

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la
Recherche Scientifique



Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE



Mémoire de fin d'études
Présenté pour l'obtention du diplôme de
MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Techniques
çSpécialité : Systèmes de Télécommunication

Thème

**Simulation d'une cellule solaire MASnI3
en utilisant SCAPS**

Devant le jury composé de :

-Madjouri abdelkader Président
- Said Mehellou Examineur
-Hima Abdelkader Encadreur

Présenté par :

- Gherbi Mohamed
- Boughezala Hamad Ahmed
- Sadoun Youcef

2020/2021

Dédicaces

A ma mère qui ne cessent de prier pour moi. Que DIEU la préserve de toute peine et la donne longue vie.

A mon père pour son grand soutien et tout le sacrifice qu'il a fait pour moi. Que DIEU lui donne longue vie et santé.

A mes frères et sœurs

A toute ma famille, à tous mes amis et à tous ceux qui nous ont soutenu de près ou de loin

Et à tous ceux qui ont participé à la réalisation de ce travail.

MOHAMED - AHMED - YUCEF

Remerciements

Au terme de ce projet de fin d'études, et tout d'abord, nous tenons à remercier Dieu Tout-Puissant de nous avoir donné la grâce de faire ce travail.

Nous exprimons notre gratitude et nos remerciements les plus chaleureux à notre encadreur « Hema Abdelkader » pour ses conseils efficaces et continus, son assistance et son soutien moral et scientifique tout au long de cette phase.

Nous adressons nos remerciements avec gratitude à tous les membres du jury qui nous ont honorés en prenant notre humble travail en considération .

Nous remercions l'administration de Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued, et nous tenons à remercier tous ceux qui nous ont aidés et ceux qui ont directement ou indirectement contribué à l'élaboration de ce travail.

MOHAMED - AHMED - YUCEF

Sommaire

Dédicaces.....
Remerciements.....
Sommaire:.....
Liste de figures	I
Liste de Tableau	II
Listes des symboles et abréviations	III
Introduction générale.....	1
<i>Chapitre I : Généralité Sur Semi-conducteur</i>	
I.1 Introduction :.....	4
I.2 Définition des semi-conducteurs:.....	4
I.2.1 Éléments semi-conducteurs:	5
I.3 Les propriétés électrique des semi-conducteurs.....	6
I.3.1. Conductivité électrique	6
I.4 Bandes d'énergie.....	8
I.5 Types de semi-conducteurs.....	10
I.5.1 Le semi-conducteur intrinsèque	10
I.5.2 Les semi-conducteurs extrinsèques:.....	10
I.5.3 Les principales différences entre les semi-conducteurs internes et externes:	11
I.6 Dopage	12
I.6.1 Dopage N:	12
I.6 .2 Dopage P:.....	13
I.7 Les jonctions P-n.....	14
Conclusion.....	16
<i>Chapitre II Cellule solaire photovoltaïque</i>	
II.1 Introduction.....	18
II.2 L'énergie solaire	18
II.3 Rayonnement solaire.....	19

II.4 Absorption du rayonnement.....	21
II.5 Cellules solaires.....	22
II.6 Caractéristiques d'une cellule solaire photovoltaïque:.....	23
II.6.1 Courant de court-circuit:	23
II.6.2 La tension de court ouvert (V_{co}):	23
II.6.3 Le facteur de forme (FF):.....	23
II.6.4 Efficiency:.....	24
II.7 Principe de fonctionnement d'une cellule solaire.....	24
II.8 Classification des cellules solaires:.....	26
II.8.1 Première génération.....	27
II.8.1.1 Silicium monocristallin.....	27
II.8.1.2 Silicium polycristallin.....	28
II.8.2 Deuxième génération.....	28
II.8.2.1 Cellules solaires en silicium à couche mince.....	28
II.8.2.2 Tellure de cadmium (CdTe).....	29
II.8.2.3 Cellules solaires CIGS.....	29
II.8.3 Troisième génération.....	29
II.8.3.1 Cellules / polymères solaires organiques.....	30
II.8.3.2 Cellules solaires à points quantiques.....	30
II.8.3.3 Cellules solaires à colorant.....	30
II.8.3.4 Cellules solaires pérovskite.....	31
II.9 Conclusion.....	32
Chapitre III : Présentation du logiciel SCAPS-1D	
III .1 Introduction:	34
III .2 les bases.....	35
III .3 Lancer SCAPS.....	36
III .4 Définir le problème.....	36
III .5 Définir le point de fonctionnement.....	38
III .6 Sélectionnez la ou les mesures à simuler.....	39

III .7	Démarrez le (s) calcul (s):	39
III .8	Afficher les courbes simulées.....	40
III .9	Les courbes I-V	41
Chapitre IV : Résultats et Discussions		
IV.1	Introduction :.....	43
IV.2	Simulation par scaps:	44
IV.3	Structure et paramètres de la cellule étudiée :.....	49
IV.3.1	Présentation de la cellule étudiée :	49
IV.3.2	Les paramètres du dispositif étudié :.....	50
IV.4	Résultats et discussions:.....	50
IV.5	Courbe courant-tension I-V:.....	52
IV.6	Conclusion.....	53
	Conclusion générale	56
	<i>Références</i>	57

Liste de figures

Figure.I.1: Conductivité électrique à température ambiante de quelque corps solides .	6
Figure I.2: Conductivité des semi-conducteurs en fonction de la température et de la densité d'impuretés: (a) la densité d'impuretés est faible, (b) l'état normal et (c) la densité des petites impuretés.....	7
Figure I.3: Diagramme des niveaux d'énergie des semi-conducteurs.....	8
Figure I.4 : Diagrammes de puissance pour les trois matériaux.....	9
Figure I.5 : Génération d'électrons et des trous dans un semi-conducteur intrinsèque.	10
Figure I.6 : Génération thermique de porteur de charge dans un semi-conducteur dope par un donneur	11
Figure I.7 : Ajout de l'atome de phosphore (impuretés) à l'atome de silicium	13
Figure I.8 : Ajout de l'atome de bore. (impuretés) à l'atome de silicium.....	14
Figure I.9 : Diagramme représentant les composants des jonctions P-n	15
Figure I.10 : Diagramme montrant les deux régions de jonction P-n.....	16
Figure II.1: Le graphique représente le spectre de l'irradiance solaire en fonction de la longueur d'onde.....	19
Figure II.2: Courbes typiques pour l'absorption.....	21
Figure II.3 : Structure de la cellule solaire: coupe transversale d'une cellule photovoltaïque.....	23
Figure II.4 :L'effet photovoltaïque est représenté sur la figure.....	25
Figure II.5 : Principales efficacités de recherche pour une variété de technologies de cellules solaires	26
Figure II.6: Classification de diverses technologies de cellules solaires.	27
Figure II.7: Structure et fonction d'une cellule solaire à base de colorant.....	31
Figure III .1 :Panneau de démarrage de SCAPS, le panneau d'action ou principal. ...	35
Figure III .2: Panneau de définition d'une cellule solaire.....	37
Figure III .3 :Le point de fonctionnement.....	38
Figure III .4: Panneau des bandes d'énergie.....	40
Figure III .5: Panneau d'affichage des courbes I-V à l'obscurité et en éclairnement....	41
la figure 4.IV	51
La figure 2(a-d) montre les paramètres photovoltaïques de $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$	52

Liste de Tableau

Tableau I.1:Stiuation des semi-conducteurs dans le tableau périodique.	5
Tableau I.2 : Exemples des semi-conducteur	6
Tableau IV.1: Propriétés des différentes couches (CuSbS ₂ / CH ₃ NH ₃ SnI ₃ / PCBM). ..	50

Listes des symboles et abréviations

% :	Pourcentage
°C:	Degree Celsius
W:	Watt
VDC:	Volts direct current
VAC:	Volts alternating current
PCE:	Power conversion efficiency
AsGa:	Gallium Arsenide
PGa:	Phosphide Gallium
SbGa:	Phosphide Gallium
Si :	Silicon
Ge :	Germanium
GaAs :	Arsenide Gallium
ϵ :	Permittivité électrique
ϵ_0, ϵ_r :	Permittivité du vide, permittivité relative du matériau
∇ :	Opérateur Nabla
Ψ :	Potentiel électrostatique
ρ:	Densité volumique nette de charges libres
D_n :	Constante de diffusion des électrons, coefficients d'Einstein
D_p :	Constante de diffusion des trous, coefficients d'Einstein

q:	Charge de l'électron
j_n, j_p:	Densité de courant des électrons et des trous respectivement
Gn, Rn:	Les taux de génération pour les électrons et les trous par des agents externes
μ_n:	Mobilité des électrons et des trous respectivement
n:	Concentration des électrons et des trous respectivement
K:	Constante de Boltzmann
Nie:	Densité de porteurs libres intrinsèques
Nc(T):	Densité des états dans la couche de conduction
Nv(T):	Densité des états dans la couche de valence
Jsc:	Densité du courant de court-circuit
Voc:	Tension de circuit ouvert
FF:	Facteur de forme
Pmax:	Puissance maximale
Pin:	Puissance lumineuse incidente
Icc:	Courant de court-circuit
Is:	Courant de saturation
Iph:	Courant photo-généré
η:	Rendement de conversion
Tc:	température absolue

Introduction générale

Introduction générale

L'énergie est un élément essentiel de la fabrication et de la production. La consommation d'énergie augmente rapidement en raison de l'industrialisation et de la demande croissante dans les pays du monde. La solution traditionnelle pour répondre à ces demandes est les combustibles fossiles. Cependant, les besoins énergétiques croissants épuisent les réserves mondiales de combustibles fossiles. De plus, l'utilisation d'énergies fossiles telles que le pétrole a un effet secondaire négatif sur la formation de gaz à effet de serre, ce qui augmente encore la forte concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. L'un des objectifs les plus importants de la production d'énergie est la recherche d'alternatives durables et respectueuses de l'environnement aux combustibles fossiles.

De nos jours et comme mentionné précédemment, trouver un nouveau type d'énergie durable est une tâche cruciale. Une solution potentielle est l'énergie renouvelable obtenue à partir du soleil. Des recherches approfondies ont été menées sur le photovoltaïque en tant que source d'énergie renouvelable dans le but de créer des cellules photovoltaïques moins chères, plus efficaces et plus sûres.

Les cellules solaires ont récemment reçu beaucoup d'attention. Afin de réduire les coûts de production et de convertir la lumière du soleil plus efficacement en utilisant des technologies de pointe. Dans ce contexte, les cellules solaires à pérovskite ont émergé comme une nouvelle forme de cellule solaire. Il porte le nom de la substance principale utilisée pour le fabriquer. Les pérovskites sont des matériaux de formule ABX_3 . On pense qu'il a des caractéristiques électriques, synthétiques et optiques avantageuses, ce qui en fait un matériau photoélectrique idéal. La pérovskite tri-organique en tant qu'absorbeur de lumière dans les cellules solaires a étonné tout le monde en augmentant considérablement l'efficacité de la conversion de puissance en une courte période de temps .

Par rapport aux cellules solaires traditionnelles au silicium, les cellules solaires à base de pérovskite offrent un rendement énergétique plus élevé et sont plus rentables.

Poursuivant les études précédentes qui ont démontré l'efficacité de MASnI_3 dans l'installation de cellules solaires, dans cette thèse, nous allons simuler ce matériau et sélectionner les couches ETL et HTL les plus efficaces pour MASnI_3 .

Les matériaux étudiés appartenant à la famille des semi-conducteurs, le premier chapitre de cet ouvrage est consacré à l'étude des semi-conducteurs, de leurs caractéristiques électriques et structurelles.

Après avoir donné un aperçu du rayonnement solaire et de la théorie de fonctionnement de la cellule solaire photovoltaïque, nous avons étudié la cellule solaire dans le deuxième chapitre.

Le troisième chapitre est consacré à la connaissance du logiciel SCAPS, qui permet de simuler des cellules solaires en examinant leurs caractéristiques structurelles et électriques, ainsi que les moyens de les disposer en couches minces.

Le quatrième chapitre est consacré au développement et à la modélisation de diverses structures de cellules solaires photovoltaïques à l'aide du logiciel SCAPS, dans le but de déterminer les architectures les plus efficaces et les moins coûteuses à partir de ces couches.

***Chapitre I : Généralité Sur
Semi-conducteur***

I.1 Introduction :

Les semi-conducteurs sont omniprésents aujourd'hui, tels que les transistors, et ils peuvent être trouvés dans les téléviseurs, les voitures, les machines à laver et les ordinateurs. Nous en sommes venus à nous y fier et nous attendons de plus en plus de meilleures performances à moindre coût [1].

L'industrie des semi-conducteurs joue un rôle majeur dans la croissance exponentielle des sciences de l'information et de la communication. Ces matériaux ont des caractéristiques physiques entre le métal et l'isolation .

Il s'agit d'un aspect important dans l'électronique moderne et les ordinateurs, car il permet à la fois la direction et la vitesse du courant d'être réglementé.

Les matériaux pour le semi-conducteur sont très larges et ils vont des colonnes périodiques du tableau IV (Si et Ge), aux composés multi-colonnes[2].

Dans ce chapitre, nous expliquerons les concepts de base, les propriétés électriques et structurelles des semi-conducteurs.

I.2 Définition des semi-conducteurs:

Le processus de conduction du courant électrique dans les solides est une propriété dans laquelle les électrons libres se déplacent et génèrent un courant électrique. Ce groupe d'électrons représente le passage du courant électrique.

Les cristaux et les corps purs sont divisés en deux parties principales:

- l'une d'entre elles est constituée de minéraux ont une grande densité d'électrons, responsable de la transmission du courant électrique
- la seconde partie est constituée d'isolants, qui ne contiennent pas d'électrons libres.

les semi-conducteurs sont définis comme étant des objets isolants dans leur état intrinsèque et à une température de zéro absolu, et sont conducteurs d'électricité si la température est élevée ou si des substances activées ou des impuretés sont ajoutées pour augmenter la valeur de leur conductivité électrique, et de les semi-conducteurs les plus populaires et les plus utilisés sont : Germanium et silicium [3].

I.2.1 Éléments semi-conducteurs :

Les éléments semi-conducteurs se trouvent dans le tableau périodique des éléments, le tableau du bas (tableau I.1) montre un certain nombre d'éléments semi-conducteurs.

Groupe	II	III	IV	V	VI	VII
		B	C	N	O	
		Al	Si	P	S	
	Zn	Ga	Ge	As	Se	
	Cd	In	Sn	Sb	Te	I

Tableau I.1: Situation des semi-conducteurs dans le tableau périodique.

Le tableau (I.2) donne quelques exemples de matériaux ou de composés semi-conducteurs qui existent dans la faisabilité périodique des éléments.

Colonne	Semi-conducteur
IV	Ge, Si
III-V	binaire GaAs, GaP, GaSb, InAs, InP, InSb
	ternaire $Al_xGa_{1-x}As$, $GaAs_yP_{1-y}$
	quaternaire $Al_xGa_{1-x}As_yP_{1-y}$
II-VI	binaire CdS, HgTe, CdTe, ZnTe, ZnS
	ternaire $Cd_xHg_{1-x}Te$

Tableau I.2 : Exemples des semi-conducteur

I.3 Les propriétés électrique des semi-conducteurs

I.3.1. Conductivité électrique

La conductivité du semi-conducteur se situe entre la conductivité du matériau isolant et le conducteur. Dans les semi-conducteurs la conduction est assurée par deux types de porteurs les électrons et les trous.

La conductivité électrique σ des semi-conducteurs croit rapidement avec la température .

La conductivité électrique dépend généralement de la température, du rayonnement électromagnétique, du champ magnétique et de toutes les formes d'irradiation et de défauts. Ce sont ces différences de conductivité électrique, sous différentes influences, qui augmentent l'importance des semi-conducteurs pour l'électronique et leurs applications.

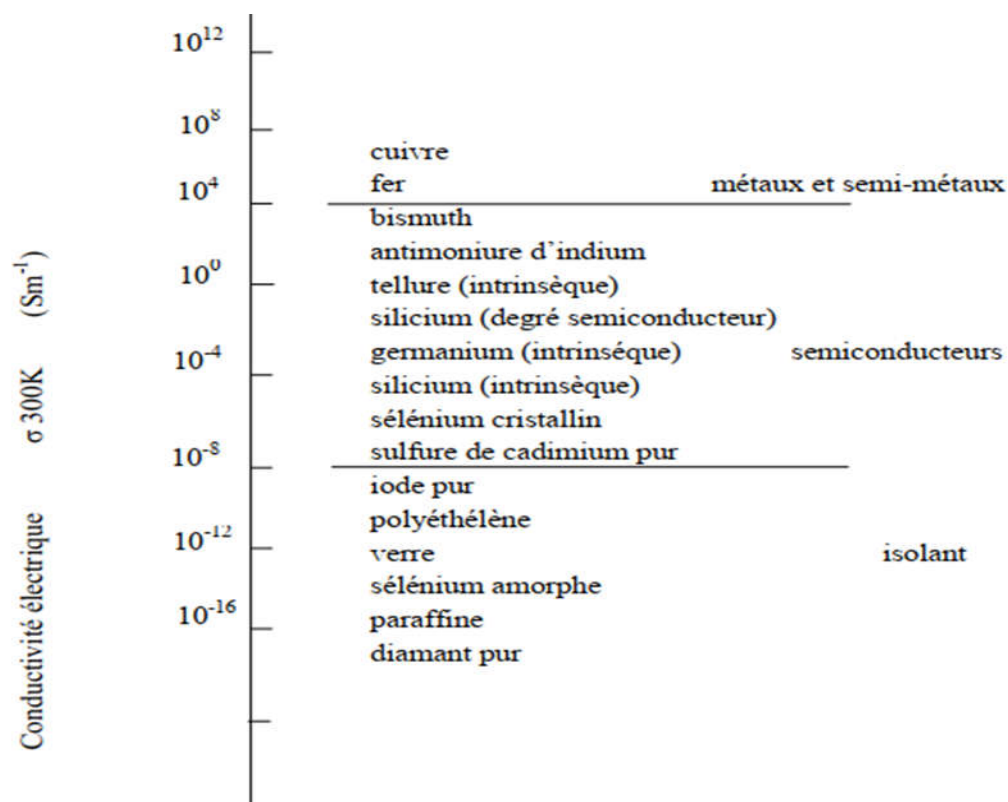


Figure. I.1: Conductivité électrique à température ambiante de quelque corps solides [3] .

La conductivité électrique d'un matériau ne suffit pas pour définir de manière rigoureuse l'état de semi-conducteur. Il existe des semi-conducteurs qui conduisent mieux que certains métaux et d'autres plus isolants que certains non métaux.

Effet de la température sur la conduction électrique:

La conductivité des semi-conducteurs augmente avec l'augmentation de la température. Elle est également augmentée en appliquant une loi exponentielle, qui donne une énergie d'activation électron-volt, en fonction de la plage de température considérée et de la pureté du matériau (eV). Cela active thermiquement le mécanisme de fabrication. Schématiquement, la déformation typique dans une transmission électrique est déterminée par la courbe b en I. 2.

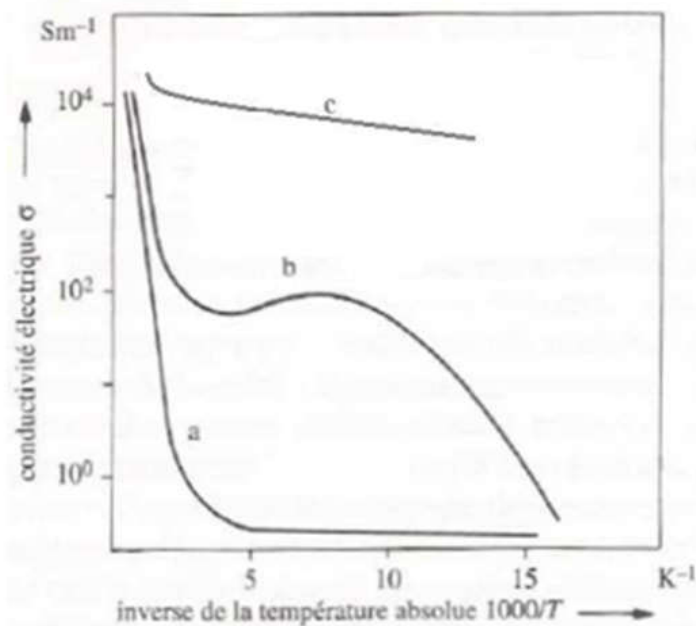


Figure I.2: Conductivité des semi-conducteurs en fonction de la température et de la densité d'impuretés: (a) la densité d'impuretés est faible, (b) l'état normal et (c) la densité des petites impuretés.

Les effets sur la différence de conductivité apparaissent selon la température schématiquement dans la figure I.2: La courbe correspond à

des semi-conducteurs très purs appelés intrinsèques qui sont restés isolés jusqu'à ce que la température soit assez élevée.

La courbe c est un semi-conducteur qui contient plusieurs impuretés ou défauts, généralement accusé d'être un conducteur fort sans activation énergétique [2] .

I.4 Bandes d'énergie

Nous savons que les électrons d'un atome ont des niveaux d'énergie différents. L'écart entre les bandes adjacentes représentant un groupe d'énergies qui ne contiennent pas d'électrons est appelé la bande interdite.

Nous reconnaissons également que la couche de valence d'un atome reflète une bande avec une certaine quantité d'énergie, et que les électrons de valence sont limités à cette bande. Lorsqu'un électron reçoit suffisamment d'énergie supplémentaire d'une source externe, il peut échapper à la couche de valence, devenir un électron libre et rester dans ce qu'on appelle la bande de conduction.

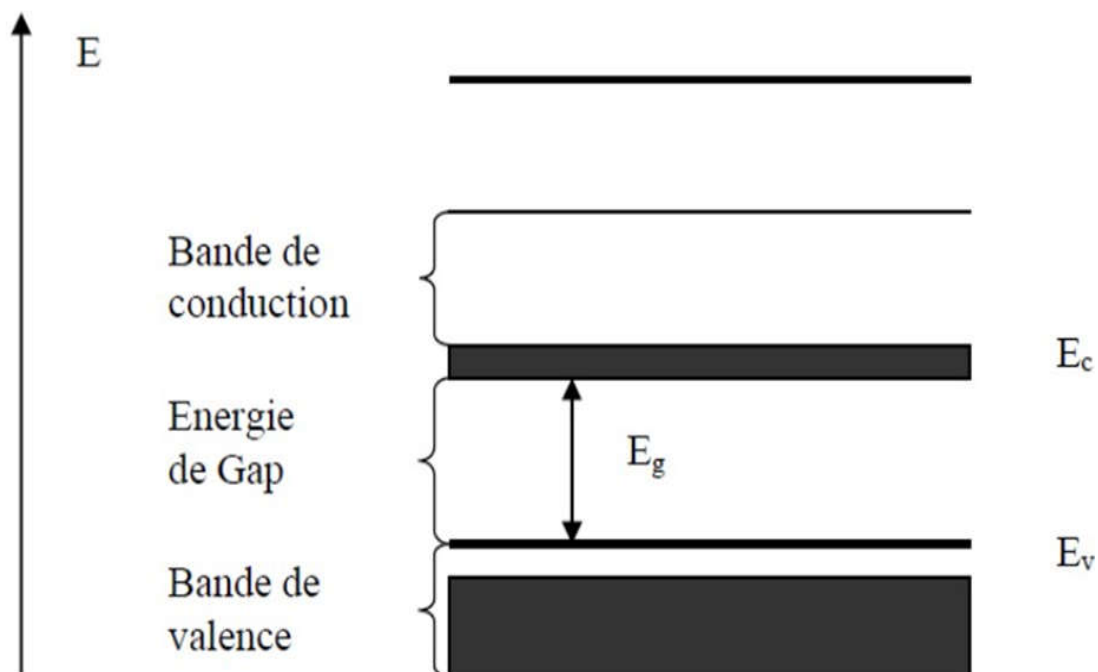


Figure I.3: Diagramme des niveaux d'énergie des semi-conducteurs. [4]

La disparité entre la bande de valence et la bande conduction. C'est la quantité d'énergie nécessaire pour qu'un électron se déplace de la bande de valence à la bande de conduction. Lorsqu'un électron entre dans la bande de conduction, il est libre de passer à travers le matériau et n'est plus lié.

Le diagramme de bande d'énergie pour les matériaux diélectriques, semi-conducteurs et conducteurs est indiqué dans la figure I.4. Prenez note de la grande différence d'énergie entre la bande de valence et la bande de conduction dans (Partie A). Comme les électrons de valence sont affectés par des stimuli externes, ils ne peuvent sauter dans la bande de conduction. Nous voyons dans (partie B) qu'un semi-conducteur un écart d'énergie plus étroit, permettant à ces électrons de sauter dans la bande de conduction et de devenir des électrons libres. Par conséquent, (partie C) représente les niveaux de puissance du conducteur qui se chevauchent

Il y a encore beaucoup d'électrons libres dans une substance conductrice.

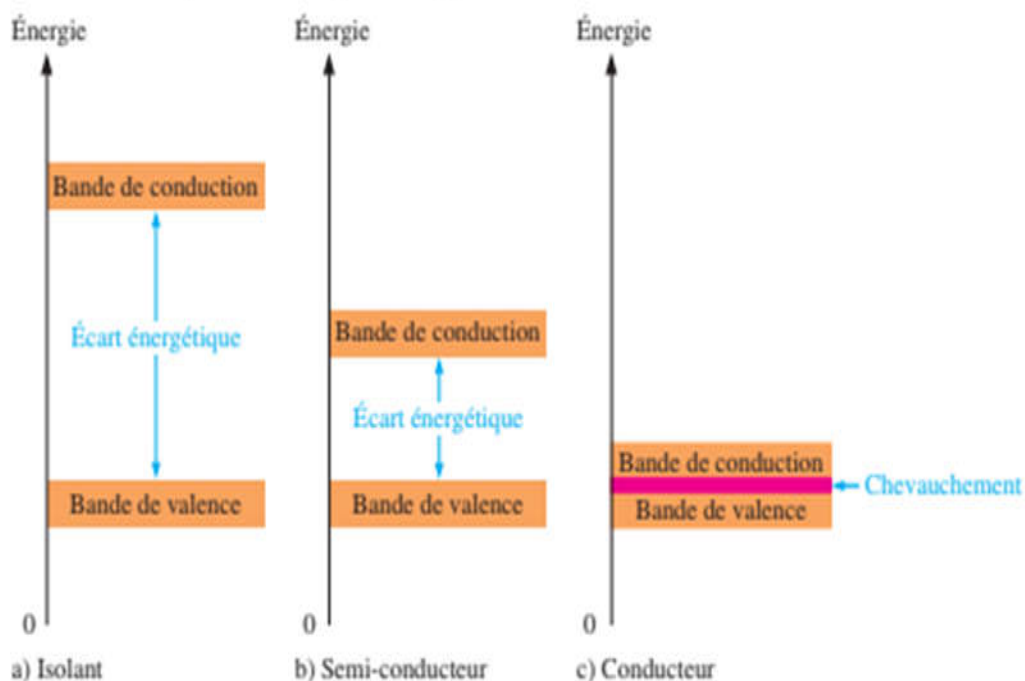


Figure I.4 : Diagrammes de puissance pour les trois matériaux.

I.5 Types de semi-conducteurs

I.5.1 Le semi-conducteur intrinsèque

Un semi-conducteur ne renfermant aucune impureté est dit intrinsèque. Les éléments du quatrième groupe du tableau périodique forment des semi-conducteurs internes (Si, Ge).

L'équation de neutralité correspondante est:

$$n - p = 0 \text{ ou } n = p \quad (1.1)$$

n : le nombre d'électrons

p : le nombre de trous

Cette équation signifie que lorsqu'un électron quitte la bande de valence, il se produit dans cette dernière un trou et, de ce fait, dans un semi-conducteur intrinsèque le nombre de trous est toujours égal au nombre d'électrons (Figure I.5).

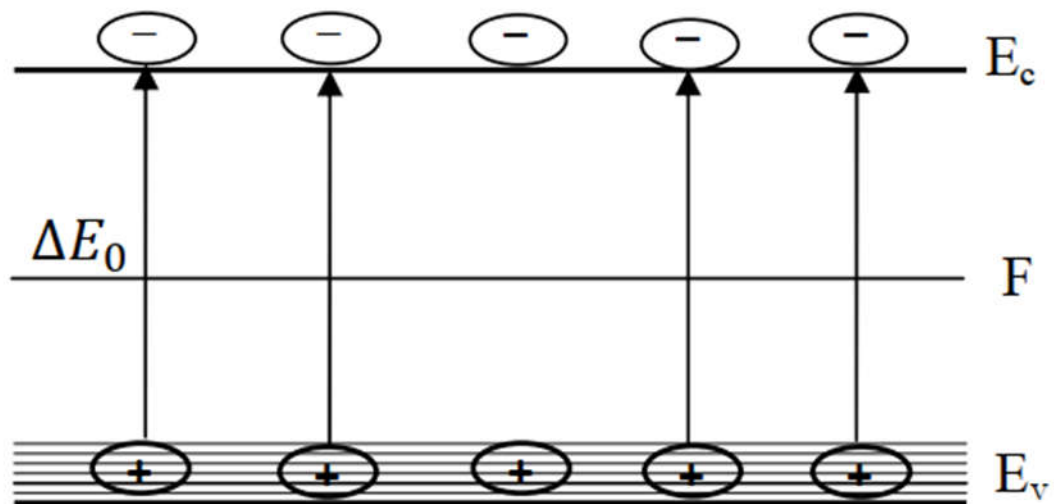


Figure I.5 : Génération d'électrons et des trous dans un semi-conducteur intrinsèque.

I.5.2 Les semi-conducteurs extrinsèques:

Les semi-conducteurs externes sont ceux qui résultent de l'ajout d'impuretés à un semi-conducteur pur.

La densité de charge électrique dans les semi-conducteurs purs peut être considérablement modifiée en introduisant de petites quantités d'atomes soigneusement sélectionnés, tels que le dopage ou les impuretés. Le résultat est un semi-conducteur impur, externe ou dopé.

Selon la composition des atomes déposés, la quantité d'électrons sera supérieure au nombre de trous, ce qui nous permet d'avoir des corps semi-conducteurs de type n, ou nous obtenons plus de trous vides qui sont supérieurs à la valeur des électrons, ce qui permet nous pour obtenir les connecteurs semi-conducteurs de type p.

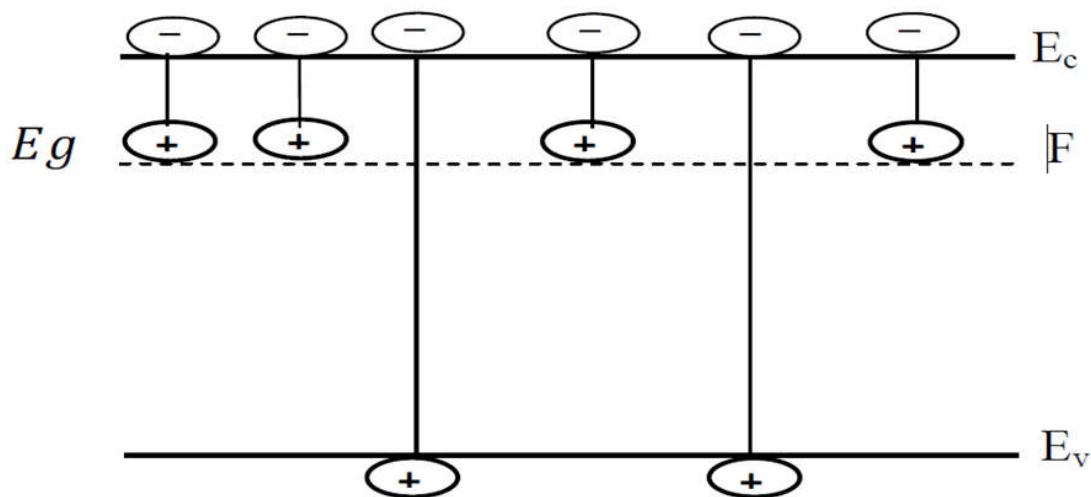


Figure I.6 : Génération thermique de porteur de charge dans un semi-conducteur dope par un donneur.

I.5.3 Les principales différences entre les semi-conducteurs internes et externes:

- On dit que les semi-conducteurs internes sont purs et qu'ils ne contiennent donc aucune concentration d'impuretés. Par contre, les semi-conducteurs externes sont dits impurs car des impuretés sont activées pour les former.

-En raison de leur forme pure, les corps semi-conducteurs purs ont une faible conductivité. Alors que les corps semi-conducteurs impurs présentent une conductivité relativement meilleure que le semi-conducteur interne.

-Il y a une concentration à peu près égale du nombre d'électrons et du nombre de trous dans le cas d'un semi-conducteur interne. Au contraire, dans le cas d'un semi-conducteur externe. La concentration de l'électron et des trous dépend du type d'impuretés ajoutées au semi-conducteur.

I.6 Dopage

Les activateurs sont l'ajout d'atomes soigneusement sélectionnés (appelés «impuretés») dans un semi-conducteur pur pour réguler ses propriétés électriques.

Les impuretés augmentent le nombre de porteurs dans un matériau semi-conducteur. C'est un type de dopage N s'il augmente le nombre de l'électron. Et un dopant est de type P s'il augmente le nombre de trous. En conséquence, les agents dopants sont appelés semi-conducteurs impurs.

I.6.1 Dopage N :

L'ajout d'impuretés de type N augmente le nombre d'électrons dans le semi-conducteur. Pour y parvenir, nous plaçons un certain nombre d'atomes dans des semi-conducteurs qui regorgent d'électrons.

Nous pouvons voir que chaque atome de l'atome de silicium a quatre électrons dans son orbite de valence. Ces électrons forment une liaison covalente avec l'un des quatre électrons de valence adjacents. Nous mettons un atome avec cinq électrons dans son orbite de valence, qui se trouve dans la cinquième colonne du tableau périodique des éléments, compris l'arsenic et l'antimoine.

Quatre liaisons covalentes de l'atome ajouté sont liées à quatre liaisons de l'atome d'origine, et un électron libre reste sans liaison, ce qui signifie qu'il reste libre dans le milieu, où il peut être facilement excité.

L'atome ajouté est appelé l'atome donneur, car il fournit un électron libre supplémentaire, et donc le nombre d'électrons devient plus grand que les trous, donc c'est la majorité des porteurs de charge en face des trous, alors c'est la minorité.

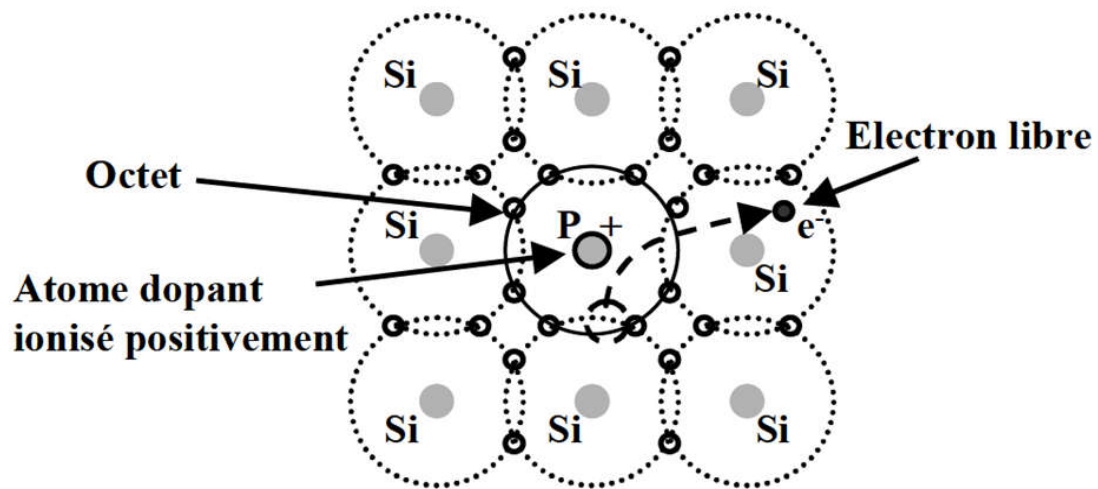


Figure I.7 : Ajout de l'atome de phosphore (impuretés) à l'atome de silicium .

Abstrait:

- Cela crée un électron libre.
- Ionisation positive.
- Il crée une substance de type n.

I.6 .2 Dopage P:

L'ajout d'impuretés de type p augmente le nombre de trous dans le semi-conducteur. Pour y parvenir, nous plaçons un certain nombre d'atomes dans le semi-conducteur qui sont pauvres en électrons.

Trois liaisons contributifs de maïs ajouté comme le maïs bore trivalent (la troisième colonne du tableau périodique des éléments) sont liées à quatre liaisons de l'atome d'origine, et un trou vide reste dans la structure, ce qui signifie qu'il peut être rempli d'un électron d'un autre atome, ce qui signifie changer la place de l'écart d'un atome à l'autre.

L'atome ajouté est appelé l'atome de réception parce qu'il reçoit un électron supplémentaire pour saturer, créant ainsi un écart ailleurs pour faire le nombre d'écart plus que les électrons, de sorte que l'écart est la majorité des porteurs de charge et les électrons sont la minorité.

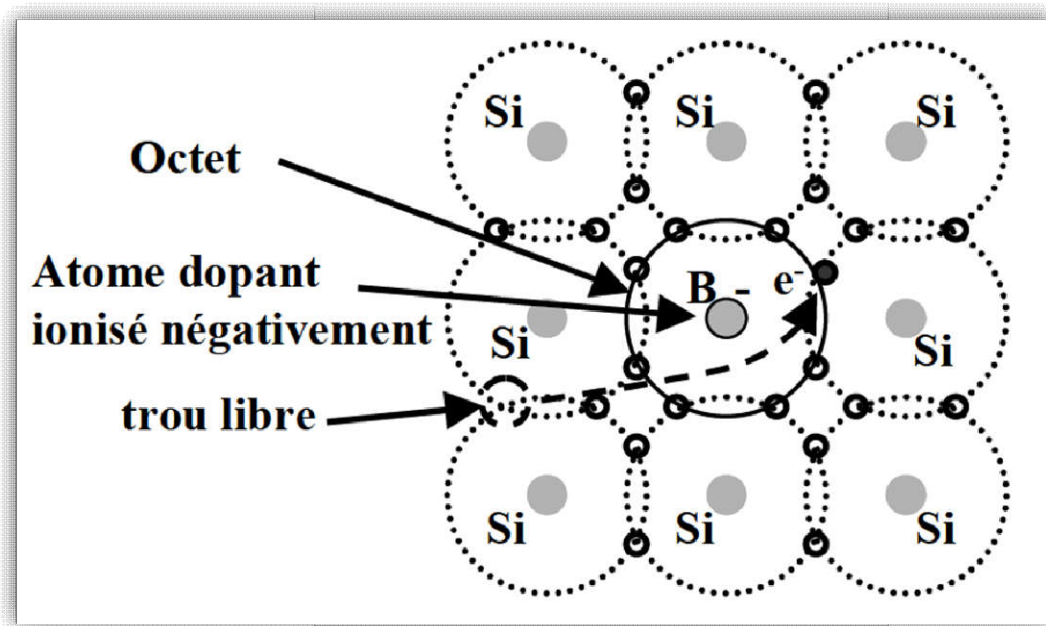


Figure I.8 : Ajout de l'atome de bore. (impuretés) à l'atome de silicium .

Résumé:

- Cela crée un espace dans le cristal.
- Ionisation sous forme négative.
- Il crée une substance de type p.

I.7 Les jonctions P-n

Les jonctions P-n sont constituées de deux régions semi-conductrices de type opposé. Ils sont également appelés diodes p-n.

La jonction p-n est un composant polyvalent qui peut être utilisé comme redresseur, structure diélectrique et condensateur dépendant de la tension. De plus, ils peuvent être utilisés comme cellules solaires, photodiodes et même diodes laser. C'est également une partie essentielle des transistors.

Une jonction PN est composée de deux types de semi-conducteurs: le type N (qui a les électrons libres supplémentaires) et le type P (y compris le hiatus).[5]

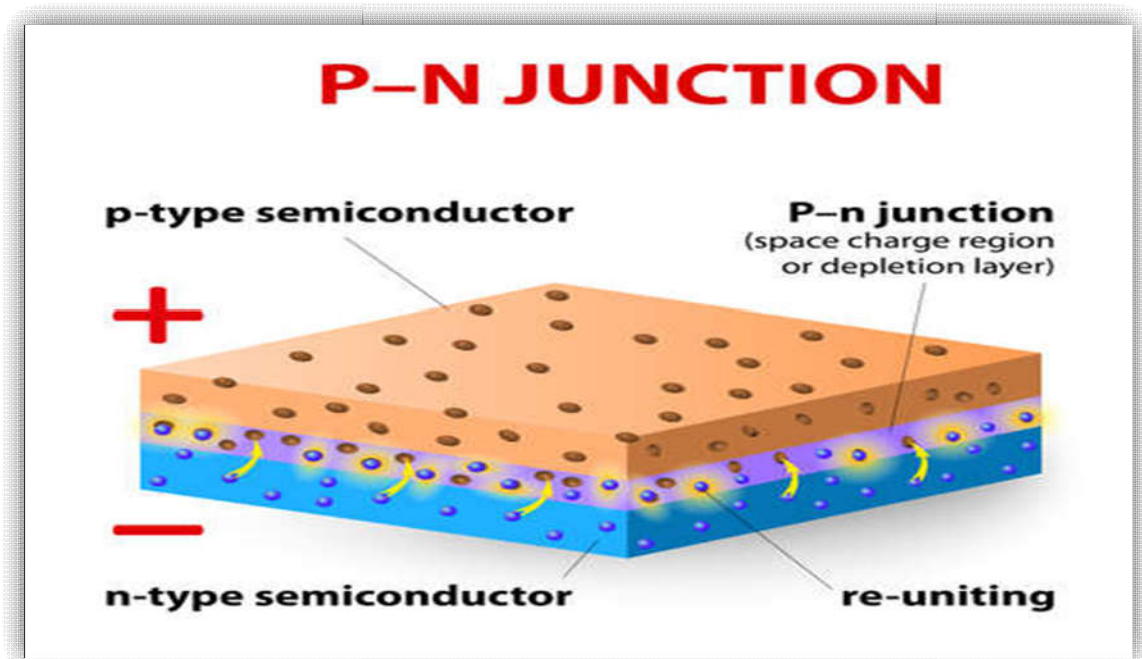


Figure I.9 : Diagramme représentant les composants des jonctions P-n.

En joignant les deux régions, la différence de densité électronique et les trous permet à un courant de spin de se propager.

À ce stade, une région chargée électriquement connue sous le nom de "région de charge d'espace" ou "région d'appauvrissement" se produit qui est dépourvue d'électrons dans la région N et de trous dans la région P, et en même temps les deux régions défectueuses restent neutres.

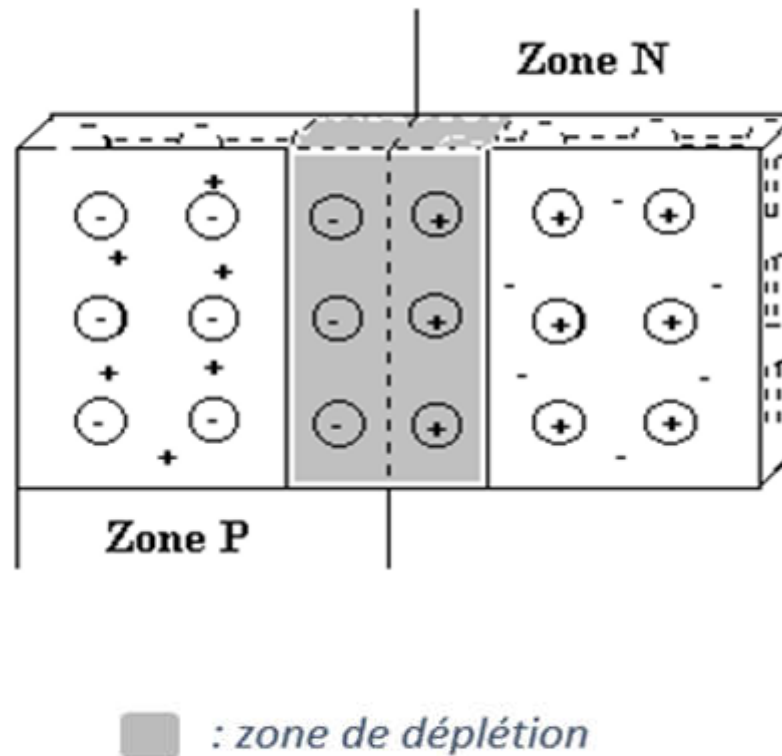


Figure I.10 : Diagramme montrant les deux régions de jonction P-n.

Les lacunes de la région P se propagent à la région N pour maintenir les atomes ionisés en place, ce qui entraîne une quantité constante de charges négatives. Les électrons de la composante N, quant à eux, voyagent dans la partie P, laissant derrière eux des charges de la forme positives.

Une zone de charges constantes opposées, négatives et positives, apparaît à l'intersection. Ces charges fournissent un champ électrique E.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous présentons les concepts de base et les propriétés des semi-conducteurs ainsi que les différents types de semi-conducteurs, et nous avons discuté du concept de jonction PN.

Chapitre II:
Cellule solaire photovoltaïque

II.1 Introduction

Comme chacun sait que les ressources énergétiques sont nombreuses et variées, elle se divise en deux parties, les énergies renouvelables et les énergies non renouvelables, et tout le monde s'accorde également à dire que l'énergie solaire est l'énergie renouvelable la plus importante et la plus prometteuse.

Elles fournissent et répondent aux demandes énergétiques du monde, les cellules solaires convertissent cette énergie solaire en énergie électrique en absorbant les photons par les matériaux semi-conducteurs que nous avons étudiés dans le premier chapitre, qui sont présents dans les cellules solaires.

Dans ce chapitre, nous expliquerons les points les plus importants sur l'énergie solaire, et aborderons également le concept de cellule solaire, ses composants et ses caractéristiques.

II.2 L'énergie solaire

Si nous apprenons à absorber rationnellement les énergies que le soleil irradie dans le monde, nous pourrions répondre à tous nos besoins. Il est visible dans l'atmosphère depuis près de 5 milliards d'années . Nous avons du mal à croire qu'en l'espace d'un an, le soleil émet quatre mille fois la quantité d'énergie absorbée par l'ensemble de la population mondiale. Aujourd'hui, Il est illogique de ne pas l'exploiter, car nous disposons de tous les outils, moyens et méthodes techniques et scientifiques nécessaires.

De plus, nous devons réaliser que cet approvisionnement en énergie est naturel, pur et illimité. Cette énergie pourrait également nous détourner de notre dépendance aux combustibles fossiles et à d'autres substituts dangereux ou polluants. On peut aussi utiliser cette énergie directement ou en la convertissant en courant électrique.

L'augmentation constante des prix du pétrole, ainsi que le niveau toujours croissant des émissions polluantes, contrastent avec les nouvelles dispositions de développement durable, rendant les sources d'énergie alternatives et vertes plus attrayantes et inévitables. Les incitations

économiques et les progrès généralisés de la technologie électronique stimulent l'utilisation de l'énergie solaire.

L'électricité peut être produite en utilisant cette énergie. Il serait absorbé par les centrales électriques. Les rayons du soleil sont captés par ces appareils. L'énergie du soleil est ensuite convertie en électricité, ou plus précisément, l'énergie que les photons portent dans la lumière est convertie en électricité.

II.3 Rayonnement solaire

La lumière du soleil est la quantité d'énergie envoyée par le processus de fusion de l'hydrogène au soleil, cette énergie n'atteint pas le niveau du sol en continu, et sa quantité est affectée par plusieurs facteurs, y compris la séparation de l'année, les nuages, l'angle d'incidence et réflexion. Et je veux dire que le concept de rayonnement global est le produit du rayonnement direct et du rayonnement réfléchi, et c'est aussi la somme des spectres qu'une surface égale à un mètre carré reçoit..

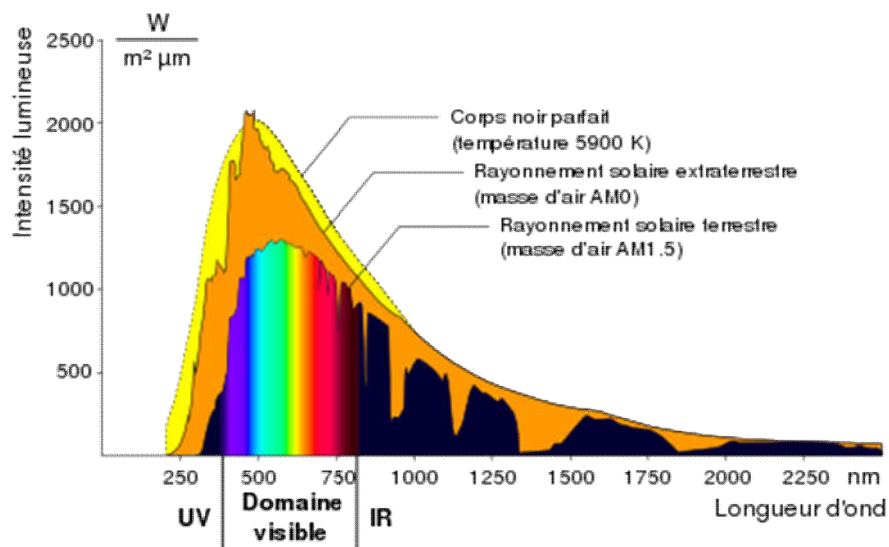


Figure II.1: Le graphique représente le spectre de l'irradiance solaire en fonction de la longueur d'onde.

La quantité de rayonnement solaire projetée à la surface de la Terre dépend fortement de l'angle d'inclinaison du rayonnement: plus l'angle à partir duquel les rayons du soleil se forment avec la surface horizontale est petit, plus la valeur de contribution est petite. La contribution à la Terre diminue également à mesure que l'épaisseur de l'atmosphère à travers laquelle le spectre solaire doit passer augmente.

Le soleil est un réservoir d'énergie infini avec une température de surface d'environ 5 800 degrés Celsius, et c'est un réacteur de fusion nucléaire depuis 5 milliards d'années.

La largeur d'émission maximale est de 0,5 m et d'environ 60 mW, avec un total de 9,5 pour 1025 watts [6].

En utilisant la méthode de conversion hydrogène-hélium, il émet d'énormes quantités d'énergie (estimée à 63 500 kW / m²).

La vitesse de ce rayonnement est de 300 000 kilomètres par seconde, appelée vitesse de la lumière, et il voyage dans l'espace.

Le rayonnement solaire traverse l'atmosphère après environ 150 millions de kilomètres: absorption des photons de nombreuses couches de l'atmosphère, conditions climatiques, latitude et saison d'observation.

Le principe de la masse aérodynamique (AM) a été développé pour comparer et standardiser les performances du photovoltaïque [7].

Le terme AM (masse aérodynamique) est utilisé pour décrire le spectre solaire. Le spectre solaire est constitué de photons de différentes longueurs d'onde.

De l'ultraviolet (0,2 m) à l'infrarouge lointain (2,5 m). Le scientifique Albert Einstein a découvert lors de ses travaux sur l'effet photoélectrique, qui est la théorie qui prouve l'existence des photons qui expriment la lumière, la façon dont ils se déplacent et leurs effets sur les objets qui leur sont dirigés.

L'énergie est fournie par le photon relationnel:

$$E = h.c / \lambda = h.v \quad (2.1)$$

E est le quantum d'énergie associé au photon et exprimé en joule (J)

h est la constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34}$ s

v est la fréquence de la lumière en hertz (Hz)

Lorsque H est une plaque stationnaire, la vitesse et la longueur d'onde de la lumière le sont aussi.

II.4 Absorption du rayonnement

Les photons solaires entrent en collision avec les particules ambiantes et sont finalement absorbés en tant qu'étape clé du processus photovoltaïque.

Le photon de rayonnement h (eV) permet à un électron d'atteindre un niveau d'énergie plus élevé à partir d'un niveau d'énergie faible. Ainsi, le coefficient d'absorption α (en m^{-1}) dépend de la longueur d'onde et du coefficient d'extinction k , tels que déterminés par la relation entre les photons affectés:

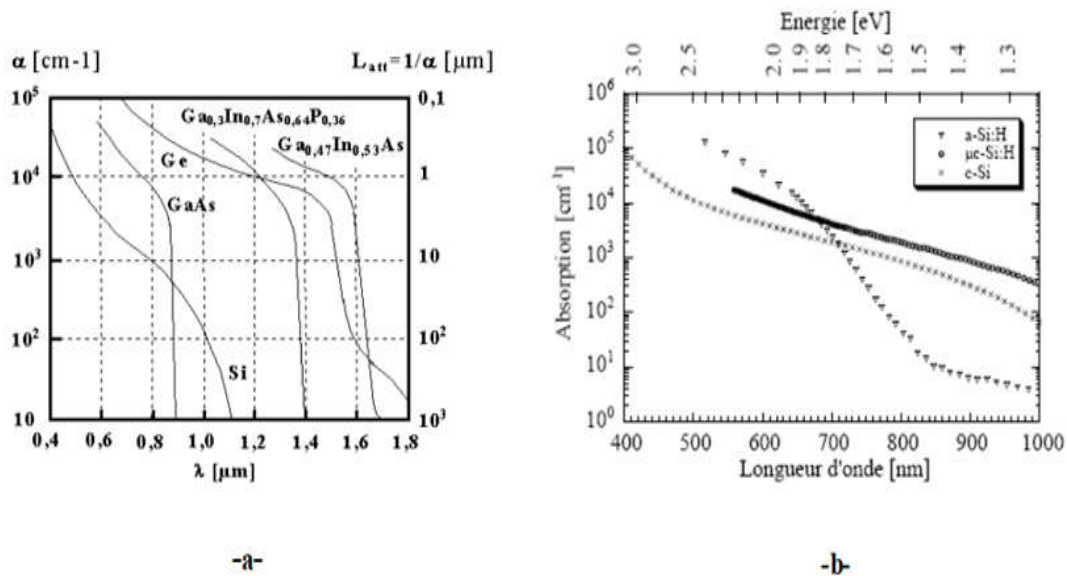
$$\alpha = \frac{4\pi K}{\lambda} \tag{2.2}$$

α :le coefficient d'absorption

K coefficient d'extinction

λ la longueur d'onde

La forme reflète les courbes d'absorption des matériaux semi-conducteurs, respectivement (Figure).



Un petit gap est choisi en système semi-conducteur pour absorber tout photon du spectre solaire, même les photons infrarouges avec une énergie électrique inférieure à 1.

Cependant, comme la tension de sortie est proportionnelle à la largeur de bande bloquée, la déviation est estimée entre 1 et 1,5 volts.

Cette force centrale du gap EG (eV) est associée aux énergies du photon en collision.

II.5 Cellules solaires

Solar panels (cells) sont des systèmes qui utilisent l'effet photovoltaïque pour transformer directement l'énergie solaire en électricité [8]. Pour convertir la lumière du soleil en énergie électrique, des charges négatives et positives doivent être générées, ainsi qu'une force motrice pour déplacer ces charges à travers un circuit électrique externe pour la collecte. L'énergie électrique générée peut ensuite être utilisée en connectant le circuit externe à certains équipements électriques.

En particulier, le photon frappant l'électron dans la cellule solaire doit être suffisamment fort pour exciter l'électron de valence et le faire passer du niveau de valence au niveau de conduction.

La cellule photovoltaïque est constituée de nombreuses couches dont la plus importante est la jonction PN, qui est le cœur du dispositif solaire. C'est le lieu de production et de séparation des transporteurs. Bien que des mécanismes séparés pour la création de cellules photovoltaïques soient possibles, chaque partie contient des sections similaires. La figure II.3 illustre la configuration d'une cellule photovoltaïque standard de l'industrie.

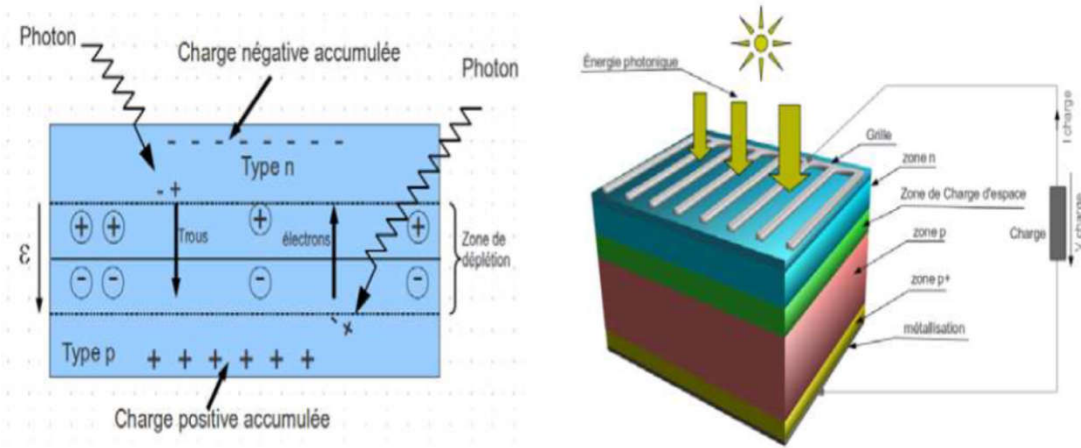


Figure II.3 : Structure de la cellule solaire: coupe transversale d'une cellule photovoltaïque [9] .

II.6 Caractéristiques d'une cellule solaire photovoltaïque:

Les cellules photovoltaïques se distinguent par quatre caractéristiques: le courant de court-circuit, la tension en circuit ouvert, le facteur de forme et l'efficacité.

II.6.1 Courant de court-circuit:

Le court-circuit J_{cc} ou J_{sc} (court-circuit) reflète le courant maximum qu'une cellule solaire peut produire sous une capacité d'éclairage donnée. Le courant de court-circuit indique l'efficacité de l'isolation de la charge et de la transmission de la charge.

II.6.2 La tension de court ouvert (V_{co}):

La tension la plus élevée dans une cellule solaire est la tension en circuit ouvert V_{co} .

Il se réfère à un courant de zéro. V_{co} peut être déterminé en réglant le courant dans l'équation de cellule à zéro, ce qui donne l'équation suivante:

$$V_{CO} = \frac{KT}{q} \ln \left(\frac{I_{CC}}{I_0} + 1 \right) \quad (2.3)$$

L'équation indique que V_{co} est affecté à la fois par le courant de saturation de la cellule solaire et par le photocourant. Le courant de saturation I_s étant déterminé par recombinaison dans la cellule solaire, V_{co} est une mesure du taux de recombinaison du dispositif.

II.6.3 Le facteur de forme (FF):

Le facteur de forme, également connu sous le nom de FF (Fill Factor), reflète la force d'une cellule solaire. C'est le rapport entre la puissance maximale débitée $P_m = V_m \cdot I_m$, et la puissance idéale $P_0 = V_{co} \cdot I_{cc}$ [10].

Le Facteur de forme, est donné par la relation suivante:

$$FF = \frac{V_{max} \cdot I_{max}}{V_{co} \cdot I_{cc}} \quad (2.4)$$

Le facteur de forme est un paramètre important pour déterminer l'efficacité des cellules solaires. Il est exprimé en pourcentage.

II.6.4 Efficiency:

L'une des caractéristiques les plus importantes d'une cellule solaire est son efficacité et sa convertibilité. C'est le rapport entre la puissance maximale fournie par la cellule solaire, P_m , et l'énergie incidente, P_{in} .

$$\eta = \frac{P_m}{P_{in}} = \frac{I_m V_m}{P_{in}} = \frac{FF \cdot I_{sc} \cdot V_{oc}}{P_{in}} \quad (2.5)$$

FF : Facteur de forme

J_{sc} : densité du courant de court-circuit

V_{oc} : Tension de circuit ouvert

P_{in} : puissance lumineuse incidente

II.7 Principe de fonctionnement d'une cellule solaire

En général, l'effet photoélectrique utilisé dans les cellules solaires convertit l'énergie lumineuse extraite du soleil directement en un courant électrique à travers les étapes de production et de transport dans un matériau semi-conducteur à charges électriques positives et négatives sous l'influence de la lumière.

Le composant principal et important d'une cellule solaire est la couche absorbante, et par conséquent, les cellules photovoltaïques sont utilisées pour générer un courant direct en absorbant les photons du rayonnement solaire qui produit deux types de trous électroniques, ce qui entraîne un changement de charge et créent une différence de tension électrique, et ces porteurs sont responsables du courant électrique dans les semi-matériaux.

Notez le formulaire [11]:

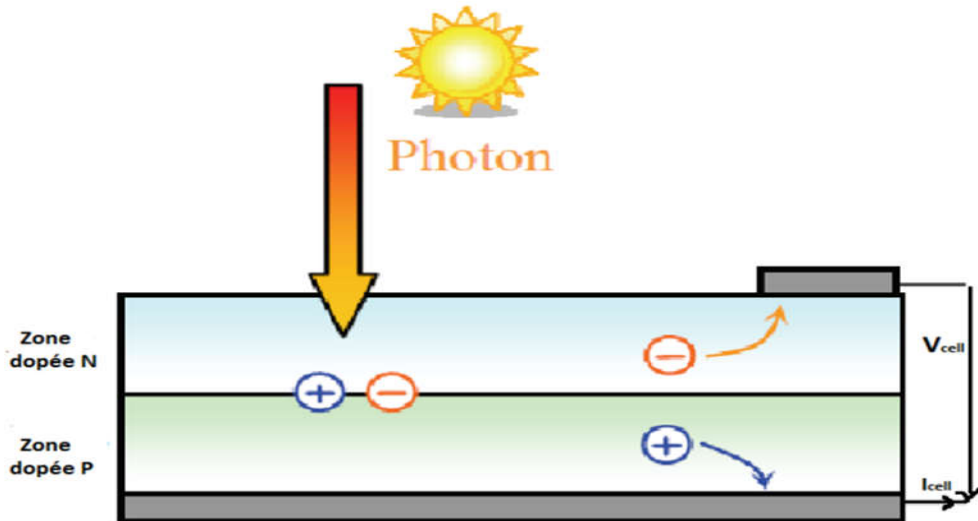


Figure II.4 :L'effet photovoltaïque est représenté sur la figure.

Dans la demi-matière, il y a deux régions, la première de type p, qui contient un déficit d'électrons et la seconde de type N, qui a un excès d'électrons.

Dans la région de charge de l'espace, les paires de trous d'électrons générés par les photons sont séparées par le champ électrique .

Dans les semi-conducteurs organiques, l'absorption de photons entraîne la création d'un exciton, qui est une paire liée d'électrons et de trous. Les excitons ont une charge neutre et se dissocient et se dispersent dans des zones appelées hétéro-jonctions. L'électron avec une charge négative est attiré vers l'anode, tandis que le trou avec une charge positive est attiré vers la cathode. Suite à leur interaction avec les électrodes respectives, ils sont pompés dans le circuit externe et effectuent ainsi leur travail de production et d'utilisation d'énergie électrique [12].

II.8 Classification des cellules solaires:

Au cours des dernières décennies, de nombreux nouveaux modèles de cellules solaires sont apparus, et il existe trois générations de cellules solaires [13]. La figure 1.6 montre que plusieurs systèmes de recherche PV ont été démontrés avec l'efficacité de conversion énergétique la plus élevée au monde de 1976 à 2019.

Le Laboratoire national des énergies renouvelables (NREL) a publié ce tableau d'information. Au fil du temps, le niveau de conversion d'énergie pour différents modèles de cellules solaires a augmenté.

La classification est basée sur la composition du matériau, la qualité optimale qui peut être obtenue et le coût de chaque modèle (Figure 1.7) [14].

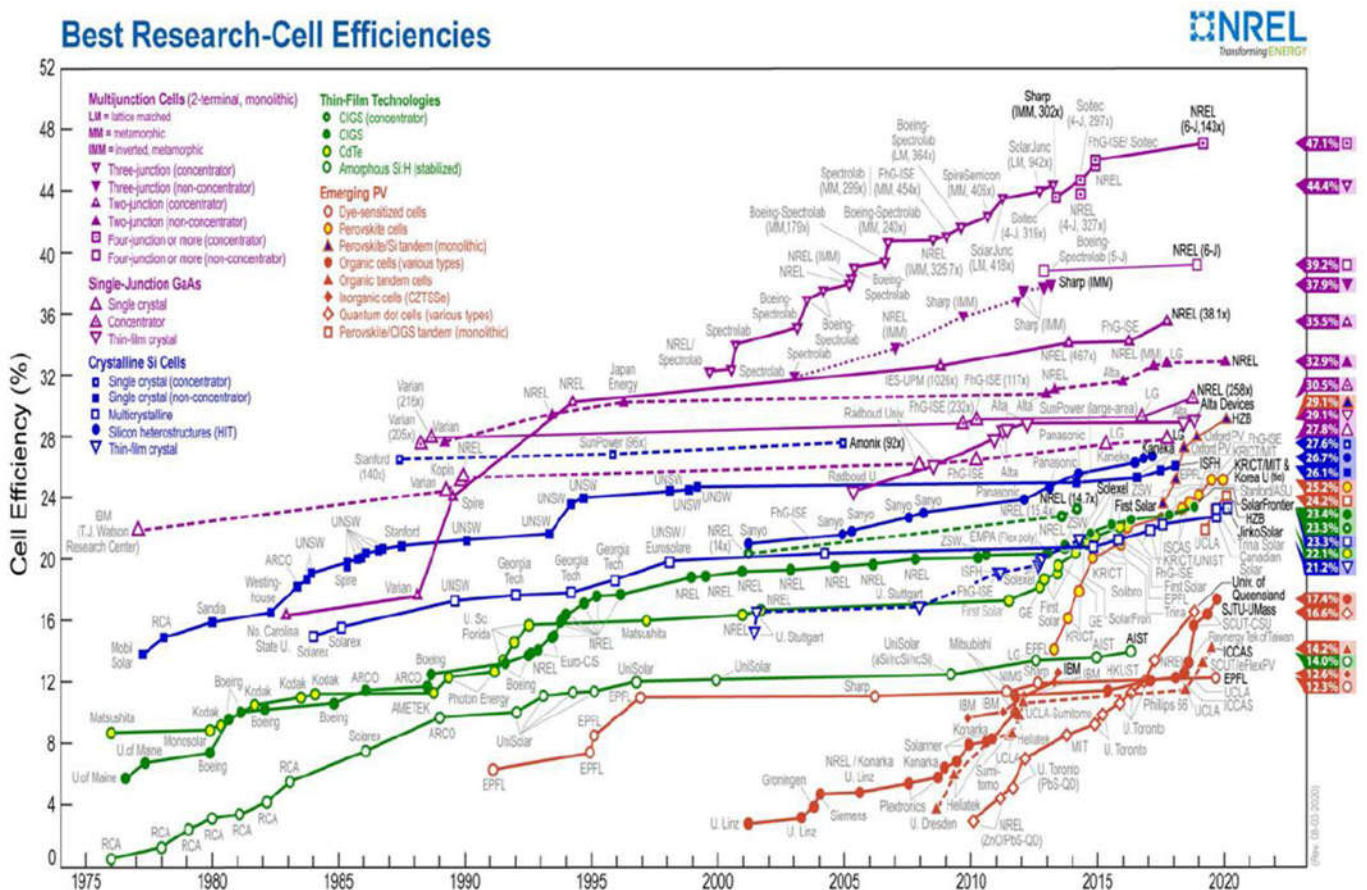


Figure II.5 : Principales efficacités de recherche pour une variété de technologies de cellules solaires [15].

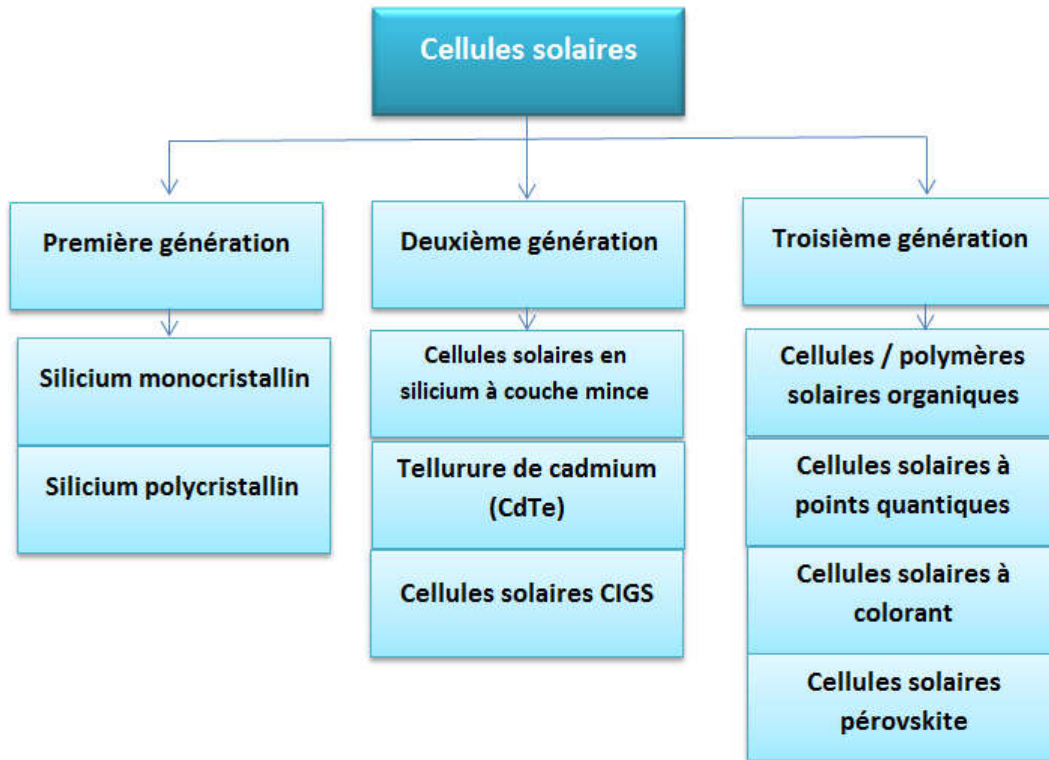


Figure II.6: Classification de diverses technologies de cellules solaires.

II.8.1 Première génération

La première vague de cellules solaires était des cellules solaires en silicium, qui comprend les cellules solaires polycristallines et les cellules solaires monocristallines. Ils ont généralement un champ large, 33 % de conducteurs simples de haute qualité et une seule jonction [14, 16].

II.8.1.1 Silicium monocristallin

Le grand cristal de silicium monocristallin est ce qui fait la cellule solaire de silicium monocristallin.

Ces cellules ont un rendement compris entre 25% et 26% [17] et sont plus chères en raison des alliages cylindriques, sauf qu'elles ne recouvrent pas complètement une unité carrée de cellules solaires sans gaspiller le silicium raffiné [14].

II.8.1.2 Silicium polycristallin

Les cellules solaires les plus courantes aujourd'hui sont les cellules solaires en silicium poly cristallin.

Il est plus rentable car la conception de la cellule modulaire est généralement rectangulaire, et il est également moins pur et moins cher que le silicium monocristallin. De manière significative, les performances du type de cellule solaire en silicium varient: 20% à 22% [14 ,18, 19].

II.8.2 Deuxième génération

Comme elles sont constituées de couches ne dépassant pas quelques micromètres d'épaisseur, c'est ainsi que la deuxième génération de cellules solaires est appelée cellules solaires à couches minces. Cette version est bien moins chère que la production de la première génération et s'attend à de meilleurs rendements. Les cellules à couche mince disponibles dans le commerce sont classées en trois types [18, 16].

II.8.2.1 Cellules solaires en silicium à couche mince

Les cellules solaires en silicium à couche mince sont un type de cellule solaire en silicium à couche mince.

Comme il permet des processus de production de PECVD à basse température, il est actuellement l'une des solutions matérielles les plus prometteuses pour les applications photovoltaïques terrestres à faible coût et à grande échelle, à la fois sous forme amorphe et microcristalline [20].

Les cellules solaires en silicium amorphe, contrairement aux cellules solaires c-Si à base de plaquettes, n'utilisent pas de jonction p-n. Ils sont plutôt construits sur une jonction p-i-n, ce qui signifie qu'une couche intrinsèque est prise en sandwich entre des couches minces dopées p et dopées n pour créer un champ électrique qui facilite le mouvement du porteur. Lors de l'utilisation de systèmes en tandem et même à trois couches contenant des cellules p-i-n, l'efficacité de la cellule solaire peut être augmentée. Le module stabilisé a une meilleure efficacité d'environ 10% [21].

II.8.2.2 Tellurure de cadmium (CdTe)

Ces dernières années, les cellules à couche mince de CdTe ont été rapidement développées en raison de leur faible coût, de leur taux de transfert élevé et de leurs méthodes de production utilisables. Les cellules solaires CdTe sont généralement conçues pour former une diode à jonction PN prise en sandwich entre des couches de sulfure de cadmium [19, 22].

Le CdTe est le matériau le plus demandé pour la construction de cellules solaires à couche mince en raison de sa bande interdite directe exceptionnelle de 1,45 eV et de son coefficient d'absorption élevé, résultant en un rendement de 21,4 %. Cependant, cette technologie CdTe est limitée par des problèmes majeurs avec les toxiques à base de cadmium [14].

II.8.2.3 Cellules solaires CIGS

Les cellules solaires CIGS gagnent en popularité pour la production d'énergie solaire dans le monde entier. Les cellules sont prometteuses car elles ont des rendements de conversion (23,35 pour cent) et ont montré une bonne stabilité dans des expériences externes (sans dégradation significative) [23, 24].

En tant que matériau de base, le composé semi-conducteur de cuivre-indium-gallium-sélénium (CIGS) répond aux besoins des cellules solaires à couches minces et est un semi-conducteur à gap direct avec un coefficient d'absorption élevé [24].

II.8.3 Troisième génération

Une nouvelle génération de cellules solaires a vu le jour en raison des coûts élevés de la première génération de cellules solaires, de la toxicité et de l'approvisionnement insuffisant en matériaux pour les cellules solaires de deuxième génération. [16].

de nombreuses idées ont été explorées ces dernières années, et l'objectif est d'améliorer les cellules solaires dans le but de rendre l'énergie solaire plus innovante, moins chère et plus toxique, sur une plus grande plage solaire. Cette génération des cellules solaires comprend un film mince organique cellules solaires. (Cellules polymères), des cellules de

coloration solaire, des cellules pérovskites et des cellules solaires à points quantiques [25, 16].

II.8.3.1 Cellules / polymères solaires organiques

Les produits de cellules solaires organiques sont largement étudiés pour leurs capacités en tant que générateurs électriques et systèmes de traitement légers et rentables. Les cellules sont appelées organites ou polymères car elles sont composées de composants complètement organiques des couches actives de la cellule, tels que des polymères et des composés à petites molécules [14].

Les cellules solaires organiques peuvent comprendre une variété de structures standard, y compris des structures bicouches et hétérozygotes. Pour les appareils commerciaux, le débit unitaire OPV est actuellement compris entre 8% et 11% [17, 26].

II.8.3.2 Cellules solaires à points quantiques

Souvent appelées cellules solaires constituées de nano cristaux, elles mesurent généralement quelques nanomètres. Les points quantiques sont un type de semi-conducteur composé de combinaisons périodiques de matériaux II-VI, III-V ou IV-VI [27, 28].

Les points quantitatifs (QD) offrent les avantages d'une échelle réglable, car ils impliquent une mise à l'échelle et une modification de leur portée. Un photon crée généralement une paire de trous électroniques lorsqu'un photon entre en collision avec un QD constitué du même contenu semi-conducteur, car plusieurs paires de trous électroniques se forment, généralement 2 ou 3, 7 sont également visibles dans quelques cas. Cette technique a une efficacité théorique maximale de 63% [29, 30].

II.8.3.3 Cellules solaires à colorant

Les cellules solaires à colorant sont l'un des nombreux types de cellules solaires, également connues sous le nom de cellules Grätzel, du nom de leur développeur Michael Grätzel. La formulation standard DSSC mélange les phases solide et liquide (cellules photovoltaïques) [14, 31].

Le semi-conducteur, l'électrolyte redox sensible aux colorants et l'anti-électrode sont les quatre composants du dispositif DSSC (voir figure

II.7). En raison de leurs performances élevées (12%), de leur faible coût, de leur facilité de processus de production, de leur respect de l'environnement, de leur transparence et de leur haute plasticité, toutes les cellules solaires à colorant présentent des avantages. molécules. Sous la chaleur et les rayons UV, ainsi que des problèmes de stabilité dus aux électrolytes liquides. Tous ces problèmes contribuent à la durée de vie relativement courte du DSSC (cinq ans) [17, 32].

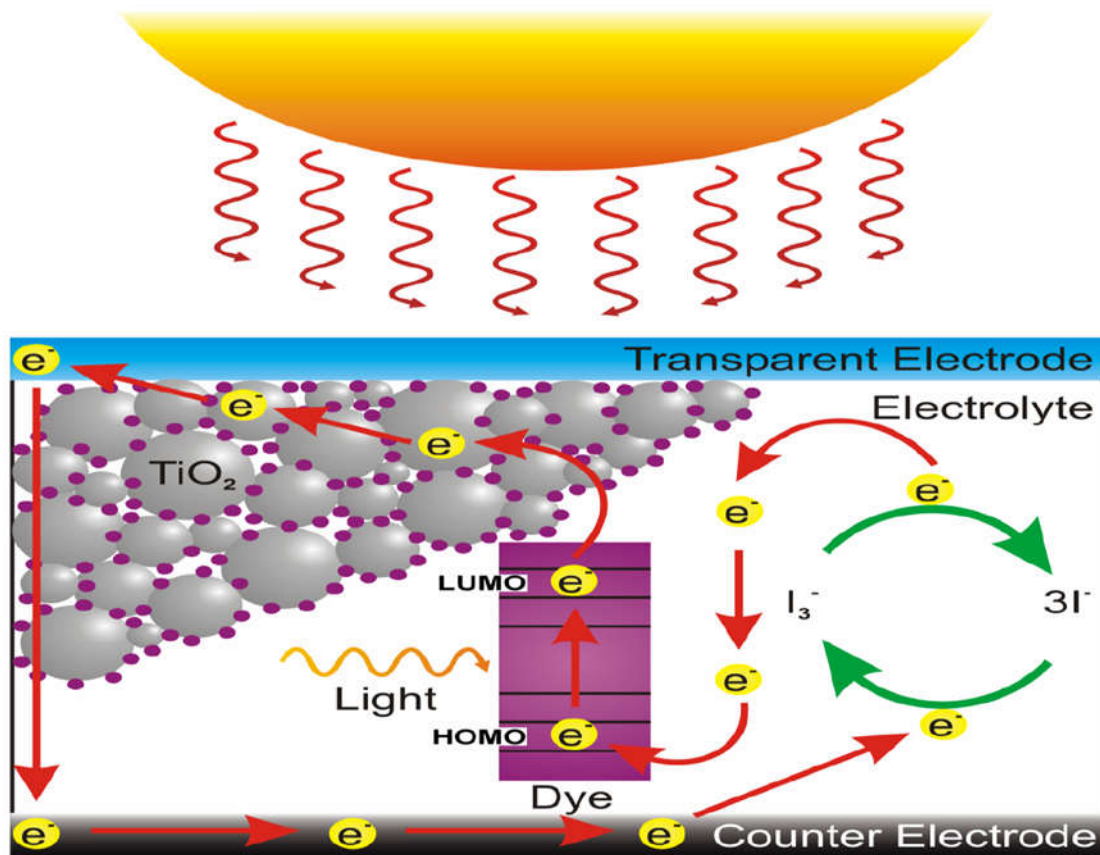


Figure II.7: Structure et fonction d'une cellule solaire à base de colorant.

II.8.3.4 Cellules solaires pérovskite

Un nouveau type de cellule solaire appelé cellules solaires pérovskite est apparu au cours de la dernière décennie. Les cellules solaires en pérovskite sont dérivées de cellules solaires sensibles aux colorants. Pour ce type de cellule solaire, la technologie de base est constituée de cellules solaires solides et sensibles basées sur une grille sensible aux colorants Grate, et les cellules solaires en pérovskite sont une promesse d'énergie photovoltaïque. Étant donné que les cellules solaires en pérovskite ont pu susciter beaucoup d'intérêt à 3,8% en 2009 pour un prototype de PCE

approuvé à 25,2% en 2009, les cellules solaires en pérovskite ont reçu beaucoup d'attention en raison des progrès de l'efficacité de conversion énergétique (PCE) [33,34]. en 2019.

Il a été observé que l'augmentation rapide de l'efficacité des cellules solaires dans les pérovskites organiques et inorganiques dépasse le pic de production de composés semi-conducteurs tels que le CdTe et le CIGS (séléniure de cuivre, d'indium et de gallium) utilisés dans les cellules solaires. À peine une décennie, malgré un retard par rapport au photovoltaïque au silicium, qui affiche une performance record de 26,6% [34, 35].

II.9 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le concept d'énergie solaire et son rayonnement, ainsi que les méthodes d'absorption par la cellule solaire, que nous avons abordées pour la définir également, et pour identifier ses caractéristiques les plus importantes en expliquant le principe et la méthode de base de son travail, qui a été brièvement étudié dans la mesure où il est utile pour comprendre ce travail. Les générations et les étapes que l'industrie des cellules solaires a traversées jusqu'à atteindre les types qui existent aujourd'hui sont également couvertes en détail.

Chapitre III
Présentation du logiciel
SCAPS-1D

III .1 Introduction:

Les chercheurs ont effectué des simulations numériques ces dernières années en raison du coût élevé des expériences et de la production de cellules solaires. Fabrication de couches minces, c'est-à-dire des exemples de logiciels avancés de simulation de cellules solaires: SCAPS est un programme de simulation de cellules solaires unidimensionnel créé dans le département d'électronique et de systèmes d'information (ELIS) de l'Université de Gand. Alex Niemegeers, Marc Burgelman, Koen Decock, Johan Verschraegen et Stefaan Degrave ont tous contribué à la croissance du programme et la littérature donne un aperçu du programme, ainsi que des algorithmes qu'il utilise .

Initialement, SCAPS est généré pour les structures cellulaires des familles CuInSe₂ et CdTe. Cependant, les extensions ont amélioré leurs capacités au point qu'elles peuvent maintenant être étendues pour inclure à la fois des cellules solaires cristallines (famille Si et GaAs) et des cellules amorphes (a-Si et Si micromorphe) .

Le programme est fourni gratuitement au Groupe scientifique photovoltaïque (universités et instituts de recherche). Il nécessite environ 50 mégaoctets d'espace disque et fonctionne sur les ordinateurs exécutant Windows 95, 98, NT, 2000, XP, Vista et Windows 7. L'application est disponible en téléchargement gratuitement.

III .2 les bases

SCAPS a été développé par National Instruments Labwindows / CVI pour les applications Windows. Nous utilisons le mot "board" dans cette section (les noms utilisés dans d'autres programmes sont: window, page, popup ...). Avec "Storyboard", SCAPS commence .

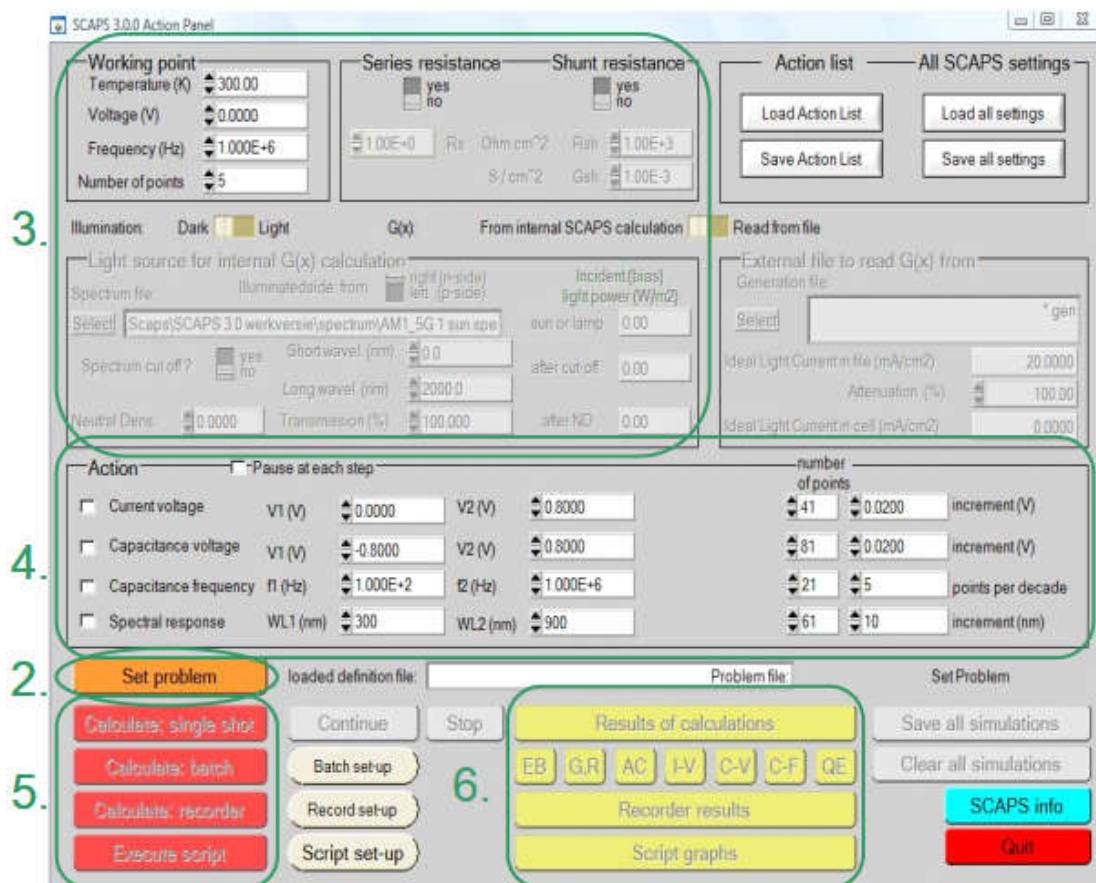


Figure III .1 :Panneau de démarrage de SCAPS, le panneau d'action ou principal.

Ce qui suit est une explication de la signification des blocs numérotés de 1 à 6:

1. Lancez SCAPS.
2. Définissez le problème, ainsi que la géométrie, les matériaux et toutes les propriétés de la cellule solaire étudiée.

3. Déterminer les conditions dans lesquelles la simulation est réalisée (préciser le point de fonctionnement).
4. Spécifiez (caractéristique) la mesure à simuler.
5. Commencez le (s) calcul (s).
6. Les courbes de simulation sont affichées (voir section 6).

Les mesures suivantes sont décrites en détail.

III .3 Lancer SCAPS



Double-cliquez sur le fichier SCAPS3200.EXE dans le gestionnaire de fichiers ou cliquez sur le bouton ci-dessus à l'écran (ou sur toute autre version de SCAPS). SCAPS commence par un panneau d'action.

III .4 Définir le problème



Nous choisissons LOAD dans le coin inférieur droit de l'écran qui s'ouvre après avoir cliqué sur le bouton SET PROBLEM dans le panneau Actions. Sélectionnez et ouvrez (par exemple CdTe Baseline.def. Ceci est un fichier d'exemple pour une cellule solaire à base de CdTe.

Ensuite, en cliquant sur «SET Issue» dans le panneau Actions, vous pouvez modifier toutes les propriétés de la cellule.

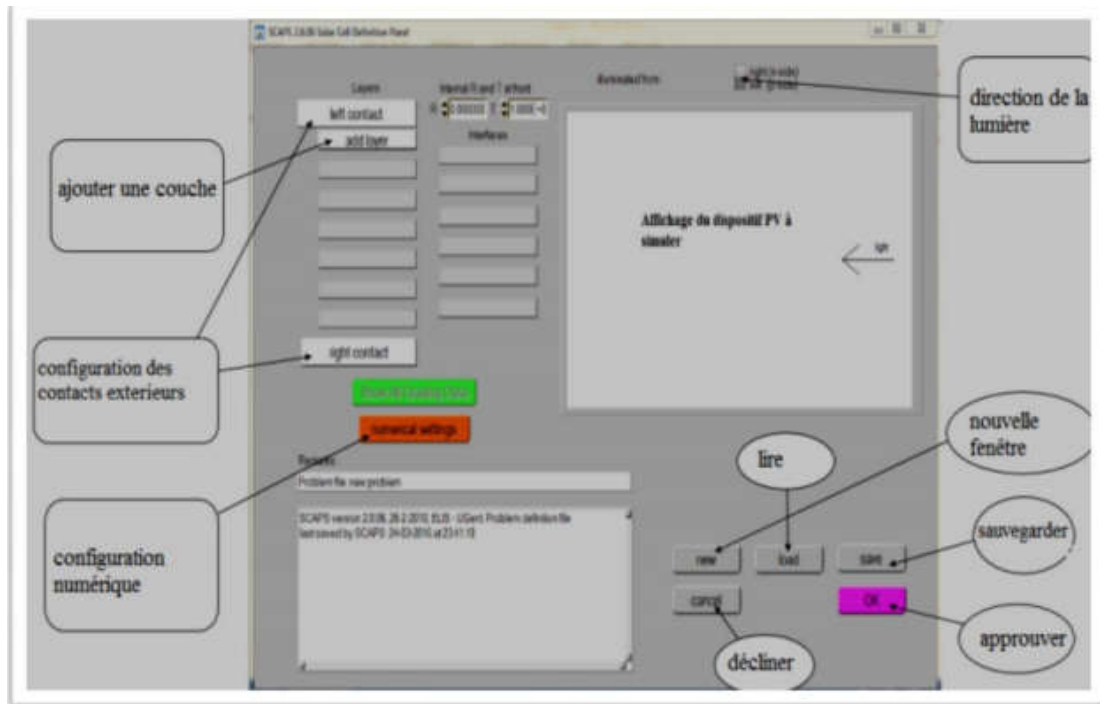


Figure III .2: Panneau de définition d'une cellule solaire

A- Nouveau: pour construire une nouvelle unité PV.

B- Ajouter un calque: Ouvrez la fenêtre avec les packages suivants à remplir: nom du calque, puissance d'espacement, énergie de bande restreinte, convergence électronique, permittivité et mobilité électriques, forme de dopage, etc. B- Ajouter un calque. Enfin, nous cliquons sur (Ajouter)

C- Enregistrer: pour enregistrer et rechercher dans la cellule.

D- Télécharger: sélectionnez la cellule déjà enregistrée.

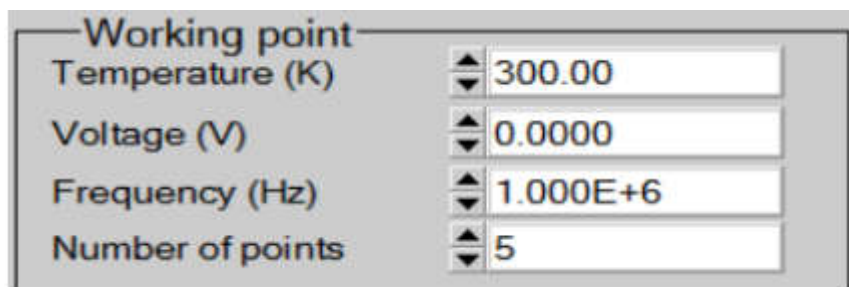
E-Ok: Acceptez la cellule épinglée et revenez à l'horaire de travail pour terminer la tâche.

F- Le contact gauche et droit: les paramètres de la surface externe gauche et droite de la cellule doivent être modifiés.

G- Annuler: rejeter la peinture et revenir au storyboard

III .5 Définir le point de fonctionnement

Le point de fonctionnement spécifie les paramètres qui ne sont pas variables dans les calculs de simulation et qui sont liés au processus de calcul. Cela signifie que:



Working point	
Temperature (K)	300.00
Voltage (V)	0.0000
Frequency (Hz)	1.000E+6
Number of points	5

Figure III .3 :Le point de fonctionnement

- Température T: Ceci est important pour tous les processus. Remarque: dans SCAPS, les seules variables qui ont une dépendance thermique claire sont la vitesse thermique, la tension thermique et toutes leurs dérivées, et $N_c()$ et $N_v()$ uniquement; Les paramètres de matériau correspondants doivent être saisis manuellement pour chaque valeur T.
- Le voltage V: Elle n'a aucun effet sur la simulation I-V et C-V. Dans les simulations C-f et QE, il s'agit d'une tension de polarisation continue. Souvent, SCAPS démarre à 0 volts avec plusieurs étapes à la tension de point de fonctionnement spécifiée.
- Fréquence F: Non applicable aux simulations I-V, EQ () et C-f. Cette fréquence est utilisée pour simuler la caractéristique C-V.
- L'illumination: à utiliser sur n'importe quel compte. Les conditions de polarisation de la lumière ont été déterminées pour EQ (). Les principaux critères sont: l'obscurité ou l'éclairage, le choix de la lumière, la sélection du spectre. Le spectre naturel est le spectre de la lumière du soleil (= 1000/2) avec une masse d'air totale de 1,5, mais pour des simulations plus personnalisées, il existe une variété de lumières et de spectres monochromatiques. S'il existe un simulateur optique, au lieu d'utiliser un spectre, nous pouvons télécharger un profil de génération.

III .6 Sélectionnez la ou les mesures à simuler

Vous pouvez choisir une ou plusieurs dimensions à simuler dans la section Action du panneau Action: IV, C-V, C-f et QE (également appelé standard). Si nécessaire, modifiez les valeurs de début et de fin de l'argument, ainsi que le nombre d'étapes. Exécutez les simulations une par une dans «Mise en route» et suivez des étapes très simples: Votre appareil et / ou le logiciel SCAPS peuvent être plus lents que prévu, ou le problème peut être trop complexe ... La simulation est toujours en cours d'utilisation, donc la courbe n'est pas. Demandé séparément.

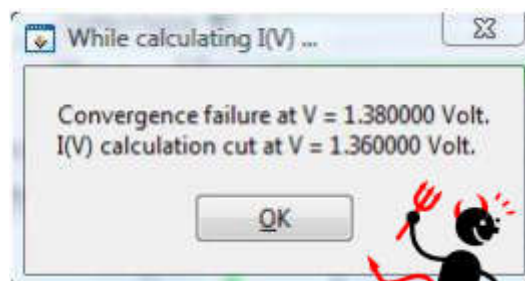
III .7 Démarrez le (s) calcul (s):



Calculate: single shot

Sur l'écran Action, sélectionnez l'option Calcul: le panneau Plages de puissance à un coup est activé et les calculs commencent. Une ligne d'état, telle que «IV 0,000 à 0,800 Volt: V = 0,550 Volt», apparaît en bas de l'écran, indiquant la progression de la simulation.

Pendant ce temps, SCAPS propose un film gratuit sur l'évolution de l'ensemble des phases de conduction et de parité, Fermi et Caboodle. C'est formidable d'être de mauvaise humeur lorsque vous voyez le message d'une différence effrayante, alors n'en faites pas trop. En tout cas, vous n'avez pas manqué l'I-V que j'ai déjà mesuré.



III.8 Afficher les courbes simulées

Ensuite, le SCAPS se déplace vers le panneau de multiprise, comme nous l'avons vu.

Nous pouvons voir les gammes, l'amplitude des ondes libres et la densité de courant dans ce panneau; Dans la dernière étape de polarisation, vous utiliserez le bouton Pause du panneau Actions pour voir les effets des tensions moyennes. Les résultats peuvent être affichés à l'écran en utilisant IMPRIMER, ENREGISTRER LES GRAPHIQUES et AFFICHER pour afficher les données. Il est possible de copier et coller les valeurs dans un autre programme, tel qu'Excel, ou de les stocker dans le fichier de données. Vous devez accéder à l'un des panneaux personnalisés (si vous simulez au moins une mesure).

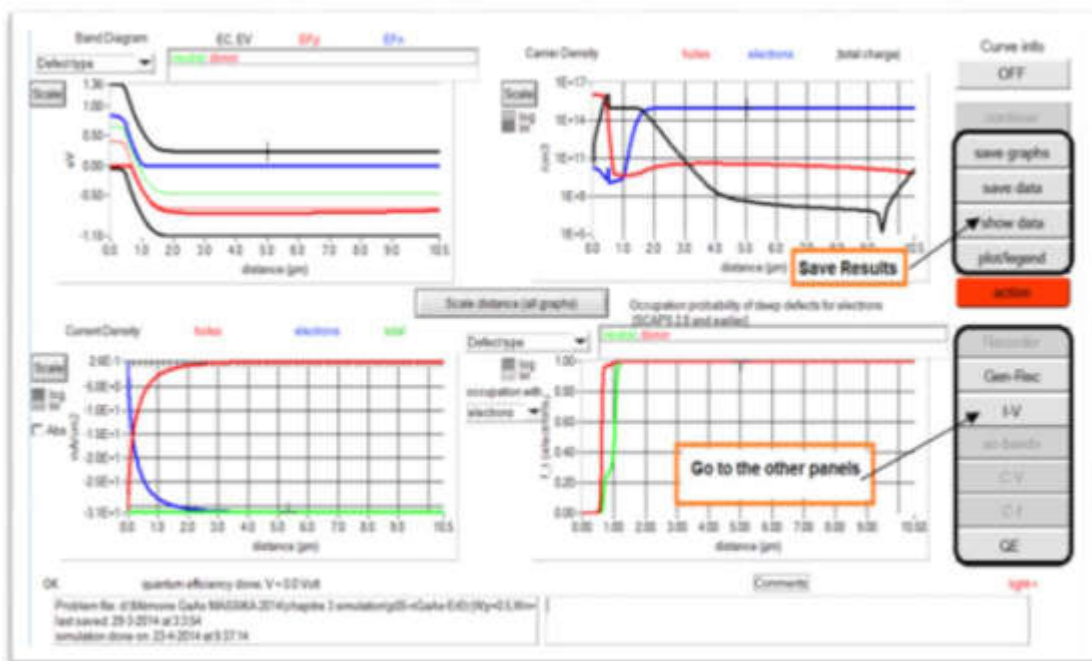


Figure III .4: Panneau des bandes d'énergie.

III.9 Les courbes I-V

La figure (II.5) montre le panneau d'affichage des courbes IV dans l'obscurité et sous la lumière; La couleur de la courbe la plus récente mesurée est affichée (lorsque le graphique est très encombré, nous appuyons sur CLEAR ALL GRAPHS dans le panneau de mouvement.

Seules les courbes de taux de recombinaison les plus récentes sont présentées pour la simulation. La couleur de la légende indique la couleur de la courbe.

Un panneau contextuel apparaîtra avec des informations sur la ligne et la courbe ainsi que le point sur lequel vous avez cliqué si vous avez activé CURVE Data et cliqué sur la courbe du graphique.

Le bouton SCALE vous permet de définir la taille et la plage de l'axe. Lorsque vous cliquez sur le bouton CTRL et choisissez une zone rectangulaire sur le graphique, le graphique est agrandi (agrandi) dans cette zone. Effectuez un zoom arrière en maintenant la touche CTRL enfoncée et en cliquant sur le bouton droit de la souris en même temps.

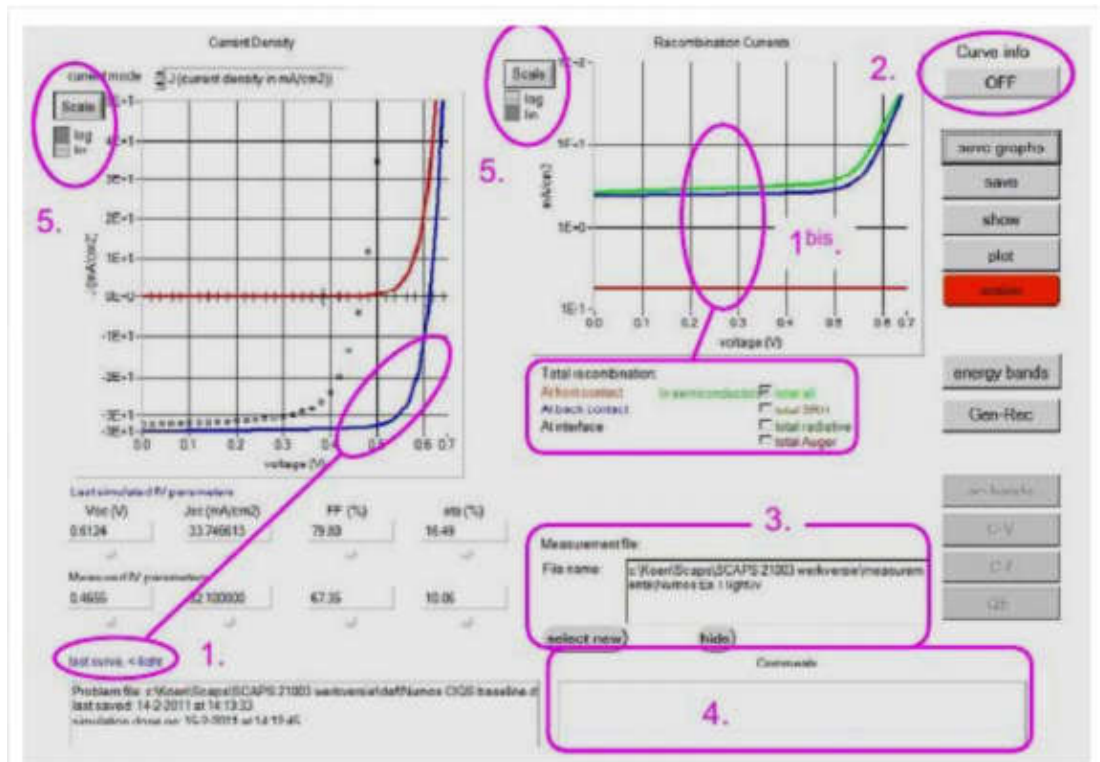


Figure III.5: Panneau d'affichage des courbes I-V à l'obscurité et en éclaircissement.

Chapitre IV
Résultats et Discussions

IV.1 Introduction :

Les cellules solaires à pérovskite (PSC) ont reçu beaucoup d'attention de la communauté scientifique ces dernières années dans le domaine des dispositifs optoélectroniques en raison de leur facilité de traitement et de leur coût de fabrication inférieur à celui des cellules à base de silicium. $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ est l'une des substances les plus importantes dans les cellules pérovskites.

Dans ce chapitre, nous simulons, à l'aide du logiciel scaps, une cellule solaire à pérovskite pour atteindre son efficacité maximale et obtenir des résultats optimaux.

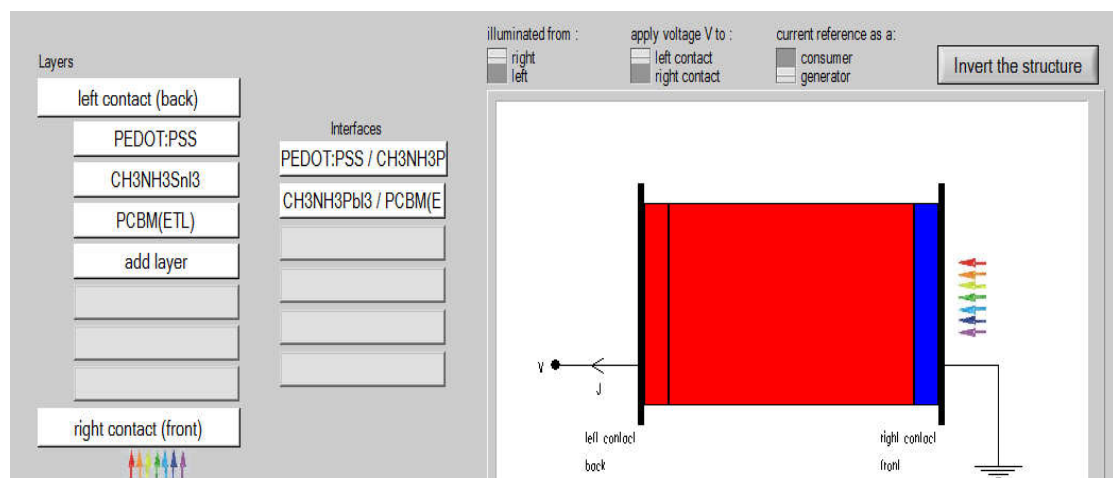
Dans la conception de cette cellule, nous nous appuyons sur $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ comme couche absorbante et comme couche de transfert d'électrons ETM optimale pour la conception de cette cellule, et nous nous concentrerons principalement dans ce chapitre sur le choix du matériau de transfert HTM optimal dans la conception de cette cellule.

IV.2 Simulation par scaps:

Pour choisir les couches optimales pour la cellule solaire, nous nous sommes appuyés sur CH₃NH₃SnI₃ (PAL) comme couche absorbante et PCBM(ETL) comme couche de transport d'électrons.

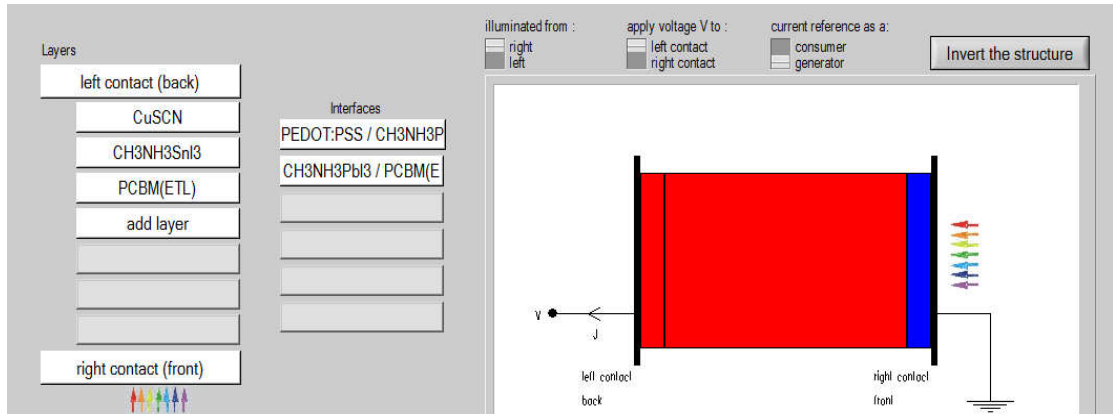
Nous effectuons les tests à l'aide du programme SCAPS sur les matériaux suivants (PEDOT:PSS – CuSCN – CuSbS₂ – NiO) afin de déterminer la couche de transfert de perforation optimale pour cette cellule solaire.

Cas1 : PEDOT:PSS

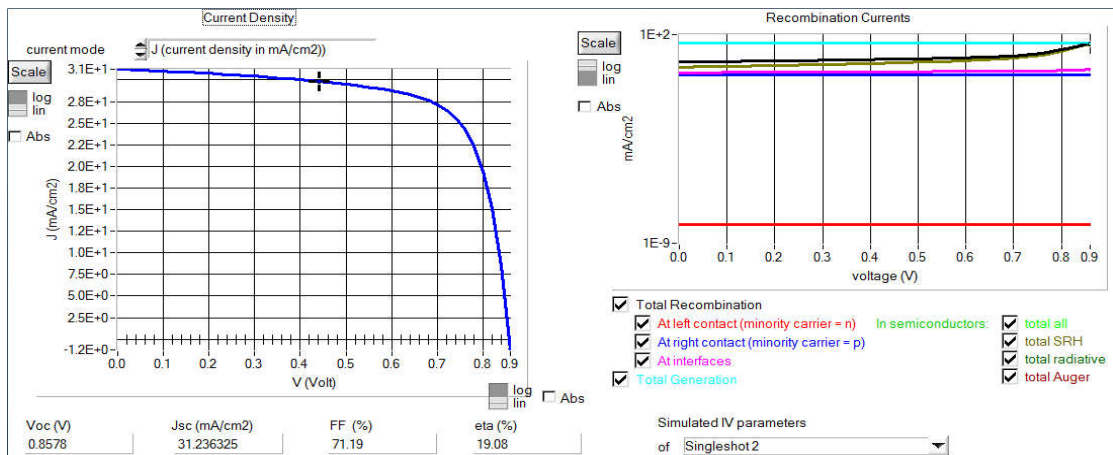


	Épaisseur(μm)	Voc(volt)	Jsc(mA/cm ²)	FF (%)	η (%)
PEDOT:PSS	0.030	0.7705	30.805574	62.03	14.72
CH₃NH₃SnI₃	0.1	0.5687	16.251241	79.94	7.39
	0.2	0.5817	23.525630	75.82	10.37
	0.3	0.5996	27.178858	70.33	11.46
	0.4	0.6567	29.027490	64.61	12.32
	0.5	0.7067	29.844627	64.01	13.50
	0.6	0.7283	30.040204	64.70	14.15
	0.7	0.7413	30.280798	64.42	14.46
	0.8	0.7519	30.540913	63.64	14.62
	0.9	0.7616	30.709986	62.81	14.69
	1.00	0.7705	30.805574	62.03	14.72
PCBM(ETL)	0.030	0.7705	30.805574	62.03	14.72

Cas 2 : CuSCN

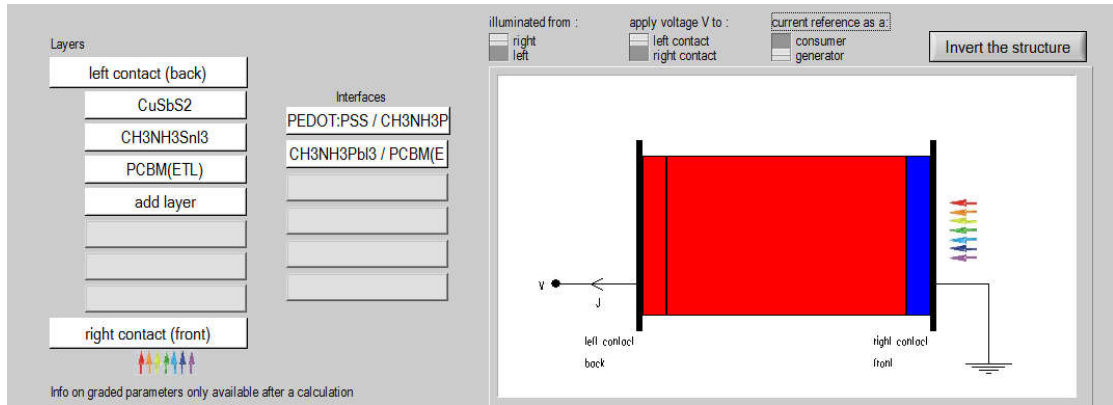


	Épaisseur(μm)	Voc(volt)	Jsc(mA/cm ²)	FF (%)	η (%)
CuSCN	0.030	0.8578	31.236325	71.19	19.08
	0.4	0.8393	29.314907	70.90	17.45
	0.5	0.8516	30.334375	70.31	18.16
	0.6	0.8554	30.730881	70.87	18.63
	0.7	0.8568	30.864136	71.39	18.88
	0.8	0.8574	31.035493	71.41	19.00
	0.9	0.8577	31.162346	71.30	19.06
	1.00	0.8578	31.236325	71.19	19.08
PCBM(ETL)	0.030	0.8578	31.236325	71.19	19.08

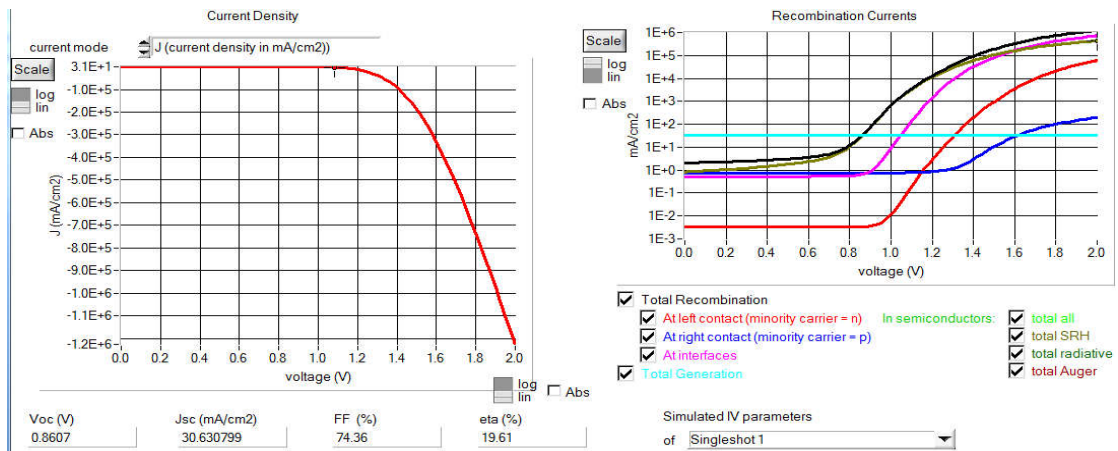


Voc (V)	Jsc (mA/cm ²)	FF (%)	eta (%)
0.8578	31.236325	71.19	19.08

Cas 3 : CuSbS₂

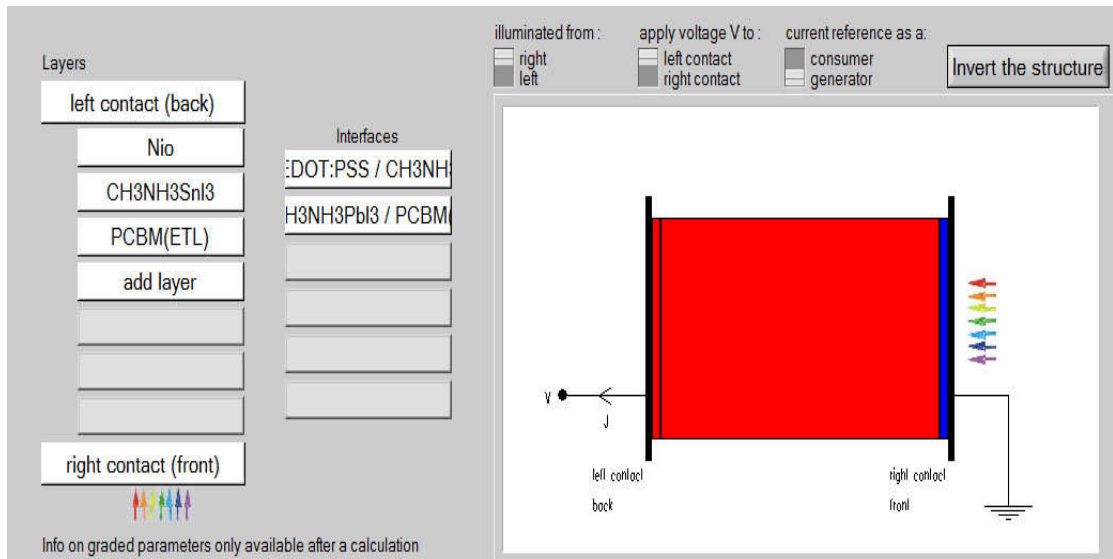


	Épaisseur(μm)	Voc(volt)	Jsc(mA/cm ²)	FF (%)	η(%)
CuSbS ₂	0.03	0.8580	31.364318	71.41	19.22
CH ₃ NH ₃ SnI ₃	0.1	0.9080	17.644207	79.86	12.79
	0.2	0.8853	24.254849	79.26	17.02
	0.3	0.8711	27.730511	77.80	18.80
	0.4	0.8640	29.605697	76.13	19.47
	0.5	0.8607	30.630799	74.36	19.61
	0.6	0.8592	31.169857	72.84	19.51
	0.7	0.8585	31.398166	71.89	19.38
	0.8	0.8582	31.436479	71.51	19.29
	0.9	0.8581	31.401806	71.42	19.24
	1.00	0.8580	31.364318	71.41	19.22
PCBM(ETL)	0.03	0.8580	31.364318	71.41	19.22

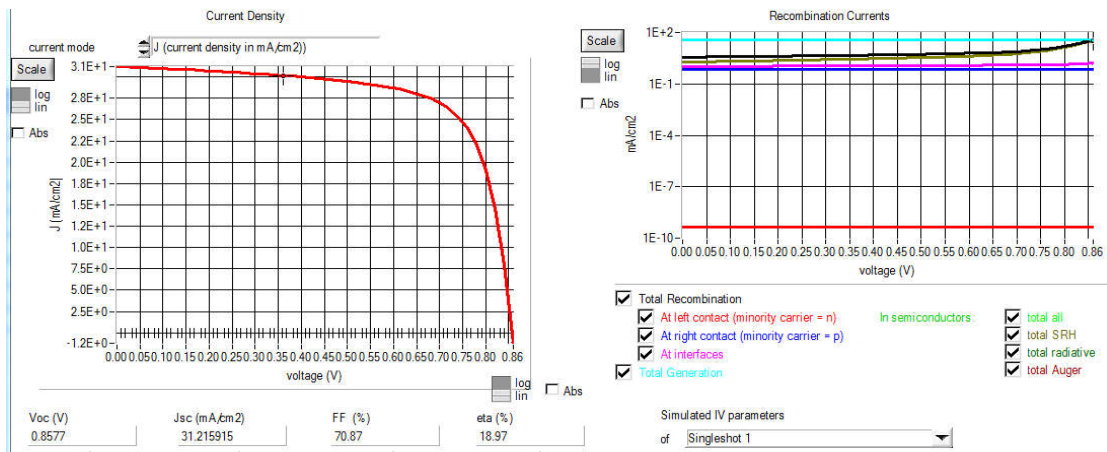


Voc (V)	Jsc (mA/cm ²)	FF (%)	eta (%)
0.8607	30.630799	74.36	19.61

Cas 4: NiO



	Épaisseur(μm)	Voc(volt)	Jsc(mA/cm ²)	FF (%)	η (%)
NiO	0.030	0.8577	31.215915	70.87	18.97
CH3NH3SnI3	0.1	0.7631	16.168591	82.21	10.14
	0.2	0.7780	23.557950	78.67	14.42
	0.3	0.7937	27.324084	74.24	16.10
	0.4	0.8309	29.292400	69.90	17.01
	0.5	0.8489	30.298694	69.56	17.89
	0.6	0.8542	30.670358	70.42	18.45
	0.7	0.8562	30.798339	71.06	18.74
	0.8	0.8570	30.989173	71.10	18.88
	0.9	0.8574	31.131930	70.98	18.95
	1.00	0.8577	31.215915	70.87	18.97
PCBM(ETL)	0.030	0.8577	31.215915	70.87	18.97



A partir des simulations précédentes, nous avons vu que le changement de la couche de transfert de trous (HTM) et de l'épaisseur de la couche d'absorption (PAL) jouent un rôle crucial et clé afin d'améliorer l'efficacité du dispositif. Dans cette section particulière, le dispositif a été amélioré et l'état optimal a été atteint en changeant l'épaisseur de la couche absorbante.

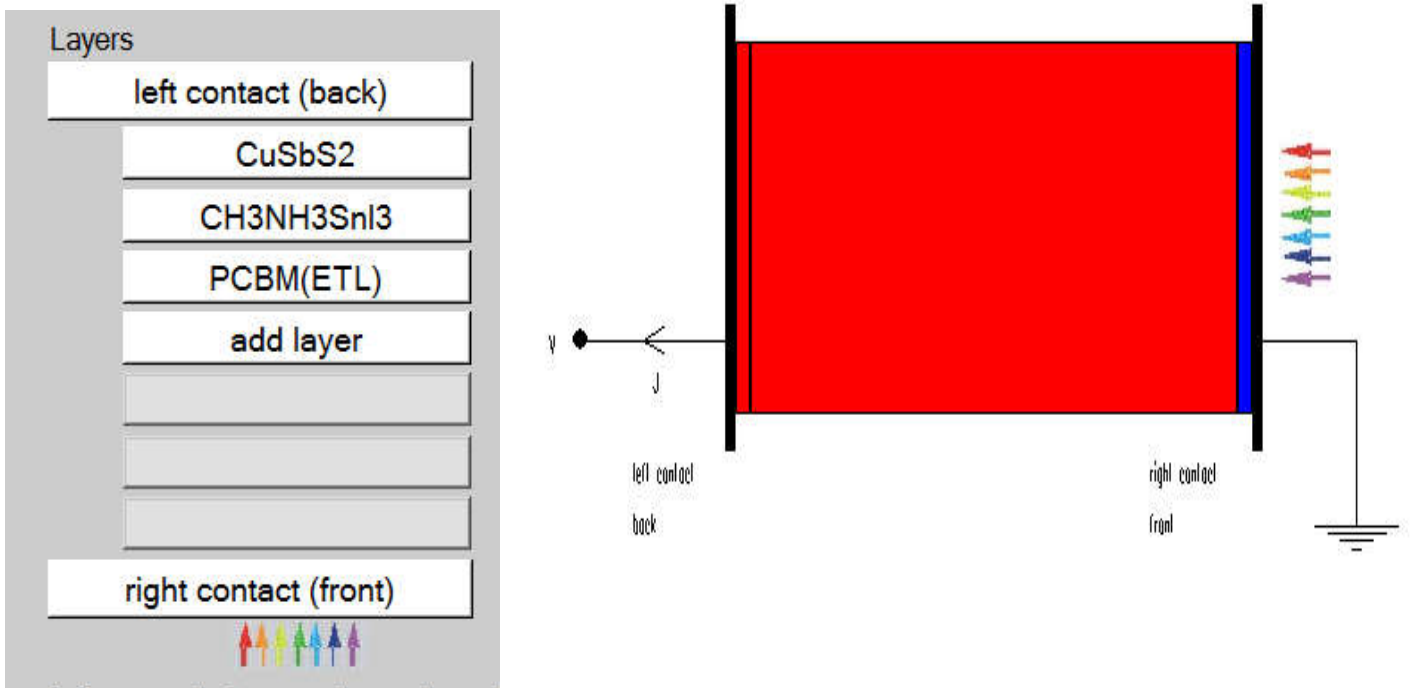
L'épaisseur du matériau absorbant la lumière $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ variait de 0,1 à 1 μm au moment où la couche de transfert de trous a été modifiée dans chaque cas, et il a été atteint que le matériau absorbant la lumière CuSbS_2 avec une épaisseur de 0,5 μm pour la couche absorbante $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$, donne la plus grande efficacité possible pour cette conception.

IV.3 Structure et paramètres de la cellule étudiée :

La structure de la cellule solaire en pérovskite se compose d'une couche absorbante de pérovskite (pal) prise en sandwich entre deux couches, la première couche est le matériau de transfert d'électrons (ETM) et la deuxième couche est le matériau de transfert de trous (HTM).

Dans notre étude, nous dépendons dans notre installation de la cellule solaire sur $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ comme couche absorbante, le matériau de transfert d'électrons que nous comptons sur CuSbS_2 , et le matériau de transfert de gravure PCBM (ETL). La figure I3 représente la conception finale adoptée dans l'installation de la structure de la cellule solaire.

IV.3.1 Présentation de la cellule étudiée :



IV.3.2 Les paramètres du dispositif étudié :

❖ Propriétés des différentes couches :

	CuSbS2	CH3NH3SnI3	PCBM(ETL)
Épaisseur (μm)	0.030	1.00	0.030
Bande interdite (eV)	1.580	1.300	2.000
Affinité électronique (eV)	4.200	4.170	3.900
Permittivité diélectrique relative	8.200	8.200	3.900
CB densité effective d'états(cm^{-3})	2.000E+18	1.000E+18	2.500E+21
VB densité d'états effective(cm^{-3})	1.000E+19	1.000E+18	2.500E+21
Vitesse thermique des électrons (cm/S)	1.000E+7	1.000E+7	1.000E+7
Vitesse thermique des trous (cm/ S)	1.000E+7	1.000E+7	1.000E+7
mobilité des électrons ($\text{cm}^2 / \text{V.S}$)	4.900E+1	1.600E+0	2.000E-1
mobilité des trous ($\text{cm}^2/ \text{V.S}$)	4.900E+1	1.600E+0	2.000E-1
densité de donneur uniforme peu profonde Nd (cm^{-3})	-----	-----	2.930E+17
densité d'accepteur uniforme peu profonde Na (cm^{-3})	1.380E+18	3.200E+15	-----
Defect Nt(cm^{-3})	1.000E+14	1.000E+14	1.000E+14

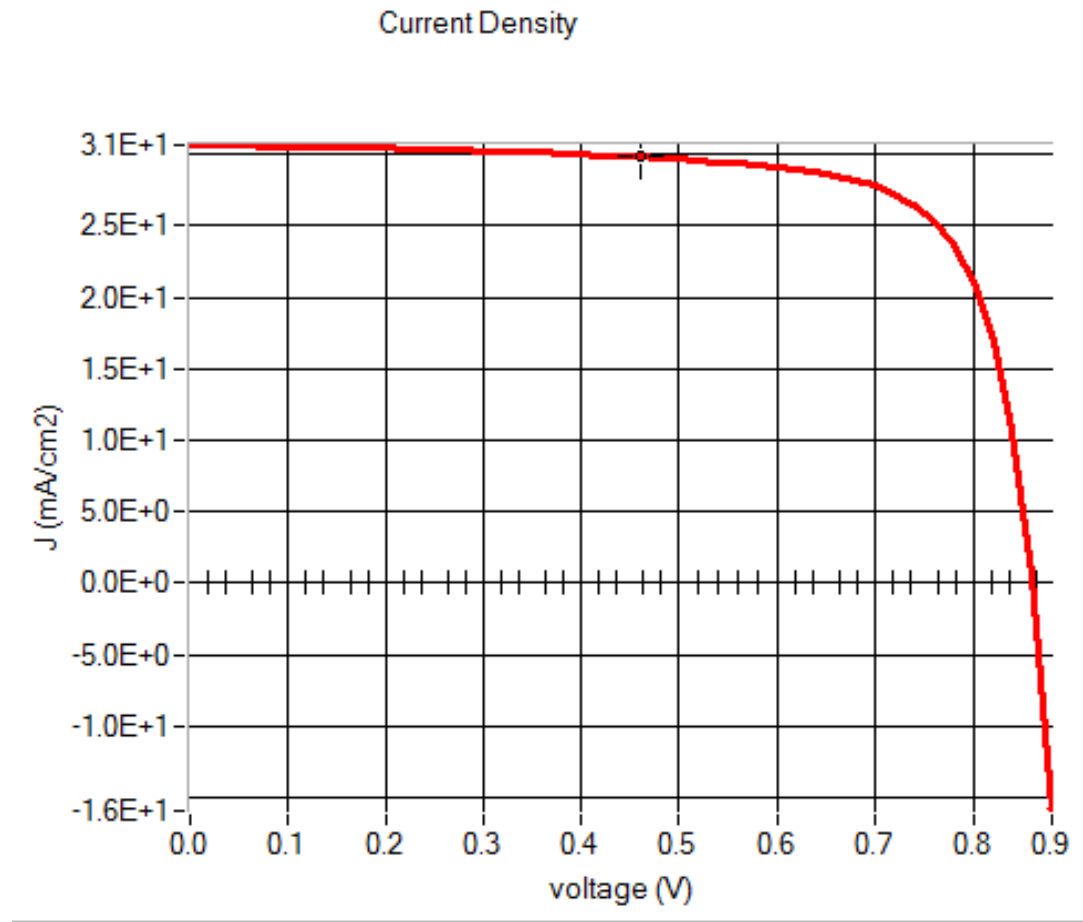
Tableau IV.1: Propriétés des différentes couches (CuSbS2/ CH3NH3SnI3/ PCBM).

IV.4 Résultats et discussions:

Pour améliorer encore les performances de la cellule solaire Gépérovskite, la conception de CH3NH3SnI3/ CuSbS2/ PCBM(ETL)) a été étudiée à l'aide du logiciel de simulation SCAPS-1D.

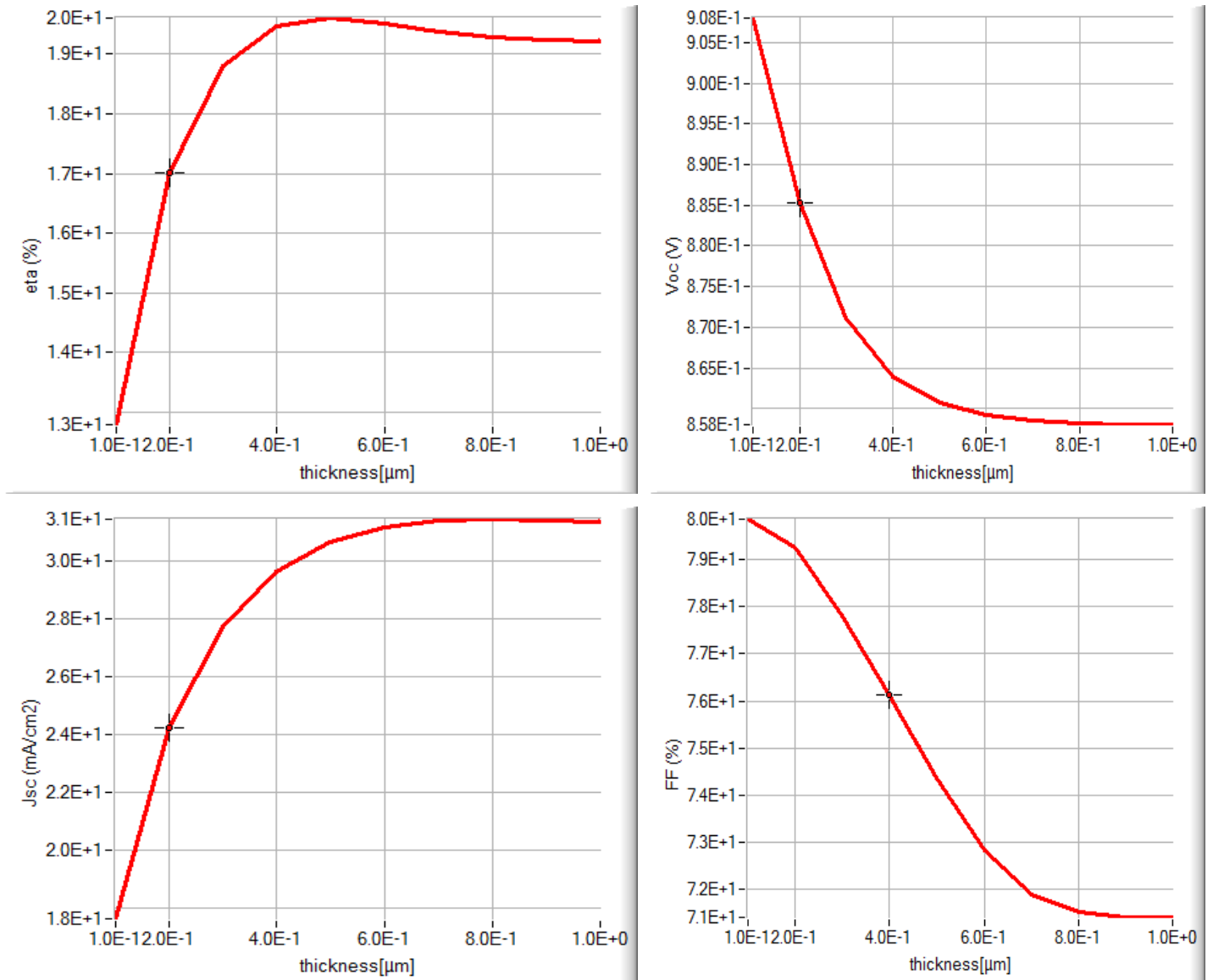
Où l'on prend l'épaisseur de la première couche (CuSbS2) 0,030 (μm), la seconde (CH3NH3SnI3) 0,500 μm , et la troisième PCBM(ETL) 0,030 (μm). La figure 4.IV trace les propriétés JV de la structure. Comme le montre la figure 4.IV, les paramètres photovoltaïques suivants sont obtenus :

$$: V_{oc} = 0.8607 \quad , \quad J_{sc} = 30.630799, \quad FF = 74.36 \quad , \quad \eta = 19.61$$



la figure 4.IV

La figure 2(a-d) montre les paramètres photovoltaïques de la cellule solaire en termes de variation de l'épaisseur de la couche absorbante. Il est nécessaire de noter que l'épaisseur de la couche absorbant la lumière ne doit pas dépasser la longueur des électrons et des trous pour faciliter le processus de leur transmission à leurs emplacements respectifs. Comme l'épaisseur de la couche absorbante affecte l'absorption du nombre de photons de grande longueur d'onde. Ce qui conduit à la création d'un certain nombre de paires électron-trou, principalement en raison de la variation de la valeur du coefficient d'absorption.



La figure 2(a–d) montre les paramètres photovoltaïques de $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$

IV.5 Courbe courant-tension I-V:

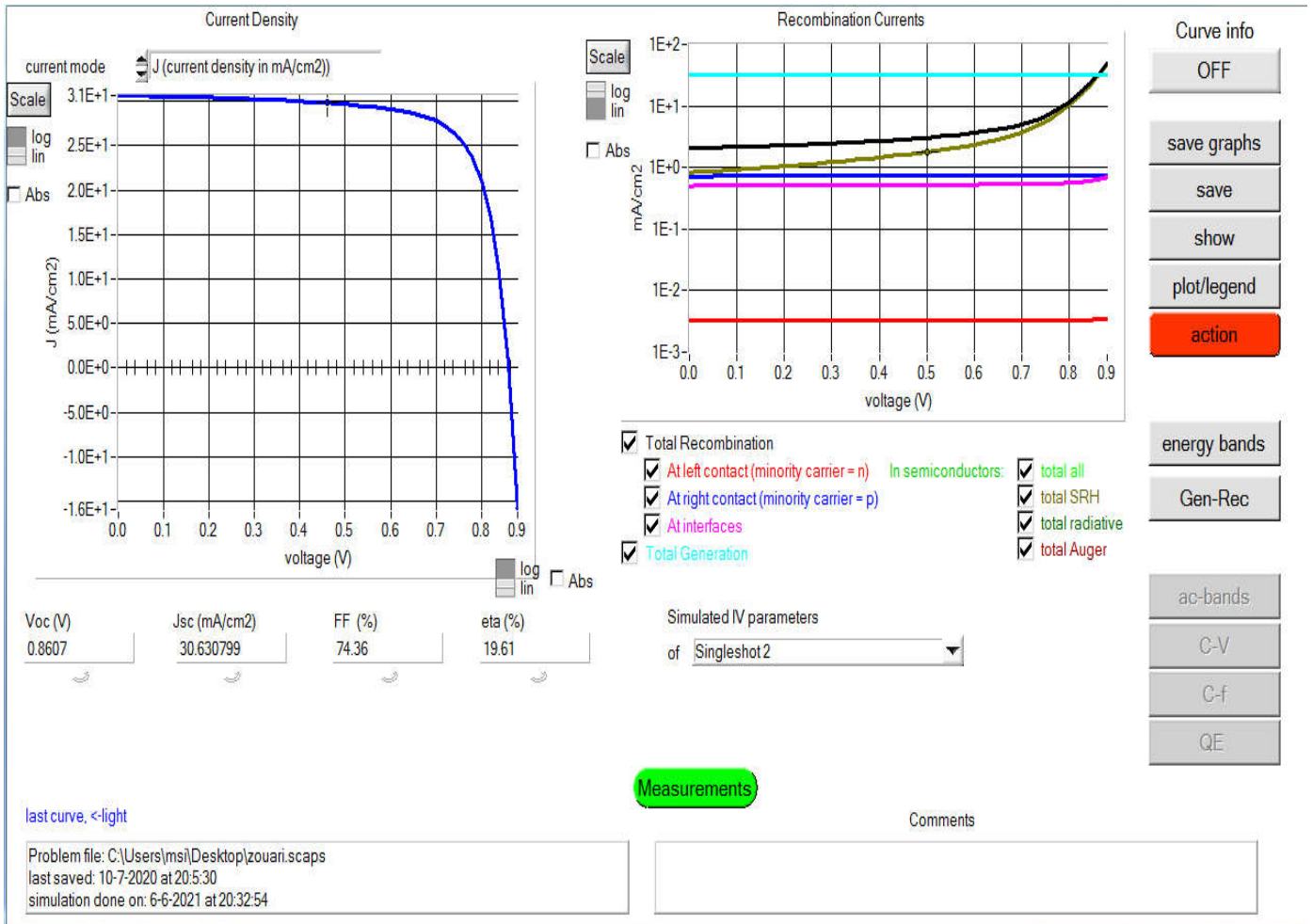
La courbe I-V finale peut être obtenue en maintenant tous les paramètres améliorés du modèle de concepteur.

La forme finale contient une l'épaisseur des couches $\text{CuSbS}_2 = 0.030 \mu\text{m}$, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3 = 0.5 \mu\text{m}$ et $\text{PCBM} = 0.030 \mu\text{m}$.

l'efficacité maximale de la puissance convertie est obtenue:

$V_{oc} = 0.8607$ (V). $J_{sc} = 30.630799$ mA / cm². et $FF = 74.36\%$, $PCE = 19.61\%$.

La Figure III- représente la courbe caractéristique I-V finale du



IV.6 Conclusion

Dans ce chapitre, une cellule solaire pérovskite constituée de :

CuSbS₂/CH₃NH₃SnI₃ / PCBM(ETL) CuSbS₂ a été sélectionné comme couche de transport de trous, CH₃NH₃SnI₃ a été sélectionné comme couche absorbante et PCBM(ETL) a été sélectionné comme couche de transport d'électrons. Cette cellule a été conçue et simulée par le programme scaps. Nous avons conclu à travers les étapes de simulation de notre travail que la modification de l'épaisseur de la couche absorbante

représentée par $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ ainsi que la densité de dopage de HTM et ETM a un effet sur les performances de la cellule solaire.

Après avoir ajusté et sélectionné les meilleurs paramètres pour les couches sélectionnées, l'épaisseur absorbante des couches a été fixée

($\text{CuSbS}_2 = 0,030 \mu\text{m}$); ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3 = 0,5 \mu\text{m}$); ($\text{PCBM} = 0,03 \mu\text{m}$)

Un rendement de conversion de puissance de 19,61 % et une bonne valeur J_{sc} (30.630799 mA/cm²), ainsi que des valeurs FF (74.36%) et V_{oc} (0.8607 V) ont été obtenus pour la simulation de cellule étudiée par le logiciel scaps.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les énergies renouvelables sont des énergies à la fois naturelles et durables. Il est en constante évolution et indéfiniment formé. Un exemple est l'énergie du soleil, qui est l'une des sources d'énergie les plus abondantes et renouvelables au monde.

et c'est le rayonnement solaire qui peut être utilisé de diverses manières pourtant nous continuons à l'exploiter et à en profiter.

Il répondra, de manière appropriée, à une grande partie des besoins énergétiques mondiaux à l'avenir. L'énergie lumineuse est transformée en énergie électrique par un mécanisme connu sous le nom de cellule, que nous avons appris et abordé ses sortes et son principe de fonctionnement dans cette mission.

Le travail présenté dans cette thèse porte sur l'étude de cellules photovoltaïques constituées de pérovskitiques de type semi-conducteur. Les cellules photovoltaïques à pérovskite sont apparues comme la meilleure alternative aux cellules solaires en termes d'efficacité.

Des simulations numériques ont été utilisées dans cette étude pour estimer et étudier les effets des coefficients de couche d'absorption sur les performances des cellules solaires à pérovskite. Pour analyser les performances du dispositif photovoltaïque avec la structure (CuSbS₂/CH₃NH₃/PCBM), la modélisation du dispositif a été effectuée sur le logiciel de simulation personnalisé (SCAPS), et l'analyse a été effectuée sur la base du changement de différents paramètres physiques tels que l'épaisseur du couche absorbante et le changement de la couche de transport de trous.

Où il a été conclu qu'après avoir changé l'épaisseur de CH₃NH₃SnI₃ de 0,1 µm à 1 µm et il a été observé que la meilleure efficacité était obtenue à 0,5 µm. De plus, l'épaisseur de la couche de transport de trous CuSbS₂ et de la couche de transport d'électrons PCBM a été fixée à 0,030 µm. Avec ce kit, nous avons pu réaliser un dispositif photovoltaïque à haut rendement et à hautes performances.

Références

- [1] Bart Van Zeghbroeck .Principles of Semi-conducteur Devices .Boulder, 2011.
- [2] MECHAI Fazia, Etude et simulation des structures photovoltaïques à base de chalcogénures de métaux de transition MX₂ (M = W, Mo; X = S, Se) , Mémoire de Magister. UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU, 2016,page 3.
- [3] Julien BOK, « SEMI-CONDUCTEURS », Encyclopædia Universalis [en ligne], consulté le 7 avril 2021. URL <https://www.universalis.fr/encyclopedie/semiconducteurs>
- [4] N.BENAHMED-BENABDALLAH, Propriétés physiques des semi-conducteurs (Si monocristallin et Ge) et Simulation des cellules solaires à base de Si et SiGe, thèse de magister, université ABOU BEKR BELKAID-TLEMCEN, 2006.
- [5] MECHAI Fazia, Etude et simulation des structures photovoltaïques à base de chalcogénures de métaux de transition MX₂ (M = W, Mo; X = S, Se) , Mémoire de Magister. UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU, 2016,p 21.
- [6] C. Becker, D. Amkreutz, T. Sontheimer, V. Preidel, D. Lockau, J. Haschke, L. Jogschies, C. Klimm, J.J. Merkel, P. Plocica, S. Steffens, and B. Rech. Polycrystalline silicon thin-film solar cells. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 119:112–123, 2013
- [7] O. Schultz, S. W. Glunz, and G. P. Willeke. Multicrystalline Silicon Solar Cells Exceeding 20% Efficiency. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 12:553–558, 2004.
- [8] Swami R. Solar cell. *International Journal of Scientific and Research Publications* 2012;2:1-5.
- [9] P. PETIT, Optimisation du transfert d'énergie dans les systèmes photovoltaïques, Thèse de doctorat, Université Paul Verlaine Metz, 2011.
- [10] R. Alain, « Convertisseurs photovoltaïques », Compress.doc, 2007.

http://www.cythelia.fr/images/file/Convertisseurs%20photovoltaiques_Alain%20Ricaud_Nov-07.pdf

[11] M. A. Green. Siliconsolarcells: evolution, high-efficiency design and efficiencyenhancements. *Semiconductor Science and Technology*, 8:1–12, 1993.

[12] Kaushik A. *NumericalModeling of 3D OrganicSolarCells*: San Diego State University; 2010.

[13] Lan C. *Development of absorbingmaterials for perovskitesolarcells*: 九州工業大学; 2017.

[14] AZZOUZI G. *Study of siliconsolarcells performances using the impurityphotovoltaiceffect* 2014.

[15] <https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html>.

[16] Mazer JA. *Solarcells: an introduction to crystalline photovoltaic technology*: Kluwer Academic Publishers Boston; 1996.

[17] Green MA, Dunlop ED, Levi DH, Hohl-Ebinger J, Yoshita M, Ho-Baillie AW. *Solarcellefficiency tables (version 54)*. *Progress in photovoltaics: research and applications* 2019;27:565-75.

[18] Ananda W. *External quantum efficiency measurement of solarcell*. 2017 15th International Conference on Quality in Research (QiR): International Symposium on Electrical and Computer Engineering: IEEE; 2017. p. 450-6.

[19] Sharma S, Jain KK, Sharma A. *Solarcells: in research and applications—a review*. *Materials Sciences and Applications* 2015;6:1145.

[20] Shah A, Schade H, Vanecek M, Meier J, Vallat-Sauvain E, Wyrsh N, et al. *Thin-film siliconsolarcelltechnology*. *Progress in photovoltaics: Research and applications* 2004;12:113-42.

[21] Smets AH, Jäger K, Isabella O, Swaaij RA, Zeman M. *Solarenergy: The physics and engineering of photovoltaic conversion, technologies and systems*. UIT Cambridge; 2015.

[22] Zimmer T. 6. *Photovoltaiccell types*.

- [23] Ramanujam J, Singh UP. Copper indium gallium selenide based solar cells—a review. *Energy & Environmental Science* 2017;10:1306-19.
- [24] Gerngroß M-D, Revere J. CIS/CIGS based Thin-film solar cells. Faculty of Engineering University of Kiel 2008.
- [25] Nanduri SNR, Siddiki MK, Chaudhry GM, Alharthi YZ. Numerical simulation and performance optimization of perovskite solar cell. 2017 IEEE 44th Photovoltaic Specialist Conference (PVSC): IEEE; 2017. p. 1018-21.
- [26] Woods KW. Solar Energy Conversion and Control Using Organic Photovoltaic Cells. 2013.
- [27] Ganesan AA, Houtepen AJ, Crisp RW. Quantum dot solar cells: Small beginnings have large impacts. *Applied Sciences* 2018;8:1867.
- [28] Luceño-Sánchez JA, Díez-Pascual AM, Peña Capilla R. Materials for photovoltaics: State of art and recent developments. *International journal of molecular sciences* 2019;20:976.
- [29] Abdelmageed G, Jewell L, Hellier K, Seymour L, Luo B, Bridges F, et al. Mechanisms for light induced degradation in MAPbI₃ perovskite thin films and solar cells. *Applied Physics Letters* 2016;109:233905.
- [30] Jasim KE. Quantum dots solar cells. *Solar Cells-New Approaches and Reviews* 2015:303-31.
- [31] Zulkifili ANB, Kento T, Daiki M, Fujiki A. The basic research on the dye-sensitized solar cells (DSSC). *Journal of Clean Energy Technologies* 2015;3:382-7.
- [32] Toivola M. Dye-sensitized solar cells on alternative substrates. 2010.
- [33] Park N-G. Perovskite solar cells: an emerging photovoltaic technology. *Materials Today* 2015;18:65-72.
- [34] <https://www.nature.com/articles/s41560-018-0323-9>.
- [35] Jena AK, Kulkarni A, Miyasaka T. Halide perovskite photovoltaics: background, status, and future prospects. *Chemical Reviews* 2019;119:3036-103.

Master: Systèmes de Télécommunication

Auteur: Gherbi Mohamed , Boughezala Hamad Ahmed, Sadoun youcef

Titer du mémoire: Simulation de cellules solaires MASnI3 à l'aide de SCAPS

Résumé:

En raison de son efficacité élevée et de son rendement élevé, MASnI3 est un matériau prometteur dans le domaine de l'installation et de l'application de cellules solaires. Dans ce travail, le chercheur doit effectuer une simulation de cellule solaire basée sur le matériau ci-dessus (MASnI3) en utilisant différents matériaux ETL et HTL et des paramètres d'ingénierie appropriés afin d'améliorer l'efficacité et d'obtenir les résultats les plus élevés possibles pour cette combinaison.

Mots clés : cellules solaires, sans plomb MASnI3, HTL, ETL. Pérovskite. CH₃NH₃SnI₃ . Semi-conducteurs

Abstract:

MASnI3 est un matériau prometteur dans le domaine de l'installation et de l'application de cellules solaires en raison de son efficacité élevée et de son rendement élevé. Dans ce travail, le chercheur doit effectuer une simulation de cellule solaire basée sur le matériau ci-dessus (MASnI3) en utilisant différents matériaux ETL et HTL et des paramètres d'ingénierie appropriés afin d'améliorer l'efficacité et d'obtenir les résultats les plus élevés possibles pour cette combinaison.

Mots clés : cellules solaires, sans plomb, MASnI3, HTL, ETL. Pérovskite. CH₃NH₃SnI₃ . Semi-conducteurs

ملخص:

MASnI3 مادة واعدة في مجال تركيب الخلايا الشمسية وتطبيقها بسبب كفاءتها العالية و مردودها الكبير في هذا العمل يتعين على الباحث إجراء محاكاة للخلايا الشمسية بناءً على المادة المذكورة أعلاه (MASnI3) باستخدام مواد ETL و HTL مختلفة ومعايير هندسية مناسبة من أجل تحسين الكفاءة والحصول على أعلى النتائج الممكنة لهذه المجموعة.

الكلمات الرئيسية: الخلايا الشمسية ، أشباه الموصلات ، خالية من الرصاص ، البيروفسكايت

CH₃NH₃SnI₃.ETL ،HTL ،MASnI3 ،

