



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de
la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun – Tiaret –



Faculté des Sciences de la Matière

Département de chimie

MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MAGISTER

SPECIALITE: Chimie

OPTION : Physique-Chimie des Matériaux

Présenté par

Imane Tiffour

SUJET DU MEMOIRE :

**Le complexe Acétaminophène-Curcumine: étude des propriétés
électriques et optiques.**

SOUTENU LE 30 Septembre 2013 Devant Le Jury Composé de :

Mr Ahmed Haouzi	Pr	Ibn Khaldoun – Tiaret	Président
Mr Mustapha Rahmouni	Pr	Ibn Khaldoun – Tiaret	Rapporteur
Mr Habib Belarbi	Pr	Ibn Khaldoun – Tiaret	Examineur
Mr Mansour Debdab	M.CA	Ibn Khaldoun – Tiaret	Examineur

Année Universitaire : 2012/2013

Remerciements

Le travail présenté dans ce mémoire a été effectué au sein du Laboratoire de Synthèse et Catalyse de Tiaret, Université Ibn Khaldoun de Tiaret.

Ce travail a été effectué sous la direction de Mr Mustapha Rahmouni, professeur à l'Université de Tiaret, auquel je tiens à exprimer tout mes remerciements.

J'exprime mes remerciements aussi à Melle Chahrazed Benhaoua mon co-encadreur, Pr Ahmed Haouzi, le directeur du LSCT, et Pr Alhabib Belarbi, pour leurs aides, et leurs expériences.

Je tiens aussi à remercier Dr Mansour Debdeb d'avoir accepté d'être un examinateur de mon mémoire.

Un grand remerciement à Dr abderrahmane Larabi, mon mari, pour son soutien et son aide durant ma recherche.

Enfin, mes remerciements vont aussi aux personnes qui m'ont aidée pendant ma recherche.

Dédicace

A « Aza » ma maman, qui m'a donnée tout l'amour, la tendresse, le courage et alda3awate.

A « Abdelkader » mon papa, qui m'a donné l'amour des sciences et de la recherche.

A « Abderrahmane » mon mari, qui m'a donné tout le confort et le courage.

A « Raghad » et « Rafah » mes petits anges, qui son ma joie et mon bonheur.

Table des Matières

Table des matières.....	02
Introduction générale.....	06
Etude Bibliographique	
Chapitre I	Rappel bibliographique
I. Acétaminophène.....	14
I.1.Définition.....	14
I.2.Historique.....	15
I.3. Structure et propriétés physico-chimiques.....	16
I.4. Indications.....	18
I.5. Toxicité	19
II. Curcuma.....	21
II.1.Introduction.....	21
II.2. Etymologie.....	21
II.3. Historique.....	21
II.4. Description de la plante.....	22
II.5. Structure, composition et propriétés chimiques.....	23
II.6. Propriétés pharmacologiques	25
II.7. Etude pharmacocinétiques.....	27
Conclusion.....	29
Références bibliographiques.....	30
Chapitre II	Semi-conducteurs
I. Historique.....	40
II. Définition.....	40
III. Bande d'énergie.....	40
IV. Conductivité électrique.....	43
IV.1. Effet de la température sur la conduction électrique.....	43
V. Types de semi-conducteur.....	44

V.1. Semi-conducteurs intrinsèques.....	44
V.2. Semi-conducteurs extrinsèques.....	44
V.3. Dopage de type n et p.....	44
VI. Semiconducteurs organique.....	45
VI.1. Les polymères semi-conducteurs.....	45
VI.2. Les petites molécules semi-conductrices.....	46
VI.3. Avantages des semiconducteurs organiques.....	47
VII. Application des semi-conducteurs organiques.....	47
Conclusion.....	50
Références bibliographiques.....	51

Etude Expérimentale

Chapitre III

Résultats et discussion

I. Méthode d'étude des propriétés de nos matériaux.....	56
I.1. Spectroscopie d'impédance complexe.....	56
I.2. Spectroscopie UV-Visible.....	57
II. Propriétés électriques.....	59
II.1. Conductivité électrique.....	61
II.2. Influence de la température sur la conductivité.....	63
II.3. Calcul de l'énergie d'activation.....	68
II.4. La Permittivité.....	69
II.5. Résultats de la littérature.....	70
III. Propriétés optiques.....	74
III.1. Absorption optique.....	76
III.2. Transmittance optique.....	77
III.3. Energie de Gap optique.....	79
III.4. Résultats de la littérature.....	82
III.5. Comparaison avec le PTCDA.....	88

Conclusion.....	89
Références bibliographiques.....	90
Chapitre IV	Synthèse et préparation
I. Synthèse de l'acétaminophène (paracétamol).....	92
II. Préparation des échantillons.....	94
II.1. Préparation des pastilles pour les mesures diélectriques...	95
II.2. Préparation des solutions pour l'analyse UV-Visible.....	96
Conclusion et perspectives.....	98
Liste des figures.....	101
Liste des abréviations.....	104

Introduction Générale

L'absorption bien tolérée par l'organisme humain, l'efficacité rapide et le faible coût ont fait de l'acétaminophène (N-acétyl-para-aminophénol APAP) ou le paracétamol l'analgésique et l'antipyrétique le plus utilisé à travers le monde.



Figure1 : comprimé du paracétamol

Cependant, on a observé dans des centres d'urgences aux Etats-Unis et en Europe des cas d'hépatotoxicité sévère de plus en plus fréquents, de sorte qu'ils représentent actuellement la première cause d'insuffisance hépatique aiguë.

Une étude américaine, effectuée entre 1998 et 2003 [1], conclut de façon alarmante que le paracétamol serait à l'origine d'environ 51% des cas d'insuffisance hépatique. Plus préoccupant encore, des études récentes émergent des cas d'hépatotoxicité sévère et rénale aiguës, survenant même à des doses thérapeutique [2] [3].

L'hépatotoxicité sévère survenue à des doses supérieures ou égales à 6g /jour serait la cause d'insuffisances hépatique et rénale aiguës.

Le Curcuma est une plante appartenant à la famille des *Zingiberaceae*. Il était utilisé depuis des siècles en médecine traditionnelle chinoise pour traiter les maladies associées aux douleurs abdominales [4], dans l'ancienne médecine hindoue pour traiter les entorses et les enflures [5], et à travers l'Orient, comme anti-inflammatoire [6]. Le constituant le plus actif du Curcuma est la Curcumine.

En effet, cette dernière est connue pour des propriétés curatives sur le foie et même les reins.

Une étude, réalisée par l'équipe de Donatus [7], a montrée que la curcumine assumait un rôle hépatoprotecteur.



Figure2 : le Curcuma.

A l'origine, l'idée était de trouver la composition relative idéale entre le paracétamol et la curcumine répondre aux besoins suivants :

- 1/ Limiter l'hépatotoxicité du paracétamol par ajout de la curcumine.
- 2/ L'ajout progressif de la curcumine jusqu'à obtenir le mélange idéal paracétamol/curcumine qui permet une meilleure protection du foie sans atténuer l'effet du paracétamol.

Sur cette base, nous avons pensé utile d'étudier certaines propriétés physiques du mélange.

Pendant notre recherche, et après avoir fait les mesures de la longueur d'onde λ et la conductivité électrique σ , on a observé des valeurs intéressantes qui nous permettent de déduire que notre matériau a un comportement possible d'un semi-conducteur.

Puisque le Curcuma et le Paracétamol sont déjà utilisés et étudiés dans le domaine pharmaceutique et thérapeutique, mais peu dans le domaine physique ou électrique, et comme les matériaux organiques semi-conducteurs connaissent,

ces dernières années, un grand intérêt par les chercheurs, dans le but de synthétiser de nouveaux matériaux et d'améliorer leurs propriétés, on a orienté notre travail vers les semi-conducteurs organiques.

Notre objectif est d'étudier les propriétés électriques, et optiques d'un mélange Acétaminophène-Curcumine, en faisant une comparaison avec les matériaux semi-conducteurs les plus utilisés dans l'industrie.

Notre étude nous ouvre de nouvelles perspectives dans le domaine d'électronique organiques, et leurs applications (les cellules photovoltaïques organiques).

Dans ce manuscrit, nous exposerons

- Dans le chapitre I : une description générale du paracétamol ainsi que le curcuma.
- Au chapitre II : nous présenterons un rappel bibliographique sur les semi-conducteurs, les différents types de matériaux utilisés et leurs propriétés électriques et optiques.
- Dans le chapitre III : nous décrirons nos résultats, et les caractéristiques de notre nouveau matériau en démontrant leur propriétés électriques (conductivité électrique et permittivité), et leur propriétés optiques (l'absorption optique, la transmission optique, l'énergie de gap optique), ensuite nous présenterons quelques études de la littérature et faire une comparaison avec les semi-conducteurs les plus utilisés sur le marché

- Dans le chapitre IV: nous représenterons la synthèse de notre produit et la préparation de nos échantillons pour les différentes techniques de mesure.
- Nous concluons notre manuscrit par une conclusion générale et perspective.

Références bibliographiques

- [1] A.M. Larson, et al; Acetaminophen-induced acute liver failure results of a US multicenter, prospective study; *Hepatology* 2005; 42: 1364-1372.
- [2] J. Kurtovic, SM. Riordan; Paracetamol-induced hepatotoxicity at recommended dosage; *J. Intern Med* 2003; 253:240-243.
- [3] P.B. Watkins et al; Aminotransferase elevations in healthy adults receiving 4 grams of acetaminophen daily: A randomized controlled trial; *JAMA* 2006; 296:87-93.
- [4] B.B. Aggarval, Y. Takada, OV. Oommen; From chemoprevention to chemotherapy: common targets and common goals; *Expert Opin Investig Drugs* 2004; 13:1327-1338.
- [5] C.C. Araujo, LL. Leon; Biological activities of *Curcuma longa* L; *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2001; 96:723-728.
- [6] B.B. Aggarval, A. Kumar, AC. Bharti; Anticancer potential of curcumin: preclinical and clinical studies; *Anticancer Res* 2003; 23:363-98.
- [7] I.A. Donatus et al; Cytotoxic and cytoprotective activities of Curcumin: effet on Paracetamol-induced cytotoxicity, lipid peroxidation and glutathione depletion in rat hepatocytes; *Biochemical pharmacology*; Vol.39.No.12.PP.1869-1875; 1990.

Etude Bibliographique

Chapitre I

Rappel bibliographique

L'objectif de ce premier chapitre est de connaître les différentes propriétés des matériaux utilisés, leurs domaines d'applications, et les différentes études faites sur eux.

Pour cela on va :

* Etudier la molécule de l'Acétaminophène par son histoire et leurs propriétés physico-chimiques.

* Présenter leurs indications et leurs effets secondaires.

* Avoir une généralité sur la plante du curcuma.

* Présenter la curcumine, la molécule active du curcuma, par ses propriétés chimiques, et pharmaco-thérapeutique.

* Faire une étude pharmacocinétique pour savoir les différentes méthodes utilisées dans le but d'améliorer la biodisponibilité de la curcumine.

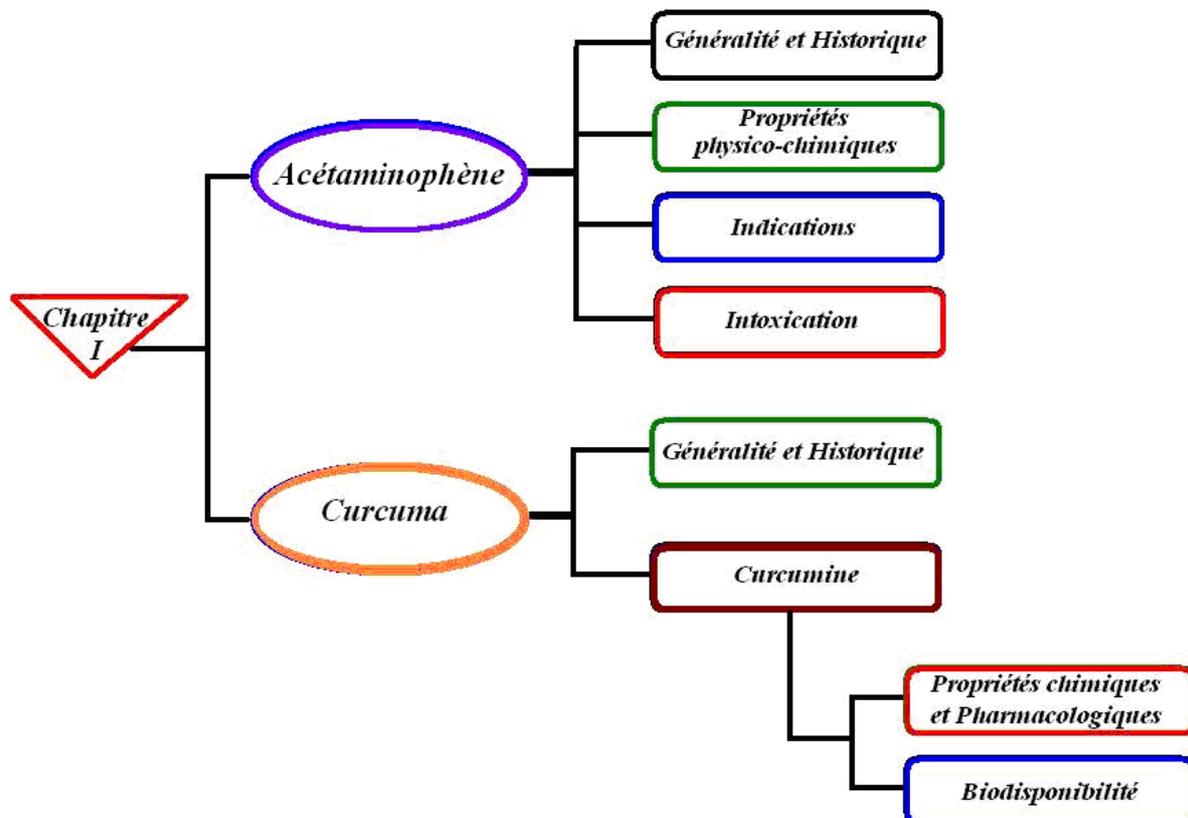


Figure I.1: L'organigramme du plan de travail du Chapitre I.

I. Acétaminophène

I.1. Définition

L'acétaminophène ou le paracétamol est un produit pharmaceutique largement utilisé comme analgésique (traitement de la douleur) et antipyrétique (traitement de la Fièvre). Plusieurs médicaments commercialisés sont à base de paracétamol tels que : Doliprane, Efferalgan, Expandol, Paralgan, ...etc. Il est généralement disponible en comprimés de 500 mg, et également disponible sous forme soluble (sachets, comprimés effervescents).



Figure I.2 : Gélules de paracétamol, l'une des nombreuses formes galéniques proposée en vente dans les pharmacies.

Le paracétamol est désigné par l'acétamidophénol, l'acétyl-aminophénol, l'hydroxy-4-acétamilide, le parahydroxy-acétanilide ou encore le N-acétyl-para-aminophénol. La dénomination recommandée par l'organisation mondiale de la santé (O.M.S) est le « PARACETAMOL », mais au National Formulary 13 (U.S.A), figure l'appellation : l' « Acétaminophén ».

Le nom paracétamol vient de la contraction de **para-acétyl-amino-phénol**. L'acétaminophén quant à lui provient de N-**acétyl-para-aminophénol**.

Sa disponibilité sans ordonnance en pharmacie, son efficacité, ainsi son coût, font de lui l'antalgique et l'antipyrétique le plus utilisé.

Cependant, des effets secondaires toxiques ont été observés avec des doses supérieures ou égales à 4 g.

Récemment, l'Administration américaine pour la santé et l'alimentation, la FDA, a émis un avis mettant en garde contre la toxicité potentielle du paracétamol sur le foie. Lorsque la molécule est administrée sur de longues périodes, les doses efficaces (quatre grammes par jour) se rapprochent des doses toxiques. Ces doses sont susceptibles de provoquer des lésions hépatiques permanentes pouvant être fatales, surtout pour les sujets dont les fonctions hépatiques sont altérées, comme les personnes âgées ou les patients présentant des maladies hépatiques (tel l'alcoolisme). Ainsi, dans les traitements de longue durée, la différence pourrait être tenue entre les doses efficaces et les doses toxiques. [1]

I.2. Historique

En 1878, Harmon Northrop Morse synthétise une molécule appelée acétylaminophénol. Ce composé reconnu pour ses propriétés antipyrétiques.

En 1886, le professeur Adolf Kussmaul de l'université de Strasbourg étudie l'effet antiparasitaire du naphthalène. Ses deux jeunes assistants Arnold Cahn et Paul Hepp, à court de produit pour les expériences, décident de se ravitailler auprès d'un pharmacien de Strasbourg qui leur donne par erreur de l'acétanilide à la place du naphthalène [2]. En reprenant leur étude, ils sont intrigués par les effets antipyrétiques obtenus par ce nouveau produit.

C'est donc grâce à une erreur providentielle que les propriétés de l'acétanilide contre la fièvre sont découvertes [3]; ses propriétés antalgiques seront découvertes un peu plus tard, l'acétanilide est l'ancêtre de la phénacétine [4].

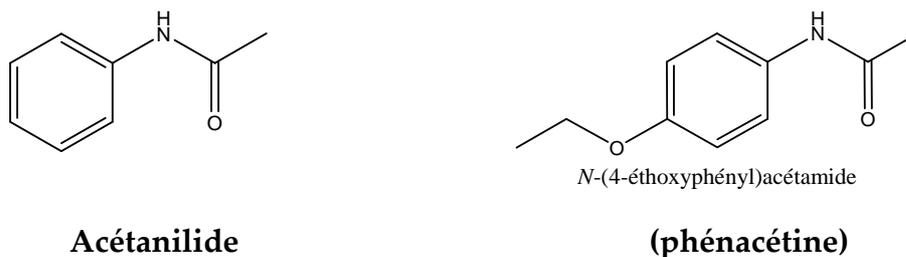


Figure I.3 : Formule chimique de l'acétanilide et de la phénacétine [4].

De nombreux médicaments ont été synthétisés pour essayer d'améliorer le phénacétine et dès 1893 Joseph Von Mering fait le paracétamol [5], qui était moins toxique [6] [7] [8] [9].

Néanmoins, ce n'est qu'en 1930 que la molécule fut commercialisée sous le nom de **paracétamol**. Ce dernier a été un temps abandonné par crainte de toxicité rénale.

En 1953, le paracétamol a été commercialisé par Sterling-Winthrop, et promu comme préférable à l'aspirine, car il était sûr de prendre pour les enfants et les personnes souffrant d'ulcères.

Le paracétamol connaît alors un franc succès dans les pays anglo-saxons (première AMM en 1955 aux Etats-Unis) ; en France (AMM en 1957), se développent aussi de nombreuses spécialités en vente libre en pharmacie.

I.3. Structure et propriétés physico-chimiques

Le paracétamol se présente sous forme d'une poudre cristalline blanche, inodore, de saveur amère [10]. Chimiquement, il s'agit de l'hydroxy-1-acétamido-4-benzène, abrégé NAPAP (*figure I.4*).

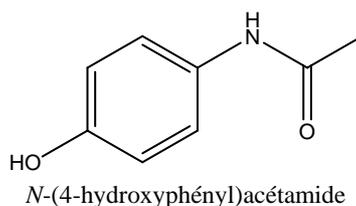


Figure I.4 : Formule chimique de l'acétaminophène [11].

C'est une molécule appartenant au groupe des anilides, possédant un noyau commun à plusieurs composés à propriétés antipyrétiques et analgésiques. Elle est constituée d'un cycle benzénique, substitué par un groupement hydroxyle et par un groupement amide en position para. Un des deux doublets libres de l'atome d'oxygène du groupement hydroxyle, le cycle benzénique, le doublet libre de l'atome d'azote et l'orbitale p du carbone du carbonyle forment un système conjugué (possibilité de mésomérie).[12]

Le paracétamol ne comporte pas de carbone asymétrique et n'a pas de stéréoisomères.

- La Formule brute du paracétamol est $C_8H_9NO_2$, sa masse molaire est de 151,2g/mol, son Point de fusion est à 168-172°C.
- Sa solubilité dans l'eau froide est de 1,43 g/100cm³ mais il est beaucoup plus soluble dans l'eau chaude (5 g/100 cm³) et dans l'éthanol (14g/100cm³) [13]. Il est très peu soluble dans des solvants organiques tels que l'éther et le chloroforme [14].
- Il possède une longueur d'onde maximum d'absorption dans l'U.V à 257nm [15].

- Le paracétamol est peu liposoluble (peu solubles dans les corps gras) et reste stable jusqu'à 5 ans dans les conditions normales de stockage, (15°C à 25°C) à l'abri de la lumière [16] [17].
- C'est un acide faible par son pKa est de 9,5 à 25°C; ainsi, le paracétamol se retrouve sous sa forme ionisée (*figure I.5*) dans l'estomac et l'intestin grêle ce qui facilitera son absorption à ce niveau.

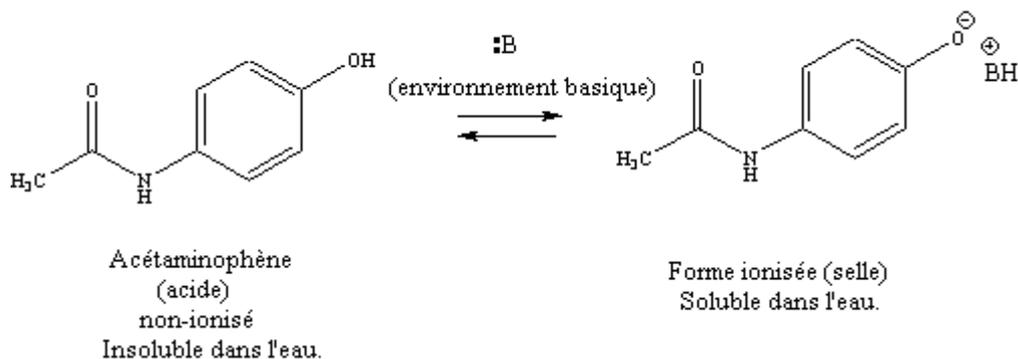


Figure I.5: la forme ionisée de l'acétaminophène.[18]

I.4. Indications

Le paracétamol est le substitut par excellence de l'aspirine. En thérapeutique, il est utilisé principalement pour ses deux propriétés, antalgique et antipyrétique, comparables à celles de l'aspirine. Mais, contrairement à l'aspirine, le paracétamol est dénué d'activité anti-inflammatoire.

Traitement symptomatique de la douleur aiguë ou chronique

Le paracétamol est utilisé principalement dans le traitement symptomatique des douleurs d'intensité légère à modérée [19]. Il est très efficace dans les douleurs

postopératoires, dentaires, d'origine gynécologiques, de céphalées y compris pendant la grossesse [20].

Traitement symptomatique de la fièvre

Le paracétamol constitue le premier et le meilleur antipyrétique, en particulier chez les enfants. Il agit sur la fièvre qui peut provoquer, dans certains cas, des convulsions hyperthermiques [21].

I.5. Toxicité

La toxicité Hépatique

L'hépatotoxicité du paracétamol apparaît lorsqu'il y a un surdosage. Le foie subit alors des dommages plus ou moins importants selon la quantité de paracétamol absorbée.

L'intoxication au paracétamol peut entraîner une hépatite avec de graves lésions du foie (cytolyse hépatique), qui peut conduire à une nécrose dans les cas les plus graves [22].

Une transplantation du foie est souvent nécessaire si les dommages sont sévères [23].

La toxicité rénale

Le surdosage du paracétamol, peut entraîner de sévères nécroses rénales chez l'homme et chez l'animal [24], [25].

Allergiques

L'allergie au paracétamol peut se manifester par des troubles respiratoires, de l'hypotension associée à des troubles digestifs [26].

Il a déjà été reporté dans la littérature quelques rares cas d'éruption cutanée, localisée au niveau du cou ; sans gravité, et cesse dès l'interruption du traitement [27].

II. Curcuma

II.1.Introduction

Le curcuma, *Curcuma longa* L, est une plante appartenant à la famille des *Zingiberaceae*. Il est cultivé sous les tropiques, précisément en Inde et en Asie du Sud-est. Les racines du curcuma (rhizome) sont la partie utilisée de la plante en tant qu'épice alimentaire pour renforcer la saveur des aliments et les conserver, et comme colorant des aliments et des textiles. On l'utilise depuis des siècles en médecine traditionnelle Indienne et Chinoise.

Le constituant le plus important et la plus étudiée du curcuma est la curcumine. Elle a été isolée en 1815, cristallisée en 1870[28], et synthétisé en 1910 par Lampe [29].

II.2. Etymologie

Le terme « CURCUMA » est d'origine Irano-Indienne. Il dérive du sanscrit *kartouma* qui a donné *kurkum* en Perse, *kourkoum* en arabe et curcuma en latin.

En langue française C'est le « *Curcuma* » et en anglais il est connu sous le nom de *turmeric*.

Notons que sa couleur jaune intense le nomme *safran des Indes* [30]. De même, son nom chinois *jianghuang*, signifie gingembre jaune [31].

II.3. Historique

Le curcuma fait l'objet d'échanges commerciaux depuis tellement longtemps[32]. Son emploi, en Asie, en Afrique et au Proche et Moyen-Orient, remonte à plus de 4000 ans. Dès cette époque, le curcuma est utilisé en tant qu'épice, mais aussi comme agent de coloration de plusieurs aliments, tels que le cari et la moutarde. De même cette substance a servi dans la production de cosmétiques, de teintures et de médicaments [33].

Vers 2600 av J-C, Sheng Nung mentionne le Curcuma dans le traitement des douleurs rhumatoïdes [34].

Du monde asiatique, il passe par la voie commerciale en Grèce. Au cours du Moyen Age, les marchands arabes introduisent largement ce curieux produit.

II.4. Description de la plante

Curcuma longa L. est une plante vivace atteignant un mètre de longueur (figure I.6). Les rhizomes principaux de forme ovoïde fournissent le curcuma rond et les secondaires fournissent le curcuma long. Ces derniers sont d'une couleur jaune orangé en section, gris brunâtre en surface [35].



Figure I.6 : Dessin représentant la plante entière [36].

Une odeur aromatique se dégage après section du rhizome.

Le rhizome moulu est constitué de grandes cellules teintées en jaune, contenant des grains d'amidon et des masses granuleuses jaunes [37] (figure I.7).

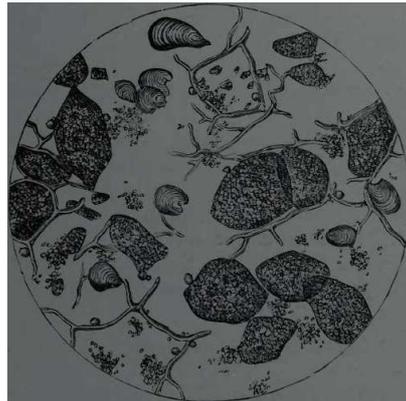


Figure I.7 : Aspect microscopique de la *Curcuma longa*, L. [38].

II.5. Structure et propriétés chimiques

Le curcuma renferme 2 à 6% d'huile essentielle et 45 à 55% d'amidon, ces huiles lui confèrent son arôme [39].

Les constituants actifs du curcuma sont les curcumanoïdes qui lui donnent la couleur jaune vif. Ces derniers sont la curcumine (70-75%), la deméthoxycurcumine (15-20%) et le bisdeméthoxycurcumine (3%)[40] (*figure I.9*); ces composés forment 3 à 6% de la poudre du curcuma.

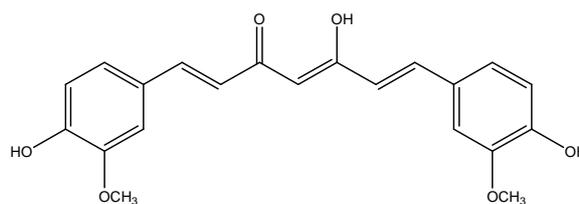


Figure I.8: Structure chimique de la curcumine :

1,7-bis (4-hydroxy-3-méthoxy-phényl) hepta-1,6-diène-3,5-dione [41].

Curcuminodes	R1	R2
Curcumine	OMe	OMe
Deméthoxycurcumine	OMe	H
Bis-deméthoxycurcumine	H	H

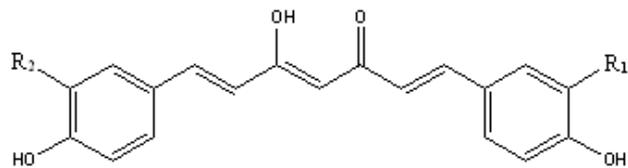


Figure I.9 : Structure chimique des curcuminoides[42]

La curcumine est insoluble dans l'eau et l'éther mais soluble dans l'éthanol, le diméthylsulfoxyde et l'acétone. Elle a une formule moléculaire $C_{21}H_{20}O_6$, un poids moléculaire de 368,37 g/mol, et un point de fusion de 183°C.

En spectroscopie UV-Visible, la curcumine présente une longueur d'onde maximum dans le méthanol à 430 nm et dans l'acétone entre 415 à 420 nm [43].

À pH acide, la curcumine est jaune brillante et à pH basique, elle est rouge (figure I.10).

Figure I.10 : Isolement, extraction, structure, usages et changement de couleur en fonction du pH[44].

La forme énolique de la curcumine (*figure I.11*), lui donne une importante capacité à capter les radicaux libres [45].

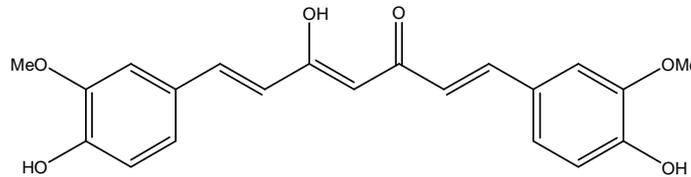


Figure I.11 : La forme énol de la curcumine [46].

II.6. Propriétés pharmacologiques

Puisque la curcumine est la molécule la plus active du Curcuma, la plus part des recherches étudient son efficacité et son potentiel thérapeutique.

Activité anti-inflammatoire

La curcumine démontre des activités anti-inflammatoires directes [47], [48], [49], [50], [51].

Les propriétés anti-inflammatoires aiguës de la curcumine sont plus importantes que celles de la Cortisone et le phénylbutazone [52], avec l'avantage qu'elle n'est pas toxique.

Pour une inflammation chronique, son efficacité est de 50%[53].

Activité anticancéreuse

La curcumine est un agent anticancéreux important [54], [55], en inhibant la croissance des cellules tumorales [56] et neutralisant les radicaux libres [57],[58].

Garcea G et son équipe [59] ont démontrés que la curcumine apporte une protection efficace contre les lésions par les radicaux libres.

Activité contre les lésions hépatiques

La curcumine améliore les lésions hépatiques aiguës et subaiguës [60], [61], ainsi que l'hépatotoxicité due au paracétamol [62].

Une étude récente [63], montre que la consommation alimentaire diminue la progression des maladies du foie.

Activité contre la maladie d'Alzheimer

La curcumine, protège le cerveau contre des dommages neuronaux [64].

Baisse du niveau de cholestérol

La curcumine a démontré *in vivo* sa capacité à diminuer les taux de cholestérol total [65], [66].

Activité anti-parasiteuse

La curcumine a un effet cytotoxique sur les infections intestinales par inhibition la croissance du parasite [67], tel que *Leishmania amazonensis* [68], *Toxocara canis* [69], *Candida albicans* [70], *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus*, *Fusarium moniliforme* et *Penicillium digitatum* [71].

Activité anti-virale

La curcumine a une certaine activité anti-virale contre le virus HIV [72].

Activité anti-bactérienne

Araujo [73] rapporte que la fraction huileuse de *Curcuma longa* et la curcumine suppriment la croissance de plusieurs bactéries comme *Streptococcus*, *Staphilococcus*, *Lactobacillus*....

Quelques signes positifs face à des mycobactéries non tuberculeuses, telles que *M. smegmatis*, *M. terrae*, *M. simiae*, *M. kansasii*, *M. szulgai* [74].

Action sur le système cardiovasculaire

Le curcuma a un bon effet cardio-protecteur [75].

II.7. Etude pharmacocinétiques

Les propriétés pharmacocinétiques de la curcumine ont été largement étudiées [76] [77] [78] [79] [80]. Ils ont montré que la plus grande partie a été excrétée dans les selles, ce qui suggère une absorption pauvre.

Une étude de PERKINS S et son groupe a permis de conclure qu'une dose de 1,6 g de curcumine est nécessaire pour être efficace chez l'homme [81].

Comme le montrent toutes ces études, la curcumine possède une pauvre biodisponibilité, ce qui pose problème lors de l'absorption.

Pour améliorer cette biodisponibilité les chercheurs ont testés de nombreuses techniques, nous n'en citerons que quelques unes :

L'usage de la chaleur

Kurien et Scofield ont démontré que la solubilité de la curcumine peut être améliorée 12 fois en faisant bouillir pendant 10 min dans de l'eau [82].

L'usage de la pipérine

Shoba et al, et Anand et al, ont démontrés que l'utilisation de la pipérine (trouvé dans le poivre noir) augmente la biodisponibilité de la curcumine chez les rats de 154%, et de 2000% chez l'Homme [83], aucun effet indésirable n'aurait été noté (*figure I.12*).

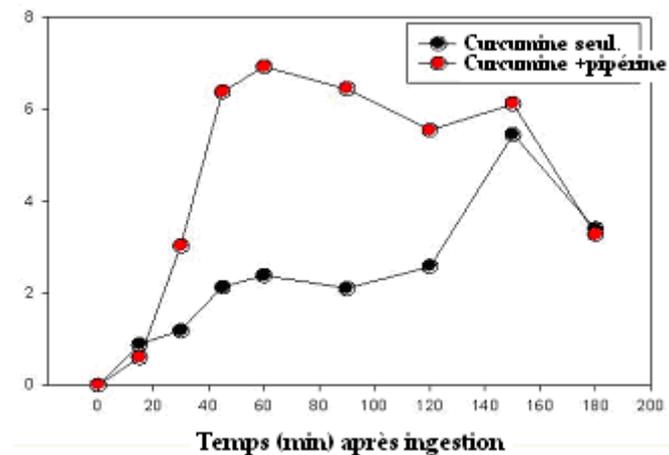


Figure I.12 : La pipérine augmente la biodisponibilité de la curcumine chez l'homme [84].

Solubilité par formation des complexes, nanoparticules

Manju, et Sreenivasan [85] ont conjugués du curcumine avec des nanoparticules d'or solubles dans l'eau. La curcumine a été conjugué à l'acide hyaluronique (HA) pour obtenir un conjugué soluble dans l'eau (HA-Cur).

Bisht et son groupe [86] ont montrés que la nano-encapsulation de la curcumine la rend complètement soluble dans l'eau (*figure I.13*).

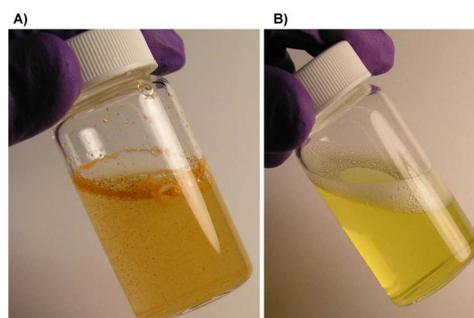


Figure I.13 : A) la curcumine dans l'eau; B) nanoparticules de la curcumine dans l'eau [86].

Conclusion

Le paracétamol est largement étudié et son emploi est connu. Il est l'antalgique et l'antipyrétique le mieux toléré par l'organisme, qui l'élimine sans aucun danger en cas des doses thérapeutiques recommandées.

Les effets secondaires sont d'ordre digestif et allergique. Toutefois des doses excessives de paracétamol peuvent entraîner une nécrose hépatique, ou même rénale.

Malgré une faible biodisponibilité, l'activité thérapeutique de la curcumine contre diverses maladies est prouvée une grande efficacité [87].

L'amélioration de ses caractéristiques pharmacocinétiques permettrait d'envisager un avenir prometteur.

Par conséquent, nous avons pensé d'ajouter ce produit naturel au paracétamol afin d'agir contre les lésions hépatiques causées par ce dernier.

Des mesures, de photométrie l'UV-Visible, ont montré que cet amalgame peut constituer un bon matériau organique ayant des propriétés d'un semi-conducteur.

Nous avons, alors, orientés notre travail vers l'étude des propriétés électriques, et optiques de ce nouveau matériau.

Mais avant de faire cette étude expérimentale, on doit d'abord avoir une idée sur les matériaux semi-conducteurs, ce que nous avons présentés dans le deuxième chapitre.

Références bibliographiques

- [1] B. Calvino ; Paracétamol : ne pas dépasser la dose prescrite ; Pour la Science N°385-novembre 2009.
- [2] A. Chan, P. Hepp; Das Antifebrin, ein neues Fiebermittel; Centralbl Klein Med 1886;7:561–564.
- [3] P. relief: from coal tar to paracetamol. RSC, article de juillet 2005. En ligne (<http://www.rsc.org/Education/EiC/issues/2005July/painrelief.asp>), page consultée le 15 janvier 2008.
- [4] P. Queneau, *La Saga du paracétamol*. Médecine, volume 2, numéro 4, pp 158-9, avril 2006, Thérapeutiques. En ligne (<http://www.jle.com/fr/revues/medecine/med/e-docs/00/04/18/20/article.md>), page consultée le 15 janvier 2008.
- [5] J. Von Mering; Beitrage zur Kenntniss der Antipyretica; Ther Monatsch 1893;7:577–587.
- [6] WC. Bowman, MJ. Rand; Textbook of Pharmacology. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1980.
- [7] RJ. Flower, S. Moncada, JR. Vane; Analgesic-antipyretics and anti-inflammatory agents; The Pharmacological Basis of Therapeutics, 6th Edition. New York: Macmillan, 1980;706.
- [8] LA. Greenberg; Antipyrine: A critical bibliographic review. New Haven, Connecticut: Hillhouse Press, 1950.
- [9] SP. Clissold. Paracetamol and phenacetin. Drugs 1986; 32(Suppl 4):46–59.
- [10] Pharmacopée Française 10^{ème} édition. Monographie : Paracetamol.
- [11] Paracetamol. Pharmacopée Européenne. 5^{ème} ed. 2004.
- [12] Y. DRIAD; Stabilité du paracétamol : Application à un sachet produit en industrie pharmaceutique ; thèse de doctorat en pharmacie, université Nancy1.2009.
- [13] Frank Ellis; Paracetamol - a curriculum resource; 2002 Royal Society Of Chemistry page 1.
-

- [14] Pharmacopée Française 10^{ème} édition. Monographie : Paracetamol.
- [15] G. Murtaza et al; development of a uv-spectrophotometric method for the simultaneous determination of aspirin and paracetamol in tablets; Scientific Research and Essays Vol. 6(2), pp. 417-421, 18 January, 2011
- [16] P. Lechat, G Lagier and J. Boiteau ; Le paracétamol. *Thérapie*, 1978, 33 (5), pp. 551-585.
- [17] T. Antoine ; Suivi de lancement d'un nouvel antalgique de palier 2 : association fixe de Paracétamol-Tramadol. Th : Docteur en pharmacie, Faculté de médecine et de pharmacie Besançon ; 2005 ; n° 25-05-17, 158 p.
- [18] www.organicchem.org/oc1web/exp/lpacidbase.html
- [19] L.F. Prescott; Paracetamol: past, present, and future. *Am. J. Ther.*, 2000, 7, pp. 143-147.
- [20] P. Skelbred, B. Album and P. Lokken; Acetylsalicylic acid vs paracetamol : effects on post-operative cours. *Europ. j. clin. Pharmacol.*, 1977, 12, pp. 257-264.
- [21] A. Tjolsen, A. Lund and K. Hole; Antinociceptive effect of paracetamol in rats is partly dependent of spinal serotonergic systems. *Eur. J. Pharmacol.*, 1991, 193, pp. 193-201.
- [22] O. Moling, E. Cairon, G. Rimenti, F. Rizza, R. Pristerá and P. Mian; Severe hepatotoxicity after therapeutic doses of acetaminophen. *Clin. Ther.*, 2006, 28 (5), pp. 755-760.
- [23] D.M. Aronoff, J.A. Oates and O. Boutaud; New insights into the mechanism of action of acetaminophen: Its clinical pharmacologic characteristics reflect its inhibition of the two prostaglandin H2 synthases. *Clin. Pharmacol. Ther.*, 2006, 79 (1), pp. 9-19.
- [24] D.M. Aronoff, J.A. Oates and O. Boutaud; New insights into the mechanism of action of acetaminophen: Its clinical pharmacologic characteristics reflect its inhibition of the two prostaglandin H2 synthases. *Clin. Pharmacol. Ther.*, 2006, 79 (1), pp. 12.
-

- [25] J. Lawrence; Paracetamol as a risk factor for allergic disorders *The Lancet* 2009, 373, pp.119–121.
- [26] D. Le van et al; Choc anaphylactoides au paracétamol ; *Annales médicales de Nancy et de l'Est* 1989, 28, pp. 221-222.
- [27] A.J. Cummings, M.L. King and B.K. Martin; A kinetic study of drug elimination: the excretion of paracetamol and its metabolites in man; *Br. J. Pharm. Chem* 1967, 29, pp. 150-157.
- [28] BB. Aggarwal, et al; Curcumin–biological and medicinal properties. *Turmeric: the genus Curcuma*. Taylor and Francis Group; 2006. p. 297–368.
- [29] V. Lampe, J. Milobedzka; Studien fiber Curcumin. *Ber Deutsch Chem Ges* 1913;46:2235.
- [30] P. Delaveau ; *Les épices. Histoire, description et usage des différents épices, aromates et condiments*. Paris : Albin Michel, 1987, p.130-136.
- [31] <http://www.passeportsante.net>, consulté le 10 juillet 2009.
- [32] G. Penso ; *Les plantes médicinales dans l'art et l'histoire*. Paris : Roger Da Costa ed., 1986.
- [33] M.C. PERRY ; *Evaluation de la curcumine comme agent anti-cancéreux dans le traitement des tumeurs cérébrales*. Mémoire : Chimie : Montréal : 2008.
- [34] G. Penso, *Les plantes médicinales dans l'art et l'histoire*. Paris : Roger Da Costa ed., 1986.
- [35] P. Delaveau ; *Les épices. Histoire, description et usage des différents épices, aromates et condiments*. Paris : Albin Michel, 1987, p.130-136.
- [36] http://www.plantcultures.org/plants/turmeric_landing.html, consulté le 12 juillet 2009.
- [37] S.Guldner *Les Zingiberacées, une famille à épices*.-116f. Th : Pharm : Nancy I:1986 ; 86/102.
- [38] www.archive.org/stream/compendiumoffood00clayrich#page/310/mode/2up, consulté le 6 avril 2010.
-

- [39] P.C.M. Jansen et al ; Ressources végétales de l'Afrique tropicale 3. Colorants et tanins. Wageningen , Pays-Bas : PROTA, 2005.-238p.
- [40] Anand et al, Bioavailability of Curcumin: Problems and Promises; *Molecular Pharmaceutics* VOL. 4, NO. 6, 807–818.
- [41] R. Kowluru et al; Effects of curcumin on retinal oxidative stress. *Nutr Metab (Lond)*. 2007; 4: 8.
- [42] G.K. Jayaprakasha et al. Antioxidant activities of curcumin, demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin. *Food Chemistry* 98. 2006; 720-724.
- [43] BB. Aggarwal, et al; Anticancer potential of curcumin : preclinical and clinical studies. *Anticancer Res* 2003; 23:363-98.
- [44] P. Anand, et al. Biological activities of curcumin and its analogues (Congeners) made by man and Mother Nature. *Biochem Pharmacol*.2008 Dec 1;76(11):1590-611.
- [45] L. Shen, JI HF. Theoretical study on physicochemical properties of curcumin. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc* 2007;67:619–23.
- [46] H. Itokawa et al; Recent advances in the investigation of curcuminoids; *Chinese Medicine* 2008, 3:11.
- [47] HP. Ammon, MA. Wahl; Pharmacology of *Curcuma longa*. *Planta Med* 1991; 57: 1-7.
- [48] DL. Flynn, MF. Rafferty, AM. Boctor; Inhibition of 5-hydroxyeicosatetraenoic acid (5-HETE) formation in intact human neutrophils by naturally-occurring diarylheptanoids. Inhibitory activities of curcuminoids and yakuchinones. *Prostaglandins Leukot Med* 1986; 22: 357-60.
- [49] A. Mukhopadhyay et al; Anti-inflammatory and irritant activities of curcumin analogues in rats. *Agents Actions* 1982; 12: 508-15.
- [50] R. Srimal, B. Dhawan; Pharmacology of diferuloyl methane (curcumin), a non-steroidal anti-inflammatory agent. *J Pharm Pharmacol* 1973; 25: 447-52.
- [51] R. Srivastava, RC. Srimal; Modification of certain inflammation-induced biochemical changes by curcumin. *Indian J Med Res* 1985; 81: 215-23.
-

- [52] A. Mukhopadhyay et al; Anti-inflammatory and irritant activities of curcumin analogues in rats; *Agents Actions* 1982; 12: 508-15.
- [53] N. Basu; Sodium curcumin as an effective anti-inflammatory agent; *Indian J Exp Biol* 1972; 10: 235-6.
- [54] Y-J. Surh et al; Inhibitory effects of curcumin and capsaicin on phenol ester-induced activation of eukaryotic transcription factor, NF-kB and AP-L *Biofactors* 2000; 2:107-112.
- [55] Y. Sumanont et al ; Evaluation of the nitric oxide radical scavenging activity of manganese complexes of curcumin and its derivative. *Biol Pharm Bull* 2004; 27(2): 170-3.
- [56] J. Miquel, A. Bernd, J. Sempere et al ; The curcuma antioxidants: pharmacological effects and prospects for future clinical use (A review). *Arch Gerontol Geriatr* 2002; 34(1): 37-46.
- [57] G. Garcea, DJ. Jones et al; Detection of curcumin and its metabolites in hepatic tissue and portal blood of patients following oral administration. *Br J Cancer* 2004; 90(5): 10H-5.
- [58] KB. Soni, R. Kuttan; Effect of oral curcumin administration on serum peroxides and cholesterol levels in human volunteers. *Indian J Physiol Pharmacol* 1992; 36(4): 273-5.
- [59] G. Garcea et al; Detection of curcumin and its metabolites in hepatic tissue and portal blood of patients following oral administration; *British Journal of Cancer* 2004; 90(5): 10H-5.
- [60] E.J. Park, C.H. Jeon, G. Ko, J. Kim, D.H. Sohn; Protective effect of curcumin in rat liver injury induced by carbon tetrachloride; *J. Pharm. Pharmacol*, 2000; 52(4): 437 – 440.
- [61] B.B. Aggarwal et al; Curcumin: the Indian solid gold. *Adv. Exp. Med. Biol* 2007; 595: 1 – 75.
-

- [62] I.A. Donatus, S. Sardjoko, N.P. Vermeulen; Cytotoxic and cytoprotective activities of curcuman. Effects on paracetamol-induced cytotoxicity, lipid peroxidation and glutathione depletion in rat hepatocytes; *Biochem Pharmacol*, 1990; 39(12): 1869 – 1875.
- [63] Aline Cuchet; Le curcuma protégerait aussi le foie de l'inflammation; 2010 *Alternatif Bien-Etre* N°71.
- [64] S. Daniel et al; Through metal binding, curcumin protects against lead- and cadmium-induced lipid peroxidation in rat brain homogenates and against lead-induced tissue damage in rat brain; *J Inorg Biochem* 2004; 98(2): 266-75.
- [65] GC. Iageta, GK. Rajanikant; Curcumin treatment enhances the repair and regeneration of wounds in mice exposed to hemibody gamma-irradiation; *Plast Reconstr Surg* n5 2005; (2): 515-28.
- [66] S. Wang, B. Chen, C. Sun; Regulation effect of curcumin on blood lipids and antioxidation in hyperlipidemia rats; *Wei Sheng Yan Jiu* 2000; 29(4): 240-2.
- [67] C. Gomes, L.V. De Alegio, M.E. De Lima, L.L. Leon, C.A. Araujo; Synthetic derivatives of curcumin and their activity against *Leishmania amazonensis*; *Arznei-forschung*, 2002; 52(2):120 -124.
- [68] L. Perez-Arriaga et al; Cytotoxic effect of curcumin on *Giardia lamblia* trophozoites ; *Acta Trop* 2006; 98(2):152 – 61.
- [69] C.A.C. Araujo, L.L. Leon; Biological activities of *Curcuma longa* L; *Mem. I. Oswaldo Cruz* 2001; 96(5): 723 – 728.
- [70] S.Cikrici, E. Mozioglu, H. Yilmaz; Biological activity of curcuminoids isolated from *Curcuma longa*; *Rec. Nat. Prod* 2008; 2(1):19 – 24.
- [71] I. Chattopadhyay et al; Turmeric and curcumin: Biological actions and medicinal applications; *Curr. Sci. India* 2004; 87(1): 44 – 53.
- [72] I. Chattopadhyay et al; Turmeric and curcumin: Biological actions and medicinal applications; *Curr. Sci. India* 2004; 87(1): 44 – 53.
-

- [73] C.A.C. Araujo, L.L. Leon; Biological activities of *Curcuma longa* L; Mem. I. Oswaldo Cruz 2001; 96(5): 723 – 728.
- [74] S. Cikrici et al; Biological activity of curcuminoids isolated from *Curcuma longa*; Rec. Nat. Prod 2008; 2(1):19 – 24.
- [75] I. Chattopadhyay et al; Turmeric and curcumin: Biological actions and medicinal applications; Curr. Sci. India 2004; 87(1): 44 – 53.
- [76] B. Wahlstrom, G. Blennow; A study on the fate of curcumin in the rat; Acta Pharmacol Toxicol (Copenh) 1978; 43:86–92.
- [77] GM. Holder et al; The metabolism and excretion of curcumin (1,7-bis-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-1,6-heptadiene-3,5-dione) in the rat; Xenobiotica 1978; 8:761–8.
- [78] MH. Pan et al; Biotransformation of curcumin through reduction and glucuronidation in mice; Drug Metab Dispos 1999; 27:486–94.
- [79] RA. Sharma et al; Pharmacodynamic and pharmacokinetic study of oral *Curcuma* extract in patients with colorectal cancer; Clin Cancer Res 2001; 7:1894–900.
- [80] G. Garcea et al; Consumption of the putative chemopreventive agent curcumin by cancer patients: assessment of curcumin levels in the colorectum and their pharmacodynamic consequences; Cancer Epidemiol Biomarkers Prev 2005; 14:120–5.
- [81] S. Perkins et al; Chemopreventive efficacy and pharmacokinetics of curcumin in the min/+ mouse, a model of familial adenomatous polyposis; Cancer Epidemiol Biomarkers Prev 2002; 11:535–40.
- [82] B.T. Kurien, et al ; Improving the solubility and pharmacological efficacy of curcumin by heat treatment; Assay Drug Dev. Technol 2007; 5, 567– 576.
- [83] G. Shoba, et al; Influence of piperine on the pharmacokinetics of curcumin in animals and human volunteers; Planta Med 1998; 64:353–6.
- [84] P. Anand et al; Bioavailability of curcumin: problems and promises; Mol Pharm 2007, 4(6):807-18.
-

[85] S. Manju, K. Sreenivasan ; Journal of Colloid and Interface Science 2012; 368: 144–151.

[86] S. Bisht, et al; Polymeric nanoparticle-encapsulated curcumin (“nanocurcumin”): a novel strategy for human cancer therapy; J Nanobiotechnol 2007 ;5:3.

[87] P. Anand, A.B. Kunnumakkara, et al; Bioavailability of curcumin: problems and promises; Mol. Pharm 2007; 4(6): 807- 818.

Chapitre II

Semi-conducteurs

L'objectif de ce deuxième chapitre est d'avoir une idée générale sur les semi-conducteurs, et leurs domaines d'applications.

Pour cela on va :

* Présenter les semi-conducteurs par leur histoire impressionnante et par leurs caractéristiques exceptionnelles qui en font des matériaux de choix pour de nombreuses applications électronique.

* savoir c'est quoi une bande d'énergie, qu'elle est la conductivité électrique d'un semi-conducteur, qu'elle est l'influence de la température sur cette conductivité.

* avoir une idée sur les différents types des semi-conducteurs (intrinsèques et extrinsèques), et leur dopage.

* Découvrir les semi-conducteurs organiques, leurs avantages et leurs domaines d'application.

I. Historique

La recherche sur les matériaux semi-conducteurs a commencée au début du 19ème siècle. Au fil des années de nombreux semi-conducteurs ont été étudiés. Parmi les plus célèbres, nous trouvons le silicium Si et le germanium Ge de la colonne IV du tableau périodique. Ces deux semi-conducteurs sont composés d'atomes identiques, mais d'autres, comme l'arséniure de gallium GaAs (III-V) sont des composés d'atome d'éléments différents : Ga (III) et As (V). La composition des semi-conducteurs permet d'accéder à des propriétés électriques et optiques importantes.

A partir des années 1950, le germanium est devenu le semi-conducteur le plus utilisé. Cependant, il ne peut pas être employé dans les applications nécessitant une faible consommation de courant et/ou soumises à de hautes températures. Le silicium, d'un coût moins élevé et permettant des applications à faibles consommations, sera très utilisé dès 1960.

II. Définition

Un semi-conducteur est un corps cristallin dont les propriétés électriques sont intermédiaires entre celle des métaux et celles des isolants. Un semi-conducteur serait isolant à une température de zéro kelvin (zéro absolu), contrairement à un métal. Les semi-conducteurs sont largement utilisés en électronique pour réaliser des composants tels que des diodes, des transistors, des circuits intégrés...etc.

III. Bande d'énergie

Dans un cristal où les atomes sont liés à leurs proches voisins, l'énergie thermique des électrons à température ambiante, modifie leur probabilité de présence et une partie d'entre eux occupent l'Orbitale Moléculaire inoccupée la plus basse : LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital) comme il est représenté dans la figure II.1. Le déplacement des électrons crée une bande supérieure permise pour les électrons

d'énergie (E), cette bande est appelée bande de conduction (E_c) avec des minimums d'énergie permise. A 0 K, les électrons des couches périphériques occupent l'Orbitale Moléculaire Occupée la plus Haute HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital). Cette bande inférieure est appelée bande de valence (E_v) avec des maximums d'énergie permise pour les vacances d'électrons, c'est-à-dire des trous. Les bandes E_c et E_v sont séparées par une bande d'énergie interdite E_g (g pour la dénomination anglaise de gap) [1].

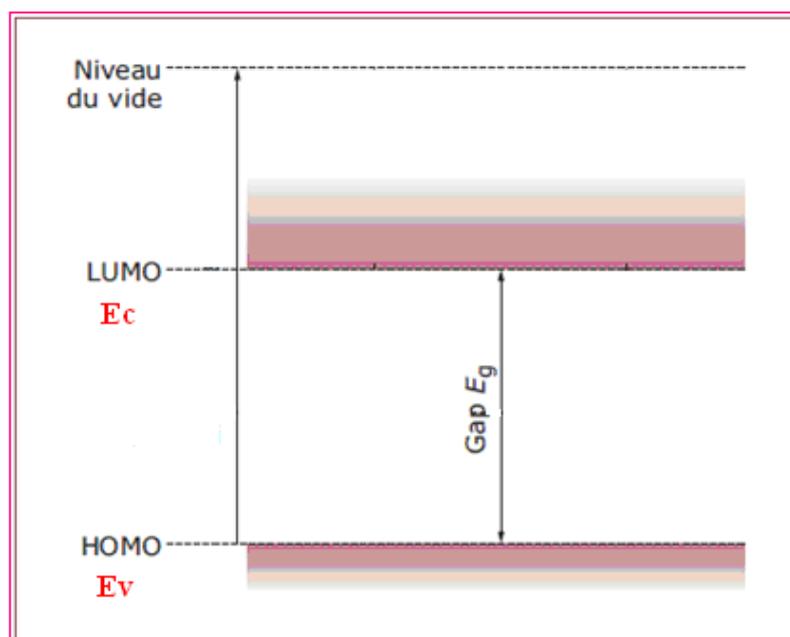


Figure II.1 : Les niveaux énergétiques des matériaux.

La conduction électrique résulte du déplacement des électrons à l'intérieur de chaque bande. Considérons à présent une bande d'énergie vide, il est évident de par le fait qu'elle ne contient pas d'électrons, elle ne participe pas à la formation d'un courant électrique. Il en est de même pour une bande pleine. En effet, un électron ne peut se déplacer que s'il existe une place libre (un trou) dans sa bande d'énergie. Ainsi, un matériau dont les bandes d'énergie sont vides ou pleines est un isolant. Une telle configuration est obtenue pour des énergies de gap supérieures à $\sim 6\text{eV}$, car pour

de telles énergies, l'agitation thermique à 300K, ne peut pas faire passer les électrons de la bande de valence à celle de conduction par cassure de liaisons électronique. Les bandes d'énergie sont ainsi toutes vides ou toutes pleines.

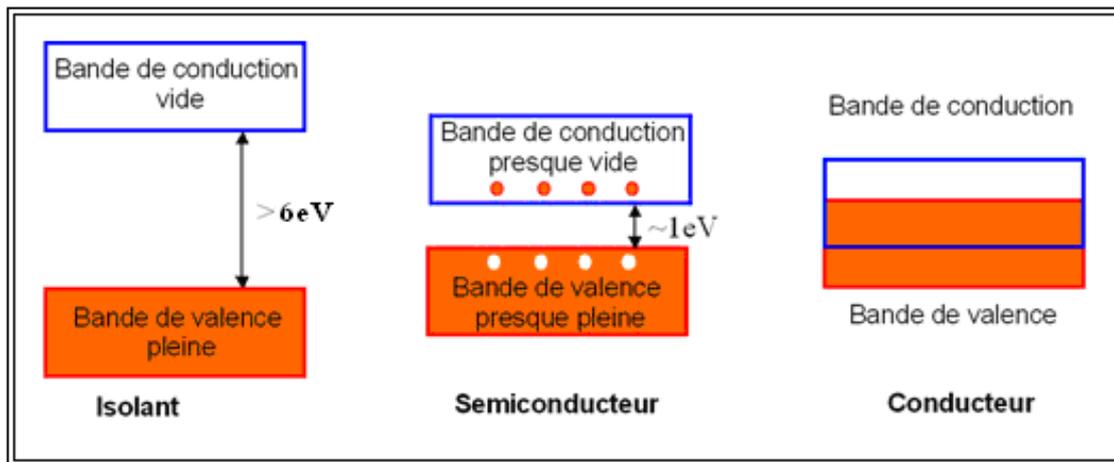


Figure II.2 : Représentation des bandes d'énergie.

Un semi-conducteur est un isolant pour une température de 0 K. Cependant ce type de matériau ayant une énergie de gap plus faible que l'isolant ($\sim 1\text{eV}$), aura de par l'agitation thermique ($T=300\text{K}$), une bande de conduction légèrement peuplée d'électrons et une bande de valence légèrement dépeuplée (*Figure II.2*). Sachant que la conduction est proportionnelle au nombre d'électrons pour une bande d'énergie presque vide et qu'elle est proportionnelle au nombre de trous pour une bande presque pleine, on déduit que la conduction d'un semi-conducteur.

Pour un conducteur, l'interpénétration des bandes de valence et de conduction implique qu'il n'existe pas d'énergie de gap. La bande de conduction est alors partiellement pleine (même aux basses températures) et ainsi la conduction du matériau est « élevée ».

IV. Conductivité électrique

Les matériaux solides peuvent être classés en trois groupes que sont les isolants, les semi-conducteurs et les conducteurs. On considère comme isolants les matériaux de conductivité $\sigma < 10^{-5}$ S/m (diamant 10^{-12} S/m), comme semi-conducteurs les matériaux tels que $10^{-5} < \sigma < 10^3$ S/m (silicium 10^{-3} S/m) et comme conducteurs les matériaux tels que $\sigma > 10^1$ S/m (argent 10^4 S/m).

La conductivité d'un semi-conducteur est liée à son nombre de porteurs de charge (électrons et trous). La libération d'un électron de conduction, c'est-à-dire son passage de la bande de valence à la bande de conduction laisse un trou dans la bande de valence, qui participe à la conduction électrique.

La formation d'une paire électron-trou est d'autant plus facile que le gap, différence d'énergie entre la bande de conduction et la bande de valence, est faible.

L'étude de la conductivité en fonction de la température et celle de l'absorption optique permettent d'accéder à la grandeur physique essentielle de ces matériaux, la largeur de bande interdite E_g ou le "gap optique".

IV.1. Effet de la température sur la conduction électrique

La variation de la conductivité électrique en fonction de la température suit une loi qui permet de caractériser sûrement un semiconducteur. Quand la température augmente, la conductivité d'un semiconducteur augmente. Le processus de conduction est donc thermiquement activé.

V. Types de semi-conducteur

Les semiconducteurs sont classés en deux catégories selon leurs puretés chimiques :

V.1. Semi-conducteurs intrinsèques

Un semi-conducteur intrinsèque est un semi-conducteur non dopé, c'est à dire qu'il contient peu d'impuretés (atomes étrangers) en comparaison avec la quantité de trous et d'électrons générés thermiquement.

V.2. Semi-conducteurs extrinsèques

Un semi-conducteur extrinsèque est un semi-conducteur intrinsèque dopé par des impuretés spécifiques lui conférant des propriétés électriques adaptées aux applications électroniques (diodes, transistors, etc...) et optoélectroniques (émetteurs et récepteurs de lumière, etc.).

V.3. Dopage de type n et p

Le silicium employé aujourd'hui dans la plupart des cellules a été choisi pour la présence de quatre électrons de valence sur sa couche périphérique (colonne IV du tableau de Mendeleïev). Dans le silicium solide, chaque atome – dit tétravalent – est lié à quatre voisins, et tous les électrons de la couche périphérique participent aux liaisons. Si un atome de silicium est remplacé par un atome de la colonne V (phosphore par exemple), un de ses cinq électrons de valence ne participe pas aux liaisons; par agitation thermique, il va très vite passer dans la bande de conduction et ainsi devenir libre de se déplacer dans le cristal, laissant derrière lui un trou fixe lié à l'atome de dopant. Il y a conduction par un électron, et le semi-conducteur dit dopé de type n.

Si au contraire un atome de silicium est remplacé par un atome de la colonne III (bore par exemple) à trois électrons de valence, il en manque un pour réaliser toutes les liaisons, et un électron peut rapidement venir combler ce manque et occuper l'orbitale vacante par agitation thermique. Il en résulte un trou dans la bande de valence, qui va contribuer à la conduction, et le semi-conducteur est dit dopé de type p. Les atomes tels que le bore ou le phosphore sont donc des dopants du silicium.

VI. Semiconducteur organique

Les matériaux semi-conducteurs organiques sont porteurs d'un potentiel de développement important dans la recherche de modules photovoltaïques à coût relativement bas pour la production d'électricité domestique. Contrairement aux cellules à base de silicium, ils peuvent être fabriqués facilement sur des substrats souples, ce qui leur permettra de s'intégrer facilement dans les objets courants.

Les matériaux organiques sont généralement classés en deux catégories selon la valeur de leur masse moléculaire. Les polymères sont formés de chaînes macromoléculaires entremêlées dans la phase amorphe, ou régulièrement repliées sur elles-mêmes dans la phase cristalline. Chaque chaîne est formée par la répétition de n unités monomériques, la valeur de n pouvant varier de quelques unités jusqu'à plusieurs milliers. La structure des petites molécules ne présente pas cette répétition régulière du même motif. Leur masse moléculaire est généralement inférieure à environ 1000 g.

VI.1. Les polymères semi-conducteurs

Plusieurs recherches sur l'utilisation des polymères semi-conducteurs ont été publiées au cours des dernières années [2]. Les matériaux les plus étudiés, représentés sur la

figure II.3a, sont des polymères conjugués comme le polyacétylène, le polyphénylène, des dérivés de polythiophène et de poly(phénylènevinylène). Bien qu'ils soient décrits par une structure alternée de simples et de doubles liaisons, en réalité les électrons qui participent aux liaisons π sont délocalisés tout au long de la macromolécule. Généralement de type donneur, ils ont été associés à des matériaux moléculaires accepteurs d'électron, les fullerènes (C60), pour induire la séparation des charges électriques.

VI.2. Les petites molécules semi-conductrices

Contrairement aux polymères, les petites molécules présentent l'avantage de pouvoir être déposées par distillation ou évaporation sous vide. Sans solvant et sous vide secondaire, ce procédé permet d'obtenir un film de grande pureté. La figure II.3b présente les matériaux les plus utilisés.

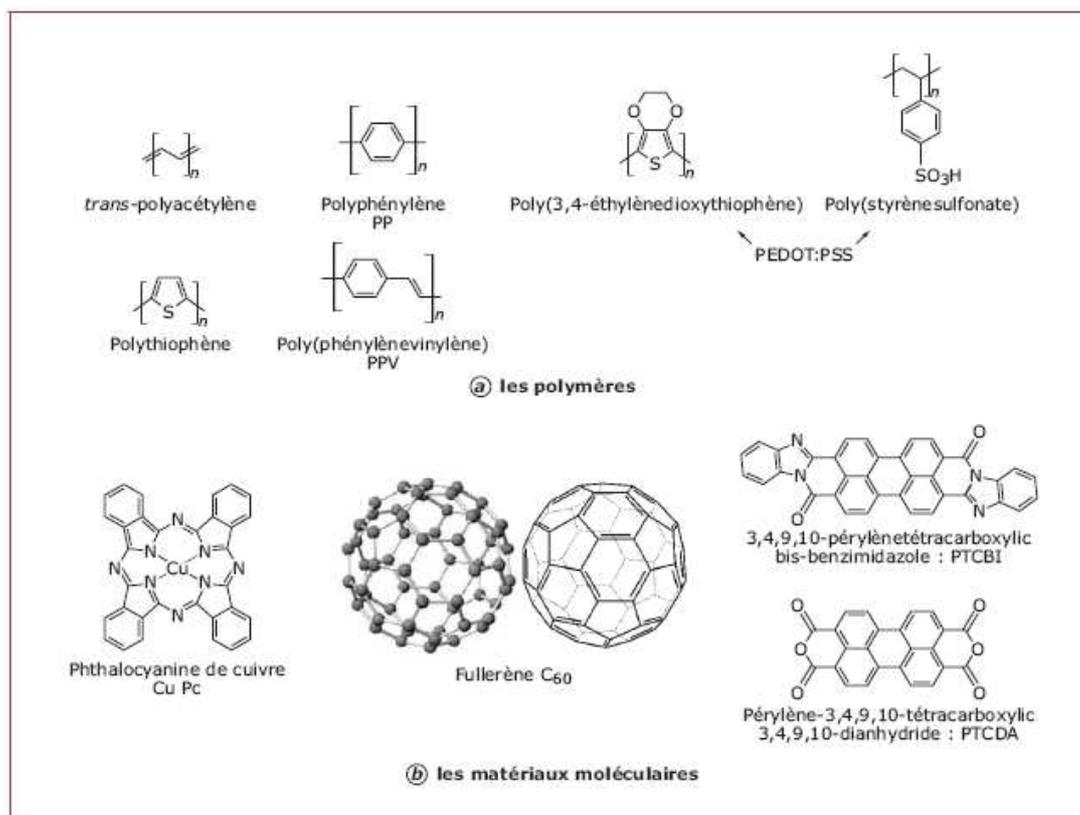


Figure II.3 : Les polymères semiconducteurs (a) et les matériaux moléculaires (b) les plus utilisés dans les cellules photovoltaïques organiques [3].

VI.3. Avantages des semiconducteurs organiques

Les semi-conducteurs organiques possèdent certains atouts tels que leur légèreté, leur simplicité de conception puisque les molécules s'assemblent entre elles, leur plus forte solidité permettant une plus grande manipulation.

Au niveau des conditions de fabrication et du coût financier. Contrairement au silicium cristallin dont la production nécessite de très hautes températures, leur fabrication implique un faible coût énergétique et un faible impact environnemental.

Ils évoluent de plus en plus dans l'univers de l'électronique et des technologies de l'information. Elles restent aussi des éléments utiles pour remplacer le silicium dans l'électronique organique.

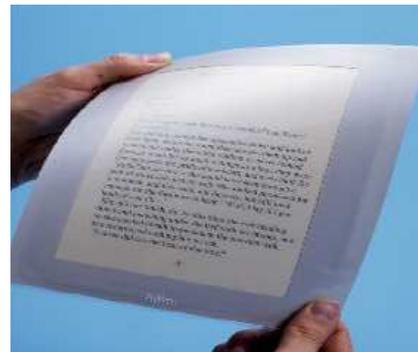
VII. Application des semi-conducteurs organiques

Les semi-conducteurs organiques offrent la possibilité de produire des éléments électroniques et des affichages économiques, souples et polyvalents. Les écrans organiques sont déjà commercialisés et leur conception simple, volume réduit et fortes performances leur ont permis de pénétrer rapidement le marché dominé actuellement par la technologie des cristaux liquides. Les semi-conducteurs organiques peuvent être adaptés à des méthodes de fabrication en continu, comme l'impression par machine rotative ou la sérigraphie, permettant la production à la chaîne de composants électroniques très bon marché. De plus, les piles solaires organiques souples, avec de petites sources d'alimentation portatives, pourraient offrir une solution opportune aux préoccupations énergétiques mondiales [08]. Parmi les nouvelles applications des technologies de semi-conducteurs organiques, on trouve:

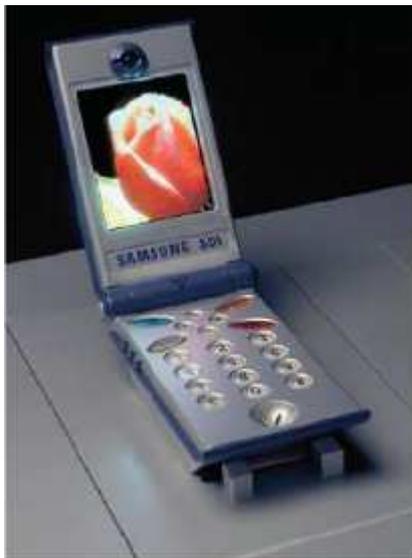
- Affichages plats de grandes dimensions (téléviseurs, panneaux d'affichage)



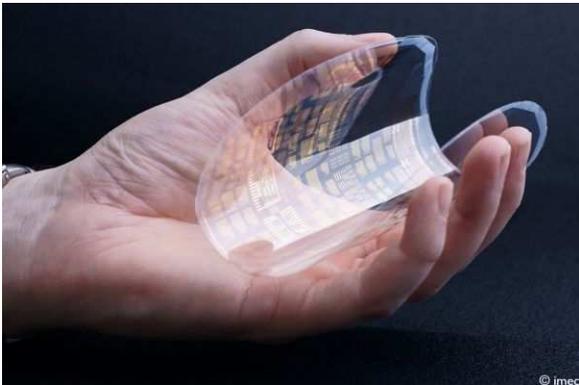
- Ordinateurs portables et assistants numériques personnels



- Téléphones cellulaires, caméras numériques



- Piles solaires organiques



Conclusion

Les cellules solaires commercialisées sont composées de semiconducteur à base des matériaux inorganiques, comme le silicium. Depuis quelques années, la recherche tente de produire des cellules solaires composées de semi-conducteurs organiques qui offrent de multiples avantages.

L'émergence des semi-conducteurs organiques dans le monde de l'électronique et des technologies de l'information est désormais une réalité. Petites molécules ou polymères, ces matériaux peuvent être substitués au silicium dans la fabrication de transistors, de cellules photovoltaïques ou de diodes électroluminescentes. Faciles à déposer par des techniques douces, mécaniquement flexibles, ils sont peu coûteux. Leur structure peut être ajustée de manière à obtenir les propriétés désirées. Enfin, la possibilité récente d'obtenir des monocristaux de très grande pureté ouvre de vastes perspectives vers "l'Electronique Organique".

Références bibliographiques

- [1] H.Mathieu; Physique des semiconducteurs et des composants électroniques. Masson 1998.
- [2] J.P. Farges; Organic conductors; Dekker 1994.
- [3] F. Gutmann et L.E. Lyons; Organic semiconductors; John Wiley & Sons, Inc. 1966.

Etude Expérimentale

Chapitre III

Résultats et discussion

Cette partie de notre travail consiste à évaluer les propriétés diélectriques et optiques de nos matériaux en posant la question suivante :

Est-ce que nos matériaux peuvent avoir un comportement d'un semiconducteur ?

Pour répondre à cette question on a fait une étude sur les paramètres caractéristiques d'un semiconducteur classique, qui sont :

a) Les paramètres électriques :

- La conductivité électrique σ (S.m⁻¹),
- L'énergie d'activation E_a (eV),
- La permittivité relative ϵ_r .

b) Les paramètres optiques :

- L'énergie de gap optique E_g (eV),
- La transparence T (%).

Pour mesurer ou déterminer ces paramètres on a utilisé les techniques d'analyses suivantes:

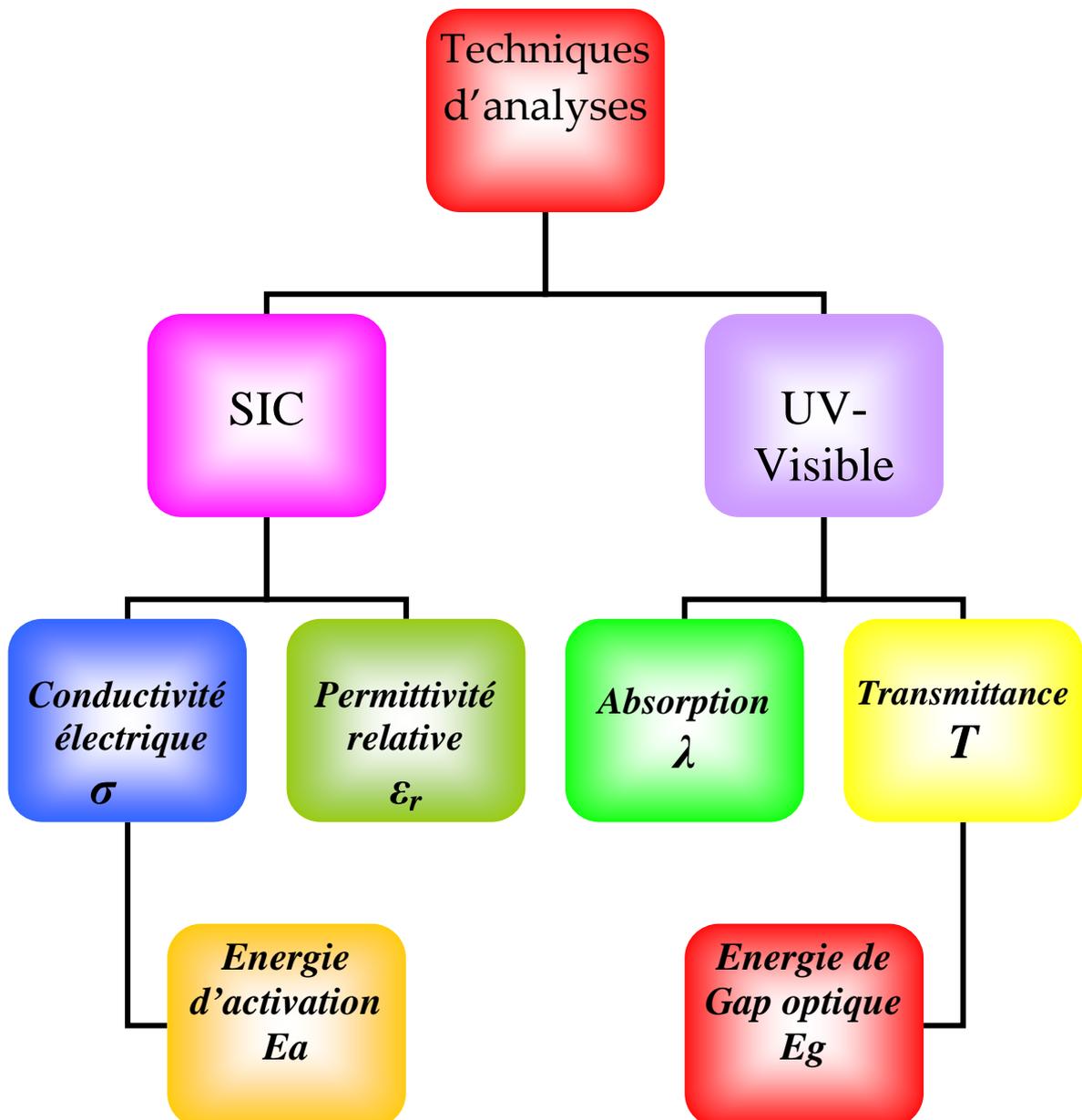


Figure III.1 : Diagramme des techniques d'analyses utilisées.

I. Méthode d'étude des propriétés de nos matériaux

I.1. Spectroscopie d'impédance complexe

L'impédance complexe consiste à enregistrer le déphasage entre le courant traversant l'échantillon et la tension alternative imposée.

C'est une technique physico-chimique permettant d'étudier les propriétés électrique à l'aide d'un impédance-mètre de type Instek, dans un milieu inerte, en mesurant la conductivité électrique et la permittivité en variant la température et la fréquence.

L'appareil que nous avons utilisé comporte une cellule de test entre deux électrodes, ou est placé l'échantillon, l'électrode de garde (en laiton) était posée sur l'échantillon, ce qui permettait d'éviter l'effet de conduction surfacique.

Le potentiel appliqué était de 1V. La conductivité et la permittivité (constante diélectrique), étant mesurés dans une gamme de fréquence 100Hz-100KHz en utilisant un analyseur d'impédance (*figure III.2*).



Figure III.2 : Analyseur d'impédance avec un four électrique.

La valeur de la conductivité électrique σ est donnée par la relation d'Arrhenius :

$$\sigma = \sigma_0 \text{Exp} (E_a/k_b T) \quad \text{Equation (1)}$$

D'où σ_0 représente une constante,

K_b est la constante de Boltzmann,

E_a est l'énergie d'activation,

T est la température en degré Kelvin.

I.2. Spectroscopie UV-Visible

Cette technique consiste à déterminer la variation de l'absorption de la lumière par un échantillon en fonction de la longueur d'onde incidente.

L'utilité de la spectroscopie UV-Visible est nécessaire pour la détermination de l'énergie de gap optique E_g , ainsi que la transmittance T (la transparence) de nos matériaux.

Cette dernière est donnée par la loi de Beer Lambert, qui s'exprime par :

$$A = \log (I_0 / I) = - \log T = \epsilon.c.x$$

avec :

A = absorbance (sans unité),

I_0 = intensité de la lumière incidente,

I = intensité de la lumière transmise (I toujours inférieure à I_0),

T = transmittance,

ϵ = coefficient d'absorption molaire ou d'extinction ($\text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$),

c = concentration molaire ($\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$),

x = la largeur de cuve en cm ou trajet lumineux.

Il est commun d'exprimer la transmittance par un pourcentage :

$$T(\%) = I / I_0$$

Nous avons utilisés un Spectrophotomètre UV-Visible Shimadzu-UV-1650PC (figure III.3).



Figure III.3: Spectrophotomètre UV-Visible Shimadzu-UV-1650PC.

II. Propriétés électriques

Peut-on avoir un matériau semi-conducteur? Et quel est l'échantillon idéal qui peut réaliser ça ?

A partir de cette question, on va étudier, dans cette partie, la conductivité électrique et la permittivité (constante diélectrique), qui sont des propriétés électriques importantes pour la caractérisation d'un matériau semi-conducteur.

On va voir :

- Les valeurs de la conductivité électrique à température ambiante, de chaque échantillon.
- L'influence de la température t sur la conductivité électrique, de chaque échantillon.
- Les valeurs de l'énergie d'activation de chaque échantillon.
- Les valeurs de la permittivité relative de chaque échantillon, à température ambiante.
- Les résultats de la littérature, et faire une étude comparative.

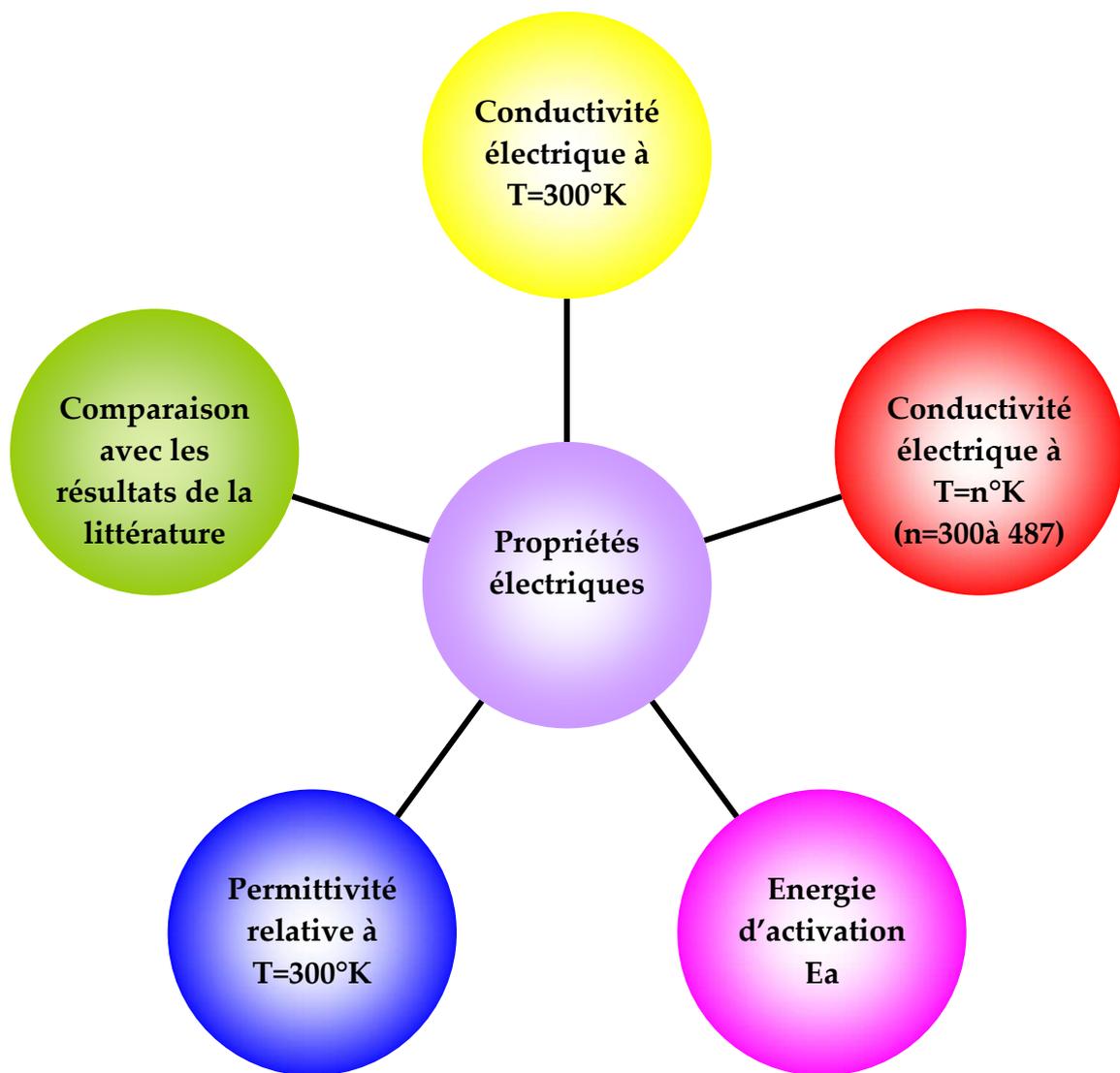


Figure III.4: Organigramme de l'étude des propriétés électriques.

II.1. Conductivité électrique

La conductivité électrique est l'aptitude d'un matériau à laisser les charges électriques se déplacer librement, donc à permettre le passage d'un courant électrique.

C'est le paramètre de base le plus important pour classer la nature d'un matériau :

Si $\sigma < 10^{-6} \text{ S.m}^{-1}$, donc on a un matériau isolant.

Si $\sigma > 10^5 \text{ S.m}^{-1}$, donc on a un matériau conducteur.

Si $10^{-6} < \sigma < 10^5 \text{ S.m}^{-1}$, donc on a un matériau semi-conducteur.

Un matériau possède un caractère semi-conducteur si sa conductivité comprise entre 10^{-6} et 10^5 S.m^{-1} [1].

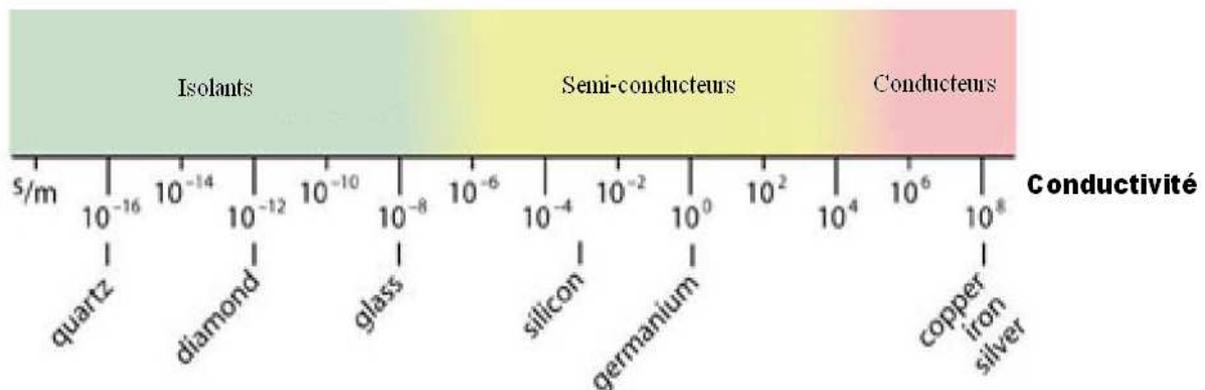


Figure III.5: Ordre de grandeur de la conductivité électrique de différents matériaux.

Les mesures qu'on a faites à température proche de la température ambiante et à 100KHz, donnent les valeurs de la conductivité électrique suivantes :

Tableau III.1: la conductivité électrique de nos échantillons à température ambiante (300°K).

Echantillon	Température (K)	σ (S.m ⁻¹)
a	300	/
b	300	/
ab1	300	/
ab2	300	/
ab3	300	/

Observation :

D'après les valeurs représentés dans le tableau, on observe que

- Pour tous les échantillons, l'appareille ne détecte aucune conductivité électrique, à une température ambiante pour les cinq valeurs de fréquences différentes (100Hz, 500Hz, 1KHz, 10KHz, 100KHz).

Résultats :

On peut dire que

- Tous les échantillons sont des matériaux isolants, à température ambiante.

Pour confirmer si nos échantillons sont des matériaux semiconducteurs ou non, on va étudier son comportement avec l'augmentation de la température.

II.2. Influence de la température sur la conductivité électrique

Pour un semi-conducteur classique, la variation de la conductivité électrique en fonction de la température est représentée pour un semiconducteur très pur ou intrinsèque.

Pour un semi-conducteur qui contient beaucoup d'impuretés, la conductivité électrique dépend relativement peu de la température elle-même.

L'échantillon a et b

L'appareil ne détecte aucune conductivité pour un intervalle de température (17°C à 214°C), et pour cinq valeurs de fréquences différentes (100Hz, 500Hz, 1KHz, 10KHZ, 100KHz).

Ce qui confirme une autre fois que l'échantillon a et b est un matériau isolant

L'échantillon ab1

L'appareil ne détecte aucune conductivité pour un intervalle de température (17°C à 206°C), et pour cinq valeurs de fréquences différentes (100Hz, 500Hz, 1KHz, 10KHZ, 100KHz).

Alors qu'à partir de 207°C à 212, l'appareil mesure une conductivité électrique varié de $1,54 \cdot 10^{-5} \text{ S/m}$ à $2,18 \cdot 10^{-5} \text{ S/m}$, pour une fréquence de 100KHz.

Ces valeurs sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau III.2: variation de la conductivité électrique σ , de l'échantillon ab1 avec l'augmentation de la température.

Echantillon	ab1	
	T (°C)	σ (S.m ⁻¹)
	207	$1,54 \cdot 10^{-5}$
	212	$2,18 \cdot 10^{-5}$

Résultats

Au vu des valeurs de la conductivité électrique σ qui oscillent autour de 10^{-5} S.m⁻¹, on peut dire qu'il n'existe pas une variation significative de σ avec l'augmentation de la température, cela due probablement à la présence de beaucoup d'impuretés dans ce matériau.

Conclusion

Cette information ne permet pas de dire que l'échantillon ab1 est de bon matériau semi-conducteur.

L'échantillon ab3

L'appareil ne détecte aucune conductivité pour un intervalle de température (17°C à 212°C), et pour cinq valeurs de fréquences différentes (100Hz, 500Hz, 1KHz, 10KHZ, 100KHz).

Alors qu'à 213°C, l'appareil mesure une conductivité de $1,38.10^{-5}$ S/m, pour une fréquence de 100KHz.

Le tableau suivant, représente cette mesure:

Tableau III.3: variation de la conductivité électrique σ , de l'échantillon ab3, avec l'augmentation de la température.

Echantillon	ab3	
	T (°C)	σ (S.m ⁻¹)
	213	$1,38.10^{-5}$

Résultats

Au vu des valeurs de la conductivité électrique σ qui oscillent autour de 10^{-5} S.m⁻¹, on peut dire qu'il n'existe pas une variation significative de σ avec l'augmentation de la température, cela due probablement à la présence de beaucoup d'impuretés dans ce matériau.

Conclusion

Cette information ne permet pas de dire que l'échantillon ab3 est un bon matériau semi-conducteur.

L'échantillon ab2

L'appareil a mesuré une conductivité électrique à partir de 47°C à 166°C de $1,7 \cdot 10^{-5}$ S/m à $1,51 \cdot 10^{-5}$ S/m, et une variation de conductivité à partir de 197 °C à 214°C, de $1,62 \cdot 10^{-5}$ S/m à $2,18 \cdot 10^{-4}$ S/m.

Ces résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau III.4: Variation de la conductivité électrique σ , de l'échantillon **ab2**, avec l'augmentation de la température.

Echantillon	ab2	
	T (°C)	σ (S.m ⁻¹)
	47	$1,7 \cdot 10^{-5}$
	166	$1,51 \cdot 10^{-5}$
	197	$1,6 \cdot 10^{-5}$
	214	$2,18 \cdot 10^{-4}$

Observation

D'après les valeurs enregistrées dans le tableau III.4, on observe deux régions de conductivité électrique, la première région « *régi*on I » représentée par l'intervalle de température de 47°C à 166°C, où la conductivité électrique oscille autour de 10^{-5} S.m⁻¹.

La deuxième région « *régi*on II » représentée par l'intervalle de 197°C à 214°C, on observe une importante augmentation de la conductivité électrique avec l'augmentation de la température, où sigma varie de 10^{-5} S/m à 10^{-4} S/m.

Pour la région I, on l'ignore car c'est une région d'impureté, non significative.

Pour la région II, on a tracé la courbe d'Arrhenius (figure III.6).

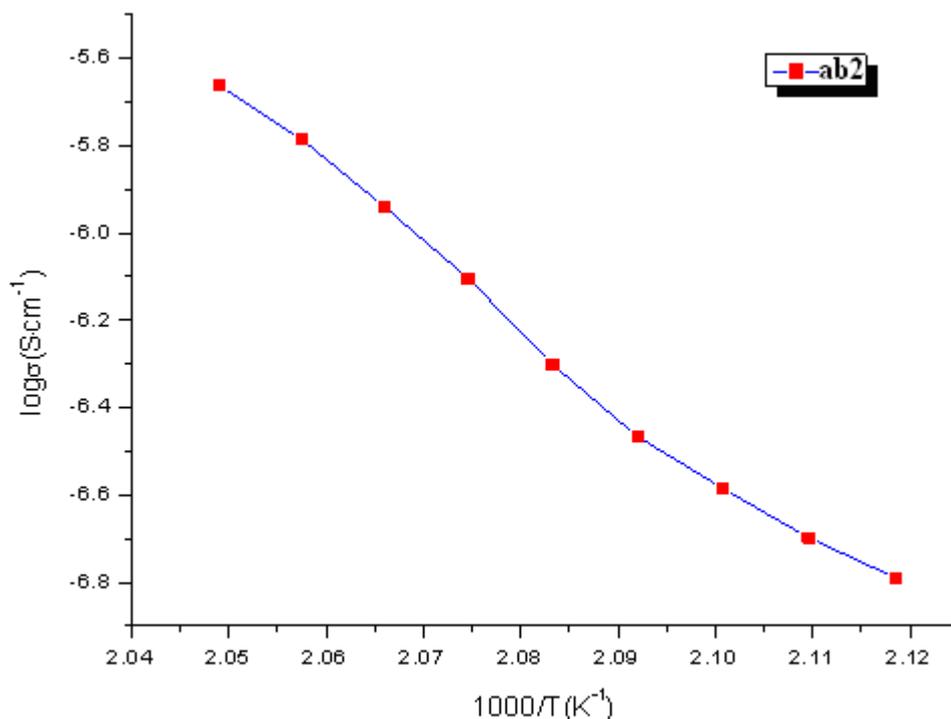


Figure III.6 : Le logarithme de la conductivité électrique en fonction de l'inverse de la température pour l'échantillon ab2, de 17°C à 214°C.

La *figure III.6* montre l'allure de la fonction $\text{Log } \sigma$ pour l'échantillon *ab2*, en fonction de l'inverse de la température absolu (la courbe d'Arrhenius), mesurée à 100KHz. La conductivité électrique a été calculée par l'**Equation (1)**.

On observe que la conductivité électrique σ augmente avec l'augmentation de la température.

Résultats

La courbe représentée dans la *figure III.6* montre que notre matériau a un comportement similaire au comportement des matériaux semi-conducteurs.

Ce qui implique que plus la température augmente, plus les porteurs de charges dépassent la barrière d'énergie d'activation et participent à la conductivité électrique.

Conclusion

Delà, on conclut que l'échantillon **ab2** n'est pas un matériau isolant, c'est un bon matériau semi-conducteur.

Donc le matériau idéal, parmi nos échantillons, qui nous donne le meilleur matériau semi-conducteur c'est l'échantillon **ab2**, pour cela toutes notre prochaines caractérisations et études sera faites sur ce matériau.

II.3. Calcule de l'énergie d'activation

D'après nos mesures, on observe que dans la *régionII*, la conductivité de notre échantillon **ab2** varie avec la température.

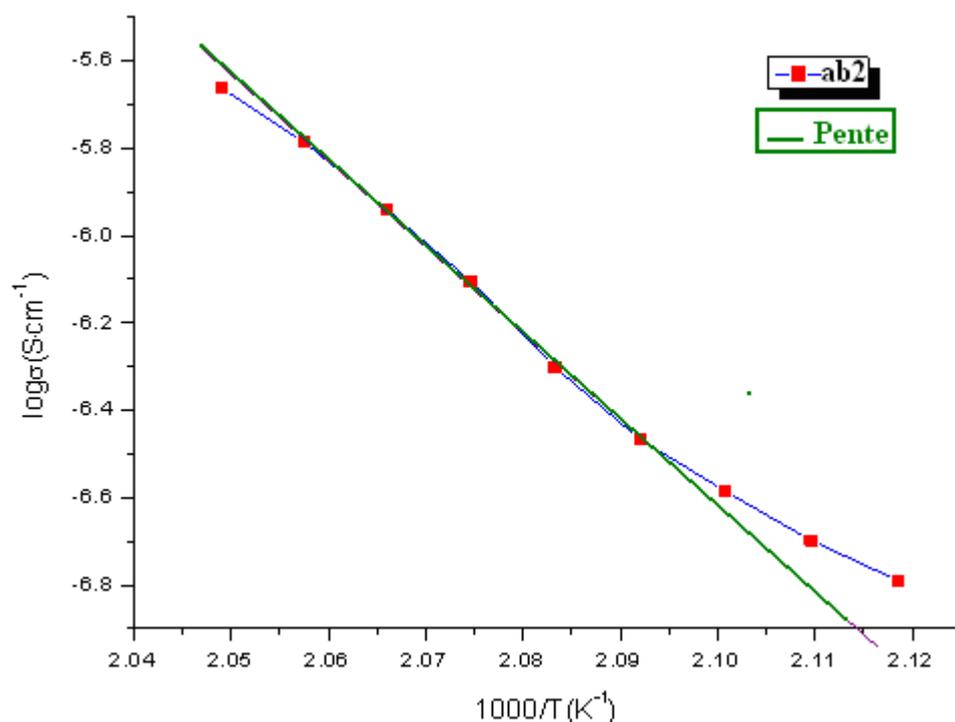


Figure III.7 : La pente de la courbe d'Arrhenius de la conductivité électrique en fonction de l'inverse de la température pour l'échantillon **ab2**.

La linéarisation de l'**Equation (1)** permet de déterminer, à partir de la courbe d'Arrhenius de la conductivité électrique (*figure III.7*), l'énergie d'activation consignée dans le tableau III.5 :

Tableau III.5 : L'énergie d'activation de l'échantillon **ab2**

Echantillon	Energie d'activation (eV)
Echantillon ab2	0.49

II.4. Permittivité

A partir des données de la permittivité réelle de notre échantillon *ab2*, on a déterminé les valeurs de la permittivité relative à température ambiante pour des fréquences différentes (tableau III.6).

Tableau III.6: Valeurs de permittivité relative de l'échantillon *ab2* pour cinq fréquences différentes à une température proche de la température ambiante.

Echantillon		ab2
Température(K)		300
Permittivité relative	100Hz	8.63
	500Hz	7.16
	1KHz	7.00
	10KHz	6.83
	100KHz	6.77

Observation :

On observe que les valeurs de la permittivité relative de notre échantillon *ab2*, à température ambiante, varie entre le 8.63 à 100Hz et 6.77 à 100KHz.

Résultats :

D'après le tableau III.6, on peut constater que notre matériau *ab2* est un matériau à faible permittivité ou a faible constante diélectrique.

Conclusion :

Ce résultat confirme que notre matériau n'est pas un matériau diélectrique, alors qu'il est un bon semi-conducteur.

II.5. Résultats de la littérature

Une étude, faite par F. Yakuphanoglu et al [2] sur les propriétés électriques d'un produit organique synthétisé «N-[5-methyl-1,3,4-tiyodiazole-2-yl] ditiyocarbamate », a montrée que ce matériau est un semi-conducteur organique.

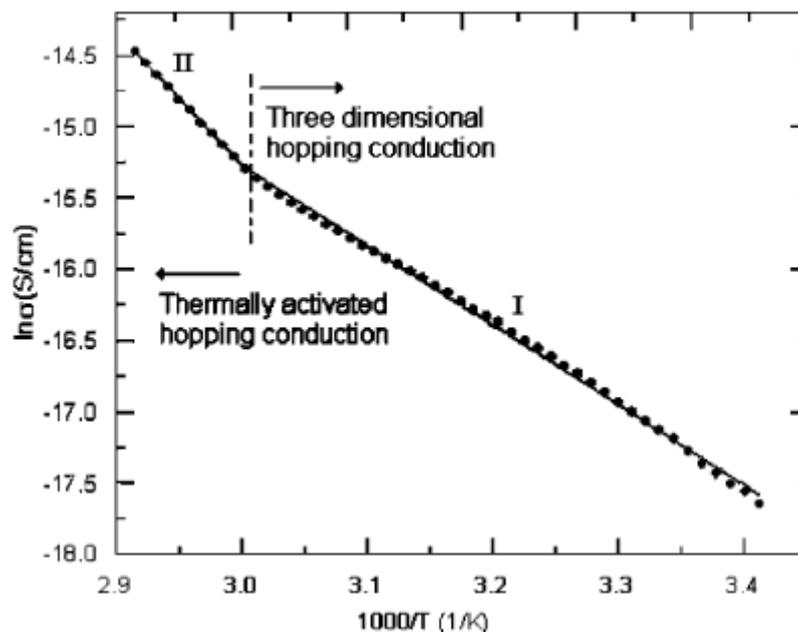


Figure III.8 : Logarithme de la conductivité en fonction de l'inverse de la température du N-[5-methyl-1,3,4-tiyodiazole-2-yl] ditiyocarbamate [2].

La *figure III.8* montre que la conductivité électrique augmente avec l'augmentation de la température.

La valeur de l'énergie d'activation pour la région (II) est déterminée à partir de la pente de la courbe représentée dans la *figure III.8*, en application de l'**Equation (1)**,

elle égale $E_a=0.81\text{eV}$, qui est inférieur de la moitié de l'énergie de Gap optique ($E_g=3.32\text{ eV}$).

Ces résultats confirment que N-[5-méthyl-1,3,4-tiyodiazole-2-yl] ditiyocarbamate est un semi-conducteur organique.

Une autre étude est faite par Fahrettin Yakuphanoglu [3], sur Poly[2-méthoxy-5-(2-éthyl)héxoxy-1,4-phénylenevinylène] (MEH-PPV) et le fullerène- C_{70} . (figure III.9)

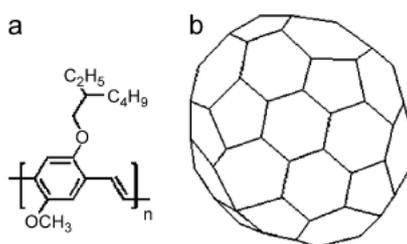


Figure III.9: a) MEH-PPV, b) C_{70}

Il a étudié les propriétés électriques et optiques du MEH-PPV : C_{70} , en traçant la courbe de la conductivité électrique en fonction de l'inverse de la température (figure III.10).

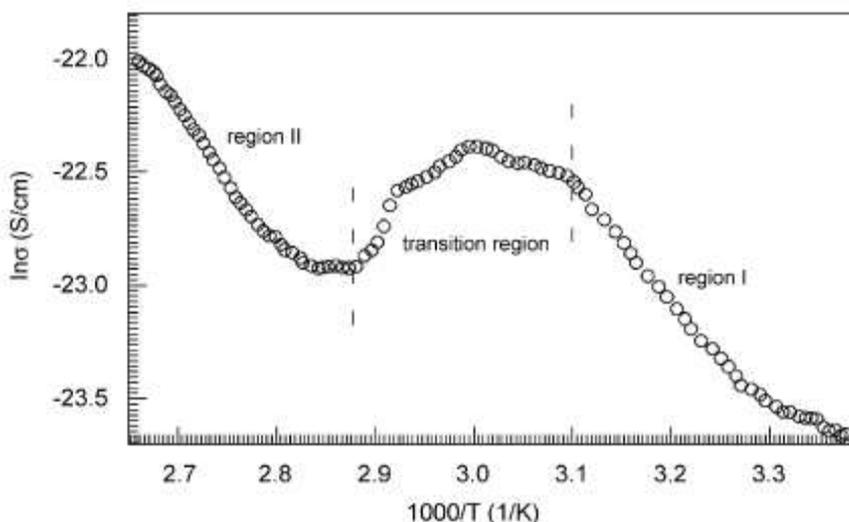


Figure III.10 : Logarithme de la conductivité en fonction de l'inverse de la température du MEH-PPV : C_{70} [3].

Les résultats de la conductivité électrique montre que cette dernière augmente avec l'augmentation de la température.

La valeur de l'énergie d'activation pour la région (II) est déterminée à partir de la pente de la courbe représentée dans la *figure III.10*, en application de l'**Equation (1)**, elle égale $E_a=0.53\text{eV}$, qui est inférieur de la moitié de l'énergie de Gap optique ($E_g=2,06\text{ eV}$).

Ces résultats confirment que MEH-PPV : C70 est un semi-conducteur organique.

Pour la permittivité relative des matériaux semi-conducteurs, le tableau suivant représente quelques valeurs de la littérature des semi-conducteurs les plus connues.

Tableau III.7 : Permittivité relative de quelques semi-conducteurs organiques.

Semi-conducteurs organiques	Permittivité relative (ϵ_r)	Référence
PTCDA	3.4	[4]
PTCBI	2.0	[4]
CBP	1.5	[4]
CuPc	2.5	[4]
a-NPD	1.5	[4]
BCP	1.4	[4]
Alq3	1.6	[4]

Tableau III.8 : Permittivité relative de quelques semi-conducteurs inorganiques.

Semi-conducteurs inorganiques	Permittivité relative (ϵ_r)	Référence
Si	11.9	[5]
Ge	16	[5]
GaAs	13	[5]
InP	12.4	[5]
AlAs	10.1	[5]
GaP	11	[5]
InAs	14.6	[5]
InSb	17.7	[5]
GaSb	15.7	[5]
CdS	5.4	[5]
CdTe	10.2	[5]

III. Propriétés optiques

Est-ce que notre matériau vérifie les propriétés optiques des matériaux semi-conducteurs ?

Pour cela, on va étudier, dans cette partie, l'énergie de gap optique qui est une propriété optique importante pour la caractérisation d'un semi-conducteur.

On va voir

- L'absorption de notre matériau, et déduire sa longueur d'onde maximum.
- La transmittance et la transparence de notre matériau.
- L'énergie de Gap optique.
- Les résultats de la littérature, et faire une étude comparative.

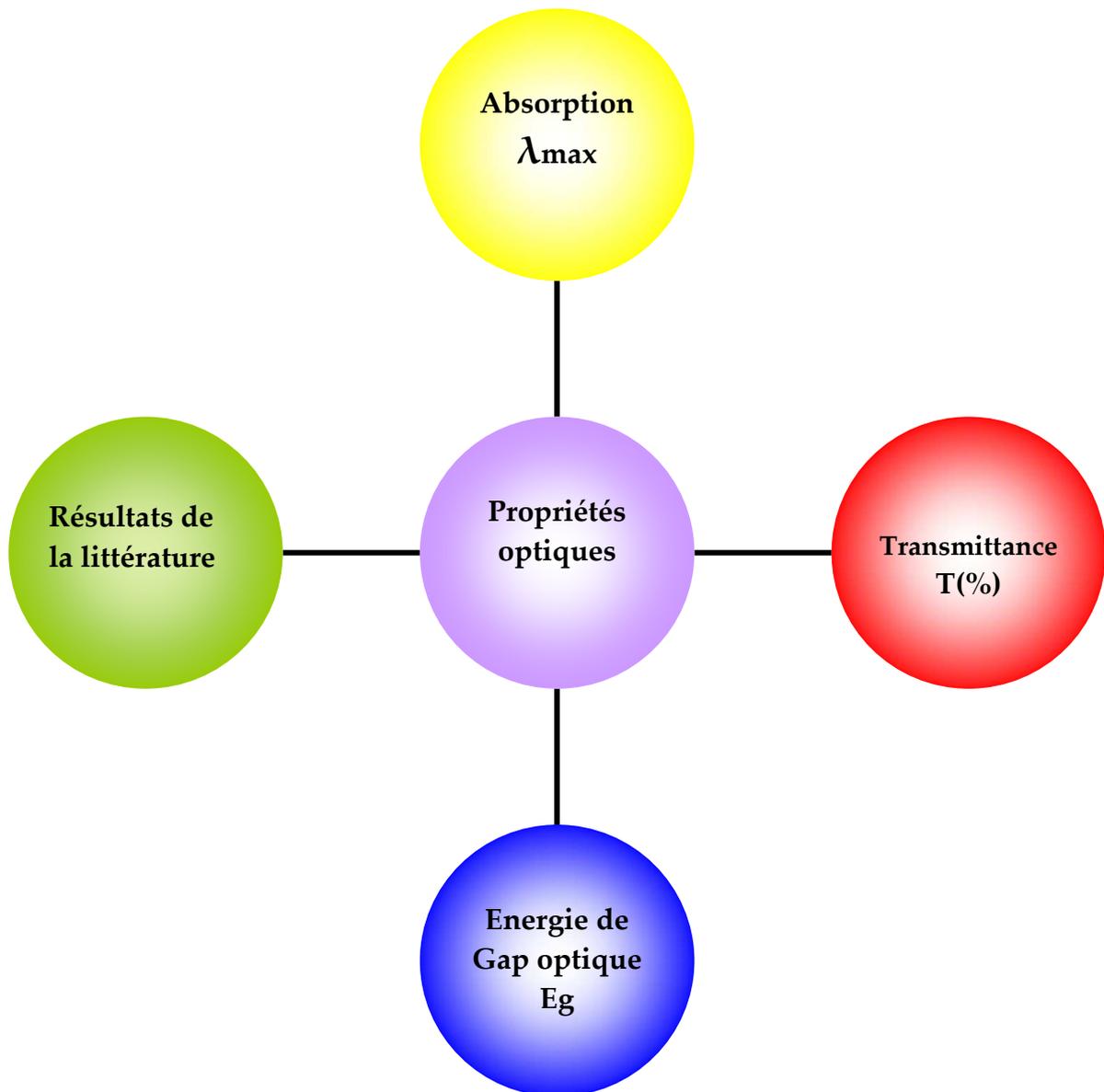


Figure III.11: Organigramme de l'étude des propriétés optiques.

III.1. Absorption optique

Lorsqu'un rayonnement lumineux visible ($400\text{nm} < \lambda < 700\text{nm}$) pénètre dans une enceinte transparente, celle-ci en absorbe généralement une partie, si on analyse la lumière émergente à l'aide d'un spectroscope, on constate que certaines longueurs d'onde du rayonnement incident sont affaiblies, voire totalement supprimées.

L'absorption de la lumière est le phénomène de diminution de l'énergie de l'onde lumineuse lors de sa propagation dans une substance.

Elle résulte de la transformation de l'énergie de l'onde en énergie interne de la substance ou en énergie d'émission secondaire ayant une autre composition spectrale et autres directions de propagation (cas de la photoluminescence).

L'absorption de la lumière peut produire :

Le réchauffement de la substance,

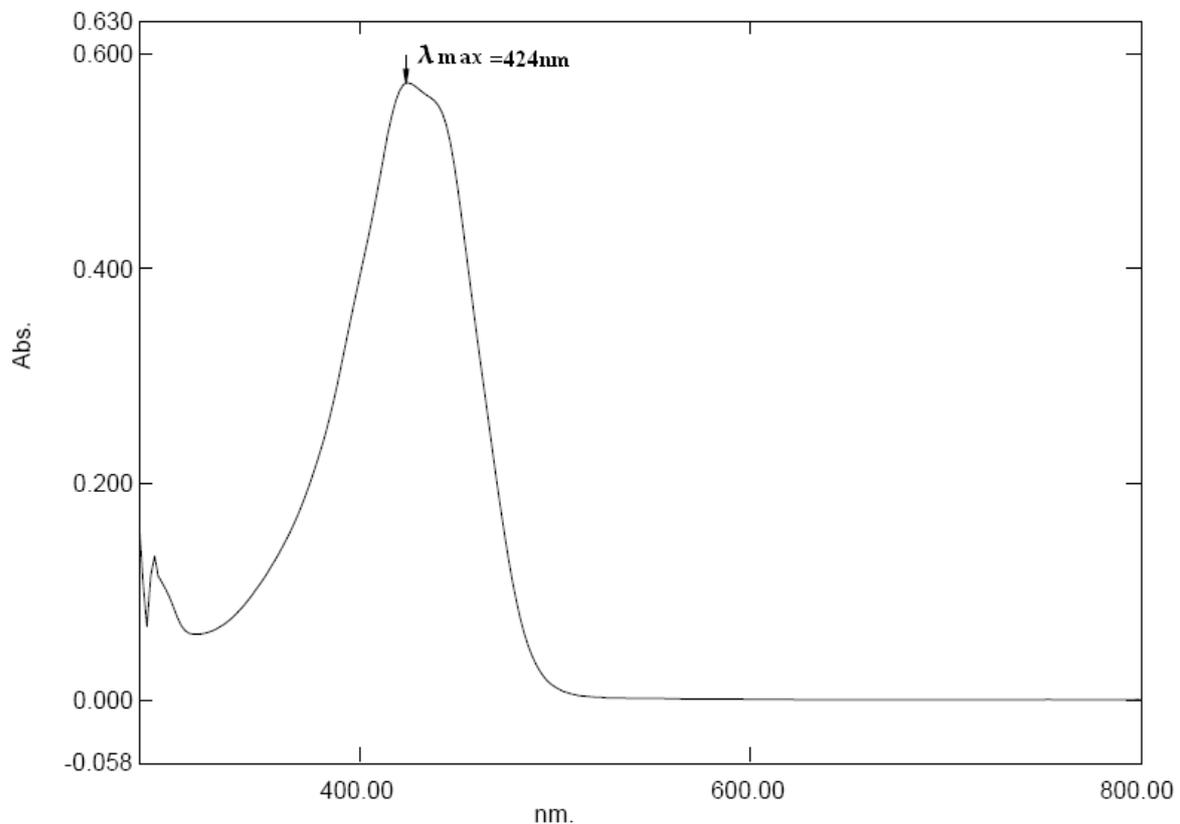
L'ionisation des atomes et des molécules,

La création de porteurs libres dans les matériaux semi-conducteurs ...

Un spectre d'absorption est caractéristique de la substance traversée par le rayonnement lumineux [6].

Les propriétés d'absorption optique de notre matériau ont été déterminées par spectroscopie d'absorption UV-visible. Les mesures UV-Visible ont été effectuées de 300 à 800 nm à l'aide d'un spectrophotomètre Shimadzu UV-1650pc. Les mesures UV-visible ont été faites en solution (éthanol comme solvant) à température ambiante en utilisant une cellule de verre de 1 cm de parcours optique.

Le résultat de notre mesure est enregistré dans le spectre d'absorption (*figureIII.12*).

Figure III.12: Spectre d'absorption de l'échantillon *ab2*.**Observation :**

D'après le spectre d'absorption de notre matériau, On a observé qu'il absorbe dans le domaine du visible.

Résultats :

De la, on a déterminé la longueur d'onde maximum de notre matériau $\lambda_{\max}=424\text{nm}$.

III.2. Transmittance optique

La transmittance optique : c'est la propriété à laisser passer la lumière sans l'absorber.

L'évolution de la transmittance en fonction de la longueur d'onde dans le domaine du visible, permet de déterminer le pourcentage de la transmittance (la transparence).

Le spectre suivant représente la mesure de la transmittance de notre matériau dans le domaine de visible (400-700nm).

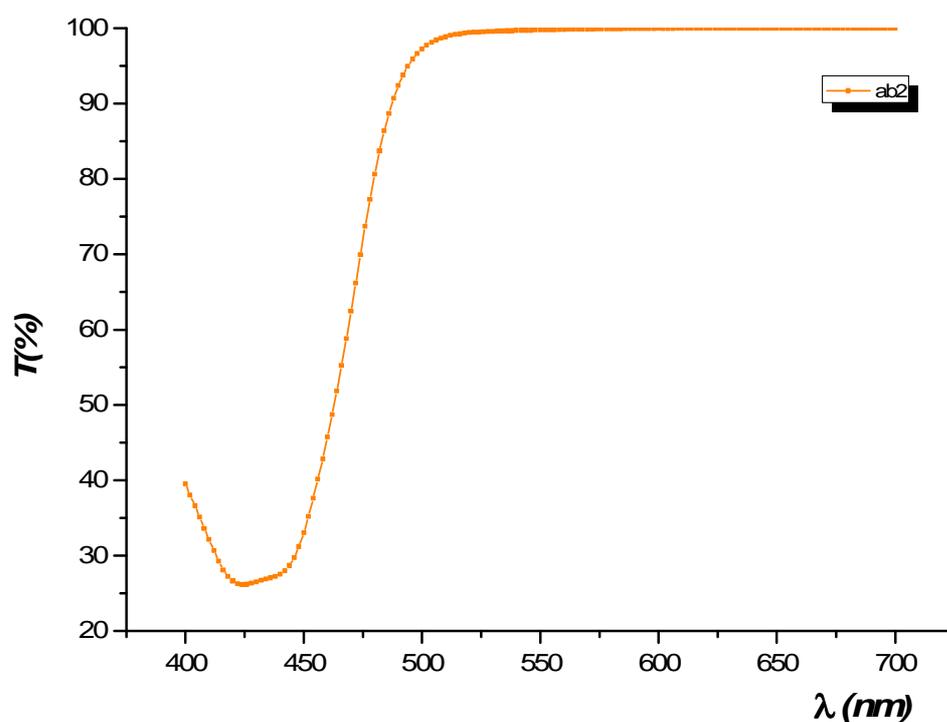


Figure III.13 : Spectre de la transmittance optique en fonction de la longueur d'onde de l'échantillon *ab2*.

Observation :

D'après la *Figure III.13*, on observe que notre matériau a une haute transmittance peut atteindre plus que 98%, dans le visible.

Résultats :

De la, on conclut que notre matériau a une transparence élevée.

Cette transparence lui attribue beaucoup d'avantages en application, dans le domaine de l'électronique organique.

III.3. Energie de Gap optique

Un matériau est semi-conducteur si son énergie de gap optique E_g à température ambiante est comprise entre 1eV et 4eV.

Le spectre de transmittance optique représenté par la *figure III.13*, enregistré à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible, est utilisé pour déterminer la largeur de la bande interdite « gap optique » en utilisant les relations suivantes [7].

$$\alpha = 1/d (\ln 1/T) \dots \dots \dots (2)$$

Où d représente la largeur de cuve,

α : le coefficient d'absorption,

T : la transmittance optique, et

$$(\alpha h\nu)^n = A(h\nu - E_g) \dots \dots \dots (3)$$

Où h : la constante de Planck,

ν : la fréquence du radiation,

A est une constante,

E_g est l'énergie du Gap optique du matériau,

n est dépend du type de la transition :

pour $n=2$, le gap optique est de nature directe,

pour $n=1/2$, le gap optique est de nature indirecte.

L'évaluation de l'énergie de gap optique se fait à partir de la courbe suivante :

$$(\alpha h\nu)^{1/2} = f(h\nu)$$

L'extrapolation de la droite sur l'axe de l'abscisse ($\alpha=0$), nous donne la valeur de l'énergie de gap optique.

Les figures suivantes représentent les graphes de $(\alpha h\nu)^2$ et $(\alpha h\nu)^{1/2}$ en fonction de $h\nu$, pour les deux types de transition (directe et indirecte).

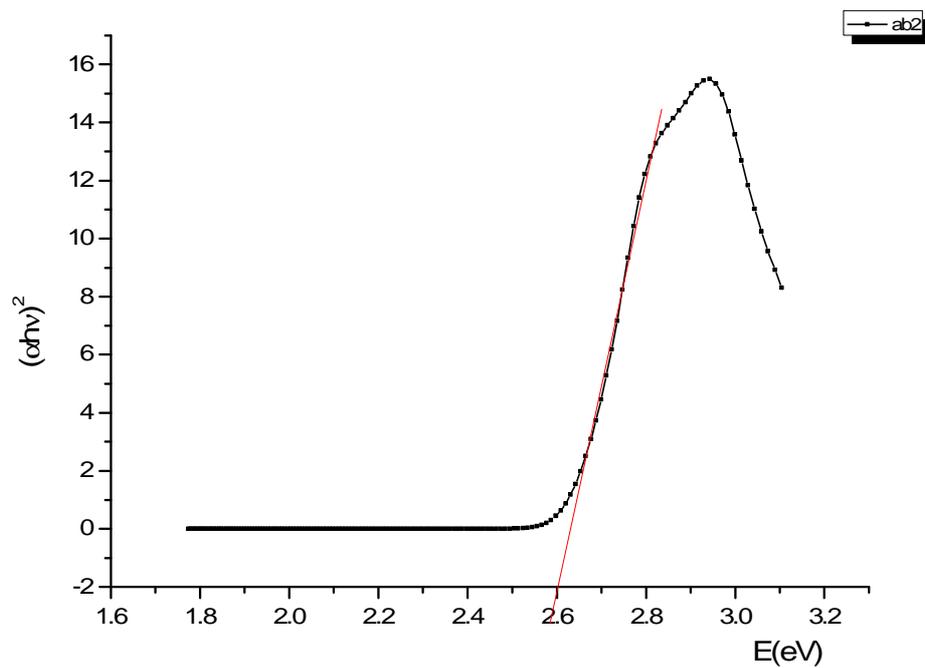


Figure III.14 : Le Gap optique directe de l'Echantillon ab2.

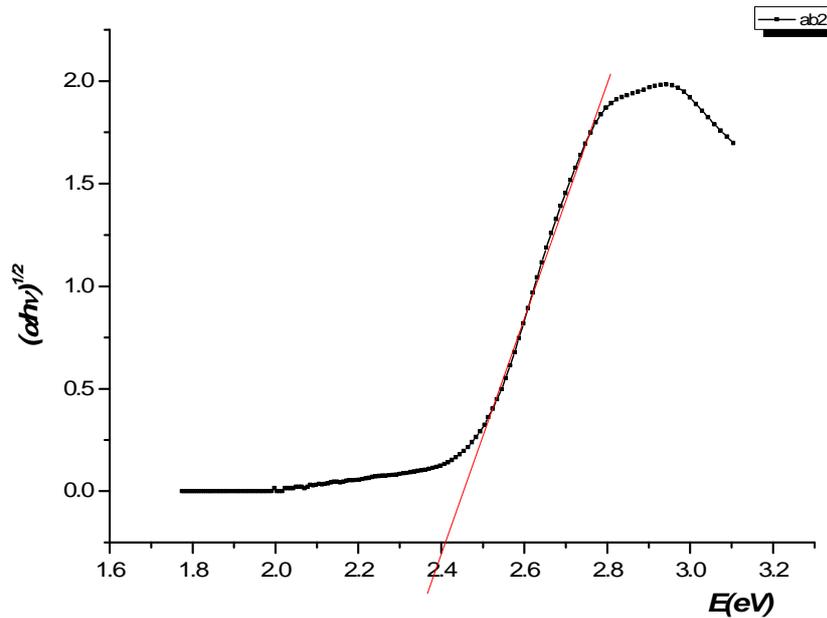


Figure III.15 : Le Gap optique indirecte de l'Echantillon ab2.

Observation

Les deux figures précédentes (*figure III.14 et figure III.15*) nous donnent une droite. Les valeurs de la bande interdite E_g est obtenue par extrapolation de la droite sur l'abscisse ($\alpha = 0$).

Résultats

Les valeurs de l'énergie de gap E_g des transitions directe et indirecte, de l'échantillon *ab2* est représentée dans le tableau suivant :

Tableau III.9: Gap optique de l'échantillon *ab2*.

<i>Caractère de la bande du gap optique</i>	<i>Valeur de l'énergie du gap optique (eV)</i>
<i>Directe</i>	<i>2.60</i>
<i>Indirecte</i>	<i>2.41</i>

Conclusion

Puisque la valeur du gap indirecte est inférieure de celle du gap direct ($2.41 < 2.60$), ce qui permet de conclure que notre matériau *ab2* a une transition optique indirecte, d'où son énergie de gap égale 2.41 eV ($E_g = 2.41$ eV).

III.4. Résultats de la littérature

La figure III.16 a) représente le spectre de la transmittance optique d'un semiconducteur qui est l'oxyde de zinc ZnO, d'où sa transmittance est plus de 90%. [8]

La figure III.16 b) représente le spectre de la transmittance optique d'un semiconducteur qui est le Zn_3N_2 d'où sa transmittance est plus de 30%. [7]

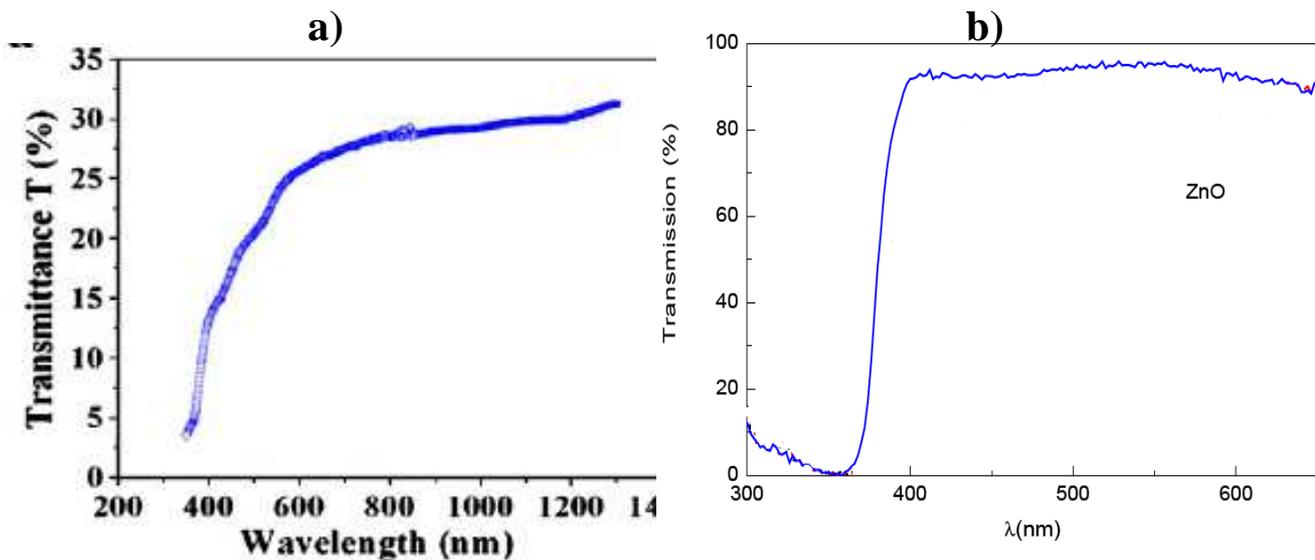


Figure III.16 :a) Spectre de transmittance du Zn_3N_2 b) Spectre de transmittance du ZnO,

Cette étude, qui est faite par W.S. Khan et son équipe [7], étudie les propriétés optiques du nano-aiguilles de nitrure de zinc (Zn_3N_2).

Les graphes suivants représentent la variation de $(\alpha h\nu)^2$ et $(\alpha h\nu)^{1/2}$ en fonction de l'énergie du photon ($h\nu$) pour calculer le gap optique directe et indirecte du Zn_3N_2 .

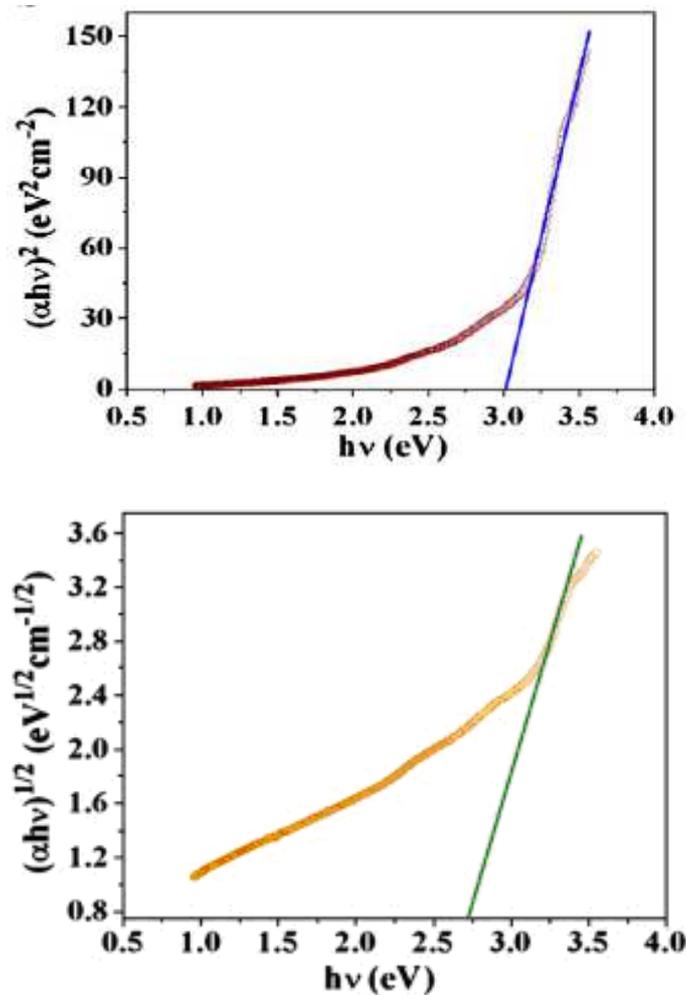


Figure III.17: La variation de $(\alpha h\nu)^2$ et $(\alpha h\nu)^{1/2}$ en fonction de l'énergie du photon ($h\nu$) pour calculer le gap directe et indirecte du Zn_3N_2 [7].

La valeur du gap directe du Zn_3N_2 est égale à 3.02 eV pour l'extrapolation de la droite sur l'axe ($h\nu$) à $\alpha=0$ comme indique le graphe « a » de la figure III.17.

De la même façon, ils ont obtenus la valeur de l'énergie du gap indirecte qui égale à 2.72 eV.

Le tableau suivant regroupe ces Valeurs.

Tableau III.10: type de transition et la valeur de l'énergie de gap optique du Zn_3N_2 .

<i>Caractère de la bande du gap optique</i>	<i>Valeur de l'énergie du gap optique (eV)</i>
<i>Directe</i>	<i>3.02</i>
<i>Indirecte</i>	<i>2.72</i>

D'après ces résultats, ils ont confirmés que le Zn_3N_2 a une énergie de gap optique indirecte qui égale à $E_g=2.72$ eV.

Une autre étude faite par F. Yakuphanoglu et al [2] sur les propriétés optiques d'un produit organique synthétisé «N-[5-methyl-1,3,4-tiyodiazole-2-yl] ditiyocarbamate », a montrée qu'il a une énergie de gap indirecte égale à $E_g=3.32$ eV (figure III.18).

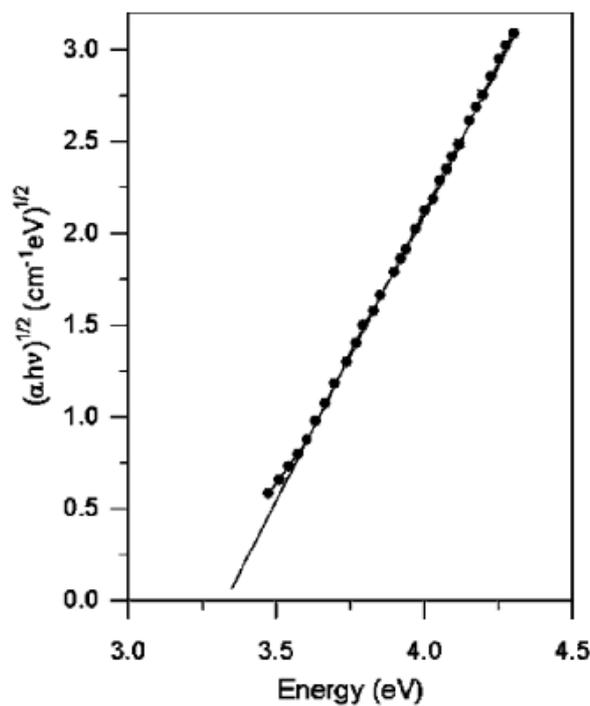


Figure III.18 : Le graphe du $(\alpha hv)^{1/2}$ en fonction de l'énergie du photon ($h\nu$) pour calculer le gap indirecte du N-[5-methyl-1,3,4-tiyodiazole-2-yl] ditiyocarbamate. [2]

Une autre étude [3] est faite sur les propriétés optiques du MEH-PPV :C₇₀, montre que ce matériau a une énergie de gap optique directe égale à $E_g=2.06$ eV (figure III.19).

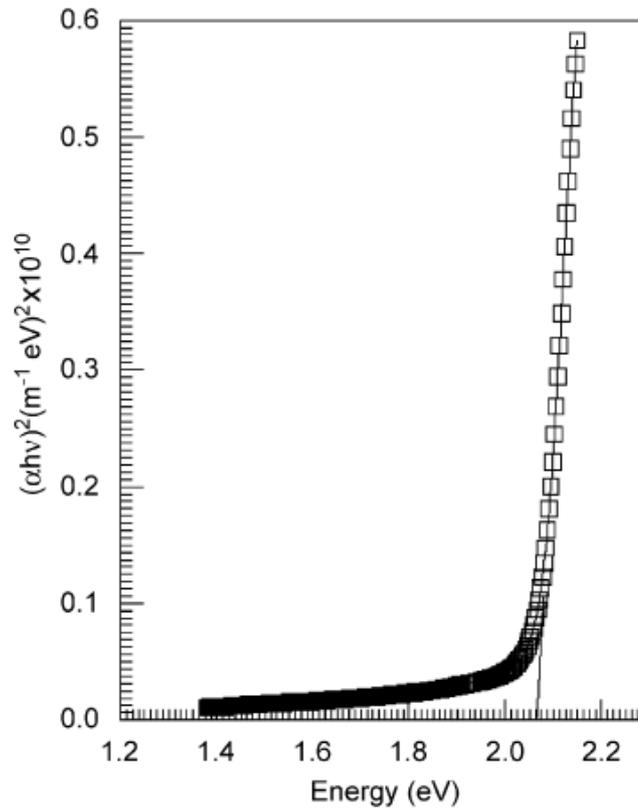


Figure III.19 : Le graphe du $(\alpha h\nu)^2$ en fonction de l'énergie du photon ($h\nu$) pour calculer le gap directe du MEH-PPV :C₇₀. [3]

Les tableaux suivants regroupent les valeurs de l'énergie de gap optique de quelques semi-conducteurs les plus connus :

Tableau III.11 : Energie de gap optique de quelques semi-conducteurs inorganiques.

Nom du semi-conducteur	Energie de gap optique (eV)	Références
Sulfure de cadmium CdS	2.42	[5]
Oxyde de zinc ZnO	3.2	[5]
Sulfure de zinc ZnS	3.6	[5]

Tableau III.12 : Energie de gap optique de quelques semi-conducteurs organiques (polymères).

Nom du semi-conducteur	Energie de gap optique (eV)	Références
poly(phénylène vinylène), [PPV]	2.5	[9]
poly(2,5-héxyloxy p-phénylène cyanovinylène), [CN-PPV]	2.85	[9]
Poly[2-méthoxy-5-(2-éthyl)héoxy-phénylène cyanovinylène), [MEH-CN-PPV]	2.45	[9]
Poly[2-méthoxy-5-(2-éthyl)héoxy-1,4-phénylènevinylène] [MEH-PPV]	2.1	[9]

Tableau III.13 : Energie de gap optique de quelques semi-conducteurs organiques (petite molécule).

Nom du semi-conducteur	Energie de gap optique (eV)	Références
dianhydride pérylène-3,4,9,10-tétracarboxylique [PTCDA]	2.5	[4]
3,4,9,10-pérylènetétracarboxylic bis-benzimidazole [PTCBI]	2.3	[4]
[CBP]	2.6	[4]
Phthalocyanine de cuivre [CuPc]	1.7	[4]
3-Benzidino-6-(4-chlorophenyl) pyridazine [BCP]	3.1	[4]
Tris-(8-hydroxyquinoline) aluminum [Alq ₃]	2.5	[4]

Si on compare l'énergie du gap optique de notre matériau qui égale à 2.41eV avec tous ces matériaux semi-conducteurs les plus utilisés sur le marché, on remarque que notre matériau a un gap inférieur ou proche à ceux des matériaux cité au-dessus, ce qui lui donne l'avantage et la possibilité d'être un concurrent au domaine de l'industrie.

III.5. Comparaison avec le PTCDA

Le PTCDA est l'un des matériaux semi-conducteurs organiques à petite molécule les plus utilisés dans le domaine de l'industrie.

Le tableau suivant représente une comparaison des propriétés électriques et optiques entre notre matériau et le PTCDA :

Tableau III.14 : Les propriétés électriques et optiques entre notre matériau et le PTCDA.

<i>Les caractéristiques</i>	<i>Notre matériau ab2</i>	<i>PTCDA</i>
<i>Longueur d'onde maximum λ_{max} (nm)</i>	424	590
<i>Conductivité électrique σ(S/m)</i>	Autour de 10^{-5}	Autour de 10^{-7}
<i>Permittivité relative ϵ_r</i>	faible 6	faible 3.4
<i>Energie du gap optique E_g(eV)</i>	2.41	2.5
<i>Energie d'activation E_a(eV)</i>	0.49	

Conclusion

Après une étude des propriétés électriques, et optiques, on a conclut que le paracétamol pur et la curcumine pur n'ont pas une conductivité électrique, ce qui confirme qu'ils sont des matériaux isolants.

Par contre leur mélange (50% : 50%), a quatre propriétés importantes, caractéristique qui sont:

- une conductivité électrique qui augmente exponentiellement avec l'augmentation de la température,
- une énergie d'activation qui égale à 0.49 eV,
- une largeur de la bande interdite, ou bien une énergie de gap optique qui égale à environ 2.4 eV, à la température ambiante,
- une permittivité faible, à la température ambiante,

et en plus de tous ça, notre matériau possède une haute transmittance, plus de 98%.

Toutes ces propriétés prouvent qu'on a un bon matériau organique semi-conducteur.

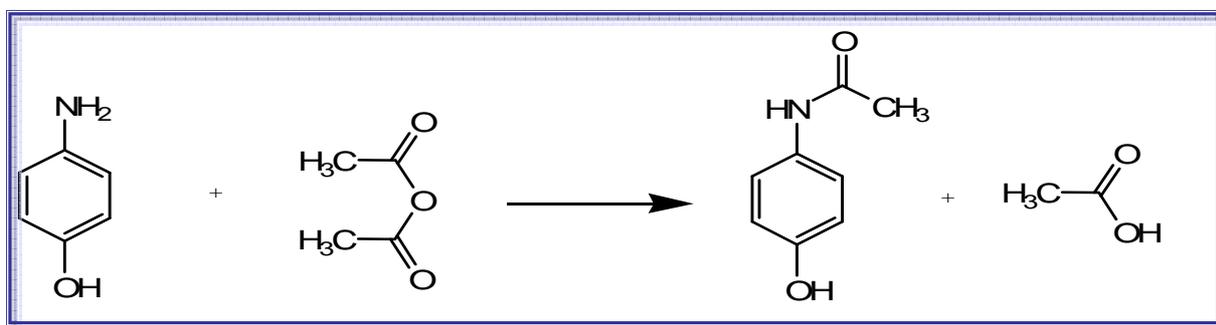
Références bibliographique

- [1] F.Lévy ; *Traité des matériaux: Tome 18, Physique et technologie des semiconducteurs* ; 1^{er} édition 1995 ; Page 2.
- [2] F.Yakuphanoglu et al ; An organic semiconductor and conduction mechanism: N-[5-methyl-1,3,4-tiyodiazole-2-yl] ditiyocarbamate compound ; *Physica B* 353 (2004) 223–229.
- [3] F.Yakuphanoglu; Electrical conductivity, optical and metal–semiconductor contact properties of organic semiconductor based on MEH-PPV/fullerene blend;*Journal of Physics and Chemistry of Solids* 69 (2008) 949–954.
- [4] H.Vazquez et al; Energy level alignment at organic heterojunctions: Role of the charge neutrality level; *Physical Review* B71, 041306(R) (2005).
- [5] A.Chovet et P.Masson; *physique des semi-conducteurs*; Ecole polytechnique universitaire de Marseille; 2004-2005.
- [6] B.Balland ; *Optique géométrique: Imagerie et instruments* ; 1^{er} édition 2007 ; PPUR presses polytechniques.
- [7] W.S.Khan et al; Optical properties and characterization of zinc nitride nanoneedles prepared from ball-milled Zn powders; *Materials Letters* 65 (2011) 1264–1267.
- [8] M.Sahal et al ; *Afrique SCIENCE* 02(3) (2006) 245 – 254.
- [9] V.Bernical ; *Le transistor organique transparent : modélisation et premiers essais avec le pentacène* ; Thèse de l’université de Limoges 2008 ; page 50.

Chapitre IV

Synthèse et préparation

I. Synthèse de l'acétaminophène (paracétamol)



1eq	1.5eq		1eq	
M=109.13 g/mol	M=102.09g/mol		M= 151.17	M= 60.05g/mol
n = 24.7mmol	n = 37mmol		g/mol	d= 1.05
m= 2.7g	m= 3.78g		n = 24.7mmol	
	d= 1.08		m _{thq} = 3.73g	
			m _{exp} =3 g	
			τ = 80%	

a) Mode Opérateur:

Dans un erlenmeyer de 250ml, on a introduit 2.7g de para-aminophénol et 25ml d'eau distillée. Puis on a installé le réfrigérant à air sur l'erlenmeyer et on a placé l'ensemble dans un bain-marie à environ 80°C sous agitation magnétique jusqu'à obtenir la dissolution complète.

On a refroidit la solution jusqu'à la ramener à température ambiante.

Sous la hotte et à l'aide d'une pipette graduée, on a ajouté progressivement avec précaution 3.5 ml d'anhydride éthanoïque.

On a remis le réfrigérant à air et on a chauffé au bain marie à 60°C pendant 10min sous agitation magnétique.

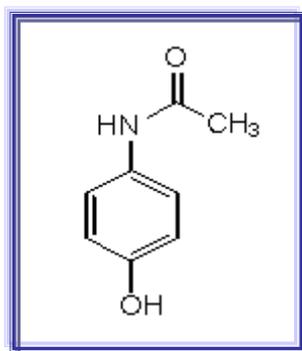
On a refroidit l'erlenmeyer dans un bain eau-glace et on a attendu la recristallisation.

Traitement de la manipulation:

On a filtré et séché les cristaux.

b) Description

Nomenclature : N-(4-hydroxyphényl)acétamide, (paracétamol).



Formule brute : C₈H₉NO₂.

Aspect: solide blanc.

$\tau = 80 \%$

$T_f = 174^\circ\text{C}$

$R_f = 1.45$

II. Préparation des échantillons

On a mélangé la poudre de la curcumine (commerciale) et l'Acétaminophène (synthétisé) avec des pourcentages différents. Les données sont représentées dans le tableau 1.

Pour l'échantillon a : on a pesé 2g du paracétamol.

Pour l'échantillon b : on a pesé 2g de la poudre de la curcumine.

Pour l'échantillon ab1 : on a mélangé 1.4g de la poudre de la curcumine et 0.6g du paracétamol.

Pour l'échantillon ab2 : on a mélangé 1g de la poudre de la curcumine et 1g du paracétamol.

Pour l'échantillon ab3 : on a mélangé 0.2g de la poudre de la curcumine et 1.8g du paracétamol.

Tableau1 : Pourcentage des matériaux dans chaque échantillon.

Echantillon	Pourcentage du Curcumine (%)	Pourcentage du Paracétamol (%)
Echantillon a	00	100
Echantillon b	100	00
Echantillon ab1	70	30
Echantillon ab2	50	50
Echantillon ab3	10	90

Ensuite, on a ajouté 7ml d'eau distillé pour l'échantillon **ab1**, on a mélangé le tous et le mettre dans un four Micro-onde on fixant la puissance à 300W pendant 10min.

Enfin, et à l'aide d'un mortier, on a moulu le mélange très bien, jusqu'à l'obtention d'une poudre.

On a répété cette même opération pour les échantillons **ab2**, et **ab3**.

Après, on a mesuré la température de fusion de chaque échantillon.

Echantillon	Aspect	Température de fusion T_f (°C)
Echantillon b	Poudre orange	188
Echantillon ab1	Poudre orange	217
Echantillon ab2	Poudre orange	220
Echantillon ab3	Poudre orange claire	220

II.1. Préparation des pastilles pour les mesures diélectriques

On a pesé 0.2g de chaque échantillon pour former des pastilles, avec 1.3 cm de diamètre et 1mm d'épaisseur.

On a met ces pastilles dans l'étuve à une température environ 120°C, pendant 12h.



Figure IV.1: pastilles de nos matériaux.

II.2. Préparation des solutions pour l'analyse UV-Visible

Dans une fiole de 100ml, on a fait dissoudre 0.1g de l'échantillon *ab2* dans 100ml d'éthanol.

On a enregistré les courbes d'absorption, et de transmission de notre échantillon *ab2*.

Conclusion et perspectives

Conclusion générale

Notre travail est basé sur l'étude des propriétés électriques et optiques d'un nouveau matériau qui est un mélange d'un produit naturel « la curcumine » et un produit pharmaceutique « l'acétaminophène ».

Au cours de nos expériences, on a découvert que le mélange (50%/50%) est le matériau idéal pour avoir un bon matériau semi-conducteur organique, alors que l'originalité c'est que la Curcumine pur est un matériau électriquement isolant et l'acétaminophène pur est aussi un matériau électriquement isolant. Ces résultats sont confirmés par l'étude de la conductivité électrique, l'énergie d'activation, la permittivité relative, la transmittance optique, et l'énergie de gap optique de notre échantillon en comparaison avec les résultats de la littérature de quelques semi-conducteurs inorganiques et organiques les plus utilisés.

Notre matériau possède des caractéristiques qui pourraient lui permettre d'être un meilleur remplaçant organique des matériaux semi-conducteurs inorganiques, surtout que ces derniers ont connus plusieurs critiques lors de leur application dans le domaine de l'électronique.

Parmi les handicaps, de ces matériaux semi-conducteurs inorganiques, à base de silicium par exemple, c'est que la quantité d'énergie de leur fabrication est plus grande que la quantité d'énergie générée pendant toute leur durée de vie. En partant d'un kilogramme de silice, on obtient 100 g de silicium monocristallin. De plus, la moitié de ce cristal est perdue au cours de la découpe en tranches de 300 μm d'épaisseur.

Une autre critique c'est l'utilisation de produits hautement toxiques pendant leur traitement (bains d'acide chlorhydrique, de soude, solvants, composés fluores, silanes...).

Pour éviter la critique, il est nécessaire de trouver des solutions alternatives qui ne présentent pas les inconvénients cités ci-dessus. Parmi celles-ci, les matériaux semi-conducteurs organiques possèdent des caractéristiques qui pourraient leur permettre d'occuper un rôle important dans l'industrie du futur.

Les semi-conducteurs organiques sont en passe de s'imposer comme les matériaux clés de l'électronique bas coût. Leurs applications phares sont les diodes électroluminescentes, les cellules photovoltaïques et les transistors organiques.

La commercialisation d'afficheurs et d'écrans couleurs de petite taille et de faible consommation à base de diodes électroluminescentes organiques a démontré l'intérêt des matériaux semi-conducteurs organiques. Outre le marché de l'affichage, les dispositifs électroluminescents organiques pour l'éclairage devraient aussi faire leur apparition. Un autre secteur d'intérêt est celui de la conversion de l'énergie solaire en électricité, par le biais de cellules solaires organiques. Les enjeux sont de tout premier ordre, sachant que la plupart de l'énergie que nous consommons aujourd'hui provient de ressources fossiles en voie d'épuisement. En ce qui concerne les transistors organiques, leurs applications sont nombreuses, allant de circuits logique/mémoire pour les emballages intelligents aux commandes d'afficheurs ou d'écrans à matrices actives.

Liste des figures

La liste des Figures

Figure1 : Comprimé du paracétamol.

Figure2 : Le Curcuma.

Figure I.1: L'organigramme du plan de travail du Chapitre I.

Figure I.2 : Gélules de paracétamol, l'une des nombreuses formes galéniques proposée en vente dans les pharmacies.

Figure I.3 : Formule chimique de l'acétanilide et de la phénacétine.

Figure I.4 : Formule chimique de l'acétaminophène.

Figure I.5: La forme ionisée de l'acétaminophène.

Figure I.6 : Dessin représentant la plante entière.

Figure I.7 : Aspect microscopique de la *Curcuma longa*, L.

Figure I.8: Structure chimique de la curcumine :

1,7-bis (4-hydroxy-3-méthoxy-phényl) hepta-1,6-diène-3,5-dione.

Figure I.9 : Structure chimique des curcuminoïdes.

Figure I.10 : Isolement, extraction, structure, usages et changement de couleur en fonction du pH.

Figure I.11 : La forme énol de la curcumine.

Figure I.12 : La pipérine augmente la biodisponibilité de la curcumine chez l'homme.

Figure I.13 : A) la curcumine dans l'eau; B) nanoparticules de la curcumine dans l'eau.

Figure II.1: Les niveaux énergétiques des matériaux.

Figure II.2: Représentation des bandes d'énergie.

Figure II.3: Les polymères semiconducteurs (a) et les matériaux moléculaires (b) les plus utilisés dans les cellules photovoltaïques organiques.

Figure III.1 : Diagramme des techniques d'analyses utilisées.

Figure III.2 : Analyseur d'impédance avec un four électrique.

Figure III.3: Spectrophotomètre UV-Visible Shimadzu-UV-1650PC.

- Figure III.4:* Organigramme de l'étude des propriétés électriques.
- Figure III.5:* Ordre de grandeur de la conductivité électrique de différents matériaux.
- Figure III.6 :* Le logarithme de la conductivité électrique en fonction de l'inverse de la température pour l'échantillon ab2, de 17°C à 214°C.
- Figure III.7 :* La pente de la courbe d'Arrhenius de la conductivité électrique en fonction de l'inverse de la température pour l'échantillon ab2.
- Figure III.8 :* Logarithme de la conductivité en fonction de l'inverse de la température du N-[5-methyl-1,3,4-tiyodiazole-2-yl] ditiyocarbamate.
- Figure III.9:* a) MEH-PPV, b) C₇₀
- Figure III.10 :* Logarithme de la conductivité en fonction de l'inverse de la température du MEH-PPV :C₇₀.
- Figure III.11:* Organigramme de l'étude des propriétés optiques.
- Figure III.12:* Spectre d'absorption de l'échantillon *ab2*.
- Figure III.13 :* Spectre de la transmittance optique en fonction de la longueur d'onde de l'échantillon *ab2*.
- Figure III.14 :* Le Gap optique directe de l'Echantillon ab2.
- Figure III.15 :* Le Gap optique indirecte de l'Echantillon ab2.
- Figure III.16 :* a) Spectre de transmittance du Zn₃N₂ b) Spectre de transmittance du ZnO.
- Figure III.17:* La variation de $(\alpha h\nu)^2$ et $(\alpha h\nu)^{1/2}$ en fonction de l'énergie du photon($h\nu$) pour calculer le gap directe et indirecte du Zn₃N₂.
- Figure III.18 :* Le graphe du $(\alpha h\nu)^{1/2}$ en fonction de l'énergie du photon($h\nu$) pour calculer le gap indirecte du N-[5-methyl-1,3,4-tiyodiazole-2-yl] ditiyocarbamate.
- Figure III.19 :* Le graphe du $(\alpha h\nu)^2$ en fonction de l'énergie du photon($h\nu$) pour calculer le gap directe du MEH-PPV :C₇₀.
- Figure IV.1:* pastilles de nos matériaux.
-

Liste des abréviations

Liste des abréviations et symboles utilisées

A	Absorbance.
As	Arséniure.
C	Capacité.
c	Concentration molaire (mol . dm ⁻³)
°C	Degré Celsius.
Cu Pc	Phthalocyanine de cuivre.
C60	Fullerènes.
d	Epaisseur traversée par le faisceau lumineux.
DO	Densité optique.
DSC	Analyse calorimétrique différentielle à balayage.
E_a	Energie d'activation.
E_g	Energie de Gap optique ou la bande interdite.
E_c	Bande de conduction.
E_v	Bande de valence.
eV	Electron-volte.
Ga	Gallium.
GaAs	Arséniure de gallium.
Ge	Germanium.
I₀	Intensité lumineuse incidente.
I	Intensité transmise par l'échantillon.
K_b	Constante de Boltzmann.
KHz	Kilohertz.
HOMO	Highest Occupied Molecular Orbital.
LUMO	Lowest Unoccupied Molecular Orbital.
Ln	Logarithme népérien.
Log	Logarithme décimale.
nm	Nanomètre.

PEDOT	Poly(3,4-éthylènedioxythiophène).
PP	Polyphénylène.
PPV	Poly(phénylènevinylène).
PSS	Poly(styrene sulfonate).
PTCBI	3,4,9,10-pérylène-tétracarboxylic bis-benzimidazole.
PTCDA	Pérylène-3,4,9,10-tétracarboxylic 3,4,9,10-dianhydride.
R	Résistance.
S/m	Siemens/mètre.
SIC	Spectroscopie d'impédance complexe.
Si	Silicium.
α	Coefficient d'absorption.
T	Transmittance.
σ	Conductivité électrique.
σ_0	Constante.
ϵ_0	Permittivité du vide ($\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$).
ϵ_r	Permittivité relative d'un diélectrique parfait.
ϵ	Coefficient d'absorption molaire ($\text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$)
x	Longueur de la cuve (cm) ou trajet lumineux.

Nom : Imane Tiffour

Directeur de mémoire : Mustapha Rahmouni

#34 5 1 &'() *2' . / O\$ / , - &'() *+ % ! # \$ % ! " :
.E(*) F B !C - D 678 5 #34 A < = > ? @ ; * 3 ; : *) 79 678 5
0W300 (G H 5 ! ! C J' K L / 6 M ! (N L 0 ; P \$ I = '
39 '9 S X \$ % 1 Y Q 0 M 1' R S ? ! ! C P T ; U ! = 15 0 M ' E J G 1 ' 2 G V 0 W
c % ' 100 b @ c % 100) a B ` E) M ^] \ / ' 8 5 V 0 W Q M A Z [; 30
.V1E ! ? f 3 \$ % ; e ? 215 b @ e ? 25 d c U \ ?
g ! ! C \$ % h U \ ? B 5 i j / J 3 k M 4 D G S ? 1 J W % ' M I ' O * 3 H 8
0678 5 #34 H 8 c B [1 (% O \$; * 3 0 G U j m / + ;) = N * N
(' 8 n 34 E % ! 5 c o ^ ; U j J 0 g p Y 0 g ; 3 / \ / ; ' 8 ' Y 0 5
W ! ?

. * 3 : * ; ; :

Titre : Le complexe Acétaminophène-Curcumine: étude des propriétés électriques et optiques.

Résumé : L'objectif de cette étude est d'obtenir le mélange idéal Acétaminophène/Curcumine qui permet d'avoir le meilleur matériau semi-conducteur en faisant une étude sur les propriétés électriques, et optiques et faire une comparaison avec les matériaux semi-conducteurs les plus utilisés dans l'industrie.

Pour ce faire, nous avons synthétisés l'acétaminophène et préparés nos échantillons avec des différents pourcentages de la Curcumine en utilisant un four micro-onde sous une puissance de 300W. Les propriétés électriques ont été mesurées grâce à une spectroscopie d'impédance complexe, en utilisant un analyseur d'impédance. Cet appareil comporte une cellule de test entre deux électrodes, ou est placé l'échantillon. La conductivité et la permittivité (constante diélectrique), étant mesurés dans une gamme de fréquence 100Hz-100KHz et pour un intervalle de température de 25°C à 215°C, le potentiel appliqué était de 1V.

La caractérisation optique de nos matériaux été faite grâce à un spectrophotomètre UV-visible à températures ambiante, en utilisant les spectres d'absorption et de transmission pour calculer l'énergie de gap optique, qui est un facteur important dans la caractérisation des matériaux semi-conducteurs.

Les résultats et discussions, de la conductivité électrique, la permittivité relative, l'énergie d'activation, et l'énergie du gap optique, montrent que notre matériau est un bon semi-conducteur organique.

Mots clés : Acétaminophène, Propriétés électriques, Propriétés optiques.

Laboratoire de Synthèse et Catalyse de Tiaret

Université Ibn Khaldoun de Tiaret, Laboratoire LSCT.
BP P 78 zaâroura 14000, Tiaret, Algérie.

Nom : Imane Tiffour

Directeur de mémoire : Mustapha Rahmouni

Title: Acetaminophen-Curcumin mix: study of the electrical and optical properties.

Abstract: The objective of this study is to obtain the ideal mix Acetaminophen/Curcumin which allows to have the best semiconductor material, by a study of the electrical and optical properties, and make a comparison with the materials semiconductor most used in industry.

To do this, we synthesized acetaminophen and prepared our samples with different percentages of Curcumin using a microwave oven at a power of 300W.

The electrical properties were measured by a complex impedance spectroscopy, using an impedance analyzer. This apparatus includes a test cell between two electrodes, or the sample is placed. The conductivity and the permittivity (dielectric constant) is measured in a frequency range of 100Hz-100kHz and up to a temperature range of 25 ° C to 215 ° C, the potential of 1 V was applied.

The optical characterization of our materials made with a UV-visible spectrophotometer at room temperature using absorption spectra and transmission to calculate the optical energy gap, which is an important factor in the characterization of semiconductor materials conductors.

Results and discuss electrical conductivity, relative permittivity, the activation energy and the energy of the optical gap, show that our material is a good organic semiconductor.

Keywords: Acetaminophen, electrical properties, optical properties.