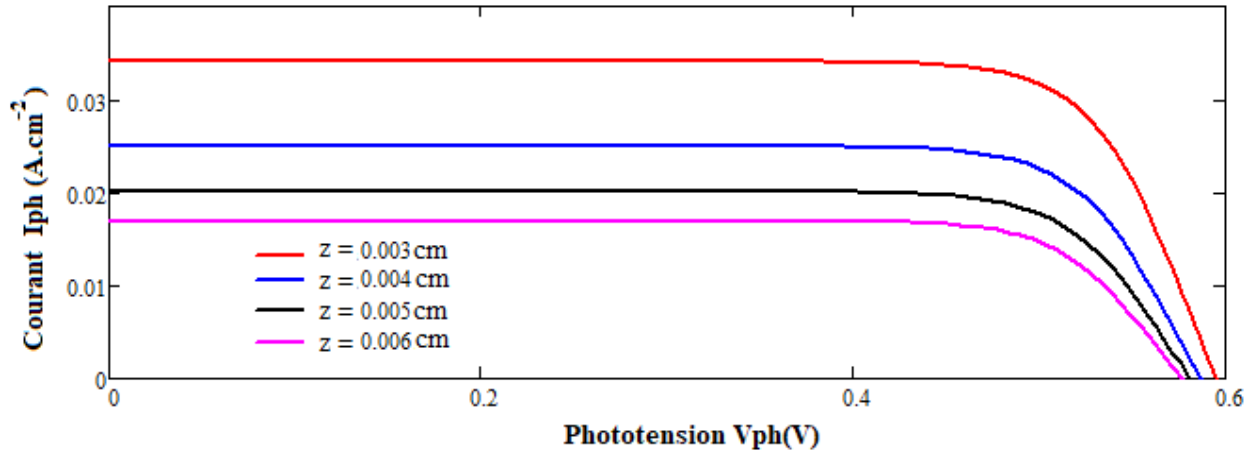
**Figure 3:-** Profil de la caractéristique courant-tension pour différentes valeurs du champ magnétique.  
 $z=0,003 \text{ cm}$  ;  $D_0= 26 \text{ cm}^2.\text{s}^{-1}$  ;  $H= 0,03\text{cm}$  ;  $\tau= 10^{-5} \text{ s}$  ;  $Sf_0= 1,5.10^{1,5} \text{ cm.s}^{-1}$

Pour une valeur donnée du champ magnétique, la caractéristique est le résultat de la variation du point de fonctionnement ( $S_f$ ) par une charge externe, amenant le courant et la tension délivrée par la photopile entre deux points de fonctionnement extrêmes : le point de fonctionnement de court-circuit ( $I_{ph}(S_{fcc})=I_{cc}$  ;  $V_{ph}=0$ ) et le point de fonctionnement en circuit-ouvert ( $I_{ph}=0$  ;  $V_{ph}(S_{fco})=V_{co}$ ) [14, 15, 16, 41-43].

Le courant de court-circuit  $I_{cc}$  diminue avec le champ magnétique, à cause de la déflexion due aux forces de Lorentz [29-32, 36] sur les porteurs minoritaires de charge, de très grande vitesse ( $S_{fcc}$ ). Tandis que la tension en circuit ouvert reste pratiquement constante, car les forces de Lorentz agissent sur les porteurs minoritaires de charge, de faible vitesse ( $S_{fco}$ ).

#### Effet de la profondeur $z$ de la photopile sur la caractéristique courant-tension.

La caractéristique courant-tension, pour différentes valeurs de la profondeur ( $z$ ), est produite à la **figure 4**, par variation de la vitesse ( $S_f$ ) de recombinaison des porteurs minoritaires de charge.



**Figure 4:-** Profil de la caractéristique courant-tension pour différentes valeurs de la profondeur  $z$ .  
 $B = 3.10^{-4}T$  ;  $D_0 = 26 \text{ cm}^2.s^{-1}$  ;  $H = 0,03\text{cm}$  ;  $\tau = 10^{-5} \text{ s}$  ;  $S_{f_0} = 1,5.10^{1,5} \text{ cm.s}^{-1}$

L'observation de cette figure montre que le courant de court-circuit  $I_{cc}$  et la tension en circuit ouvert  $V_{co}$  décroissent lorsque la profondeur ( $z$ ) de la photopile augmente.

#### Effet du champ magnétique sur la caractéristique puissance-vitesse de recombinaison( $S_f$ ) des porteurs minoritaires à la jonction de la photopile

La puissance de la photopile est donnée par l'expression suivante :

$$P = I_{ph}(H, z, B, S_f). V_{ph}(H, z, B, S_f) \quad (15)$$

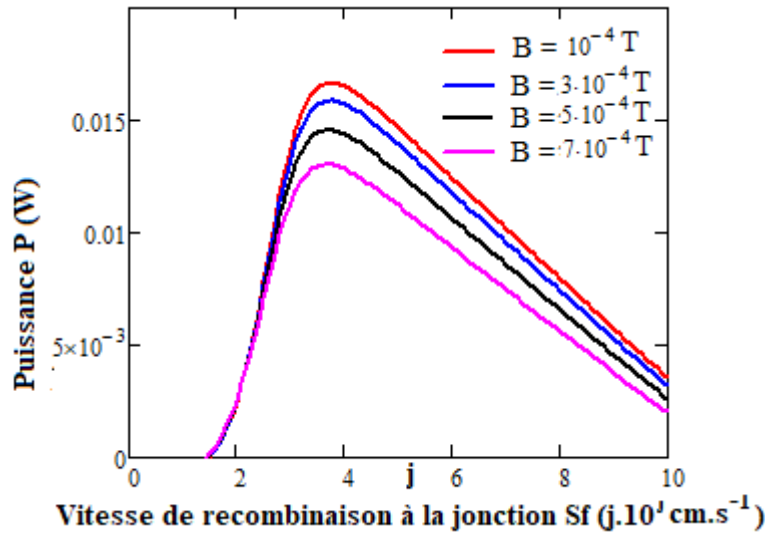
La puissance maximum ( $P_{max}$ ) peut être obtenue par la méthode classique, qui consiste à déterminer le couple de points ( $I_{ph_{max}} ; V_{ph_{max}}$ ) sur la courbe de la puissance en fonction de la phototension, qui donne, graphiquement  $V_{ph_{max}}$  au point de puissance maximum, et ensuite  $I_{ph_{max}}$  est déduit par la loi d'Ohm. D'autres techniques sous la dénomination (MPPT) [77-79], permettent expérimentalement le suivi de ce point de puissance, selon la variation de paramètres environnementaux ou de la charge externe.

Dans ce travail la puissance maximum ( $P_{max}$ ) est obtenue par la relation [14-16, 78] suivante :

$$\frac{\partial P(S_f)}{\partial S_f} = 0 \quad (16)$$

La solution conduit à ( $S_{f_{max}}$ ), qui représente la vitesse de recombinaison des porteurs minoritaires à la jonction, lorsque la le point de puissance maximum est atteint. respectivement pour les valeurs données de ( $B$ ) et ( $z$ ).

La **figure 5** présente le profil, de la puissance délivrée par la photopile en fonction de la vitesse de recombinaison ( $S_f$ ) des porteurs minoritaires de charge à la jonction, pour différentes valeurs du champ magnétique.



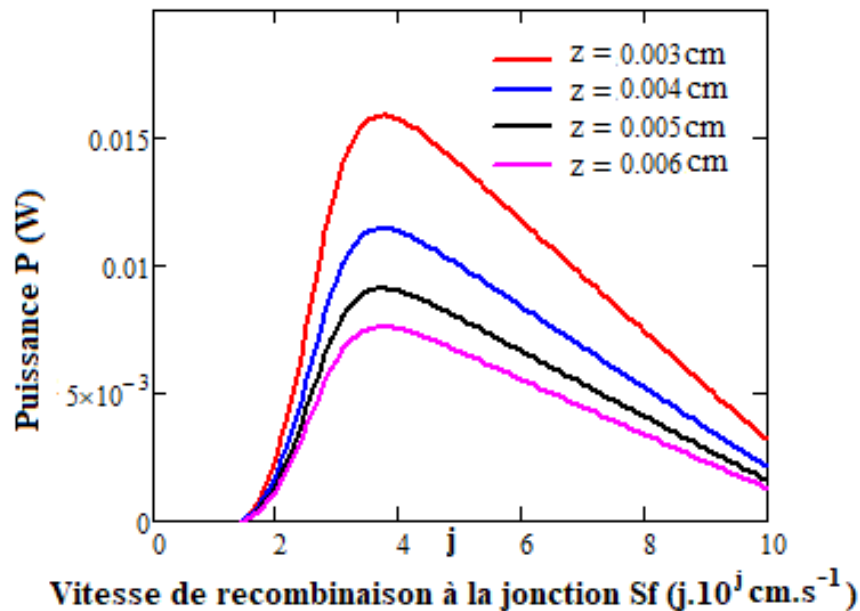
**Figure 5:**-Profil de la puissance générée par la photopile en fonction de la vitesse de recombinaison( $S_f$ ), pour différentes valeurs du champ magnétique.

$$z=0,003 \text{ cm} ; D_0= 26 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1} ; H= 0,03 \text{ cm} ; \tau= 10^{-5} \text{ s}; S_{f_0}= 1,5 \cdot 10^{15} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$$

L'effet du champ magnétique ( $B$ ) est très marqué pour les grandes valeurs de la vitesse( $S_f$ ) (Loi de Lorentz) [29, 30-36], proche du court-circuit : la puissance décroît avec l'intensité du champ magnétique. Par contre il y a peu d'influence du champ magnétique ( $B$ ) pour les faibles valeurs de la vitesse( $S_f$ ), proche du circuit ouvert

#### Effet la profondeur ( $z$ ) sur la caractéristique puissance vitesse de recombinaison( $S_f$ ) des porteurs minoritaires de charge à la jonction de la photopile

Le profil de la puissance de la photopile en fonction de la vitesse de recombinaison ( $S_f$ ) des porteurs minoritaires de charge à la jonction de la photopile, pour différentes valeurs de la profondeur ( $z$ ) est donné à la **figure 6**.



**Figure 6:**-Profil de la puissance en fonction de la vitesse de recombinaison( $S_f$ ) pour différentes valeurs de la profondeur  $z$ .

$$B= 3 \cdot 10^{-4} \text{ T} ; D_0= 26 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1} ; H= 0,03 \text{ cm} ; \tau= 10^{-5} \text{ s} ; S_{f_0}= 1,5 \cdot 10^{15} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$$

L'augmentation de la profondeur ( $z$ ) entraîne une décroissance de la puissance, donc du rendement de conversion, par une faible génération de la densité des porteurs minoritaires de charge (Eq. 2), quelle que soit la vitesse de recombinaison ( $S_f$ ). Cependant aux faibles valeurs de la profondeur (couche mince) [3, 6, 8], caractérisée par une forte génération des porteurs de charge, la puissance est très sensible aux valeurs élevées de la vitesse de recombinaison ( $S_f$ ) des porteurs de charge.

### Rendement de conversion de la photopile

Le rendement de conversion de la photopile est le rapport de la puissance électrique maximale fournie par la photopile au circuit extérieur à la puissance du flux incident de lumière reçu par la photopile. Son expression est donnée par l'équation suivante:

$$\eta(z, H, B, S_{fmax}) = \frac{P_{max}(z, H, B, S_{fmax})}{P_{incidente}} = \frac{I_{phmax}(z, H, B, S_{fmax}) \cdot V_{phmax}(z, H, B, S_{fmax})}{P_{incidente}} \quad (17)$$

Avec  $I_{phmax}(S_{fmax})$  et  $V_{phmax}(S_{fmax})$  respectivement le courant et la tension correspondant au point de puissance maximale, respectivement lorsque le champ magnétique appliqué varie et lorsque la profondeur ( $z$ ) de la photopile a changé.

### Effet du champ magnétique sur le rendement

Le rendement de conversion de la photopile pour différentes valeurs du champ magnétique est donné au **tableau 1**.

**Tableau 1:-** le rendement de conversion pour différentes valeurs du champ magnétique  $B$  :  $H=0,03\text{cm}$  ;  $D= 26 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  ;  $z=0,003 \text{ cm}$  ;  $\tau= 10^{-5} \text{ s}$  ;  $S_{f0}= 1,5 \cdot 10^{1,5} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$

$B(T)$	$I_{ph_{max}}(A \cdot \text{cm}^{-2})$	$V_{ph_{max}}(V)$	$P_{max}(W \cdot \text{cm}^{-2})$	$P_{inc}(W \cdot \text{cm}^{-2})$	$\eta(\%)$
$10^{-4}$	0,032	0,516	0,0165	0,1	16,5
$3 \cdot 10^{-4}$	0,031	0,508	0,0157	0,1	15,7
$5 \cdot 10^{-4}$	0,029	0,502	0,0145	0,1	14,5
$7 \cdot 10^{-4}$	0,026	0,489	0,0127	0,1	12,7

Pour une valeur donnée de la profondeur  $z$ , le rendement de conversion de la photopile diminue avec le champ magnétique.

### Effet de la profondeur $z$ de la photopile sur le rendement

Le rendement de conversion de la photopile pour différentes valeurs de la profondeur  $z$  est donné au **tableau 2**.

**Tableau 2:-** le rendement de conversion pour différentes valeurs de la profondeur  $z$  :  $H=0,03 \text{ cm}$  ;  $D= 26 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  ;  $B= 3 \cdot 10^{-4} T$  ;  $\tau= 10^{-5} \text{ s}$  ;  $S_{f0}= 1,5 \cdot 10^{1,5} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$

$z(\text{cm})$	$I_{ph_{max}}(A \cdot \text{cm}^{-2})$	$V_{ph_{max}}(V)$	$P_{max}(W \cdot \text{cm}^{-2})$	$P_{inc}(W \cdot \text{cm}^{-2})$	$\eta(\%)$
<b>0,003</b>	0,030	0,514	0,0154	0,1	15,4
<b>0,004</b>	0,022	0,507	0,0112	0,1	11,2
<b>0,005</b>	0,018	0,501	0,0090	0,1	09,00
<b>0,006</b>	0,015	0,497	0,0074	0,1	07,40

Pour une valeur donnée du champ magnétique, le rendement de conversion de la photopile diminue fortement avec la profondeur  $z$ .

### Conclusion:-

Dans ce travail, nous avons présenté l'influence du champ magnétique et de la profondeur de la base sur la puissance et le rendement d'une photopile au silicium à jonctions verticales connectées en parallèle, en régime statique et sous éclairage polychromatique. La résolution de l'équation de magnéto-transport relative à la densité des porteurs minoritaires dans la base a permis de déduire les expressions du photocourant, de la phototension, de la puissance et du rendement de conversion.

Le champ magnétique et la profondeur ( $z$ ) entraînent la diminution de la puissance de la photopile donc du rendement de conversion, à travers respectivement, les phénomènes de déflexion (loi de Lorentz) et de profondeur de génération (loi B. Lambert) des porteurs minoritaires de charge dans la base.

**References:-**

1. M. A. Green, K. Emery, D. L. King, Y. Hishikawa, and W. Warta, (2006). 'Solar Cell Efficiency Tables (version 28)', Progress in Photovoltaics: Research and Applications, vol. 14; pp. 455–461.
2. Liou J JWong, W.W. (1992) Comparison and Optimization of the Performance of Si and GaAs Solar Cells. Solar Energy Materials and Solar Cells, 28, 9-28. [https://doi.org/10.1016/0927-0248\(92\)90104-W](https://doi.org/10.1016/0927-0248(92)90104-W)
3. X. Sun, M. R. Khan, C. Deline and M. A. Alam (2018). Optimization and performance of bifacial solar modules: A global perspective. Appl. Energy, vol. 212, pp. 1601-1610, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.12.041> .
4. Yadav, P., Pandey, K., Tripathi, B., Kumar, C.M., Srivastava, S.K., Singh, P.K. and Kumar, M. (2015) An Effective Way to Analyze the Performance Limiting Parameters of a Poly-Crystalline Silicon Solar Cell Fabricated in the Production Line. Solar Energy, 122, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2015.08.005>
5. T. Baghdali, A. Zerga et B. Benyoucef, (1999) Optimisation du Rendement de Conversion Photovoltaïque des Cellules Solaires à base de GaAs et de Si, Rev. Energ. Ren. : Valorisation, pp. 27-31
6. Chung F; Chung-Feng Jeffery Kuo, Hung-Min Tu, Shin-Wei Liang, Wei-Lun Tsai (2010). Optimization of microcrystalline silicon thin film solar cell isolation processing parameters using ultraviolet laser. Optics & Laser Technology, Vol. 42 issue 6, Pp. 945-955. <http://dx.doi.org/10.1016/j.optlastec.2010.01.013>
7. T.D. Dzhafarov, S.S. Aslanov, S.H. Ragimov, M.S. Sadigov, S. Aydin Yuksel (2012). Effect of nanoporous silicon coating on silicon solar cell performance. Vacuum, volume 86 issue 12, Pp. 1875-1879. <http://dx.doi.org/10.1016/j.vacuum.2012.04.042>
8. Yasar S., Kahraman S., Cetinkaya S., Apaydin S., Bilican I., Uluer I.(2016). Numerical thickness optimization study of CIGS based solar cells with wxAMPS, Optik, 127 (20) , pp. 8827-8835.
9. Y.H. Khattak, F. Baig, T. Hanae, S. Ullah, B. Marí, S. Beg, and H. Ullah, Effect of CZTSe BSF and minority carrier lifetime on the efficiency enhancement of CZTS kesterite solar cell, 1739 (18) 30074-9, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cap.2018.03.013>
10. E.Skoplaki, and J.A.Palyvos, On the Temperature Dependence of Photovoltaic Module Electrical Performance: A Review of Efficiency/Power Correlations. Solar Energy, 2009,83, 614-624. <http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2008.10.008>
11. S.Chander, A. Purohit, Sharma, S.P.Nehra and M.S.Dhaka, Impact of Temperature on Performance of Series and Parallel Connected Mono-Crystalline Silicon Solar Cells. Energy Reports, 2015,1, 175-180. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2015.09.001>
12. A.Saran, D. Prasad, S. Chandril, S.P., Singh, A.K. Saxena, M. Pathak, N. Chahar. and S.Bhattacharya. Study of Temperature on Performance of c-Si Homojunction and a-Si/c-Si Heterojunction Solar Cells. International Journal of Renewable Energy Research, 2013,, 3, 707-710.
13. Demesmaeker, E., Symons, J., Nijs, J. and Mertens, R. (1991) The Influence of Surface Recombination on the Limiting Efficiency and Optimum Thickness of Silicon Solar Cells. 10th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Lisbon, 8-12 April 1991, 66-67. [https://doi.org/10.1007/978-94-011-3622-8\\_17](https://doi.org/10.1007/978-94-011-3622-8_17)
14. B.Sylla, I. Ly, O. Sow, B. Dione, Y. Traore and G.Sissoko, Junction Surface Recombination Concept as Applied to Silicon Solar Cell Maximum Power Point Determination Using Matlab/Simulink: Effect of Temperature. Journal of Modern Physics, 2018, 9, 172-188. doi: 10.4236/jmp.2018.92011
15. Matar Niane, Mohamed Abderrahim Ould El Moujtaba, Khady Loum, Rasmene Simpore, Ibrahima Diatta, Youssou Traore, Moustapha Thiame, Sega Gueye and Gregoire Sissoko. Etude d'une photopile (n+/p/p+) au silicium cristallin sous éclairage Polychromatique en modulation de fréquence: effet de la vitesse surfacique de recombinaison, de la fréquence et de l'épaisseur sur les paramètres électriques. International Journal of advanced Research (IJAR), 12(05), 276-289. <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/18715>.
16. Matar Niane, Lemerabott Habiboulha, Khady Loum,, Rasmene Simpore Ibrahima Diatta,; Youssou Traore, Moustapha Thiame , Sega Gueye And Gregoire Sissoko (2024). Series Vertical multijunction (SVMJ) silicon solar cell placed under polychromatic illumination in frequency modulation: Effect of surface recombination velocity, frequency and thickness on electrical parameters. JCBPS; Section C. Vol. 14, No. 3; 224-242.
17. V. M. Andreev, V. A. Grilikhes, V. D. Romyantsev, Photovoltaic conversion of concentrated sunlight. 1997, 28, 85, 114 John Wiley and Sons. <http://www.Wiley.com>
18. M.D.Lammert and R.J.Schwartz, The Integrated Back Contact Solar Cell: A Silicon Solar Cell for Use in Concentrated Sunlight. IEEE Transactions on Electron Devices, 1977,24, 337-342. <https://doi.org/10.1109/T-ED.1977.18738>

19. A. A. Cuevas, A. luque, and J. M. Ruiz, A, (1980). n+/p/n+ double-sided solar cell for optimal static concentration, in Proc. 14<sup>th</sup> IEEE Photov. Spec. Conf., San Diego, pp.76-81.
20. Gover, A. and Stella, P. (1974). Vertical Multijunction Solar-Cell One-Dimensional Analysis. IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. ED-21: 6. pp.351-356, <https://doi.org/10.1109/T-ED.1974.17927>
21. B.Terheiden, G. Hahn, P. Fath and E.Bucher (2000). The Lamella Silicon Solar Cell. 16th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Glasgow, 1-5 May, pp.1377-1380.
22. R. Sarfaty, A. Cherkun, R. Pozner, G. Segev, E. Zeierman, Y. Flitsanov, A. Kribus, Y. Rosenwaks. Vertical junction Si micro-cells for concentrating photovoltaics. Proceedings of the 26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, 2011, pp.145-147.
23. Heinbockel, J.H. and Walker, G.H. (1988) Three-Dimensional Models of Conventional and Vertical Junction Laser-Photovoltaic Energy Converters. NASA-TM-403919880014727V.
24. Suk-Ho Choi Graphene-Based Vertical-Junction Diodes and Applications. Journal of the Korean Physical Society, Vol. 71, No. 6, September 2017, pp. 311~318.
25. Green, M. A., Jianhua Zhao, Wang, A., & Wenham, S. R. (1999). Very high efficiency silicon solar cells-science and technology. IEEE Transactions on Electron Devices, 46(10),1940–1947. doi :10.1109/16.791982
26. A. A. Sayem, Y. Arafat and M. M. Rahman (2014). Thickness optimization and composition grading effect in heterojunction CIGS Solar Cell. 8th International Conference on Electrical and Computer Engineering (20-20 Dec, Dhaka, Bangladesh), 2014, pp. 524-527, doi: 10.1109/ICECE.2014.7026952.
27. D. J. Paez, E. Huante-Ceron, A. P. Knights (2013). A Vertical PN Junction Utilizing the Impurity Photovoltaic Effect for the Enhancement of Ultra-thin Film Silicon Solar Cells MRS Proceedings Vol. 1536, Pp.39 to 44 <http://dx.doi.org/10.1557/opl.2013.750>
28. V. Sivakov, G. Andrä, A. Gawlik, A. Berger, J. Plentz, F. Falk, S. H. Christiansen (2009). Silicon Nanowire-Based Solar Cells on Glass: Synthesis, Optical Properties, and Cell Parameters. Nano Letters volume 9 issue 4 on pages 1549 to 1554 <http://dx.doi.org/10.1021/nl803641f>
29. Betser, Y., Ritter, D., Bahir, G., Cohen, S. and Serling, J. (1995) Measurement of the Minority Carrier Mobility in the Base of Heterojunction Bipolar Transistors Using a Magneto Transport Method. Applied Physics Letters, 67, 1883-1884. <https://doi.org/10.1063/1.114364>
30. Flohr, Th. and Helbig, R. (1989). Determination of Minority-Carrier Lifetime and Surface Recombination Velocity by Optical-Beam-Induced-Current Measurements at Different Light Wavelengths. Journal of Applied Physics, 66, 3060-3065. <https://doi.org/10.1063/1.344161>
31. Richard Mane, Ibrahima Ly, Mamadou Wade, Ibrahima Datta, Marcel S. Douf, Youssou Traore, Mor Ndiaye, Seni Tamba, Grégoire Sissoko, Minority Carrier Diffusion Coefficient D\*(B, T): Study in Temperature on a Silicon Solar Cell under Magnetic Field. Energy and Power Engineering, 2017,9, pp.1-10 <http://www.scirp.org/journal/epe>
32. Seydina Diouf , Mor Ndiaye, Ndeye THIAM, Youssou Traore, Mamadou Lamine Ba, Ibrahima Diatta, Marcel Sitor diouf, Oulimata Mballo, Amary Thiam and Grégoire Sissoko (2019). Influence of Temperature and Frequency on Minority Carrier Diffusion Coefficient in a Silicon Solar Cell Under Magnetic Field. Energy and Power Engineering, 11, 355-361 <http://www.scirp.org/journal/epe>
33. Konstantinos Misiakos And Dimitris Tsamakias, (1994) Electron and Hole Mobilities in Lightly Doped Silicon. Appl. Phys. Lett. 64(15), pp.2007-2009.
34. Zougrana, M., Dieng, B., Lemrabott, O.H., Toure, F., Ould El Moujtaba, M.A., Sow, M.L. and Sissoko, G. (2012) External Electric Field Influence on Charge Carrier and Electrical Parameters of Polycrystalline Silicon Solar Cell. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 4, 2967-2972.
35. Moissi, A., Zougrana, M., Diallo, A., Mbodji, S., Diallo, H.L., Hamidou, A., Ndiaye, M. and Sissoko, G. (2014) Base Transceiver Station (BTS) Antenna Electric Field Influence on the Space Charge Region in a Silicon Solar Cell. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 7, 2554-2558.
36. Diao, A., Thiam, N., Zougrana, M., Sahin, G., Ndiaye, M. and Sissoko, G. (2014) Diffusion Coefficient in Silicon Solar Cell with Applied Magnetic Field and under Frequency: Electric Equivalent Circuits. World Journal of Condensed Matter Physics, 4, 84-92. <https://doi.org/10.4236/wjcmp.2014.42013>
37. Rosling, M., Bleichner, H., Lundqvist, M. and Nordlander, E. (1989) A Novel Technique for the Simultaneous Measurement of Ambipolar Carrier Lifetime and Diffusion Coefficient in Silicon. Solid-State Electronics, 35, 1223-1227.
38. E.Gaubas and J. Vanhellemont (1996). A simple Technique for the Separation of Bulk and Surface Recombination Parameters in Silicon. Journal of Applied Physics, 80, 6293-6297. <https://doi.org/10.1063/1.363705M>

39. Gupta, S., Ahmed, F. and Garg, S. (1988). A Method for the Determination of the Material Parameters, D, L0, S and  $\alpha$  from Measured A.C. Short-Circuit Photocurrent. *Solar Cells*, 25, 61-72. [https://doi.org/10.1016/0379-6787\(88\)90058-0](https://doi.org/10.1016/0379-6787(88)90058-0)
40. Vardanyan, R.R., Kerst, U., Wawer, P., Nell, M.E. and Wagemann, H.G. (1998). Method for Measurement of All Recombination Parameters in the Base Region of Solar Cells. 2nd World Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy Conversion, Vienna, 6-10 July 1998, 191-193.
41. G.Sissoko, C. Museruka, A. Corréa, I. Gaye and A.L.Ndiaye, Light Spectral Effect on Recombination Parameters of Silicon Solar Cell. World Renewable Energy Congress, Pergamon, Part III, pp.1487-1490.
42. H.L.Diallo, A.S. Maiga, A. Wereme and G. Sissoko, (2008). New Approach of both Junction and Back Surface Recombination Velocities in a 3D Modelling Study of a Polycrystalline Silicon Solar Cell. *The European Physical Journal Applied Physics*, 42, 193-211. <http://dx.doi.org/10.1051/epjap:2008085>
43. Ndiaye, E.H., Sahin, G, Dieng, M., Thiam, A, Diallo, H.L., Ndiaye, M. and Sissoko, G. (2015) Study of the Intrinsic Recombination Velocity at the Junction of Silicon Solar under Frequency Modulation and Irradiation. *Journal of Applied Mathematics and Physics*, 3, 1522-1535. <https://doi.org/10.4236/jamp.2015.311177>
44. Thiam, N, Diao, A, Ndiaye, M, Dieng, A, Thiam, A, Sarr, M, Maiga, A.S and Sissoko G. (2012). Electric Equivalent Models of Intrinsic Recombination Velocities of a Bifacial Silicon Solar Cell under Frequency Modulation and Magnetic Field Effect. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 4, 4646-4655.
45. F. Toure, M. Zoungrana, B. Zouma, S. Mbodji, S. Gueye, A. Diao & G. Sissoko (2012). Influence of Magnetic Field on Electrical Model and Electrical Parameters of a Solar Cell Under Intense Multispectral Illumination. *Global Journal of Science Frontier Research (A) Vol. XII, issue VI, Version I*, p51-59.
46. J.A. Giesecke, M.C. Schubert, B. Michl, F. Schindler, W. Warta (2011). Minority carrier lifetime imaging of silicon wafers calibrated by quasi-steady-state photoluminescence. *Solar Energy Materials and Solar Cells* Vol. 95 issue 3, Pp. 1011-1018 <http://dx.doi.org/10.1016/j.solmat.2010.12.016>
47. Zondervan, A., Verhoef, L.A. and Lindholm, F.A. (1988). Measurement Circuits for Silicon-Diode and Solar Cells Lifetime and Surface Recombination Velocity by Electrical Short-Circuit Current Delay. *IEEE Transactions on Electron Devices*, 35, 85-88. <https://doi.org/10.1109/16.2419>
48. Diouf, M.S., Gaye, I., Thiam, A., Fall, M.F.M., Ly, I. and Sissoko, G. (2014) Junction Recombination Velocity Induced Open Circuit Voltage for a Silicon Solar Cell under External Electric Field. *Current Trends in Technology & Sciences*, 3, 372-375. <http://www.ctts.in/>
49. Marcel Sitor Diouf, Gohan Sahin, Amary Thiam, Moussa Ibra Ngom, Khady Faye, Doudou Gaye, Grégoire Sissoko (September 2015). Determination of the junction surface recombination velocity limiting the open circuit (sfoc) for a bifacial silicon solar cell under external electric field. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, Vol. 2 Issue 9, p 931-938, <http://www.ijiset.com>
50. Marcel Sitor Diouf, Ibrahima Ly, Mamadou Wade, Ibrahima Diatta, Youssou Traore, Mor Ndiaye, Grégoire Sissoko (2016). The Temperature Effect on the Recombination Velocity at the junction initiating the Short-Circuit Condition (SFCC) of a Silicon Solar Cell under External Electric Field. *Journal of Scientific and Engineering Research*, 3(6):410-420 <https://jsaer.com/archive/volume-3-issue-6-2016/>
51. Fatimata Ba, boureima Seibou, mamadou Wade, marcel Sitor Diouf, brahima Ly and grégoire Sissoko (2016). Equivalent Electric Model of the Junction Recombination Velocity limiting the Open Circuit of a Vertical Parallel Junction Solar Cell under Frequency Modulation. *IPASJ International Journal of Electronics & Communication (IJEC)*, Volume 4, Issue 7, pp.1-11.
52. Amadou Mamour Ba, Gora Diop, Ibrahima Diatta, Richard Mane, Moussa Ibra Ngom, Mamadou Yacine Ba, Khady Loum, Youssou Traore, Moustapha Thiame, Sega Gueye, Ousmane Sow, Mamadou Wade, Grégoire Sissoko. Determination of the junction intrinsic recombination velocity of minority carriers in the base of parallel vertical multi junctions' silicon solar cell using the open-circuit voltage calibration curve technique. *Journal of chemical, biological and physical sciences*, [www.jcbcs.org](http://www.jcbcs.org), Volume 13, Issue 2, pp: 129 – 138, 2023.
53. Ly, I., Ndiaye, M., Wade, M., Thiam, N., Sega, Gueye. And Sissoko, G. (2013) Sissoko Concept of Recombination Velocity Sfoc at the Junction of a Bifacial Silicon Solar Cell, in Steady State, Initiating the Short-Circuit Condition. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 5, 203-208. <https://doi.org/10.19026/rjaset.5.5105>
54. O. Diasse, A. Diao, I. Ly, M.S. Diouf, I. Diatta, R. Mane, Y. Traore and G.Sissoko (2018). Back Surface Recombination Velocity Modeling in White Biased Silicon Solar Cell under Steady State. *Journal of Modern Physics*, 9, 189-201. <https://doi.org/10.4236/jmp.2018.92012>

55. Dieng, A., Zerbo, I., Wade, M., Maiga, A.S. and Sissoko, G. (2011). Three-Dimensional Study of a Polycrystalline Silicon Solar Cell: The Influence of the Applied Magnetic Field on the Electrical Parameters. *Semiconductor Science and Technology*, 26, Article ID: 095023. <http://dx.doi.org/10.1088/0268-1242/26/9/095023>
56. Wafaa Abd El-Basit, Ashraf Mosleh Abd El-Maksood and Fouad Abd El-Moniem Saad Soliman (2013). Mathematical Model for Photovoltaic Cells. *Leonardo Journal of Sciences*, Issue 23, pp.13-28. (<http://ljs.academicdirect.org/>)
57. Ayvazian, G.E., Kirakosyan, G.H. and Minasyan, G.A. (2004) Characteristics of Solar Cells with Vertical p-n Junction. *Proceedings of 19th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Paris, 7-11 June 2004*, 117-119
58. M Chegaar, Z Ouennoughi, A Hoffmann (2001). A new method for evaluating illuminated solar cell parameters. *Solid-State Electronics* Vol. 45, issue 2, Pp. 293-296. [http://dx.doi.org/10.1016/s0038-1101\(00\)00277-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0038-1101(00)00277-x)
59. Salinger J., Measurement of Solar Cell Parameters with Dark Forward I-V Characteristics, *Acta Polytechnica, Czech Technical Univ. Publ. House*, 2006, 46(4), p. 25- 27
60. Nema R. K., Savita N., Gayatri A., Computer Simulation Based Study of Photovoltaic Cells/Modules and their Experimental Verification, *International Journal of Recent Trends in Engineering (IJRTE)*, Academy Publisher, 2009, 1(3), p. 151-156
61. Ramos-Hernanz J. A., Campayo J. J., Zulueta E., Barambones O., Eguía P., Zamora I., Obtaining the Characteristics Curves of a Photocell by Different Methods, *International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'13)*, Bilbao (Spain), 11, 2013, p. 20-26.
62. Sow, O., Zerbo, I., Mbodji, S., Ngom, M. I., Diouf, M. S., & Sissoko, G. (2012). Silicon solar cell under electromagnetic waves in steady state: Electrical parameters determination using the I-V and P-V characteristics. *International Journal of Science, Environment and Technology*, Vol. 1, N°4, 230-246
63. Benmoussa, W. C., Amara, S., & Zerga, A. (2007). Etude comparative des modèles de la caractéristique courant-tension d'une cellule solaire au silicium monocristallin. *Revue des Energies Renouvelables ICRES-07 Tlemcen*, 301 – 306.
64. M. Bashahu and A. Habyarimana (1995). Review and test of methods for determination of the solar cell series resistance. *Renewable Energy*, 6, 2, pp. 127-138. [https://doi.org/10.1016/0960-1481\(94\)E0021-V](https://doi.org/10.1016/0960-1481(94)E0021-V).
65. El-Adawi, M.K. and Al-Nuaim, I.A. (2002). A Method to Determine the Solar Cell Series Resistances from a Single I-V Characteristic Curve Considering Its Shunt Resistance—New Approach. *Vacuum*, 64, 33-36. [http://dx.doi.org/10.1016/S0042-207X\(01\)00370-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0042-207X(01)00370-0).
66. D. Chenvidhya, K. Kirtikara, C. Jivacate (2003). A new characterization method for solar cell dynamic impedance. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, Volume 80, Issue 4, Déc. 2003, Pp. 459-464. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2003.06.011>
67. R. Anil Kumar, M. S. Suresh et J. Nagaraju.(2001). Measurement of AC parameters of gallium arsenide (GaAs/Ge) solar cell by impedance spectroscopy. *IEEE Transactions on electron devices*, Volume 48, Issue 9, Sept., Pp.2177 – 2179. DOI: 10.1109/16.944213.
68. El-Adawi, M.K. and Al-Nuaim, I.A. (2002). A Method to Determine the Solar Cell Series Resistances from a Single I-V Characteristic Curve Considering Its Shunt Resistance—New Approach. *Vacuum*, 64, 33-36. [http://dx.doi.org/10.1016/S0042-207X\(01\)00370-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0042-207X(01)00370-0)
69. Jen-Cheng W., Jyh-Cherng S., Yu-Li S. Kun-Chang K., Yen-Wei C., Yu-Ting L., Jui-Jen C., Kuo-Chi L., Joe-Air J., A Novel Method for the Determination of Dynamic Resistance for Photovoltaic Modules, *Energy*, 2011, 36, p. 5968-5974.
70. S.Mbodji, I.Ly, H.L. Diallo, M.M. Dione, O.Diasse and G. Sissoko (2012). Modeling Study of N<sup>+</sup>/P Solar Cell Resistances from Single I-V Characteristic Curve Considering the Junction Recombination Velocity (Sf) *Research Journal of Applied Sciences. Engineering and Technology* 4(1):1-7..
71. Cao, Y., Yang, D., Si, M., Shi, H., & Xue, D. (2018). Model for large magneto resistance effect in p–n junctions. *Applied Physics Express*, 11(6), 061304. doi :10.7567/apex.11.061304
72. Ngom, M.I., Zouma, B., Zoungrana, M., Thiame, M., Bako, Z.N., Camara, A.G. and Sissoko, G. (2012) Theoretical Study of a Parallel Vertical Multi-Junction Silicon Cell under Multispectral Illumination: Influence of External Magnetic Field on the Electrical Parameters. *International Journal of Advanced Technology & Engineering Research*, 2, 101-109.
73. Kalidou Mamadou Sy, Alassane Diene, Séni Tamba, Marcel Sitor Diouf, Ibrahima Diatta, Mayoro Dieye, Youssou Traore, Grégoire Sissoko (2016) Effect of temperature on transient decay induced by charge removal of a silicon solar cell under constant illumination. *Journal of Scientific and Engineering Research*, 3(6), p.433-445 [www.jsaer.com](http://www.jsaer.com)

74. Mandelis, A. (1989) Coupled ac Photocurrent and Photothermal Reflectance Response Theory of Semiconducting p-n Junctions. I. Journal of Applied Physics, 66, pp.5572-5583. <https://doi.org/10.1063/1.343662>
75. Noriaki Honma and Chusuke Munakata (1987) Sample Thickness Dependence of Minority Carrier Lifetimes Measured Using an ac Photovoltaic Method. Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 26, N°12, pp2033-2036.
76. Furlan, J. and Amon, S. (1985). Approximation of the Carrier Generation Rate in Illuminated Silicon. Solid-State Electronics, 28, 1241-1243. [https://doi.org/10.1016/0038-1101\(85\)90048-6](https://doi.org/10.1016/0038-1101(85)90048-6)
77. Sall, M. , Sow, O. , Gueye, S. , Diop, G. , Habiboullah, L. , Wade, M. and Sissoko, G. (2022) Solar Controller with Automatic Search Technology for the Maximum Power Point with Autonomy Display. Energy and Power Engineering, **14**, 509-522. doi: 10.4236/epe.2022.149027.
78. Ba, M.L., Diallo, H.L., Ba, H.Y., Traore, Y., Diatta, I., Diouf, M.S., Wade, M. and Sissoko, G. (2018). Irradiation Energy Effect on a Silicon Solar Cell: Maximum Power Point Determination. Journal of Modern Physics, **9**, 2141-2155. <https://doi.org/10.4236/jmp.2018.912135>
79. Abdul J., Nazar. A, Omega A. R, Simulation on Maximum Power Point Tracking of the Photovoltaic Module Using LabVIEW, International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering , 2012, 1(3), p. 190-199.