

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITÉ de BLIDA 1
Faculté de Technologie
Département de Génie des Procédés



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Pour l'obtention du diplôme de master

EN GENIE DES PROCEDES

Spécialité: Génie des polymères

THEME:

**Elaboration et caractérisation des nanocomposites à base
d'EVA/PBA-aniline pour l'encapsulation d'un panneau
photovoltaïque**

Réalisée par :

M^{elle}. HAMZI Fatma et M^{elle}. HANIFI Nadjet.

DEVANT LE JURY

Président :	Pr. DJALAB	Univ. Saad dahleb Blida 1
Promotrice :	Dr. MEZINE Z	CRTSE
Co-promotrice :	Dr. BENSAPHLA N	Univ. Saad dahleb Blida 1
Examineur :	Pr. BENMAAMER	Univ. Saad dahleb Blida 1

Année Universitaire : 2022/2023

REMERCIEMENT

Le présent travail a été réalisé au niveau de centre de recherche en technologie des semi-conducteurs pour l'énergétique C.R.T.S.E. Dans la Perspective de l'obtention du diplôme de master.

Avant tout, nous remercions Allah le tout puissant de nous avoir accordées la patience, la volonté et la force pour accomplir ce travail. En guise de reconnaissance, je tiens à témoigner mes sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribués de près ou de loin au bon déroulement de mon stage et à l'élaboration de ce modeste travail.

Ma sincère gratitude à notre promotrice Mme **MEZINE Zaina** pour sa patience et sa confiance, ses remarques et ses conseils, sa disponibilité.

Nous tenons également à exprimer nos sincères remerciements à notre Co-promotrice Mme **BENSAHLA Naziha** pour tous ses efforts, pour sa disponibilité et sa persévérance pour que nous puissions terminer ce travail.

A notre responsable de l'option génie des polymères Mr **FETTAKA Mohamed** pour sa disponibilité et ses encouragements.

Nous tenons à remercier toute l'équipe du laboratoire du C.R.T.S.E. Al Harrach.

Je n'oserais oublier de remerciement tout le corps professoral de département de génie des procédés.

Enfin nous tenons à remercier les membres du jury qui ont accepté de juger notre travail.

DEDICACE

Tout puissant, j'ai pu achever ce modeste travail avec l'aide de dieu

Je dédie ce modeste travail :

A mes parents, que Dieu ait pitié d'eux

A mes très chers frères: Miloud, Mohamed, Ismail, Hakim.

A mes très chers sœurs: Zahia, Nasira, Kheira.

A mes neveux

A mes nièces

Aux chers amis surtout: Khaoula, kheira, salima, saida, wafia, yossra,

A tous mes collègues d'études

FATMA

DEDICACE

Avant tous, je remercie dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour réaliser ce travail malgré toutes les difficultés rencontrées

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents, que dieu les garde et les protège pour leurs soutien moral et financier, pour leurs encouragements

A mes sœurs

Aux chers amis

A tous mes collègues d'études

NADJET

Résumé

Le travail entrepris dans le cadre de ce master s'articule d'une thématique très actuelle qui consiste en élaboration et caractérisation des nano-composites à base d'EVA/PBA-aniline pour l'encapsulation d'un panneau photovoltaïque.

L'objectif principal de ce travail était d'explorer l'effet de certains paramètres expérimentaux, en l'occurrence, la concentration de PBA-aniline sur les propriétés physico-chimique du composites EVA/ PBA-aniline. A cet effet, un travail expérimental adéquat a été mené. Celui-ci est basé essentiellement sur l'utilisation des méthodes d'analyse comme le microscope électronique à balayage couplé à la micro-analyse X (MEB-EDX), Spectroscopie des photons X (XPS), UV-visible et la photoluminescence (PL). A la lumière des résultats obtenus, il ressort que l'incorporation des nanoparticules de PBA-aniline dans la matrice de l'EVA a été effectuée selon les conditions expérimentales choisi. La caractérisation morphologique de PBA/Aniline par le microscope électronique à balayage révèle une forme bâtonnet de PBA-aniline. L'analyse par microscopie du photon X (XPS) confirme l'incorporation des nanoparticules de PBA-aniline dans la matrice de l'EVA et les différentes liaisons ont été distinguées.

La transparence optique a été gardée 91% pour l'échantillon à un volume de 0.6ml et ces résultats sont obtenus par l'analyse UV-Visible. L'analyse par photoluminescence a montré que le PBA/Aniline est un matériau photoluminescence, ce qui lui permet d'être un bon candidat pour LDS, ainsi que pour l'application en photovoltaïque.

Mots-clés : EVA, PBA-aniline, panneau photovoltaïque, LDS, encapsulant, nano-composites



Abstract

The work undertaken within the framework of this master's degree is based on a highly topical theme involving the synthesis and characterization of EVA/PBA-aniline-based nano-composites for the encapsulation of a photovoltaic panel.

The purpose of this work was to explore the effect of certain experimental parameters, in this case, the concentration of PBA /Aniline on the physicochemical properties of PBA-Aniline/ EVA composites. To this end, appropriate experimental work was carried out. This was based

essentially on the use of analytical methods such as scanning electron microscopy coupled with X-ray microanalysis (SEM-EDX), X-ray photon spectroscopy (XPS), UV-visible, and photoluminescence (PL). The results show that the incorporation of PBA-aniline nanoparticles into the EVA matrix was carried out in accordance with the chosen experimental conditions. Morphological characterization of PBA-aniline by scanning electron microscopy reveals a rod-like shape. X-ray photon microscopy (XPS) confirmed the incorporation of PBA-aniline nanoparticles into the EVA matrix, and the different bonds were distinguished.

Optical transparency was maintained 91 % for low-concentration samples, and these results were obtained by UV-Visible analysis. Photoluminescence analysis showed that PBA/Aniline is a photoluminescent material, making it a good candidate for LDS, as well as for photovoltaic applications.

Keywords : EVA, PBA-aniline, photovoltaic panel, LDS, encapsulant, nano-composites



الملخص

يدور العمل المنجز في إطار هذه الرسالة حول موضوع حديث للغاية يتكون من توليف وتوصيف المركبات النانوية على أساس EVA / PBA-aniline لتغليف لوحة كهروضوئية.

كان الهدف الرئيسي من هذا العمل هو استكشاف تأثير بعض المعايير التجريبية، في هذه الحالة، تركيز PBA-aniline على الخواص الفيزيائية والكيميائية لمركبات PBA-Aniline / EVA. لهذا الغرض، تم تنفيذ العمل التجريبي المناسب. يعتمد هذا بشكل أساسي على استخدام طرق التحليل مثل مجهر المسح الإلكتروني المقترن بالتحليل الدقيق للأشعة السينية (SEM-EDX)، والتحليل الطيفي للفوتون بالأشعة السينية (XPS)، والأشعة فوق البنفسجية المرئية والتألق الضوئي (PL). في ضوء النتائج التي تم الحصول عليها، يبدو أن دمج الجسيمات النانوية PBA-Aniline في مصفوفة EVA تم وفقاً للظروف التجريبية المختارة. يكشف التوصيف المورفولوجيا لـ PBA -aniline بواسطة المجهر الإلكتروني الماسح عن شكل عصي من PBA- aniline. يؤكد التحليل بواسطة الفحص المجهرية للفوتون بالأشعة السينية (XPS) دمج الجسيمات النانوية PBA-aniline في مصفوفة EVA وتمييز الروابط المختلفة.

تم الحفاظ على الشفافية الضوئية عند 91% للعينة بحجم 0.6 مل وتم الحصول على هذه النتائج من خلال تحليل UV-Visible. أظهر تحليل التألق الضوئي أن PBA- aniline هي مادة ضوئية، مما يجعلها مرشحاً جيداً لـ LDS.

الكلمات المفتاحية: EVA، PBA-aniline، لوحة كهروضوئية، LDS، مغلف، مركبات نانوية.

Liste des figures

Figure 1.1: Système photovoltaïques.....	06
Figure 1.2: composition d'un panneau solaire.....	07
Figure 1.3: Image d'une cellule en silicium monocristalline poly-cristalline.....	10
Figure 1.4: A : Module de silicium amorphe (a-si), B : Tellurure de cadmium (CdTe) C : diséléniure de cuivre-indium gallium (CIGS).....	10
Figure 1.5: Exemple d'une cellule organique.....	11
Figure 1.6. Structure de l'éthylène vinyle acétate EVA.....	12
Figure 1.7. Absorbance des films EVA/ Tb-Yb-CeO ₂	17
Figure 1.8. PL des films EVA/ Tb-Yb-CeO ₂	17
Figure 1.9. Structure de PBA	18
Figure 1.10: structure de l'aniline	19
Figure 1.11. principe de la technique LDS.....	20
Figure 2.1. Principe de spectroscopie de photoélectrons XPS.....	25
Figure 2.2. Modes vibrationnels infrarouge d'une liaison CH₂	26
Figure 2.3. Schéma du principe de spectroscopie UV-visible.....	27
Figure 2.4. principe d'absorption et d'émission spontanée.....	28
Figure 3.1. Images MEB de poudre PBA-aniline.....	31
Figure. 3.2. Spectre XPS de l'EVA.....	32
Figure 3.3. Spectre XPS du carbone à haute résolution.....	32
Figure.3.4. Spectre XPS de l'oxygène à haute résolution.....	32
Figure.3.5. Représente le spectre XPS d'EVA/0.2ml PBA-aniline.....	33
Figure.3.6. Représente le spectre XPS C1s.....	33

Figure.3.7. Représente le Spectre XPS N1s.....	33
Figure.3.8. Représente le Spectre XPS O1s.....	33
Figure.3.9. Spectre infrarouge de l'EVA commerciale.....	35
Figure.3.10. Spectres FTIR des films d'EVA/PBA-aniline.....	35
Figure.3.11. Spectre UV-visible des films.....	37
Figure.3.12. Spectre photoluminescence de L'EVA commerciale.....	38
Figure.3.13. Spectre photoluminescence de la poudre PBA-aniline.....	38
Figure.3.14. Spectre photoluminescence des films d'EVA/PBA-aniline avec différents volumes.....	40

Liste des Tableaux

Tableau 1.1: caractéristiques de l'EVA à partir de la fiche technique.....	13
Tableau 1.2: caractéristiques de PBA à partir de la fiche technique.....	19
Tableau 1.3: caractéristiques de l'ANI à partir de la fiche technique.....	19
Tableau.3.1. Energie des liaisons en (eV).....	33

Liste des abréviations

ANI : Aniline

AV : acétate de vinyle

CRTSE : Centre de recherche en technologie des semi-conducteurs pour l'énergétique

Cz : Czochralski

DSC : Calorimétrie différentielle à balayage

EQE : efficacité quantique externe (External Quantum Efficiency)

EVA : éthylène-acétate de vinyle

FTIR : Infrarouge à transformation de fourrier

GO : oxyde de graphène

LDS : Décalage luminescent vers le bas (Luminescent Down Shifting)

MEB : Microscopie électronique à balayage

PBA : perylène bis anhydride

PE : polyéthylène

PE-CVD : dépôt chimique en phase vapeur amélioré par plasma

PL : Photoluminescence

PVB : polyvinyle butyral

PV : photovoltaïque

PVF : polyvinylfluorure,

PTCDA : perylène-3,4, 9,10-tétracarboxyliquedianhydride tétra carboxylique

RS : une repense spectrale

XPS : La spectrométrie photo électronique X

XRD : diffraction par rayon X

UV : Ultra-violet

Tables des matières

REMERCIEMENT	2
DEDICACE	3
DEDICACE	4
Résumé	5
Liste des figures	7
Liste des Tableaux	9
Liste des abréviations	10
Tables des matières	12
.....	15
Introduction générale	1
Chapitre 1 .Généralité sur les panneaux photovoltaïques	4
1.1. Introduction	4
1.2. Énergie solaire	4
1.3. Historique de l'énergie photovoltaïque	4
1.4. Définition d'un panneau photovoltaïque	5
1.5. Avantages et inconvénients de panneau photovoltaïque	6
1.5.1. Avantages	6
1.5.2. Inconvénients	6
1.6. Composition et fabrication d'un panneau solaire	7
1.6.1. Cadre en aluminium	7
1.6.2. Verre trempé	7
1.6.3. Membrane en Tedlar	8
1.6.4. Boite de jonction	8
1.6.5. Cellules photovoltaïques	8

1.6.5.1. Principe de fonctionnement	8
1.6.5.2. Principaux types de cellules photovoltaïques	9
1.6.5.2.1. Silicium cristallin.....	9
1.6.5.2.2. Couche mince	10
1.6.5.2.3. Organique	11
1.6.6.Film d'encapsulation EVA : Ethylene Vinyl Acetate (éthylène-acétate de vinyle)	11
1.6.6.1. Ethylène vinyle acétate (EVA)	12
1.6.6.2. Structure chimique	12
1.7. Nano-composites polymériques	13
1.8. Synthèse bibliographique	13
1.8.1. Perylène bis anhydride(PBA).....	18
1.8.2. Aniline.....	19
1.9. Décalage luminescent vers le bas LDS (Luminescent Down Shifting).....	20
Conclusion.....	21
Chapitre 2 .Partie expérimentale	23
2.1. Présentation de la matière première et les techniques de la caractérisation.....	23
2.2. Matériels et méthodes.....	23
2.2.1. L'éthylène vinyle acétate (EVA).....	23
2.2.2 .PBA-aniline	23
2.3. Mode Opérateur	23
2.3.1. Préparation des mélanges	23
2.3.2. Préparation des films	24
2.4. Techniques de caractérisation	24
2.4.1. Microscopie électronique à balayage (MEB).....	24
2.4.2. Spectroscopie de photoélectrons XPS	25
2.4.3. Spectroscopie infrarouge a transformé de fourrier (FT-IR)	25
2.4.4. Spectroscopie UV-Visible.....	26
2.4.5. Photoluminescence.....	27
Chapitre 3. Résultats et discussion	31

3.1. Caractérisation de EVA /PBA-aniline sous forme des films nano-composites	31
3.1.1. Caractérisation morphologique du PBA-aniline	31
3.1.2. Caractérisation par XPS	32
3.1.2.1. Analyse XPS du composite PBA-aniline/EVA.....	33
.....	33
3.1.3. Caractérisation par infrarouge à transformé de fourrier (FT-IR)	34
3.1.4. Caractérisation par UV-visible	36
3.1.5. Caractérisation par photoluminescence.....	37
3.1.5.1. Analyse par photoluminescence du composite PBA-aniline/EVA	38
Conclusion générale	41
Références bibliographiques	43
Annexes	49

Introduction
générale

Introduction générale

Introduction générale

L'énergie photovoltaïque est une forme d'énergie renouvelable produite à partir de la conversion directe de la lumière du soleil en électricité. Cette conversion est réalisée à l'aide de panneaux solaires photovoltaïques, ces derniers contiennent des cellules photovoltaïques qui capturent la lumière du soleil et la transforment en électricité.

Les panneaux solaires photovoltaïques sont composés de couches de matériaux semi-conducteurs tels que le silicium, qui absorbent la lumière du soleil et génèrent un flux d'électrons. Ces électrons peuvent ensuite être capturés et convertis en courant électrique continu à l'aide d'un système de câblage et d'un onduleur pour être utilisés directement ou stockés dans une batterie.

L'énergie photovoltaïque est considérée comme une source d'énergie propre, car elle ne produit pas de pollution atmosphérique ou de gaz à effet de serre nocifs pour l'environnement. Elle est également renouvelable, car elle dépend du soleil, une source d'énergie inépuisable à l'échelle humaine.

Le mot " photovoltaïque " vient de la grecque " photo " qui signifie lumière et de "voltaïque" qui tire son origine du nom d'un physicien italien Alessandro Volta (1754 -1827) qui a beaucoup contribué à la découverte de l'électricité, alors le photovoltaïque signifie littérairement la «lumière électricité» [1-2]

L'énergie photovoltaïque est utilisée dans de nombreuses applications, notamment pour alimenter les maisons, les entreprises, les installations agricoles et industrielles, ainsi que pour fournir de l'électricité aux communautés éloignées ou isolées.

L'objectif principal de ce travail est optimisée les propriétés optiques et électriques de l'encapsulant du panneau photovoltaïque.

Ce mémoire comprend trois chapitres:

- Dans la première partie, nous présenterons une généralité sur l'énergie solaire, et les panneaux solaires en suite nous parlerons d'une généralité sur les matériaux.

Introduction générale

- Le deuxième chapitre est dédié à la partie expérimentale dans laquelle les caractéristiques des matériaux utilisés, la synthèse ainsi que les techniques utilisées pour caractériser et déterminer les propriétés des nano composites EVA/PBA-aniline.
- Le troisième chapitre est consacré aux résultats et à l'interprétation des phénomènes observés y compris l'étude morphologique et la caractérisation par infrarouge a transformé de fourrier (IRTF) qui sont corrélées aux UV-visible, XPS(La spectrométrie photo électronique X), MEB(Le Microscope électronique à balayage), PL (La spectroscopie de photoluminescence).

Chapitre 1

Généralité sur les

panneaux

photovoltaïques

Chapitre 1 .Généralité sur les panneaux photovoltaïques

Chapitre 1 .Généralité sur les panneaux photovoltaïques

1.1. Introduction

Photovoltaïque, produite à partir du rayonnement solaire, est l'énergie la plus prometteuse des énergies renouvelables. L'énergie solaire est convertie en une énergie électrique au moyen des panneaux solaires constitués de plusieurs cellules photovoltaïques. La cellule photovoltaïque est le principal élément de la conversion directe de l'énergie lumineuse du soleil en énergie électrique. Elle est fabriquée à base des matériaux semi-conducteurs.

1.2. Énergie solaire

L'énergie solaire provient de la fusion nucléaire qui a lieu au centre du soleil, composé à 75% d'hydrogène, 23% d'hélium et 2% d'autres molécules. Les atomes d'hydrogène sont convertis en hélium par des réactions de fusion thermonucléaire massives. De plus, selon la formule d'Einstein (Équation 1. 1), la masse est convertie en énergie.

$$E = mc^2 \qquad \text{Équation 1. 1}$$

Cette réaction maintient la température à la surface du soleil à environ $5800^\circ K$. L'énergie du soleil est convertie en rayonnement uniformément dans toutes les directions de l'espace. Lorsqu'il vole du soleil à la terre sur 150 millions de kilomètres, sa densité extraterrestre totale tombée à 1367 m^2 cette valeur et s'appelle la constante solaire. En une heure, la terre reçoit $1,2 \times 10^{17}$ énergie du soleil, assez pour se maintenir pendant presque un an. Les panneaux photovoltaïques peuvent utiliser cette énergie gratuite en la convertissant en électricité [3].

1.3.Historique de l'énergie photovoltaïque

L'effet photovoltaïque est la production d'électricité par rayonnement solaire a été découverte par le physicien Alexandre Edmond Becquerel dans le laboratoire de son père, en appliquant une solution conductrice exposée à la lumière et l'observant en 1839[4]. En 1876 Adam et son élève Richard ont observé l'effet photovoltaïque dans la solidification du sélénium [5]. En1883 la première cellule solaire à base de sélénium avec une efficacité de 1% ont été

Chapitre 1 .Généralité sur les panneaux photovoltaïques

développées par l'inventeur américain Charles Frittes [6], et le 25 avril 1954 les laboratoires Bell ont annoncé la première cellule à base de silicium avec une efficacité allant jusqu'à 6%.

1.4.Définition d'un panneau photovoltaïque

Un panneau photovoltaïque, aussi appelé module solaire photovoltaïque, est un dispositif qui permet de convertir la lumière du soleil en électricité à l'aide de cellules photovoltaïques. Le panneau solaire se compose d'un groupe de modules photovoltaïques, qui ont à leur tour un certain nombre de cellules photovoltaïques. Les cellules sont connectées en série, tandis que les modules sont connectés les uns aux autres en série et en parallèle [7]. Une cellule PV est fabriquée à partir de matériaux semi-conducteurs qui doivent être Capables d'absorber une grande partie de spectre solaire. Cette cellule est soumise à l'énergie des photons. L'énergie d'un photon (E), en Joules, dépend de la célérité de la lumière (c) et de la longueur d'onde du rayonnement (λ) par la relation:

$$E = h\gamma = \frac{hc}{\lambda} \quad \text{Équation 1. 2}$$

Où:

- $h = 6.624.10^{-34}$ Joule.sec⁻¹ est la constante de Planck,
- γ est la fréquence exprimée en Hz,
- $c \approx 3.10^8$ m/s la vitesse de la lumière,
- λ la longueur d'onde exprimée en m.

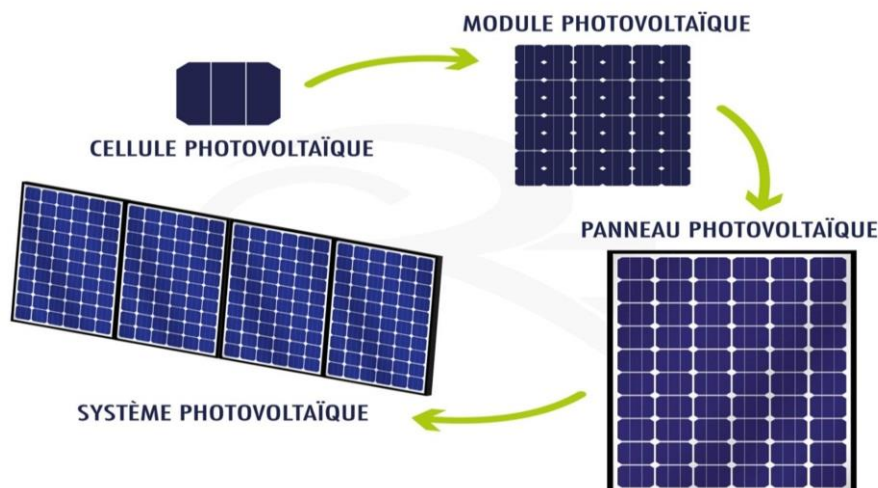


Figure 1.1 : Système photovoltaïques

Chapitre 1 .Généralité sur les panneaux photovoltaïques

Les panneaux solaires photovoltaïques peuvent être installés sur des toits, des murs ou d'autres surfaces, et sont utilisés pour produire de l'électricité pour les maisons, les bâtiments commerciaux, les centrales solaires, les satellites et de nombreuses autres applications.

1.5. Avantages et inconvénients de panneau photovoltaïque

Les panneaux solaires sont de plus en plus populaires en raison de leur capacité à produire de l'énergie renouvelable et leur impact positif sur l'environnement. Cependant, ils ont également des avantages et des inconvénients.

1.5.1. Avantages

1. **Énergie renouvelable** : Les panneaux solaires utilisent l'énergie du soleil, une source d'énergie renouvelable, qui est inépuisable.
2. **Faible impact environnemental** : Contrairement à la production d'énergie fossile, les panneaux solaires ne produisent pas de gaz à effet de serre, ce qui réduit leur impact environnemental.
3. **Coût à long terme** : Bien que l'installation des panneaux solaires soit coûteuse, leur coût à long terme est généralement inférieur à celui de l'énergie produite par des sources d'énergie fossile.
4. **Fiabilité** : Les panneaux solaires sont extrêmement fiables et peuvent fonctionner pendant des décennies avec peu d'entretien.
5. **Indépendance énergétique** : Les propriétaires de panneaux solaires peuvent devenir indépendants sur le plan énergétique en produisant leur propre énergie.

1.5.2. Inconvénients

1. **Coût initial élevé** : L'installation de panneaux solaires peut être coûteuse, ce qui peut décourager les consommateurs.
2. **Dépendance à la lumière du soleil** : La quantité d'énergie produite par les panneaux solaires dépend de la quantité de lumière solaire reçue, ce qui peut être un inconvénient dans les zones où l'ensoleillement est limité.
3. **Encombrement** : Les panneaux solaires peuvent prendre beaucoup de place sur un toit, ce qui peut affecter l'esthétique de la maison.

Chapitre 1 .Généralité sur les panneaux photovoltaïques

4. Production limitée d'énergie : Les panneaux solaires ont une production limitée d'énergie, ce qui peut ne pas être suffisant pour les grands bâtiments ou les usines.
5. Durée de vie limitée des batteries : Les batteries utilisées pour stocker l'énergie produite par les panneaux solaires ont une durée de vie limitée et doivent être remplacées périodiquement.

1.6. Composition et fabrication d'un panneau solaire

Les panneaux solaires traditionnels sont composés de plusieurs strates permettant de protéger les cellules photovoltaïques des agressions extérieures [8].

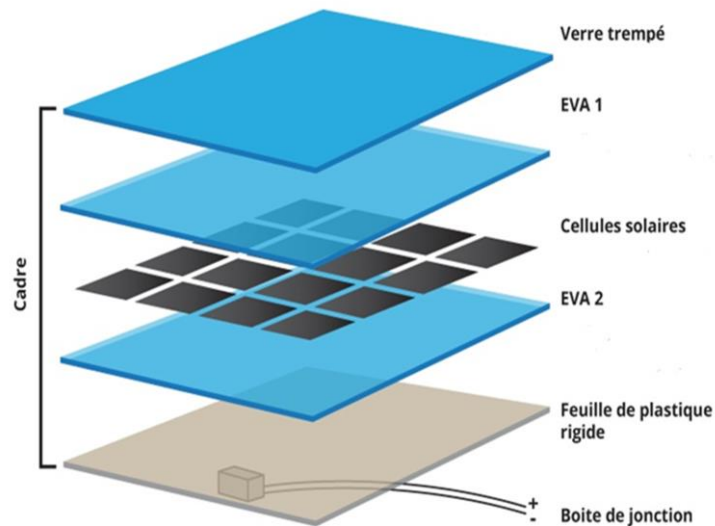


Figure 1.2. Composition d'un panneau solaire

1.6.1. Cadre en aluminium

Le cadre du panneau solaire est généralement en aluminium et fournit une structure rigide pour maintenir les différentes couches du panneau ensemble.

1.6.2. Verre trempé

Le verre trempé est la couche supérieure du panneau solaire. Il protège les cellules solaires des dommages causés par les intempéries et les rayons UV.

Chapitre 1 .Généralité sur les panneaux photovoltaïques

1.6.3.Membrane en Tedlar

Dans les panneaux solaires, la membrane en Tedlar, un film de polyvinylfluorure (PVF), est généralement placée à l'arrière du module, entre les cellules solaires et le boîtier arrière en aluminium. Cette couche de protection aide à empêcher l'eau, la poussière, les produits chimiques et les rayons UV de pénétrer dans le module, ce qui peut endommager les cellules solaires et réduire la performance du panneau solaire. Elle peut également aider à prolonger la durée de vie du panneau solaire en protégeant les cellules solaires des dommages causés par l'environnement extérieur.

1.6.4.Boite de jonction

Les connecteurs électriques sont utilisés pour connecter les cellules solaires les unes aux autres et pour acheminer l'électricité du panneau solaire vers un système électrique.

1.6.5. Cellules photovoltaïques

Les cellules solaires sont les composants de base du panneau solaire qui convertissent la lumière du soleil en électricité. Les cellules solaires sont fabriquées à partir de matériaux semi-conducteurs tels que le silicium.

Les cellules photovoltaïques sont constituées de matériaux semi-conducteurs qui absorbent l'énergie lumineuse et la convertissent directement en courant électrique. La production de cellules photovoltaïques nécessite de l'énergie et on estime que, selon leur technologie, une cellule photovoltaïque doit fonctionner environ 2 à 3 ans pour générer l'énergie nécessaire à sa fabrication [9].

1.6.5.1.Principe de fonctionnement

Une cellule individuelle, unité de base d'un système photovoltaïque, ne produit qu'une très faible puissance électrique, typiquement de 1 à 3 W avec une tension de moins d'un volt. Pour produire plus de puissance, les cellules sont assemblées pour former un module (ou panneau). Les connections en série de plusieurs cellules augmentent la tension pour un même courant, tandis que la mise en parallèle accroît le courant en conservant la tension. Le courant de sortie, et donc la puissance, sera proportionnelle à la surface du module [9].

Chapitre 1 .Généralité sur les panneaux photovoltaïques

1.6.5.2. Principaux types de cellules photovoltaïques

Il existe plusieurs familles de cellules photovoltaïques. Actuellement, les plus répandues sur le marché sont les cellules à silicium cristallin et à couche mince. L'industrie photovoltaïque est concentrée à plus de 90% sur l'utilisation du silicium comme matériau de base. Ce semi-conducteur présente, en effet, différents avantages: abondant à la surface du globe pour son extraction facile à partir du sable, non toxique comme d'autres semi-conducteurs III-V, son oxyde naturel (SiO_2) présente d'excellentes propriétés électroniques et son dopage facile par le phosphore ou le bore [10].

1.6.5.2.1. Silicium cristallin

Cette génération de cellules repose sur des plaquettes de silicium cristallin. Ces plaquettes sont sciées en lingots de silicium. Ces lingots sont le résultat d'un processus de purification permettant d'obtenir un matériau contenant 99,999% de silicium. Les cellules cristallines sont subdivisées en deux catégories : monocristallines (mono-Si) et poly-cristallines (Poly-Si) en fonction du type de structure. Ces deux types de cellules proviennent d'un processus de purification et de solidification différent (processus Czochralski (Cz) et processus Siemens). Les procédés de purification Cz et Siemens ont des structures d'approvisionnement différentes et sont généralement effectués par différentes industries. Les cellules monocristallines se distinguent par leurs coins brisés et leur apparence uniforme. Les cellules poly-cristallines, en revanche, ont un aspect plus irisé résultant de l'orientation des différents réseaux cristallins par rapport au plan de la section [12-13]. Ces technologies se caractérisent par des rendements de conversion de l'énergie lumineuse en énergie électrique allant de 15% à 20% (monocristallins) et de 13% à 16% (poly-cristallins), au niveau des modules commerciaux les plus largement utilisés [14].

Chapitre 1 .Généralité sur les panneaux photovoltaïques

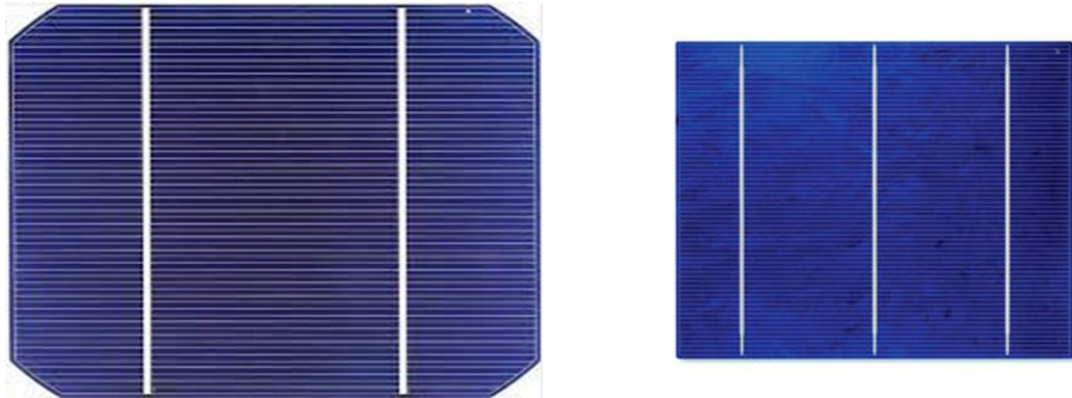


Figure 1.3.Cellules en silicium monocristalline module (gauche).Poly-cristalline module (droit)

1.6.5.2.2. Couche mince

Cette génération de cellules est basée sur le dépôt de matériaux semi-conducteurs à film mince. Ces matériaux sont déposés par des procédés tels que le PE-CVD (dépôt chimique en phase vapeur amélioré par plasma) sur un substrat. Avec l'augmentation des volumes de production, le coût de ces technologies a décliné pour devenir compétitif par rapport aux technologies cristallines de première génération [15]. Parmi les technologies à couches minces exploitées industriellement, on distingue [16] :

- Silicium amorphe (a-Si)
- Tellurure de cadmium (CdTe)
- Séléniure de cuivre-indium (CIS) et diséléniure de cuivre-indium gallium (CIGS)

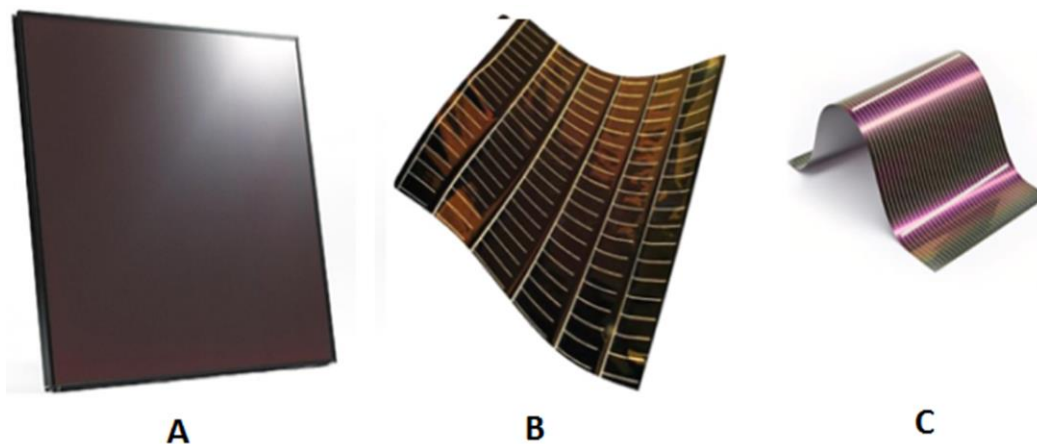


Figure 1.4. A : Module de silicium amorphe (a-si), B : Tellurure de cadmium (CdTe)
C : diséléniure de cuivre-indium gallium (CIGS)

Chapitre 1 .Généralité sur les panneaux photovoltaïques

1.6.5.2.3. Organique

De nouvelles cellules sont en cours de développement en laboratoire, les cellules organiques sont en phase de recherche et ont actuellement des rendements relativement faibles, avec un rendement de conversion supérieur à 3,6%, Il existe deux types principaux [17-18] :

- Cellules photovoltaïques organiques moléculaires
- Cellules photovoltaïques organiques à base de polymères appelées aussi cellules solaires en plastique

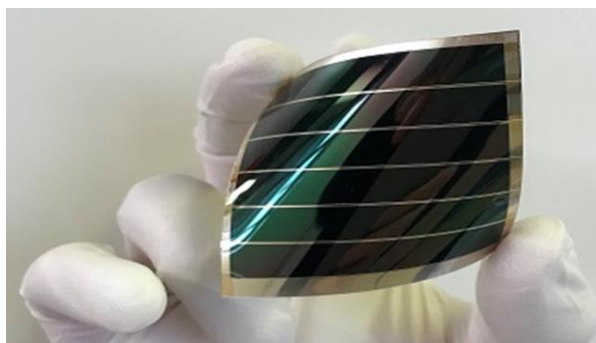


Figure 1.5. Exemple d'une cellule organique

1.6.6. Film d'encapsulation EVA : Ethylene Vinyl Acetate (éthylène-acétate de vinyle)

L'encapsulant polymère utilisé dans les modules photovoltaïques (PV) sert à assurer les fonctions de support structurel, d'isolation électrique, d'isolation physique/protection physique et de conduction thermique pour les circuits des cellules solaires [19]. Normalement, les matériaux d'encapsulation sont constitués d'un polymère visiblement transparent afin de maintenir une bonne transmission optique dans une région spectrale prescrite La stabilité à long terme de l'encapsulant est importante pour les modules PV déployés sur le terrain, où une longue durée de vie et une puissance de sortie fiable sont essentielles. Un copolymère d'éthylène-acétate de vinyle (EVA) utilise comme encapsulant dans les modules photovoltaïques passe de l'état transparent à l'état jaune-brun après quatre ans ou plus d'exposition aux intempéries [20].

Chapitre 1 .Généralité sur les panneaux photovoltaïques

1.6.6.1.Ethylène vinyle acétate (EVA)

L'éthylène-Co-acétate de vinyle EVA est un copolymère thermoplastique semi-cristallin faisant partie de la famille des polyoléfines fonctionnelles. Son attrait comme encapsulant photovoltaïque s'explique par son caractère élastomérique à coût relativement faible comparativement au polyvinyl butyral (PVB) ou aux silicones, initialement employés comme encapsulant PV.

Dans le but d'améliorer les performances de l'EVA comme encapsulant PV, des additifs sont ajoutés aux films tels que des promoteurs d'adhésion au verre (silanes), des agents de réticulation (peroxydes), des stabilisateurs UV ou encore des absorbeurs d'UV [21-22].

Le copolymère éthylène-acétate de vinyle (EVA), présente des caractéristiques idéales pour l'encapsulation des cellules en silicium: excellente transparence, grande résistance aux UV dans le temps, parfaite adhésion au verre, bonne isolation électrique [23].

1.6.6.2.Structure chimique

Le copolymère EVA est synthétisé par voie radicalaire. Comme son nom l'indique, l'EVA est composé d'une succession d'unités constitutives dérivées des monomères d'acétate de vinyle (AV) de formule $CH_3COO-CH=CH_2$ et d'éthylène $CH_2=CH_2$.

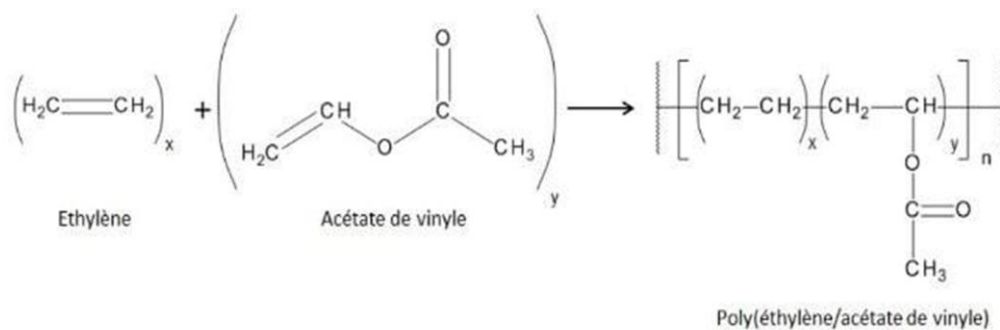


Figure 1.6. Structure de l'éthylène vinyle acétate EVA

Chapitre 1 .Généralité sur les panneaux photovoltaïques

Tableau 1.1.caractéristiques de l'EVA à partir de la fiche technique.

Propriétés	Valeur	Unité
Formule	$(C_4H_6O_2 - C_2H_4)_n$	/
Masse molaire	114,14	g/mol^{-1}
Masse volumique	0.93	g/cm^3
Teneur en acétate de vinyle	33	%
Température de fusion	260	°C

Malgré les avantages que possède le copolymère EVA comme encapsulant des panneaux photovoltaïques, ce matériau se dégrade à long terme du fait de facteurs extérieurs tels que les rayonnements UV et les températures élevées. En effet, l'encapsulant initialement transparent devient de couleur brune au cour du temps. Cette coloration a fait l'objet de nombreuses discussions quant à la fiabilité de l'encapsulant EVA, car cette coloration est à l'origine de la perte de puissance des panneaux photovoltaïques. De plus, cet encapsulant est synthétisé à partir de produits issus du pétrole, ce qui pourrait conduire à des problèmes de disponibilité et de coût à long terme du fait de l'épuisement progressif des ressources fossiles [24-25].

1.7.Nano-composites polymériques

Les nano-composites sont des matériaux constitués d'une matrice polymère dans laquelle sont dispersées des particules de taille nanométrique appelées charges [26]. Ces charges, de nature et de forme variées (sphères, fibres, plaquettes...) de différentes compositions (noir de carbone [27], argile [28], métaux [29], graphite [30]) PBA-aniline, vont jouer le rôle de renfort et vont permettre d'améliorer les propriétés mécaniques [31] thermiques [32], optiques [33] et électriques [34] de la matrice dans laquelle elles sont incorporées.

1.8.Synthèse bibliographique

En 2006 M.D.Kempe et al. ont Recueillis les gaz effusés provenant de la décomposition thermique de l'EVA à l'aide d'un appareil de chauffage et un flacon de CI (chromatographie ionique) contenant une quantité de KOH, pour déterminer le taux de formation d'acide acétique. Une analyse mécanique dynamique ont été réalisé par un rhéomètre, ils ont fait un

Chapitre 1 .Généralité sur les panneaux photovoltaïques

analyse par la DSC à l'exposition à la chaleur humide (85% d'humidité et 85 °C) .Ils ont trouvé par la DSC que le centre de la transition à -33°C et -37°C lors du refroidissement et du chauffage, respectivement .Et pour la rhéologie ils ont obtenu des changements dû à la présence à la fois d'un point de fusion et d'une transition vitreuse à ou près des températures habituellement rencontrées par un module.la Tg (température de transition vitreuse) a été mesurées à -15°C ,ce qui est beaucoup plus élevé que les valeurs d'environ -40°C. La Tg mesuré par le rhéomètre est plus important [35].

En 2007, Lili Cui et al .Fait une étude sur une série de copolymères éthylène-acétate de vinyle, EVA, contenant 0-40 % de VA(acétate de vinyle) et trois organoargile, $M_2(HT)_2$, $M_3(HT)_1$ et $(HE)_2M_1T_1$ (M méthyle, HE 2-hydroxy-éthyle, H,HT long chaines alkyles à partir de suif naturelle (natural tallow) et du suif hydrogénée (hydrogenated tallow)) ont été fondus pour explorer la relation entre la polarité de la matrice polymère et la structure organoargile sur l'étendue de l'exfoliation et les propriétés des nanocomposites résultants. Le degré d'exfoliation des nanocomposites a été évalué par TEM, WAXS et essais mécaniques. Des analyses quantitatives de particules d'images de TEM ont été faites pour donner diverses moyennes des dimensions d'argile et du rapport d'aspect, Dans la gamme des teneurs en AV examinées, les nanocomposites formés à partir de l'organoargile $M_2(HT)_2$ présentent la meilleure exfoliation par rapport aux deux autres organoargiles ; Cependant, les différences d'exfoliation entre les différents organoargiles diminuent à mesure que la teneur en VA de la matrice polymère augmente. Pour les analyses des particules, Pour chaque série de nanocomposites préparés à partir d'un organoargiles donné, la longueur moyenne des particules et l'épaisseur diminuent avec l'augmentation de la teneur en VA, mais le rapport d'aspect utilisant l'une ou l'autre méthode de moyenne augmente avec la teneur en VA. Les nanocomposites formés à partir de l'organoargiles $M_2(HT)_2$ ont généralement la plus petite longueur et épaisseur de particules, mais le rapport d'aspect le plus élevé; mais les différences de taille et de rapport d'aspect entre les nanocomposites formés à partir des différents organoargiles deviennent plus petites à mesure que la teneur en VA augmente et sont presque imperceptibles à 40% VA. Pour l'analyse WAXS (diffusion des rayons X grande angle):Pour les nanocomposites $M_2(HT)_1$ à base d'EVA, l'intensité maximale diminue avec l'augmentation de Contenu en AV. Pour les nanocomposites $M_3(HT)_1$ et $(HE)_2M_1T_1$ l'intensité maximale augmente avec l'augmentation Contenu en AV .Les résultats des

Chapitre 1 .Généralité sur les panneaux photovoltaïques

différentes techniques étaient généralement cohérents. Ces nanocomposites de copolymère EVA montre une amélioration spectaculaire de l'exfoliation de l'organoargile à mesure que la teneur en AV augmente [36].

En 2011, Tapas Kuila et al ont étudié les composites octadécyle amine-graphène/EVA (ODA-G/EVA) préparés par solution mélangé d'EVA et d'ODA-G dispersé dans le toluène. La morphologie des composites a été confirmée par DRX et Analyse MET. Pour l'analyse DRX. Le pic de réflexion basale de GO pur à 2θ $\frac{1}{4}$ 11.3 est décalé à 2θ $\frac{1}{4}$ 3.8 dans le spectre d'ODA-G en raison de l'intercalation de longues chaînes alkyles dans l'espace intercalaire de GO. Ceci indique la formation de plusieurs couches de graphène modifié de surface. Le pic à 2θ $\frac{1}{4}$ 26,0 est attribuable à la formation de structures graphiques pendant la réduction du GO modifié. Le pic large centré à 2θ $\frac{1}{4}$ 21.1 est attribuable à l'intercalation de longues chaînes alkyles entre les couches empilées de graphène. Le spectre de l'EVA pure montre deux pics amorphes à 2θ $\frac{1}{4}$ 20,8 et 22,8. L'absence de pic caractéristique d'ODA-G dans les composites indique la délamination des couches de graphène en présence de copolymère EVA, et l'analyse MET a été réalisé pour évaluer la dispersion de l'ODA-G dans les composites. Les morphologies des composites exfoliés ODA-G/EVA ont été analysées par MET. Les résultats montrent que les couches de graphène sont dispersées dans la matrice de polymère. L'image MET des composites d'ODA-G montre que la plupart des couches ODA-G ne sont pas seulement distribution homogène mais également agrégée dans la matrice d'EVA. Propriétés mécaniques montrent que les composites d'ODA-G/EVA sont mécaniquement stables par rapport aux composites purs EVA. La stabilité thermique et la résistivité électrique des composites résultants sont également bien meilleurs que ceux de EVA. Par conséquent, les composites d'ODA-G/EVA ont Applicabilité potentielle en tant que matériaux mécaniquement durables et plus stables [37].

En 2015, Abdullah Tahhan et al ont étudié l'amélioration de l'absorption de la lumière et des caractéristiques électriques des cellules solaires commerciales en silicium à simple jonction. L'EVA a été dissous dans du p-xylène à différents pourcentages de 6, 10, 14 et 18 % en poids. Un t% de 18% en poids donne une couche uniforme d'EVA appliquée sur la cellule et de bonnes propriétés optiques de réflexion et de transmission. Ce pourcentage est donc choisi pour des mélanges avec différent concentration de luminophores (1, 3, 5, 7 mg). Les films

Chapitre 1 .Généralité sur les panneaux photovoltaïques

formés ont été caractérisés par les techniques suivantes : DSC, SEM, PL, UV-Vis, et les mesures .L'efficacité de conversion énergétique, ainsi que la concentration optimale de phosphore (3 mg) dans le composite permettent une conversion maximale de la lumière et d'excellentes efficacités de transfert de puissance et d'énergie. De plus, il a été montré que la composition des luminophores dispersés a une grande influence sur la quantité de conversion de la lumière UV et la capacité de transition électronique des cellules photovoltaïques. Les résultats expérimentaux ont montré que la conversion d'énergie des cellules photovoltaïques à base de silicium était améliorée de 0,54 % dans les cellules photovoltaïques optimisées. [38].

En 2017 Jun Wang et al ont étudié l'amélioration de l'efficacité photoélectrique du film d'EVA. Les chercheurs ont synthétisé un complexe quaternaire en incorporant l'acide 1-tridécécanoarboxylique (Ta) dans le complexe Tris (dibenzoylmethane) phenanthroline europium [$Eu(DBM)_3phen$], couramment utilisé dans les matrices de polymères. Les analyses DRX ont révélé que ($[Eu(DBM)_2phen (Ta)]$) tend à devenir amorphe par rapport à la structure cristalline de ($Eu (DBM) _3phen$). Pour évaluer expérimentalement la compatibilité de ces complexes avec l'acétate d'éthylène et de vinyle (EVA), les chercheurs ont préparé des films EVA dopés avec les complexes par la méthode de coulée, la caractérisation des complexes par analyse élémentaire, FT-IR et XRD, observation des morphologies d'apparence des films EVA utilisant SEM et AFM, mesure des transmissions et des spectres de fluorescence des films EVA utilisant le spectrophotomètre UV-Vis et le spectromètre de fluorescence, et l'essai des performances de la cellule solaire en silicium polycristallin à l'aide d'un simulateur solaire. L'efficacité de conversion énergétique de la cellule solaire recouverte de film EuDP/EVA diminue avec l'augmentation de la teneur en EuDP. En revanche, le film EuDPT/EVA atteint un maximum lorsque le contenu d'EuDPT est de 1%. Sous le contenu identique de Complexes Eu^{3+} , la transmission de la lumière visible du film EuDPT/EVA est évidemment plus grande que celle d'EuDP/EVA film. Il existe donc un contenu EuDPT optimal avec lequel le film EuDPT/EVA a à la fois une bonne lumière visible transmittance et forte intensité de fluorescence, résultant en une efficacité de conversion énergétique maximale. La valeur maximale de l'efficacité de conversion énergétique de la cellule solaire recouverte d'un film EuDPT/EVA est de 12,14 %, tandis que celle de la cellule solaire recouverte d'un film EuDP/EVA n'est que de 11,98 %. Les résultats montrent que

Chapitre 1 .Généralité sur les panneaux photovoltaïques

l'amélioration de la compatibilité du complexe Eu^{3+} par l'introduction du TA contribue à améliorer l'efficacité de la conversion énergétique. [39].

En 2018, Thomas Fix et al. proposent une méthode pour améliorer le rendement des cellules solaires en utilisant des nanoparticules inorganiques pour convertir les photons ultra-violet en photons infrarouges. Les chercheurs ont proposé d'incorporer des nanoparticules de dioxyde de cérium (CeO_2) dopées avec Néodyme (Nd), ytterbium (Yb) ou terbium (Tb) dans un polymère d'encapsulation utilisé dans les cellules solaires. Ensuite, ils ont préparé des films de l'EVA avec 1,5g et 4g de $Tb\text{-}Yb\text{-}CeO_2$ et les ont caractérisés par MET qui montre que des nanoparticules sont bien obtenues avec des tailles en dessous de 20 nm et des franges qui montrent la cristallinité. L'UV-visible montre que ces films absorbent dans la bonne longueur d'onde à savoir l'UV et qu'ils n'absorbent pas dans le visible et proche infrarouge. Après, ils ont vérifié que l'EVA fonctionnalisé fournit bien un PL (photoluminescence) dans la gamme attendue (environ 902 nm pour le dopage au Nd et à 967 nm pour l'Yb) [40].

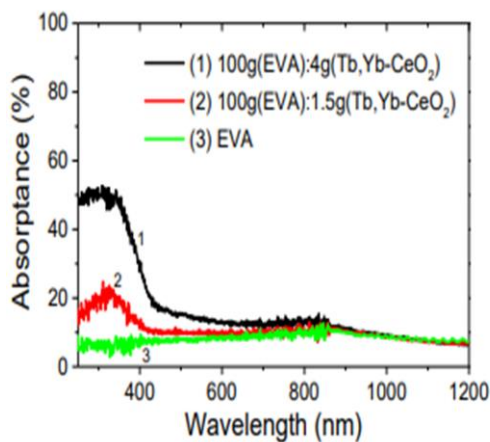


Figure 1.6. Absorbance des films EVA/ $Tb\text{-}Yb\text{-}CeO_2$

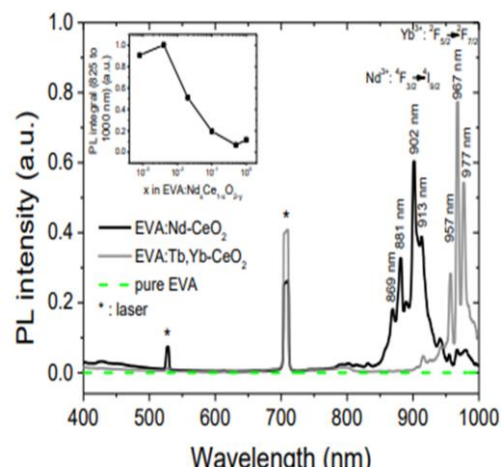


Figure 1.7. PL des films EVA/ $Tb\text{-}Yb\text{-}CeO_2$ [40]

En 2020, Michele Candida Carvalho de Oliveira et al. travaillent sur le développement d'un encapsulant basé sur l'ajout d'oxyde de graphène (GO) à l'encapsulant EVA formant le nano composite (EVA/GO), afin d'améliorer la stabilisation contre la photo dégradation. Les nano composites avec des différentes concentrations (0,25%, 0,50%, 0,75%, 1,00%, 2,00%) en poids de GO, ont été caractérisés par : la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier

Chapitre 1 .Généralité sur les panneaux photovoltaïques

par thermogravimétrie à réflexion totale atténuée (ATR-FTIR) et la calorimétrie différentielle à balayage (DSC), avant et après avoir subi des processus de vieillissement accéléré dans des chambres Weather-Ometer et UVB. En général, l'ajout de GO a minimisé la dégradation de l'encapsulant EVA. Seul l'encapsulant avec une concentration en GO de 0,25% en poids s'est révélé prometteur pour les modules photovoltaïques, car la transparence des films avec des concentrations plus élevées était altérée [41].

Dans le cadre de notre travail on s'intéresse à l'étude de l'influence des nanoparticules de l'aniline - PBA sur la matrice de l'EVA et ses différentes propriétés.

1.8.1. Perylène bis anhydride(PBA)

Le bis anhydride pérylène-3,4,9,10-tétracarboxylique, généralement abrégé en PTCDA (pour l'anglais perylene-3,4,9,10-tetracarboxylic dianhydride), est un pigment organique étudié en recherche pour le développement de composants électroniques en matériaux semi-conducteurs organiques tels que des transistors à effet de champ organiques, tandis que certains de ses dérivés, tels que le DiMe-PTCDI, peuvent servir à réaliser des cellules photovoltaïques organiques ou augmenter l'efficacité quantique des cellules photovoltaïques à dioxyde de titane TiO₂ [42].

Le PTCDA dérive structurellement du pérylène, un hydrocarbure aromatique polycyclique, et cristallise selon deux formes polymorphiques conventionnellement appelées α et β [43]. La structure bidimensionnelle de couches de PTCDA épitaxiales par jet moléculaire a été étudiée en détail sur différents substrats tels que le graphite et le disulfure de molybdène MoS₂, le cuivre, l'argent, ainsi que sur des isolants tels que le chlorure de sodium NaCl, le chlorure de potassium KCl et le bromure de potassium KBr [44].

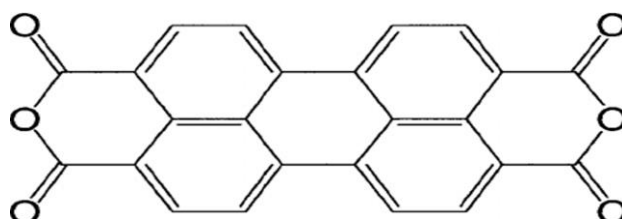


Figure 1.9 .structure de PBA

Chapitre 1 .Généralité sur les panneaux photovoltaïques

Tableau 1.2.caractéristiques de PBA à partir de la fiche technique.

Propriétés	Valeur	Unité
Formule	$C_{24}H_8O_6$	/
Masse molaire	392,316	g/mol^{-1}

1.8.2. Aniline

L'aniline est un composé chimique organique, également connu sous le nom de phénylamine. C'est une amine primaire aromatique qui se présente sous la forme d'un liquide incolore à jaune pâle. L'aniline est principalement utilisée dans la production de colorants, de produits pharmaceutiques et de caoutchouc synthétique. Elle peut également être utilisée comme précurseur dans la fabrication de divers produits chimiques.

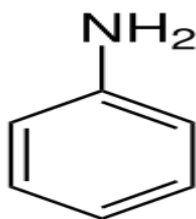


Figure 1.10 .structure de l'aniline

Tableau 1.3.caractéristiques de l'aniline à partir de la fiche technique.

Propriétés	Valeur	Unité
Formule	$C_6H_5NH_2$	/
Masse molaire	93,13	g/mol^{-1}
Masse volumique	1.02	g/cm^3
Température de fusion	-6.0	°C

Chapitre 1 .Généralité sur les panneaux photovoltaïques

1.9. Décalage luminescent vers le bas LDS (Luminescent Down Shifting)

La LDS technique de décalage vers le bas luminescent pour améliorer la réponse à courte longueur d'onde d'une cellule solaire en déplaçant les photons à haute énergie vers le domaine visible. En appliquant une couche de LDS avec des matériaux photo luminescents absorbant les UV sur le dessus des dispositifs PV [45]. la technique LDS, qui permet de convertir les photons UV de haute énergie en photons de plus faible énergie à des plus grandes longueurs d'onde, améliorant ainsi la réponse spectrale des cellules solaires [46].

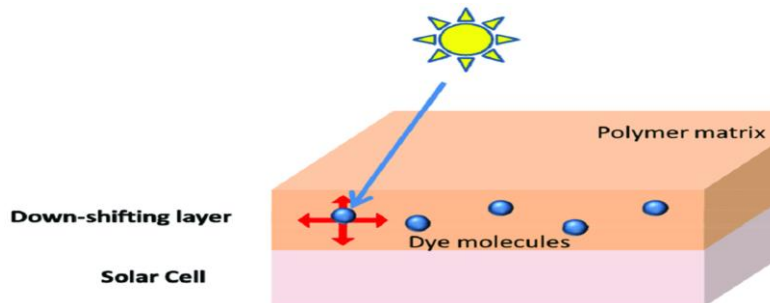


Figure 1. 11. principe de la technique LDS

Chapitre 1 .Généralité sur les panneaux photovoltaïques

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les bases indispensables à la compréhension de la cellule photovoltaïque qui constitue le dispositif ou le composant électronique le plus rentable en énergie, en convertissant l'énergie radiative ou solaire en énergie électrique. Alors, nous avons d'abord présenté l'historique de l'effet photovoltaïque et le principe de fonctionnement puis on a cité les différentes compositions d'un panneau photovoltaïque après on a présenté les différents types de cellules photovoltaïques et la technique LDS.

Chapitre

2. Partie

expérimentale

Chapitre 2 .Partie expérimentale

Chapitre 2 .Partie expérimentale

2.1. Présentation de la matière première et les techniques de la caractérisation

Dans cette partie de notre travail nous allons présenter tous le matériel et les différentes méthodes utilisés pour réaliser une étude des mélanges EVA/ PBA-aniline dont l'objectif est d'améliorer les performances de l'encapsulation des cellules et panneaux solaires. Nous nous intéressons particulièrement à étudier l'influence des nanoparticules de PBA/aniline sur la matrice de l'EVA et ses différentes propriétés. Nous présentons aussi les méthodes expérimentales utilisées UV- visible, la spectroscopie FTIR, MEB, XPS, Ces méthodes sont utilisées pour caractériser les films des polymères.

2.2. Matériels et méthodes

2.2.1. L'éthylène vinyle acétate (EVA) : Le copolymère d'éthylène-acétate de vinyle (EVA) utilisé dans cette étude a été commercialisé sous forme de granulés transparents L'EVA généralement contient de 33% d'acétate de vinyle le long du squelette carbonée.

2.2.2 .PBA-aniline : perylène-3,4, 9,10-tétracarboxyliquedianhydrure-aniline (PBA-aniline) utilisé lors de cette étude est un produit commercialisé sous la marque (BB 336 : PBA-Aniline : Auto, 4h, 200 °C) sous forme de poudre rouge.

2.3. Mode Opérateur

2.3.1. Préparation des mélanges

Pour la préparation des solutions EVA /PBA-aniline sous forme des films nano-composites nous avons besoin de:

- EVA commercialisé sou forme de granulés (4,3g)
- PBA-aniline commercialisé (0,001g)
- Chloroforme

Chapitre 2 .Partie expérimentale

Tout d'abord on commence par peser quatre échantillons de l'EVA chacune avec une masse de 4,3g, chaque échantillon est mélangé avec 20 ml de chloroforme. La solution est agitée pendant 30 min, afin d'obtenir une solution homogène.

Ensuite, une masse de 0,001g de PBA-Aniline est pesée et est mélangée avec 10 ml de chloroforme. Pour obtenir une solution homogène, une agitation manuelle pendant 2 minutes était suffisante.

Quatre différents volumes de ce dernier mélange ont été prise (0,2, 0,4, 0,6, 0,8 ml) et injectés dans les quatre solutions EVA.

2.3.2. Préparation des films

La solution préparée est versée sur une plaque de verre entourant par le téflon. Cette dernière est exposée à l'aire libre pendant 24 heures afin de réaliser un séchage complet. Les films formés sont récupérés.

2.4. Techniques de caractérisation

2.4.1. Microscopie électronique à balayage (MEB)

Le Microscope électronique à balayage (MEB) (ou SEM pour les anglo-saxons) est un outil d'expertise et de recherche nous permettant d'accéder facilement à des informations sur la morphologie et la composition chimique d'un matériau solide .Grâce à ses caractéristiques telles que le pouvoir de résolution, sa grande profondeur de champ, il vient compléter les autres moyens d'investigations microscopiques optique ou électronique à transmission. Son essor est dû également à la facilité d'utilisation et de préparation des échantillons, ainsi qu'à la diversité des images délivrées (topographie, composition chimique). Il reste cependant un outil indispensable pour l'exploitation du monde microscopique[47].

Le microscope électronique à balayage (MEB) est composé de Sonde (source d'électrons ; condenseur, objectif, diaphragme) L'appareillage employé est de type Philips ESEM XL30.

Chapitre 2 .Partie expérimentale

2.4.2. Spectroscopie de photoélectrons XPS

La spectrométrie photoélectronique X, ou spectrométrie de photoélectrons induits par rayons X (en anglais, *X-Ray photoelectron spectrometry*:XPS) est une méthode de spectrométrie photoélectronique qui implique la mesure des spectres de photoélectrons induits par des photons de rayon X. Dans une expérience XPS. Le principe d'analyse est comme suit :

L'échantillon est bombardé par des rayons X d'une certaine longueur d'onde, ce qui émet un photoélectron qui est par la suite détecté. Les photoélectrons ont des énergies propres à chaque élément, ce qui permet de déterminer la composition de l'échantillon. Pour une analyse qualitative, l'élément doit avoir une concentration plus élevée que 0,1 %, tandis qu'une analyse quantitative peut être effectuée si 5 % de l'élément est présent [48].

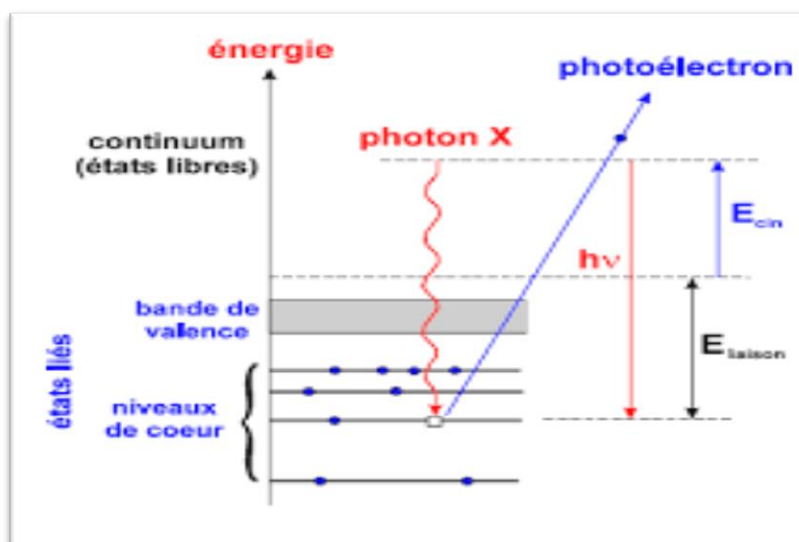


Figure 2.1. Principe de spectroscopie de photoélectrons XPS

2.4.3. Spectroscopie infrarouge a transformé de fourrier (FT-IR)

La Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier (ou FTIR : Fourier Transformed Infrared Spectroscopy) est une technique d'analyse spectroscopique basée sur l'absorption d'un rayonnement infrarouge par le matériau analysé. Elle permet via la détection des

Chapitre 2 .Partie expérimentale

vibrations caractéristiques des liaisons chimiques, d'effectuer l'analyse des fonctions chimiques présentes dans le matériau [49]. Le principe d'analyse est comme suit :

Lorsqu'une radiation infrarouge IR traverse un film de polymère, le spectre de la radiation émergente révèle des bandes d'absorption dues à des vibrations et rotation particulière des groupements atomiques qui caractérisent la structure de l'échantillon.

Il existe deux types de vibrations l'allongement (étirement) le long de l'axe de liaison et les déformations (flexion) qui conduisent à un changement d'angle entre deux liaisons consécutives, soit dans le plan, soit en dehors du plan. Ces élongations et distorsions peuvent être identiques ou asymétriques. Elles sont illustrées à la (figure 2.2.) avec le lien entre CH_2 comme exemple [50].



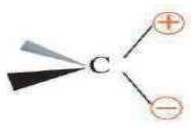



	Elongations	Déformations angulaires	
		dans le plan	hors du plan
Symétrique	 <p>Elongation symétrique</p>	 <p>Cisaillement (scissoring)</p>	 <p>Torsion (twisting)</p>
Asymétrique	 <p>Elongation asymétrique</p>	 <p>Balancement (rocking)</p>	 <p>Hochement (wagging)</p>

Figure 2.2. Modes vibrationnels infrarouge d'une liaison CH_2

Le FTIR de l'EVA et des films de nano composites EVA/PBA-aniline a été réalisée sur un appareil de type AgilentCary, série 680 Sa gamme spectrale s'étend de 4500 à 500cm^{-1} .

2.4.4. Spectroscopie UV-Visible

La spectroscopie UV-visible est une technique d'analyse dont le principe repose sur l'absorption de la lumière par les molécules. La lumière utilisée possède une longueur d'onde X comprise entre 200 et 1000 nm . Entre 200 nm et 400 nm , la lumière est dans le domaine de

Chapitre 2 .Partie expérimentale

l'ultraviolet (UV), entre 400 et 800 nm, dans le domaine du visible et au-delà, dans le début de l'Infra-Rouge. Une molécule colorée absorbe obligatoirement dans le domaine du visible. Une molécule qui n'absorbe pas du tout dans le domaine du visible est incolore [51]. On utilise un spectrophotomètre dont le principe est décrit dans la figure 2.3.

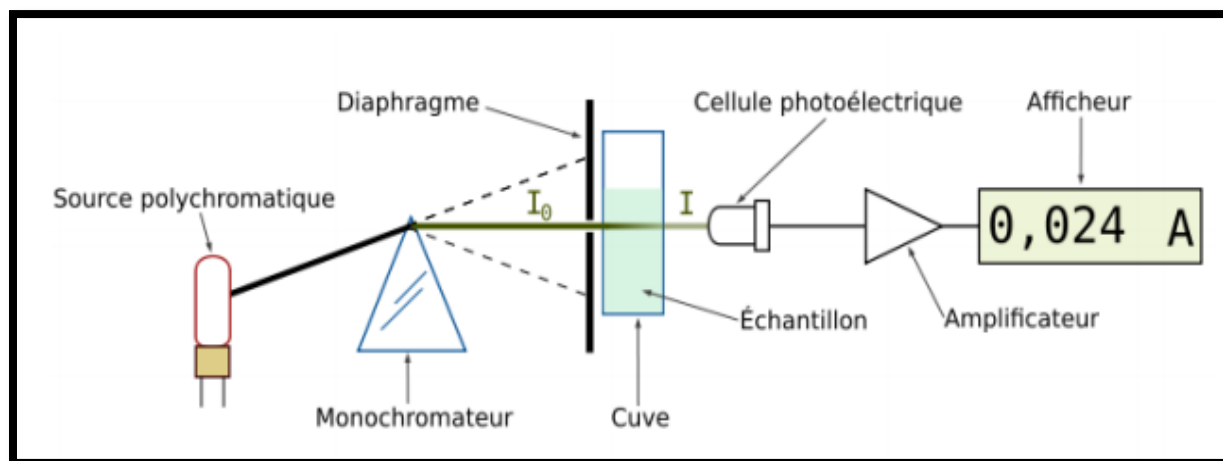


Figure 2.3. Schéma du principe de spectroscopie UV-visible

La lumière blanche est un mélange de radiations de couleurs (longueurs d'ondes) différentes séparables par un monochromateur. Un diaphragme permet de sélectionner une radiation et l'on mesure l'intensité de cette radiation après son passage dans l'échantillon. L'appareil affiche l'absorbance de l'échantillon définie par la loi de Beer-Lambert [52]

$$A = \varepsilon \cdot l \cdot C$$

Equation

l: longueur de la cuve dans laquelle est mis l'échantillon (en cm)

C: concentration de la solution (en mol^{-1})

ε : coefficient d'absorption molaire (en $\text{cm}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \text{L}$ pour que **A** sans dimension)

2.4.5. Photoluminescence

La spectroscopie de photoluminescence (PL) est un groupe de méthodes optiques permettant de mesurer les spectres d'émission optique d'objets nanométriques pour déterminer les propriétés des matériaux semi-conducteurs et isolants. Les spectres PL peuvent fournir des

Chapitre 2 .Partie expérimentale

informations sur l'émission optique, les états quantiques, la contrainte intrinsèque et d'autres caractéristiques des matériaux et des nanostructures. Dans une configuration PL classique, l'échantillon est directement excité par un laser avec une énergie supérieure à la bande interdite. Les photons émis sont collectés par le système de détection et envoyés vers un monochromateur équipé d'un photodétecteur [53].

L'appareil utilisé est un spectromètre de marque « FluorologTM HORIBA» Pour appliquer cette technique dans le domaine spectral étudié, les échantillons à analyser sont préparés sous forme de films très fins.

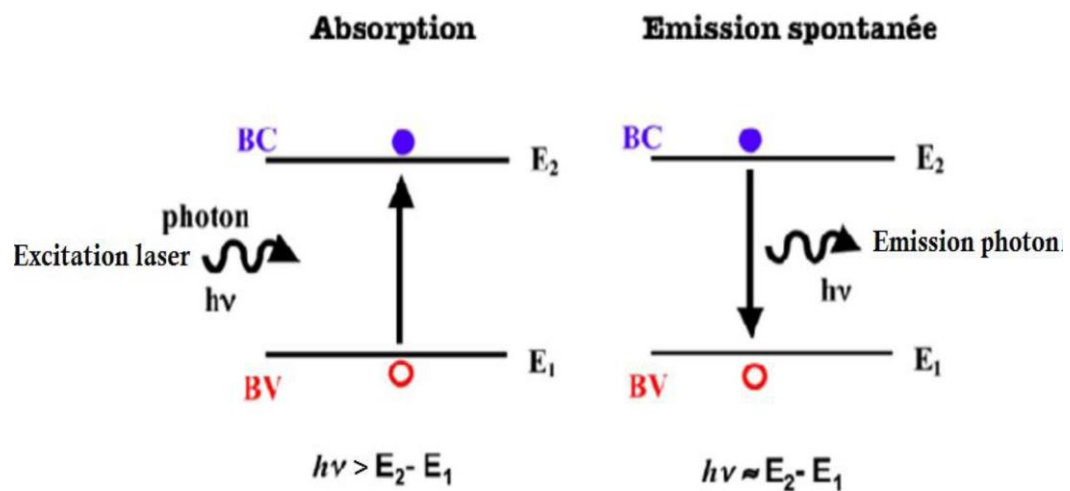


Figure 2. 4. principe d'absorption et d'émission spontanée.

Chapitre 2 .Partie expérimentale

Conclusion

En conclusion, les techniques de caractérisation UV-Visible, XPS, FTIR, MEB et PL sont des outils complémentaires qui permettent d'obtenir une compréhension approfondie des propriétés optique et électrique des matériaux.

La technique UV-Visible permet d'analyser les propriétés optiques des matériaux tels que la transmittance et l'absorbance, et peut être utilisée pour déterminer la longueur d'onde de certains composés. XPS peut être utilisé pour déterminer la composition élémentaire des surfaces. FTIR permet d'analyser les vibrations moléculaires et peut être utilisé pour déterminer les groupes fonctionnels présents dans les échantillons.

Chapitre

3. Résultats et discussion

Chapitre 3 .Résultats et discussion

Chapitre 3. Résultats et discussion

Cette partie du manuscrit est une synthèse des résultats obtenus à partir des travaux expérimentaux réalisée. Pour ce faire, différentes techniques de caractérisation expérimentales sont réalisées sur les films préparés.

3.1. Caractérisation de EVA /PBA-aniline sous forme des films nano-composites

3.1.1. Caractérisation morphologique du PBA-aniline

La figure 3.1 (A) et (B) montre respectivement les images MEB du PBA-aniline-à un diamètre de 1 μ m. On visualise clairement sur la figure 3.1 que les particules de PBA-aniline- présente une surface hétérogène avec agglomération ainsi que, on note la présence des pores.

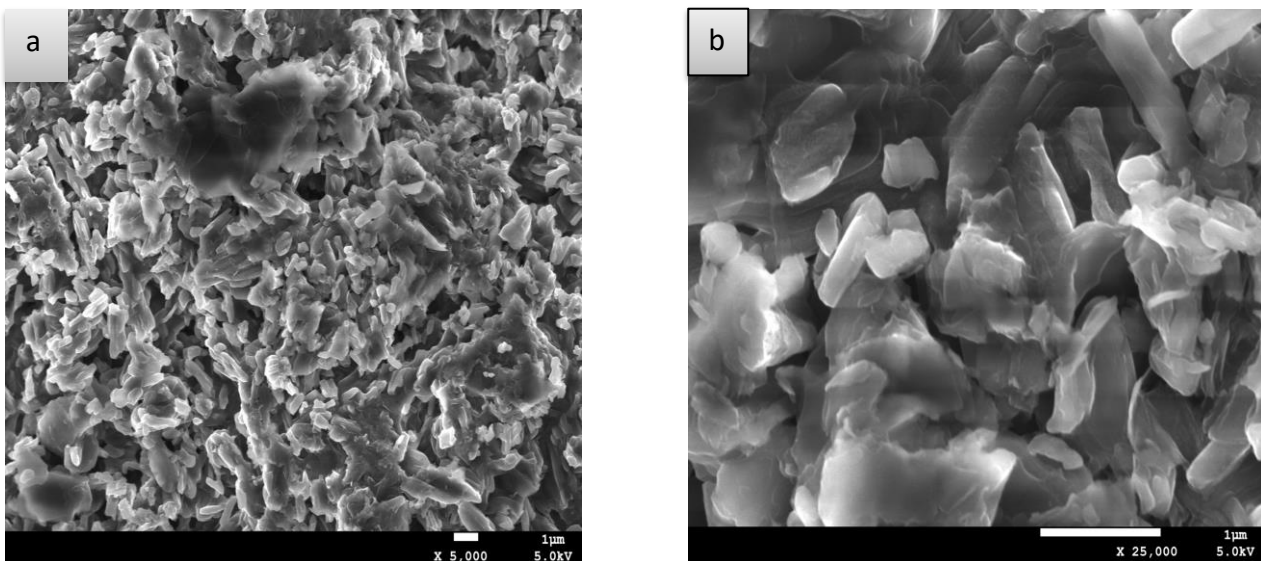


Figure.3.1. Images MEB de poudre PBA-aniline.(a) échelle de 5.000 et (b) échelle de 25.000

Chapitre 3 .Résultats et discussion

3.1.2. Caractérisation par XPS

Afin de déterminer la composition chimique et les différentes liaisons dans l'EVA et PBA-aniline, une analyse XPS est effectuée.

La figure 3 .2 présente le spectre XPS de l'EVA , wide scan, On note sur le spectre la présence des pics de l'oxygène et du carbone .La figure.3.3 présente le spectre XPS du carbone à haute résolution , on note l'apparition des liaisons carbone-carbone à une énergie de liaison 315 eV et la liaison carbone-oxygène à E=308 eV. La figure. 3.4 présente le spectre XPS de l'oxygène à haute résolution, on observe l'apparition de deux pics, le premier correspond à O^{2-} et le deuxième à la liaison C-O à des énergies 560 eV et 557 eV respectivement.

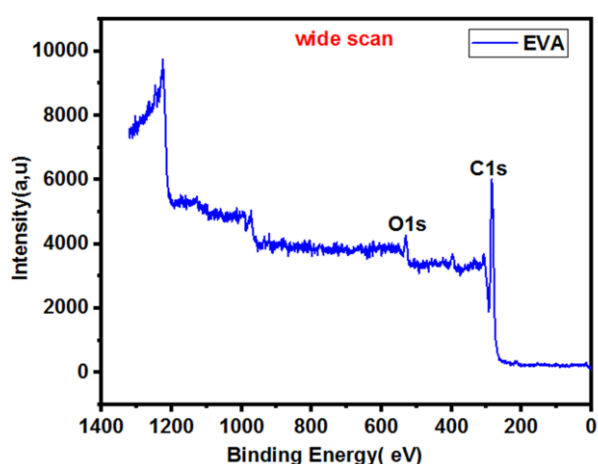


Figure. 3.2. Spectre XPS de l'EVA

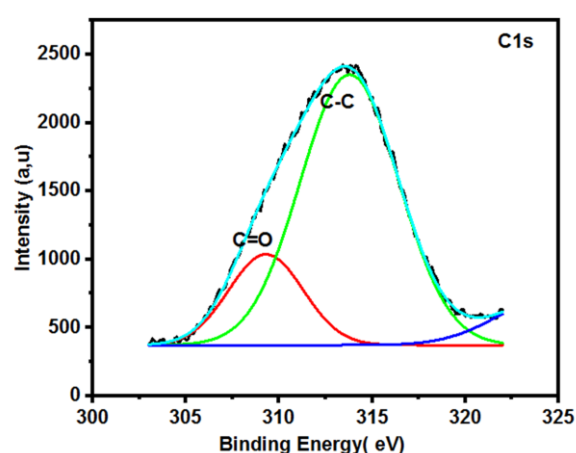


Figure 3.3. Spectre XPS du C1s à haute résolution

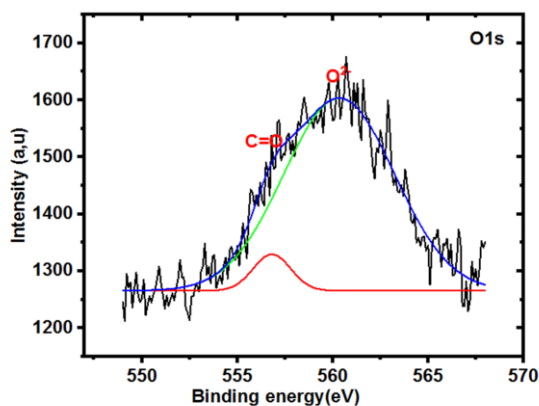


Figure.3.4 Spectre XPS de l'O1s à haute résolution

Chapitre 3 .Résultats et discussion

Tableau.3.1. Energie des liaisons en (eV)

Elément	C1s		N1s			O1s	
	C-O	C-C	N-H	C-N	N aromatique	O-H	O^{-2}
Energie de liaison (eV)	288	284	400.8	399.4	398.3	531.1	530.5

3.1.2.1. Analyse XPS du composite PBA-aniline/EVA

La figure.3.5 présente le spectre XPS du composite EVA PBA-aniline (wide scan), on note sur la figure l'apparition des pics de C1s, O1s et l'azote (N1s). La figure .3.6 présente le spectre XPS à haute résolution du pic N1s. La deconvolution du pic N1s révèle l'apparition des pics de la liaison N-H à 400,8 eV, La liaison C-N à 399,4 eV et le N aromatique à 398.3 eV. La figure 3.7 présente le spectre XPS à haute résolution du pic O1s. La déconvolution du pic O1s révèle l'apparition des pics de la liaison –O-H. à 531.1 eV, La liaison O^{-2} à 530.5 eV [54].

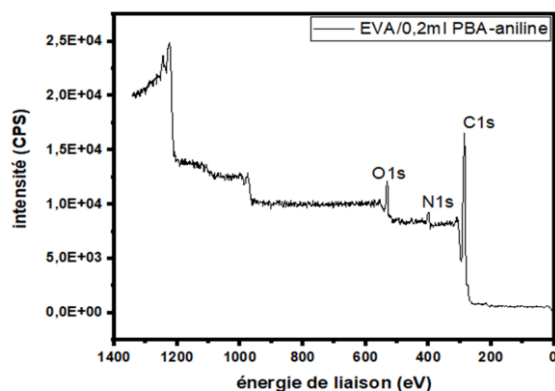


Figure.3.5. Représente le spectre XPS

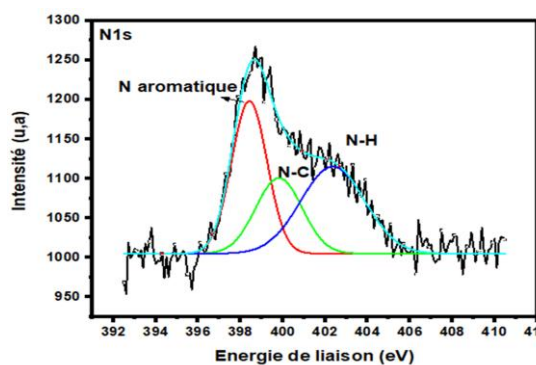


Figure.3.6. Représente le Spectre XPS N1s

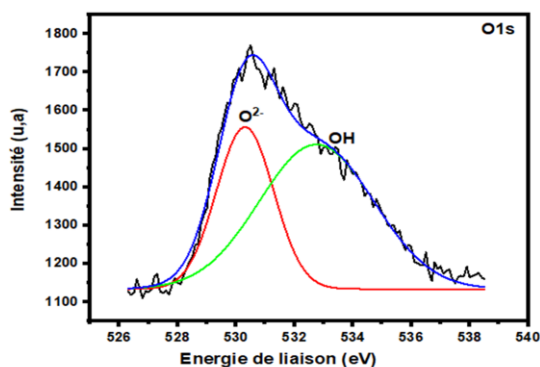


Figure.3.7. Représente le Spectre XPS O1s

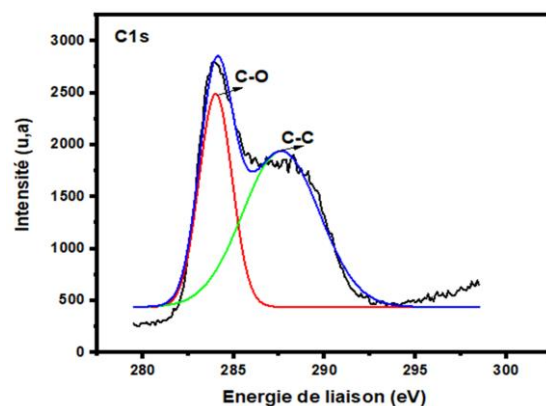


Figure.3.8. Représente le spectre XPS C1s

Chapitre 3 .Résultats et discussion

La figure 3.8 présente le spectre XPS à haute résolution des pics C1s. La déconvolution du pic C1s révèle l'apparition des pics de la liaison C-O à 288 eV et la liaison -C-C à 284 eV.

3.1.3. Caractérisation par infrarouge à transformé de fourrier (FT-IR)

La caractérisation par spectroscopie infrarouge à transformé de fourrier joue un rôle important. Montre les différents groupements fonctionnels qui se produisent. Les analyses par FTIR ont été réalisées en premier lieu sur l'EVA pure et puis sur les films nano-composites.

❖ Spectre FTIR de l'EVA

La figure 3.9. Présente le spectre FTIR de l'EVA. Le spectre montre les bandes typiques de l'acétate de vinyle (AV). 1737, 1238, 1022 cm^{-1} , et les bandes du segment éthylène. 2919, 2852, 1470, 1373 et 720 cm^{-1} .

- ✓ Des pics de forte absorption 2919 cm^{-1} et 2852 cm^{-1} correspondant respectivement à la vibration d'élongation symétrique de la liaison C-H.
- ✓ Une bande d'absorption de haute intensité. autour de 1737 cm^{-1} attribuée à la vibration de la liaison -C=O du groupe aldéhyde.
- ✓ Les bandes à 1470 cm^{-1} et 1373 cm^{-1} sont attribuées aux vibrations de déformation et de flexion du méthyle, respectivement.
- ✓ Deux pics 1238 cm^{-1} et 1022 cm^{-1} correspondant respectivement à la vibration de déformation asymétrique et symétrique de la liaison -C-O de groupe -C-O-C.
- ✓ La bande à 720 cm^{-1} correspond à la vibration de balancement hors du plan CH₂ sont principalement causés par les segments d'éthylène du copolymère

Ces pics sont en bon accord avec les valeurs trouvées dans la littérature [55-57].

Chapitre 3 .Résultats et discussion

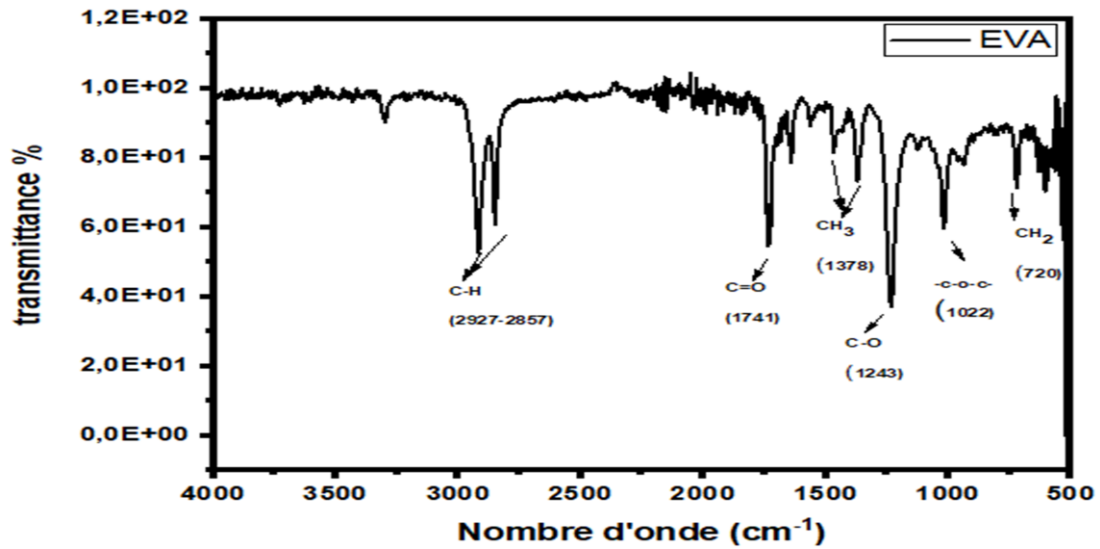


Figure.3.9. Spectre infrarouge de l'EVA commerciale

❖ Spectres FTIR des nano-composites EVA/PBA-aniline

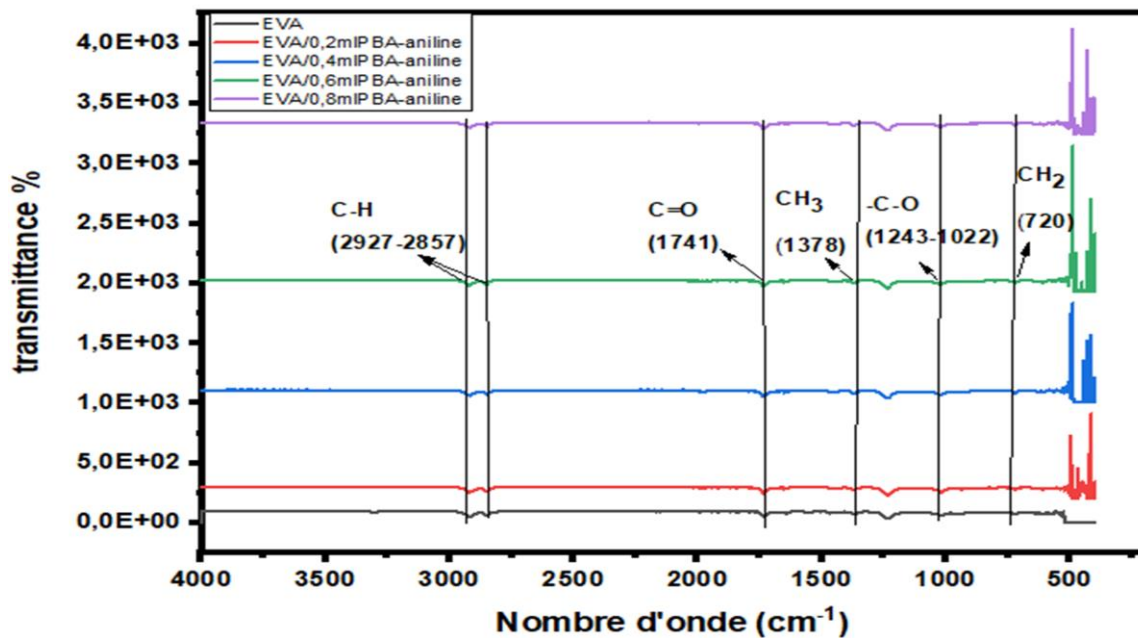


Figure.3.10. Spectres FTIR des films d'EVA/PBA-aniline.

Chapitre 3 .Résultats et discussion

Les analyse FTIR pour les composites EVA/PBA-aniline tous les volumes, On a obtenir les mêmes bandes :

- ✓ Des pics de forte absorption 2927cm^{-1} et 2857cm^{-1} correspondant respectivement. a vibration d'élongation symétrique de la liaison C-H.
- ✓ Une bande d'absorption de haute intensité. autour de 1741cm^{-1} attribuée à la vibration de la liaison -C=O du groupe ester.
- ✓ Les bandes à 1378cm^{-1} est attribuée à la vibration de déformation symétrique du méthyle,
- ✓ Deux pics 1243cm^{-1} et 1022cm^{-1} correspondant respectivement. la vibration de déformation asymétrique et symétrique de la liaison -C-O de groupe -C-O-C.
- ✓ La bande à 720cm^{-1} correspond à la vibration de balancement hors du plan CH₂

La figure 3.10 présente les spectres de FTIR de l'EVA pure et le mélange PBA-aniline/EVA à déférent volume mesurées directement à la surface des films. Le spectre infrarouge fournit des informations sur les aspects structurels de polymères, comme la composition chimique, la conformation et structure. Des bandes d'absorption peuvent donner des informations concernant l'interaction entre les composants du mélange. Nous observons que les spectres infrarouges des mélanges correspondent exactement à une superposition des spectres de ses composants sans changement de bande. C'est une autre indication de l'absence de l'interaction chimique entre les composants du mélange. On constate que l'ajout de PBA/aniline ne provoque aucun changement dans la structure des mélanges (pas de nouveaux pics ou changement dans l'intensité des pics existants).

3.1.4. Caractérisation par UV-visible

La spectroscopie UV-visible a été utilisée pour vérifier la réponse optique de l'EVA et des nano-composites lorsqu'ils sont soumis à la transmission du rayonnement UV-visible du spectre électromagnétique dans la gamme 200nm à 900nm. La transmission de la lumière solaire UV-visible à la cellule est l'un des critères importants pour que l'encapsulant produise de l'électricité. Les spectres de transmission ont été obtenus en utilisant un spectrophotomètre UV-VIS .la figure 3.11 montre les spectres de transmission pour les films EVE/PBA-aniline

Chapitre 3 .Résultats et discussion

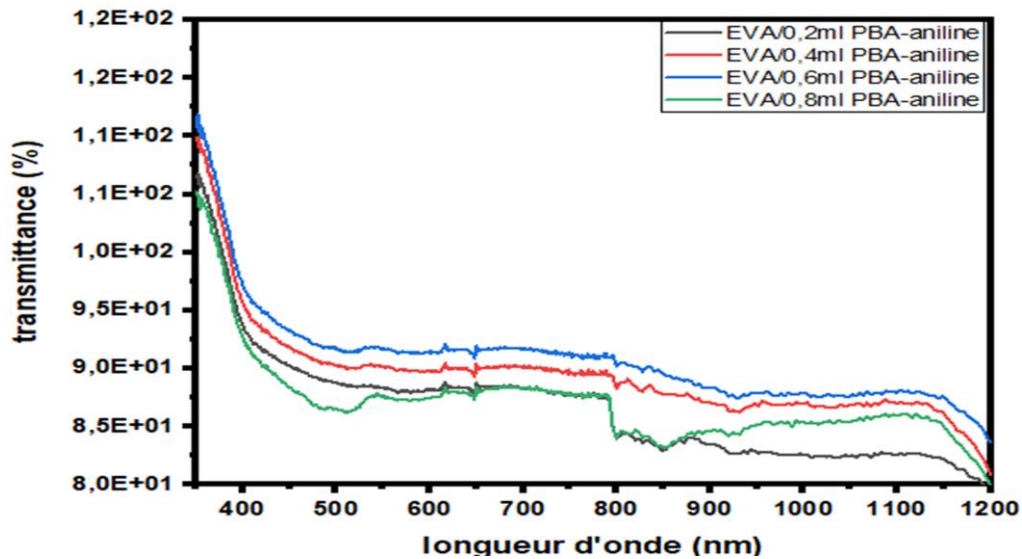


Figure.3.11. Spectre UV-visible des films

Pour les quatre échantillons, on remarque que l'échantillon EVA/0.6PBA-aniline présente une forte transmittance $T=91\%$ dans la gamme de visible (400-800 nm), après ce domaine la transmittance diminue de 5% et va rester stable.

3.1.5. Caractérisation par photoluminescence

Les résultats de la caractérisation par photoluminescence de l'EVA et de ses nanocomposites EVA/PBA-aniline élaborés avec différents volumes qui mesuré dans la gamme de 300 à 1000 nm. sont exposés dans les figures (3.12-14)

La figure.3. 12. Présente le spectre de la photoluminescence de l'EVA, on note sur la figure que l'EVA absorbe à 420nm. Par la suite, La figure.3.13. Présente le spectre photoluminescence de la poudre PBA-aniline en fonction de la longueur d'onde, on note sur la figure qu'on a une absorption enregistrée entre 450nm et 550nm. Par la suite, ou on a enregistré des pics plus intenses à des longueurs d'onde 575nm, 825nm ce qui signifie à une réémission d'électrons.

Chapitre 3 .Résultats et discussion

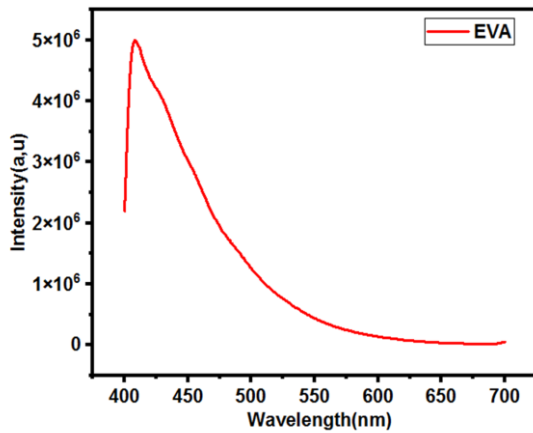


Figure.3.12. Spectre photoluminescence de L'EVA commerciale

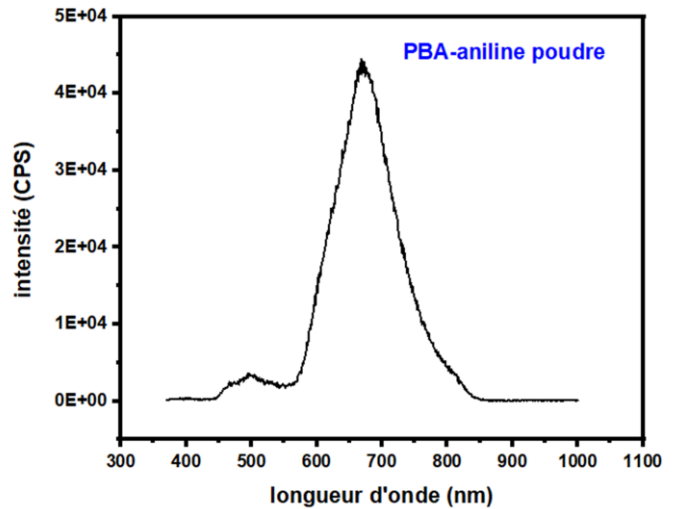


Figure.3.13. Spectre photoluminescence de la poudre PBA-aniline

3.1.5.1. Analyse par photoluminescence du composite PBA-aniline/EVA

La figure.3.14. Présente le spectre photoluminescence des films d'EVA/PBA-aniline à différents volumes en fonction de la longueur d'onde, on note que dans les volumes 0.2ml et 0.4ml des pics moins intenses à des longueurs d'onde 525nm. et dans les volumes 0.6ml et 0.8ml on a enregistré des pics à des longueurs d'onde moins intenses (350nm, 425nm) implique une absorption. Par la suite, on note un décalage spectral vers le rouge, ou on a enregistré des pics plus intenses à des longueurs d'onde 500nm, 625nm ce qui indique à une réémission d'électron

Chapitre 3 .Résultats et discussion

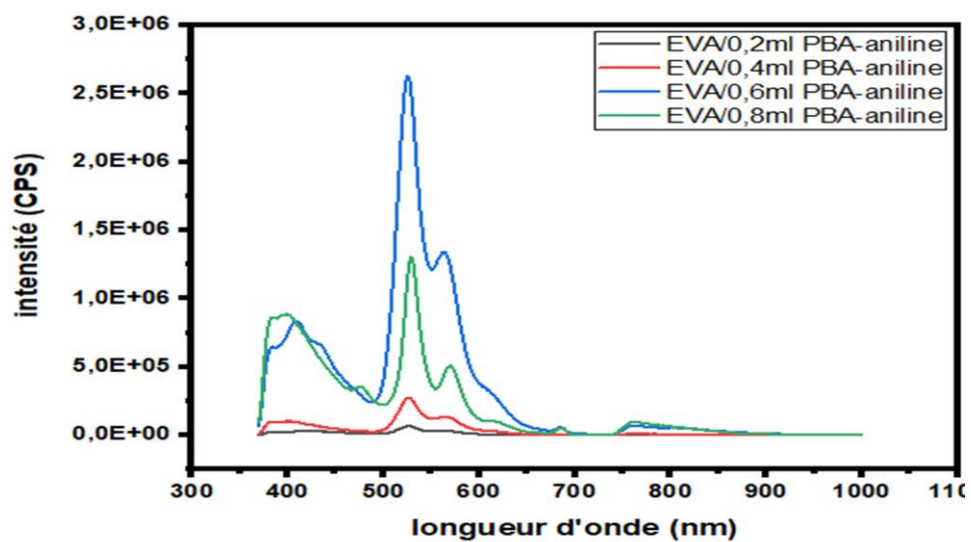


Figure.3.14. Spectre photoluminescence des films d'EVA/PBA-aniline

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans ce travail de mémoire on s'est intéressé à l'élaboration d'un encapsulant fonctionnel de cellule solaire en tant que couche Luminescente Down Shifting (LDS). L'objectif de ce travail a été centré sur la réalisation d'un encapsulant à base d'un Copolymère d'éthylène vinyle acétate(EVA) dopé par PBA-aniline, répondant aux besoins de l'étude des propriétés optique. Plusieurs techniques ont été utilisées pour la caractérisation des films : MEB, XPS, FTIR, Uv-visible et la photoluminescence.

Les résultats obtenus montrent que le PBA-aniline est bien incorporé dans la matrice de l'EVA.

- ✓ L'analyse morphologique met en exergue une forme de bâtonnets pour les particules de PBA-aniline avec une surface hétérogène et la présence des agglomérations et des pores.
- ✓ L'analyse XPS confirme l'incorporation des nanoparticules de PBA-aniline dans la matrice de l'EVA.
- ✓ L'analyse IR a montré les différents groupements fonctionnels qui se présentent au sein du composite EVA/ PBA-aniline.
- ✓ L'analyse Uv-visible montre un taux de transmittance très élevé pour le volume 0.6ml du PBA-aniline.
- ✓ L'analyse par photoluminescence montre que le PBA-aniline est un matériau très photoluminescent et peut être un bon candidat pour une application en photovoltaïque, autrement dit, comme couche Luminescente Down Shifting (LDS).

Au regard des résultats présentés, on peut, en toute rigueur valider le choix du PBA-aniline comme matériaux photoluminescents pour une application en photovoltaïque.

Perspectives

Vue que le PBA-aniline a montré sa candidature comme matériau photoluminescent, il est intéressant de faire quelques tests photovoltaïques comme les mesure I(V).(courant en fonction de voltage)

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Références bibliographiques

[01] : A. Hammidat Hadj arab et M.T BOUKADOUM « performance et cout des systèmes de pompage PV en ALGERIE » (2005).

[02] : C. Bernard « station solaire autonome pour l'alimentation station pompage » l'archive ouverte pluridisciplinaire HAL 2006.

[03] : Y. Jannot, « thermique solaire». Livre solaire, Octobre 2003.

[04]: D. Guthleben, “Coup de soleil au CNRS,” pp. 5–10, 2007.

[05]: International Energy Agency IEA, Solar Energy Perspectives. 2011.

[06]:S. Thomas F, Changements climatiques 2013, Les éléments scientifiques, Résumé à l'intention des décideurs, résumé technique et foire aux questions 2013.

[07] :Rustemli, S. et Dincer, F. (2011). « Modeling of Photovoltaic Panel and Examining Effects of Temperature in Matlab / Simulink. Electronics and Electrical Engineering, » 3(109) :35 40.

[08]: D. G. fur Sonnenenergie, Planning and Installing Photovoltaic Systems: A Guide for Installers, Architects and Engineers, 2nd ed. Sterling, VA : Earthscan, 2008.

[09]: Anne Labouret, Pascal Cumunel, Jean-Paul Braun, Benjamin Faraggi, «Cellules solaires », Editions techniques et scientifiques françaises (ETSF), livre 118 pages, 2001.

[10]: A.Labouret, P.Cumunel, J.P. Braun et B.Faraggi, « cellules solaires les bases de l'énergie photovoltaïque», 5e édition ETSF 2010.

[11]:O. Nichiporuk ; « Simulation, fabrication et analyse de cellules photovoltaïques à contacts arrières interdigités », INSA de Lyon, 2005.

[12]: A. Goetzberger, C. Hebling, and H.-W. Schock, “Photovoltaic materials, history, status and outlook,” Mater. Sci. Eng. R Reports, vol. 40, no. 1, pp. 1–46, 2003.

Références bibliographiques

- [13]: A. K. Pandey, V. V. Tyagi, J. A. Selvaraj, N. A. Rahim, and S. K. Tyagi, “Recent advances in solar photovoltaic systems for emerging trends and advanced applications,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 53, pp. 859–884, 2016.
- [14]: S. R. Park, A. K. Pandey, V. V. Tyagi, and S. K. Tyagi, “Energy and exergy analysis of typical renewable energy systems,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 30, pp. 105–123, 2014.
- [15]: M. A. Green, K. Emery, Y. Hishikawa, W. Warta, and E. D. Dunlop, “Solar cell efficiency tables (version 47),” *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, vol. 24, no. 1, pp. 3–11, 2016.
- [16]: M. Gloeckler, I. Sankin, and Z. Zhao, “CdTe solar cells at the threshold to 20% efficiency,” *IEEE J. Photovoltaics*, vol. 3, no. 4, pp. 1389–1393, 2013.
- [17]: S. A. Gevorgyan et al., “Improving, characterizing and predicting the lifetime of organic photovoltaics,” *J. Phys. D. Appl. Phys.*, vol. 50, no. 10, p. 103001, 2017.
- [18]: Y. Wang, W. Wei, X. Liu, and Y. Gu, “Research progress on polymer heterojunction solar cells,” *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, vol. 98, pp. 129–145, 2012.
- [19]: Characterization of ethylene vinyl acetate (EVA) encapsulant: Effects of thermal processing and weathering degradation on its discoloration F.J. Pern 1991.
- [20]: A. El Amrani, A. Mahrane, F.Y. Moussa et Y. Boukennous. Procédé d’encapsulation des modules photovoltaïques type mono-verre. *Rev. Energ. Ren.* Vol. 9 (2006) 37 – 42.
- [21]: A.W. Czanderna, F.J. Pern, Encapsulation of PV modules using ethylene vinyl acetate copolymer as a pottant: A critical review, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*. 43 (1996) 101–181.
- [22]: F.J. Pern, Ethylene-vinyl acetate (EVA) encapsulants for photovoltaic modules: Degradation and discoloration mechanisms and formulation modifications for improved photostability, *Angew. Makromol. Chem.* 252 (1997) 195–216.
- [23]: Wang, B.; Wang, X.; Shi, Y.; Tang, G.; Tang, Q.; Song, L.; Hu, Y. Effect of vinyl acetate content and electron beam irradiation on the flame retardancy, mechanical and thermal properties of intumescent flame retardant ethylene-vinyl acetate copolymer. *Radia. Phys. Chem.* 2012, 81, 308–315.

Références bibliographiques

- [24]: Pern, F. J., Glick, S. H., Czanderna, A. W. “EVA Encapsulants for PV Modules: Reliability Issues and Current R&D Status at NREL”, World Renewable Energy Congress: Colorado, 1996, pp 367-370.
- [25]: Glick, S. H.; Pern, F. J.; Watson, G. L.; Tomek, D.; Raaff, J,”Performance Degradation of Encapsulated Monocrystalline-Si Solar Cells upon Accelerated Weathering Exposures” National Center for Photovoltaics Program Review Meeting: Lakewood, Colorado, 2001.
- [26]: S. C. TIONG “Structural and mechanical properties of polymer nanocomposites” Materials Science and Engineering R-Reports, vol.53 (3-4), p.73–197, 2006 .
- [27]: T. KOGA, T. HASHIMOTO, M. TAKENAKA, K. AIZAWA, N. AMINO, M.NAKAMURA, D. YAMAGUCHI, AND S. KOIZUMI “New insight into hierarchical structures of carbon black dispersed in polymer matrices: A combined small-angle scattering study” Macromolecules, vol.41(2), p.453–464, 2008.
- [28]: G. LAGALY “Introduction: from clay mineral-polymer interactions to clay mineral-polymer nanocomposites” Applied Clay Science, vol.15 (1-2), p.1–9, 1999.
- [29]: M. K. CORBIERRE, N. S. CAMERON, M. SUTTON, S. G. J. MOCHRIE, L. B.LURIO, A. RUHM, AND R. B. LENNOX “Polymer-stabilized gold nano-particles and their incorporation into polymer matrices” Journal of the American Chemical Society, vol.123(42), p.10411–10412, 2001.
- [30]: M. PRITHU AND R.K. GUPTA “Graphite, Graphene and Their Polymer Nanocomposites” Taylor & Francis Group, LLC, 2013.
- [31]: N. CHISHOLM, H. MAHFUZ, V.K. RANGARI, A. ASHFAQ, AND S. JEELANI “Fabrication and mechanical characterization of carbon/SiC-epoxy nanocomposites” Composite structures, vol.67(1), p.115–124, 2005
- [32]: P. J. YOON, T. D. FORNES, AND D. R. PAUL “Thermal expansion behavior of nylon 6 nano-composites” Polymer, vol.43 (25), p.6727–6741, 2002.
- [33]: O. WILSON, G. J. WILSON, AND P. MULVANEY “Laser writing in polarized silver nanorod films” Advanced Materials, vol.14 (13-14), p.1000–+, 2002.

Références bibliographiques

- [34]: R. CHAPMAN AND P. MULVANEY “Electro-optical shifts in silver nanoparticle films” *Chemical Physics Letters*, vol.349 (5-6), p.358–362, 2001.
- [35]: M.D.Kempe et al “Ethylene-Vinyl Acetate Potential Problems for Photovoltaic Packaging” 2006.
- [36]: Lili Cui , Xiaoyan Ma , D.R. Paul “Morphology and properties of nanocomposites formed from ethylene-vinyl acetate copolymers and organoclays” , 2007.
- [37]: Tapas Kuila , Partha Khanra , Anata Kumar Mishra , Nam Hoon Kim , Joong Hee Lee “Functionalized-graphene/ethylene vinyl acetate co-polymer composites for improved mechanical and thermal properties “ .2011.
- [38]: Abdulla Tahhan, Zahir Dehouche, George R. Fern and Erik Haverkamp3;” Photovoltaic Cells Energy Performance Enhancement with Down-Converting Photoluminescence Phosphors”2015.
- [39]: Jun Wang et al ” Preparation, characterization and application of EVA film containing Eu³⁺ complex with 1-tridecanecarboxylic acid ligand” Jin Dong and Baoping Lin 2017 *Mater. Res. Express* 4 116202.
- [40]: Thomas FIX « MATERIAUX AVANCES POUR L’ELECTRONIQUE ET L’OPTOELECTRONIQUE »mémoire de HDR, Université de strasbourg et CNRS ,2018.
- [41]: Michele Candida Carvalho de Oliveira et al ” Development of ethylene-vinyl acetate copolymer/graphene oxide nanocomposites for crystalline silicon photovoltaic modules Michele Candida ^ Carvalho de Oliveira”.2020.
- [42]: Dr. Ananth Dodabalapur, Dr. Howard E. Katz et Dr. Luisa Torsi, « *Molecular orbital energy level engineering in organic transistors* », *Advanced Materials*, vol. 8, n° 10, octobre 1996, p. 853-855.
- [43]: C. Ludwig, B. Gompf, J. Petersen, R. Strohmaier et W. Eisenmenger, « *STM investigations of PTCDA and PTCDI on graphite and MoS₂. A systematic study of epitaxy and STM image contrast* », *Zeitschrift für Physik B Condensed Matter*, vol. 91, n° 3, 1994, p. 365-373.

Références bibliographiques

- [44]: Julian Ikonov, Oliver Bauer et Moritz Sokolowski, « *Highly ordered thin films of perylene-3,4,9,10-tetracarboxylic acid dianhydride (PTCDA) on Ag(1 0 0)* », *Surface Science*, vol. 602, n° 12, 15 juin 2008, p. 2061-2068
- [45]: Enhancement of silicon solar cells by downshifting with Eu and Tb coordination complexes.
- [46]: Large-area Luminescent Downshifting Layer containing Eu³⁺ Complex for Crystalline Silicon Solar Cells (Daqing Yang).
- [47]: S. Benramache, B. Benhaoua, and F. Chabane, “Effect of substrate temperature on the stability of transparent conducting cobalt doped ZnO thin films,” *Journal of Semiconductor*, vol. 09, pp. 093001-1, (2012).
- [48]: D. A. Skoog, J. F. Holler et S. R. Crouch, *Principles of Instrumental Analysis*, États-Unis, Cengage Learning, 2017, 959 p.
- [49]: P. Rannou, A. Gawlicka, D. Berner, A. Pron, M. Nechtschein, D. Djurado, Spectroscopic, Structural and Transport Properties of Conductive Polyaniline Processed from Fluorinated Alcohols, *Macromolecules*, 31, (1998) 3007.
- [50]: J. Chatelet, *Systèmes optroniques semi-actifs- Application du laser à la granulométrie*, Référence E4410, (1996).
- [51]: Valérie Alezre, “Toute la chimie pour bien commencer sa licence”, de boeck supérieur s.a., 2018. ISBN 978-2-8073-2127-4.
- [52]: Sophie De Reguardati et William Barthe, enseignants de physique et chimie. *Les colorants organiques utilisés en teinturerie : aspects physico-chimiques. La garance des teinturiers 2012.*
- [53]: Gfroerer T., H. Photoluminescence in Analysis of Surfaces and Interfaces. In *Encyclopaedia of Analytical Chemistry*; Meyers, R. A., Ed.; John Wiley and Sons Ltd.: Chichester, pp 9209-9231, (2000).
- [54]: I.O. Ucar « Combined XPS and contact angle studies of ethylene vinyl acetate and polyvinyl acetate blends » 2011.




Références bibliographiques

- [55]: Kaci, M.; Kaid, N.; Boukerrou, A. Influence of Ethylene-Butyl Acrylate-Glycidyl Methacrylate terpolymer on compatibility of Ethylene Vinyl Acetate copolymer/Olive Husk Flour composites. *Compos. Interf.* 2011, 18 (4), 295–307.
- [56]: Tham, D. Q.; Trang, N. T. T.; Chinh, N. T.; Giang, N. V.; Lam, T. D.; Hoang, T. Sustainable composite materials based on Ethylene-Vinyl Acetate copolymer and organo- modified silica. *Green. Proc. Synth.* 2016, 5 (6).
- [57]: Khodkar, F.; Ebrahimi, N. G. Effect of irradiation on mechanical and structural properties of Ethylene Vinyl Acetate copolymers Hollow Fibers. *J. Appl. Polym. Sci.* 2011, 119 (4), 2085–2092.

Annexes


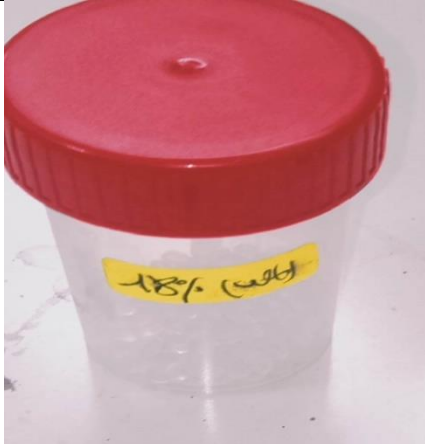

ANNEXE A

Tableau 1: les matériels utilisés

		
Plaque chauffante	Balance analytique : pour peser les matériaux utilisés dans l'expérience	Plaques de verres

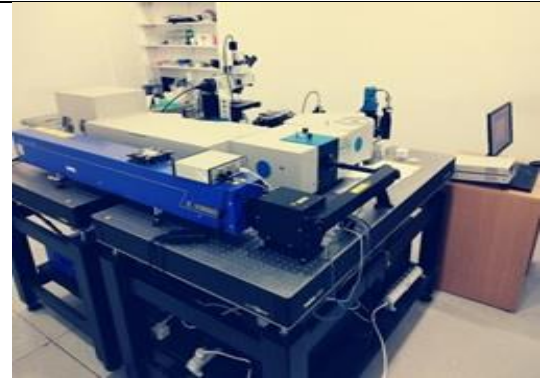



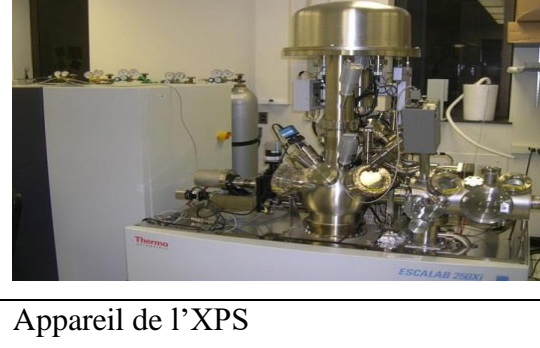
ANNEXE B

Tableau 2: les produits utilisés

		
PBA-aniline (poudre)	EVA (granulés)	chloroforme

ANNEXE C

Tableau 3: les appareils utilisés

 A blue photoluminescence measurement system on a laboratory bench, including a sample stage, detector, and control electronics.	 A white FTIR spectrometer with a sample compartment and a computer monitor for data acquisition.
Appareil de photoluminescence	Appareil de FTIR
 A scanning electron microscope (SEM) system with a large column and a computer workstation with multiple monitors.	 A UV-visible spectrophotometer with a sample holder and a computer workstation.
Appareil de MEB	Appareil d'UV-visible
 A Thermo ESCALAB 250Xi XPS spectrometer, a complex ultra-high vacuum chamber with various lenses and detectors.	
Appareil de l'XPS	