الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DR. YAHIA FARES DE MEDEA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

Département du Génie des procédés



Mémoire de Fin d'Études

Présenté pour l'obtention du Diplôme
de Master en Génie procédés

Option : génie des procédés des matériaux

THEME

Synthèse et caractérisation d'un thermo-électret

Proposé et dirigé par,

BENREKIA Ahmed Redha

Les gérées

FERHAT Samira

ALOUAOUI Redha

Préparé et présenté par,

-FAIZI Raouf

-METCHAT Yasmina

PROMOTION 2020

Remerciements

Nous formulons notre profonde gratitude à dieu Le tout puissant

Qui nous a donné l'énergie nécessaire pour la réalisation de ce

Projet,

Avant de présenter cette étude, nous tenons beaucoup à présenter Notre remerciement et nos respects à notre promoteur Mr, benrekia Ahmed Ridha, pour son aide précieuse ses conseils, sa confiance son Orientation qu'il n'a pas cessé de nous apporter durant la durée de La réalisation de ce travail

Nous remerciements vont aussi à tous les membres du jury qui ont Accepté de jugé ce travail et à tous les enseignants,

Sans oublié de remercier tous les enseignants et les étudiants de génie des procédés des matériaux de l'université de Yahia Farés Médéa.

On remercie tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la

Réalisation de ce travail



Nous tenons à remercier Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volante et la force pour réaliser ce modeste travail

A cette ocasion.je dédie ce modeste travail :

A mon père l'homme FAIZI SALAH :
Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amoure que vous me portez de puis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours

Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés le fruit de vos innombrables sacrifices, puisse dieu, le très haut vous accorder santé, bonheur et longue vie.

Et mes très chers frères, mes sœurs et toute ma famille et mon binôme amie Yasmina et tous mes chères amis et tous ceux qui m'aiment et que j'aime.

Raouf

Designed by pngtree

Dédicace

Je dédie cette mémoire à .....

A ma très chère mère

Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

Je te dédie ce travail témoignage de mon profond amour.

A mon Père

A ma sœur : *Karima*

A mes frères : *Toufik et Mohammed.*

A *la joie de ma vie* ***LOUAI****.*

A *mon binôme* ***Raouf*** *qui a partagé avec moi les moments difficiles de ce travail et à sa famille*

A toute ma famille et mes amies



ملخـــــص :

يتمحور هاذا الموضوع حول كيفية واالطريقة المثلى لاستقطاب مادة عازلة ,بحيث قمنا بادراسة وتحليل نوع من المواد العازلة واستنتاج بعض خصائص التيرمو الكترت باستعمال تيارات مستمرة وقمنا با توظيف مواد عازلة اخرى قصد انتاج مادة عازلة جديدة.

Résume

Ce sujet tourne autour de la manière et de la meilleure façon de polariser un matériau isolant. Nous avons donc étudié et analysé un type de matériau isolant et déduit certaines propriétés du dispositif thermoélectrique en utilisant des courants continus, et nous avons utilisé d'autres matériaux isolants afin de produire un nouveau matériau isolant.

Summary

This topic revolves around how and how best to polarise an insulating material. We have therefore studied and analysed one type of insulating material and deduced certain properties of the thermoelectric device using direct currents, and we have used other insulating materials in order to produce a new insulating material.

1. SYMBOLES GRECS

Symbole	**Désignation**
q	Charge ponctuelle
d	La longueur du dipôle
G	Rigidité diélectrique
T	Température
Tangσ	Facture dissipation
ε_r	Permittivité relative
ε_0	permittivité
p	Moment déplaire
N	Nombre de molécule
α_e	Constant dépond

2 LISTE D'ABREVIATIONS

TSD	**Température de dépolarisation**
HTA	**Haute température**
W	**Énergie d'activation du processeur de conduction**
VA	**Moment dipôle électrique**
ΔE	**Bande de valence**
σ	**Conductivité**
El	**Moment dipolaire p au niveau de chaque molécule**
χ	**Susceptibilité électrique de matériau**

SOMMAIRE

TITRE	PAGE
Remercîment	
Dédicace	
résume	
sommaire	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction générale	
CHAPITRE I : **Description générale des matériaux diélectriques**	
1 Matériaux diélectrique	
1.1définition	
1.2fonction particulières des diélectriques cristallins	
2 structures de bandes électroniques d'un solide	
2.1influence de la température sur les isolants	
2.2 loi expérimentale de vieillissement des isolants	
3 Classification des isolants	
4 Utilisation des isolants électriques	
5 Charge de l'espace dans les diélectriques solides	
CHAPITRE II : **Diélectriques dans un champ électrique**	
2.1 Matériaux diélectrique dans un champ électrique	
2.1.1 moment dipolaire électrique	
2.1.2 Potentiel d'un dipôle	
2.2 Création d'une polarisation	
2.3 Polarisation induite par un champ susceptibilité électrique	
2.4 Diélectrique polaire et non polaire	
2.5 Différence entre la polarisation et la conduction	
2.6 Les différents types de polarisation	
2.6.1 Polarisation électronique	
2.6.2 Polarisation ionique	
2.6.3Polarisation macroscopique	
2.6.4 Polarisation dipolaire	
2.6.5 Polarisation des diélectriques	

SOMMAIRE

CHAPITRE III : ELECTRET	
Introduction	
3.1Les principaux types d'électrets:	
3.2 Propriétés et production de l'électret :	
3.3 Production d'un radio-électret	
3.4 Deux type de charges électret	
3.5 Les matériaux d'électret	
3.6 Les propriétés de l'électret	
CHAPITRE IV : **ETUDE EXPERIMENTALE**	
4.1 Introduction	
4.2 Les objectifs de l'étude	
4.3 Matériels et équipements	
4.3.1 Matières premières	
4.3.2 Équipements	
4.4 Mode opératoire	
4.5 Conclusion	

Liste des figures

Figure 1.1	Structure de bandes électroniques d'un diélectrique.	
Figure 1.2	Schéma de variation de la densité de charge d'espace et de l'intensité du champ électrique.	
Figure 1.3	Disposition de la cupule de Faraday divisée pour la mesure de l'accumulation et de la décroissance de la charge.	
Figure 2.1	Schéma du dipôle électrique.	
Figure 2.2	Potentiel d'un dipôle.	
Figure 2.3	Polarisation électronique sous un champ électrique.	
Figure 2.4	Polarisation ionique sous un champ électrique.	
Figure 2.5	Polarisation dipolaire.	
Figure 2.6	Potentiel crée par un diélectrique polarisé.	
Figure 3.1	Les types d'électret (homo-charges et hétéro-charges).	
Figure 3.2	Principale schéma de production de radio-électret.	
Figure 4.1	Photographie du générateur de Van de Graaf.	
Figure 4.2	Cire de carnauba.	
Figure 4.3	Résine de colophane.	
Figure 4.4	Plaque chauffante	
Figure 4.5	Cire d'abeille	

Liste des tableaux

Tableau 1.1	Différentes classes de matériaux à électret.	
Tableau 3.1	Propriétés des matériaux minéraux et organiques.	

INTRODUCTION GENERALE

En électrocinétique, on classe un matériau en tant que conducteur s'il permet le passage du courant électrique qui est un mouvement d'ensemble de porteurs des charges électriques généralement des électrons au sein du matériau conducteur lorsqu'il est soumis à un champ électrique dû à la différence de potentiel appliquée. Dans un conducteur les électrons constituent les éléments libres du matériau, ils sont faciles à mettre en mouvement par un champ électrique même de faible intensité.

A l'opposé, c'est-à-dire un matériau est dit isolant ou diélectriques s'il ne permet pas le passage d'un courant lorsqu'une différence de potentiel lui est appliquée et qui est au-dessous de la tension dite de claquage à définir prochainement.

CHAPITRE I

Description générale des matériaux diélectriques

1 MATERIAUX DIELECTRIQUES

1.1 DEFINITION : Un diélectrique est un matériau dont les électrons sont liés aux atomes du matériau, il est difficile de les mettre en mouvement. Ce sont des matériaux ayant une résistivité très élevée de l'ordre 10^8 à 10^{16} Ω.m, car ils contiennent très peu d'électrons libres. Un bon isolant ne devrait pas laisser passer de courant lorsqu'il est soumis à une tension continue. Autrement dit, sa résistance en CC doit être infiniment grande. Cependant, en pratique, un courant de fuite très faible circule dans tous les matériaux isolants utilisés en haut tension (HT) continue. Le courant passant à travers un isolant en HT continue est également constant et est appelé courant résiduel. En HT alternative, n'importe quel matériau isolant laisserait passer un courant capacitif.

L'isolation électrique est rattachée à une grandeur physique macroscopique et mesurable à savoir la résistance électrique, elle s'exprime en ohms noté Ω. Un matériau est diélectrique s'il ne contient pas de charges électriques susceptibles de se déplacer de façon macroscopique. Autrement dit, c'est un milieu qui ne peut pas conduire le courant électrique. A ce titre, on l'appelle parfois isolant électrique.

1.2 Fonctions particulières des diélectriques cristallins

Comme tout matériau solide, un diélectrique peut être à structure ordonnée c'est-à-dire cristalline ou amorphe. Les diélectriques cristallins peuvent présenter les fonctions suivantes :

- ✓ **Piézoélectricité** : La piézoélectricité est une caractéristique qui consiste, pour un corps, à être capable de se polariser électriquement sous l'action d'une une contrainte mécanique ou d'être déformé par un champ électrique.
- ✓ **Pyroélectricité** : La pyroélectricité est la propriété d'un matériau dans lequel un changement de température entraine une variation de la polarisation électrique. Cette variation de polarisation crée une différence de potentiel temporaire, celle-ci disparaissant après le temps de relaxation diélectrique [1]
- ✓ **Ferroélectricité** : la plupart des cristaux pyroélectrique possèdent une polarisation spontanée P_s dans un certain domaine de température et la direction de cette P_s peut etre inversée par l'application d'un champ électrique externe. Ces cristaux sont nommés cristaux ferroélectriques.

Le terme ferroélectrique est dû à l'analogie entre le comportement électrique de ces matériaux et le comportement magnétique des composés ferromagnétiques en particulier des ferrites, il existe donc une similitude entre la ferroélectriques et les ferromagnétiques qui possèdent une aimantation spontanée. Tous les deux présentent des phénomènes d'hystérésis (dépendant du champ magnétique ou électrique appliqué) qui disparaissent au-dessus d'une température appelée température de Cuire par référence au magnétisme.

2 Structure de bandes électroniques d'un solide

La faculté d'un matériau à être isolant peut aussi être expliquée par la notion de bandes d'énergie. La fig (1.1) montre la structure de bandes électroniques d'un diélectrique, en fonction de l'énergie, on trouve les bandes de valences remplies d'électrons suivies d'un saut dit gap c'est l'énergie qu'il faut fournir pour passer de la bande de valence supérieure vers la première bande de conduction. A l'état d'équilibre, les bandes de conduction sont totalement vides. Selon le modèle des bandes d'énergie la matière devient diélectrique, quand les bandes de conduction et de valence sont séparées par une énergie dite de gap supérieure à 5 eV. Dans ce cas et à température ordinaire, un très petit nombre d'électrons reçoivent,l'énergie thermique nécessaire pour effectuer une transition dans la bande de conduction. Quand la température s'élève la probabilité de transition augmente, et l'on observe pour la conductivité σ une dépendance du type **:**

$$\sigma = \sigma_o \exp(-W/k_B T). \quad (1.1)$$

W est interprété comme une énergie d'activation du processus de conduction. La relation est valable dans les diélectriques cristallins et amorphes, ainsi que les diélectriques partiellement cristallins tels que les polymères.

On note que pour un conducteur, la bande interdite n'existe pas et ls bandes de valence et de conduction peuvent même se chevaucher et le gap qui la différence entre l'énergie du niveau le plus bas de la bande de conduction et le niveau le plus haut de la bande de valence noté ΔE est ainsi nul.

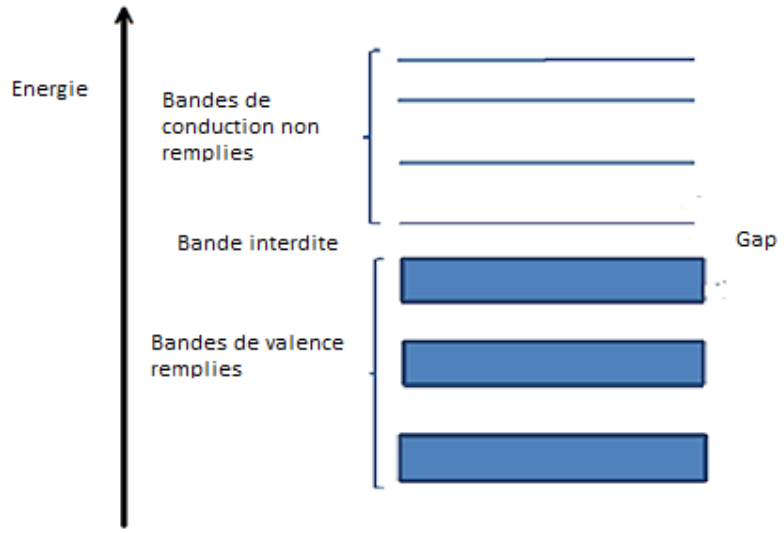


Figure 1.1 : Structure de bandes électroniques d'un diélectrique.

2.1 Influence de la température sur les isolants

Une élévation de température contribue à diminuer la durée de vie d'un isolant :

- ✓ Suivant la loi (1.1), L'élévations de la température induit l'augmentation de la conductivité et ainsi la diminution de la résistance d'isolement (les isolants ont généralement un coefficient de température négatif noté CTN).
- ✓ Du fait de la réduction de la résistance, on observe une diminution de la rigidité diélectrique.
- ✓ L'élévation de la température induit de même l'oxydation du matériau constituant l'isolant.
- ✓ Ramollissement pouvant atteindre la fusion.

2.2 Loi expérimentale de vieillissement des isolants

Une augmentation de 10°C de la température d'un isolant conduit à doubler sa vitesse de vieillissement l'élévation de température est provoquée par les pertes diélectriques et l'échauffement des conducteurs La chaleur est difficilement évacué par les isolants car ceux-ci ont une conductivité thermique très faible.

3 Classification des isolants

Selon la nature (synthétique ou naturelle), l'état physique du matériau (solides, liquides, gazeux) et le domaine de température d'utilisation, on classe les isolants comme suit :

Isolants synthétiques : ils existent en phase solide et phase liquide, parmi les isolants synthétiques solides on a principalement les matériaux à base de polymères à savoir plastique et élastomère. Ces derniers sont caractérisés par :

- ✓ Très bonne rigidité diélectrique : toujours ≥ 10 kV/mm.
- ✓ Résistivité élevée : $10^8 \leq \rho \leq 10^{17}$ **Ω**.m.
- ✓ Faibles pertes diélectriques

De plus il y les matériaux composites pour les isolant synthétiques liquides, on a les huiles

Isolants naturels : ces derniers existent sous forme solide, liquide et gazeuse.

Dans la gamme des isolants soldes on a :

Verres, céramiques, mica et produits micacés, papiers et matières en textiles.

Isolants liquides : dans cette classe on a les huiles minérales caractérisées par :

- ✓ Rigidité diélectrique : G ≈ 9 à 10 kV/mm
- ✓ Facteur de dissipation : tan $\delta = 4.10^{-4}$.
- ✓ Permittivité relative : $\varepsilon_r = 4$ à 6.

Les isolants liquides présentent l'avantage de se régénérer après un claquage ; ils servent aussi au refroidissement par convection ou par évaporation (les isolants liquides ont généralement une bonne conductivité thermique). Ils sont utilisés seuls ou bien ils imbibent un isolant solide dont ils remplissent les vides.

Dans le tableau 1.1 on rapporte quelques diélectriques, leurs températures d'utilisation, constantes diélectriques, rigidités et tangentes de l'angles des pertes.

Tableau 1.1 : Propriétés des matériaux minéraux et organiques.

Matériau	Température (°C)	ε_r	Rigidité diélectrique [G] (kV/m)	Tan$\boldsymbol{\delta}$
Verre	400 à 500	7	7	0,02 à 0,04
Céramique	200 à 500	10 à 3000	10 à 20	5.10^{-4} `à $1{,}2.10^{-2}$
Mica	500 à 1000	6 à 7	210 à 240	3.10−4 à 26.10−4
Caoutchouc	90 à 120	3	20 à 30	00
Papiers	105	4 à 6	50 à 80 (papier sec)	2.10−3 à 4.10−3
Textiles	90 à 120	3	5 à 10	00

4 Utilisations des isolants électriques

De nombreux matériaux peuvent être utilisés comme isolants qui empêchent l'électricité d'atteindre des endroits spécifiques. Parmi les plus importants de ces matériaux, il y a le bois, le caoutchouc, le plastique, le nylon, la laine et le verre, l'air est également considéré comme un matériau isolant.L'utilisation des diélectriques peut s'avérer vitale pour le personnel professionnel, ci-dessous quelques applications des diélectriques :

- ✓ L'utilisation de plastique pour couvrir les fils électriques afin d'empêcher l'électrocution des usagers des appareils électriques.
- ✓ Ils sont utilisés sur les poteaux d'éclairage ou de transmission dont certains sont en céramique pour isoler les fils de transmission des courants élevés.
- ✓ Des matériaux spéciaux sont utilisés dans la fabrication du matériel de sécurité (casques, gants, boots … etc.)pour les professionnels qui risquent d'entrer dans des bâtiments contenant des fils électriques exposés, ce qui peut mettre leur vie en danger.
- ✓ Les travailleurs du câblage électrique utilisent des outils dont les poignées sont recouvertes de plastique, telles que des pinces, des coupe-file électriques, et ils portent également des semelles en caoutchouc et des gants en plastique qui fournissent la protection nécessaire pour empêcher le courant électrique de les atteindre.
- ✓ Ces matériaux qui ne conduisent pas le courant électrique sont utilisés dans des composants qu'on appelle condensateurs électriques, afin d'augmenter leurs capacités déstocker des charges électriques.

5 Charge de l'espace dans les diélectriques solides

La charge d'espace se produit chaque fois que le taux d'accumulation de charge est différent du taux d'élimination. L'accumulation de charges peut être due à la génération, au piégeage de charges, à la dérive ou à la diffusion dans le volume. La charge d'espace peut être due à des électrons ou à des ions en fonction du mécanisme de transfert de charge. La charge d'espace résulte à la fois des charges mobiles et des charges piégées.

L'accumulation de charge d'espace due à l'irradiation avec un faisceau d'électrons est réalisée par une technique simple connue sous le nom de «coupe de Faraday». Cette méthode est décrite pour exposer le principe des mesures de charge d'espace.la fig (1.2) Montre l'arrangement expérimental Utilisé par Gross, un diélectrique est pourvu d'électrodes déposées sous vide et irradié par un faisceau d'électrons. Le revêtement métallique sur le diélectrique doit être suffisamment mince pour empêcher l'absorption des électrons incidents. L'électrode sur laquelle tombe l'irradiation est appelée électrode « avant » et l'autre électrode, « électrode arrière». Les deux électrodes sont isolées de la terre et reliées à la terre par des instruments de mesure de courant. Les mesures sont effectuées en mode courant ou en mode tension et la méthode d'analyse est donnée par Gross.

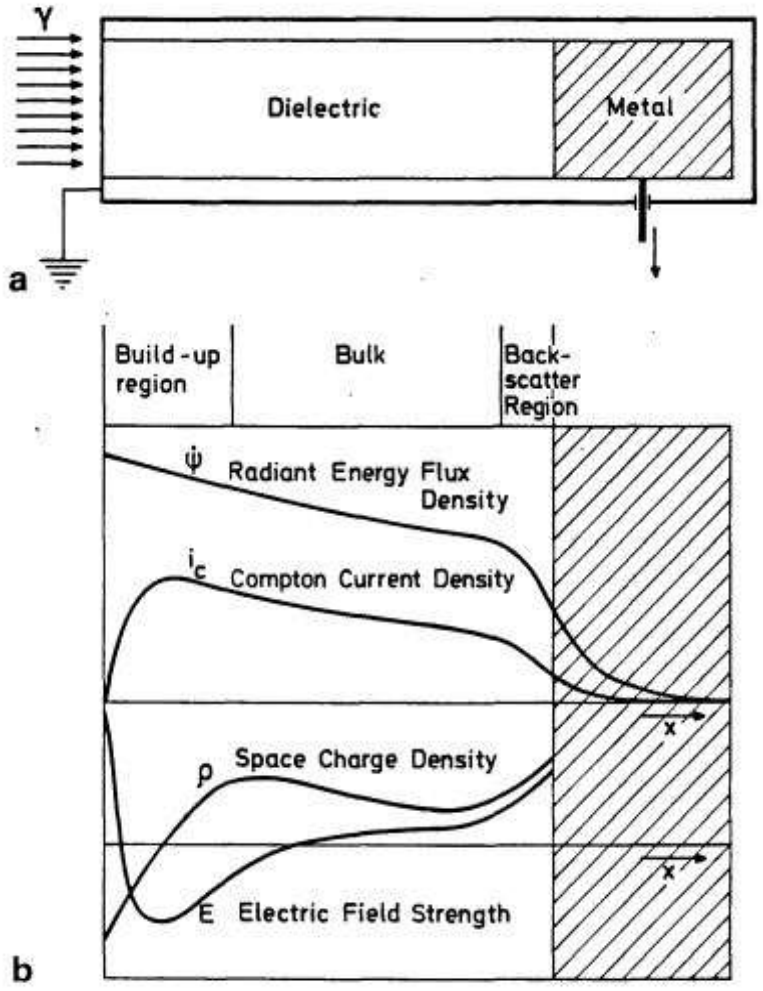


Figure 1.2 : (a) Technique de mesure du courant dû à l'injection de charge, (b) Schéma de variation de la densité de charge d'espace et de l'intensité du champ électrique [2].

Le champ électrique, en particulier à des températures élevées, augmente également l'injection de charges dans la masse créant une charge d'espace. La charge responsable de cette charge d'espace peut être déterminée par les mesures de courant TSD température de dépolarisation décrites dans le chapitre précédent. Dans les polymères amorphes et semi-cristallins, la charge d'espace a une polarité opposée à celle de la polarité de l'électrode charges de polarité positive dans le cas d'une tension de polarisation négative et vice-versa.

La charge d'espace de polarité opposée est appelée hétéro chargé tandis que la charge d'espace de même polarité est appelée homophages. Dans le cas de l'hétéro chargé, le champ de charge d'espace local intensifiera le champ appliqué, alors que dans le casdes charges

homo il y aura une réduction du champ net. Dans le premier cas de l'hétéro chargé, la polarisation qui se produit dans les régions cristallines sera également intensifiée.

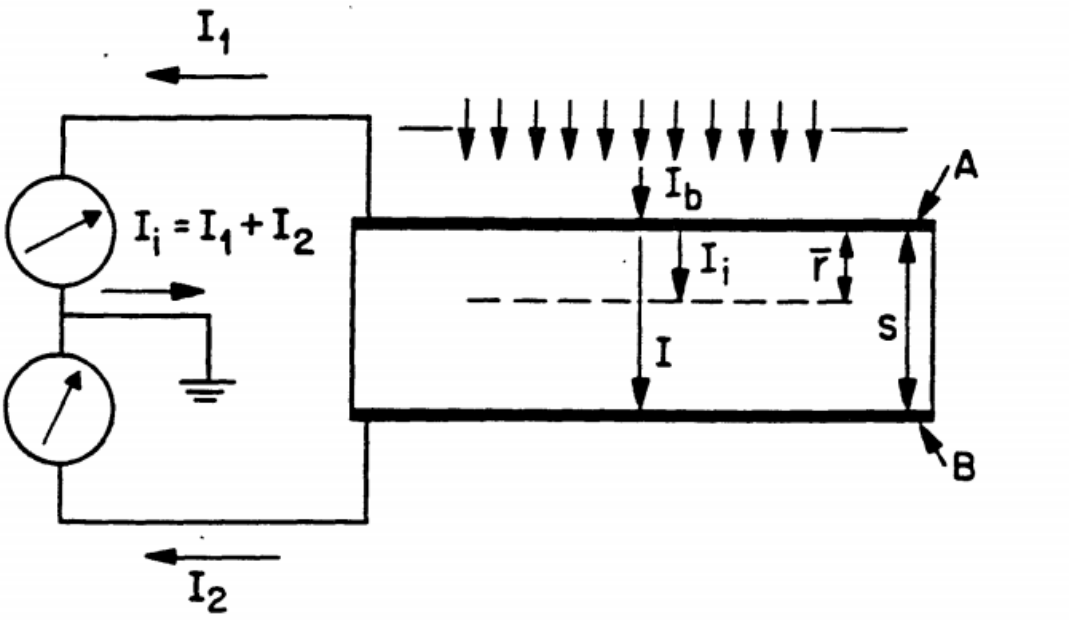


Figure 1.3 : Disposition de la cupule de Faraday divisée pour la mesure de l'accumulation et de la décroissance de la charge. Électrode avant A, électrode arrière B, épaisseur s du diélectrique, centre de gravité de la couche de charge d'espace. Les courants sont: courant d'injection Ii, courant d'électrode avant H, I2 = courant arrière, I = courant diélectrique [2].

L'augmentation du champ électrique interne conduit à une augmentation de la constante diélectrique aux températures élevées et aux basses fréquences. Il est important de noter que l'accumulation de charge d'espace à l'interface électrode-diélectrique conduit également à une augmentation de I et de s en raison de la polarisation inter faciale comme indiqué Il est assez difficile de déterminer le mécanisme précis de l'augmentation de la constante diélectrique ; si l'accumulation de la charge d'espace se produit au niveau des électrodes ou dans la masse. Il est évident que les techniques capables de mesurer la profondeur de la couche de charge d'espace éclairent ces complexités.

Les objectifs de la mesure de la charge d'espace peuvent être énoncés comme suit: Mesurer la charge intensités et leurs polarités, en vue de comprendre la variation du champ électrique dans le diélectrique en raison du champ appliqué. Pour déterminer la profondeur de la couche.

Interpréter l'accumulation de charge d'espace en fonction de la morphologie et de la structure chimique du polymère Dans les sections.

Les techniques expérimentales et les méthodes employées pour analyser les résultats sont traitées. Ahmed et Srinivas ont publié une revue complète des mesures de charge spatiale, et nous suivons leur traitement pour décrire les techniques expérimentales et un échantillon de résultats obtenus à l'aide de ces techniques.

De charge et la distribution de la charge à l'intérieur de cette couche. Pour déterminer le mécanisme de polarisation et son rôle dans l'accumulation de charges **[2].**

Conclusion : Dans ce premier chapitre, nous avons passé en revue certaine propriétés des diélectriques et quelques applications de ces derniers**.**

Chapitre II

Diélectriques dans un champ électrique.

2.1Matériaux diélectrique dans un champ électrique

2.1.1Moment dipolaire électrique

Un dipôle est formé de deux charges égales et de signes opposés. Si la distance a est pratiquement constante, on parle de dipôle électrique noté $\vec{d}$ et défini par :

$$\vec{d} = q\vec{a} \quad (2.1)$$

Où q est la charge positive et à la longueur du dipôle. Il va de soi que pour les molécules où a = 0, le moment dipolaire est nul.

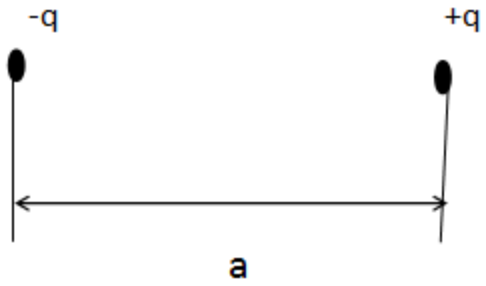


Figure 2.1 : Schéma du dipôle électrique.

Pour une charge ponctuelle **q** placée au point de coordonnées ***r***, le moment électrique par rapport à l'origine **0** s'écrit : **q.r,** et pour **N** charges ponctuelles, le moment électrique **p** est défini par la relation :

$$\vec{P}=\sum_{i=1}^{i=N} q_{i.r_i} \quad (2.2)$$

Si $\sum_{i=1}^{i=N} qi$ =0, le moment électrique est indépendant du choix de l'origine : la charge positive totale du système est égale à la charge négative totale. Dans ce cas :

$$\vec{P} = \vec{q}.\boldsymbol{a} \quad (2.3)$$

Le moment électrique ne dépend que de la distance la reliant les barycentres des charges positives et négatives avec :

$$\sum q_i^{+} = +Q \text{ et} \sum q_i^{-} = -Q. \quad (2.4)$$

Il s'appelle également le **moment dipolaire** du système.

Dans la plupart des cas, le moment électrique intrinsèque des molécules polaires représente environ 10^{-30}C-m, car la charge électronique e = $1.6.10^{-19}$C et le bras 1=10^{-10}m. Les molécules de substances non polaires ont 1= 0, jusqu'à présent p =0. **[3]**

2.1.2 Potentiel d'un dipôle

Dans le système 0, x, y, z,plaçons une charge +qau point z = l/2et la charge –qau point z = - l/2 (fig 2.2)

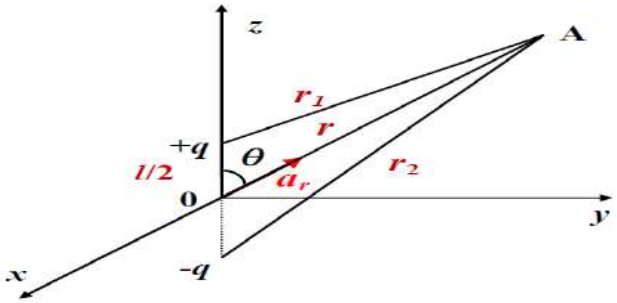


FIGURE 2.2 : Potentiel d'un dipôle

$$V_A = \frac{q}{4.\pi.\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \quad (2.5)$$

Si ***r >>l***'on obtient :

$$V_A = \frac{q.l\cos\theta}{4.\pi.\varepsilon_0.r^2} \quad (2.6)$$

$$= \frac{p\cos\theta}{4.\pi.\varepsilon_0.r^2} = \frac{p\,a_r}{4.\pi.\varepsilon_0.r^2} \text{où P = q.L : moment dipôle électrique} \quad (2.4)$$

$$V_A = \frac{1}{4.\pi.\varepsilon_0}\,\text{p grad}\left(\frac{1}{r}\right) \quad (2.7)$$

2.2 Création d'une polarisation

L'une des propriétés de base du diélectrique est sa capacité à se polariser sous l'action des champs électriques. La polarisation consiste en une violation de la distribution équilibrée des particules chargées dans la substance et l'apparence du moment électrique différent de zéro qui en résulte. L'état diélectrique du champ électrique peut être décrit par deux valeurs vectorielles : l'intensité électrique E et la polarisation P.

La polarisation P est une valeur qui caractérise qualitativement le phénomène de polarisation diélectrique. Elle est égale à la limite du rapport entre le moment électrique d'un certain volume d'une substance et ce volume lorsqu'il tend vers zéro. Dans la majorité des cas, la polarisation (de ce que l'on appelle la polarisation linéaire diélectrique) est proportionnelle à l'intensité électrique en un point donné d'un diélectrique **[3]** :

$$\vec{P} = \varepsilon_0 \chi \vec{E} \qquad (2.8)$$

Où ε_0= 8.854.10^{-12}F/m est une constante diélectrique χ est la susceptibilité diélectrique (paramètre sans dimension).Le produit de $\varepsilon_0 x$ est la susceptibilitédiélectrique absolue caractérise la capacité diélectrique à se polariser sous l'action d'un champ électrique. Il s'agit d'une valeur scalaire pour les substances isotropes et d'un tenseur pour les substances anisotropes.Les diélectriques non linéaires ("actifs") qui comprennent notamment les ségneto-électriques n'ont pas de proportionnalité entre les vecteurs P et E. La polarisation en module est égale à la densité de surface des charges liées au diélectrique. (The dielectric bond: la liaison diélectrique)

$$P = \sigma_{bnd} (2.9)$$

En plus des valeurs P et E mentionnées, une autre valeur électrique D est souvent introduite, qui caractérise le déplacement électrique (induction électrique) :

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{\mathrm{E}} + \vec{P} \quad (2.10)$$

La capacité de la substance à se polariser est autrement estimée par sa perméabilité diélectrique relative $\boldsymbol{\varepsilon_r}$reliant les vecteurs de déplacement et d'intensité électrique par une relation simple :

$$D = \varepsilon_r \varepsilon_0 E \quad (2.11)$$

La comparaison des équations (2.9), (2.10) et (2.11) montre la relation entre la perméabilité diélectrique et la susceptibilité :

$$\varepsilon_r = 1 + \chi \quad (2.12)$$

Il est évident que la perméabilité diélectrique relative ne pourrait pas être inférieure à 1, jusqu'à présent χ pour toute substance, sauf pour le vide, est positif. Pour le vide $\chi = 0$ et $\varepsilon_r = 1$

Les relations (2.9) et (2.12) montrent que la polarisation est linéairement liée à la perméabilité diélectrique

$$\vec{P} = (\varepsilon - 1)\varepsilon_0 \vec{E} \quad (2.13)$$

Pour caractériser un diélectrique dans un champ électrique alternatif, il est important d'évaluer le temps de déplacement ou d'orientation des particules sous l'action du champ, c'est-à-dire de connaître le temps de relaxation τ qui définit le temps de réglage de la polarisation.

2.3 Polarisation induite par un champ susceptibilité électrique

Dans le cas où la polarisation est due à un champ électrique $\vec{E}$appliqué au matériau, on écrit au premier ordre que la polarisation induite est simplement proportionnelle au champ électrique :

$$\vec{P} = \varepsilon_0 \chi \vec{E} \quad (2.14)$$

La polarisation $\vec{\mathbf{P}}$est souvent proportionnelle au champ électrique $\vec{\mathbf{E}}$qui est le champ électrique total après que la matière a été polarisée (ce cas est dit *linéaire*) :

$$\vec{P} = \varepsilon_0 \chi \vec{E} \quad (2.15)$$

Avec $\varepsilon_0$la permittivité du vide et χ la susceptibilité électrique du matériau.

2.4 Diélectriques polaires et non polaires

Les pertes diélectriques et la capacité de polarisation sont fortement conditionnées par la nature et la structure de diélectrique. Actuellement, il est utilisé pour diviser les diélectriques en deux classes :

Les diélectriques non polaires dits apolaires et polaires ou dipolaires.

La somme algébrique de toutes les charges dans une molécule est égale à zéro et la substance d'un grand volume est électriquement neutre. La position spatiale des charges dans les molécules de différentes substances peut être différente. Les centres des charges peuvent coïncider ou non dans l'espace.

Dans le premier cas, nous avons une molécule non polaire et la substance constituée de ces molécules est également non polaire.

Exemples :

a. Des gaz: He, Ar, H_2, N_2
b. Des composés chimiques: CH_4, CCl_4
c. Une macromolécule: [-CH_2-CH_2-]

Dans le second cas, la molécule et la substance sont polaires même en l'absence de champ électrique externe lorsque les molécules ont des dipôles électriques dont le moment électrique intrinsèque est différent de zéro **[3]**

Exemples:

a. Des composés chimiques : HF, HCl, HBr, HI, $CClH_3$
b. Une macromolécule:[-CHCl-CHCl-] (polychlorure de vinyle)

2.5 Différence entre la polarisation et la conduction

1. Durant la polarisation, les charges sont mises en mouvement mais ne peuvent jamais quitter la molécule. Par contre, la conduction est le déplacement des charges sur de grandes distances, qui se libèrent et quittent les particules.

2. La conduction dans les diélectriques est pratiquement assurée par les impuretés se trouvant dans l'isolant et non pas due à sa structure de base. La polarisation peut donc être représentée comme un grand nombre de charges se déplaçant sur de très petites distances, sans jamais quitter les molécules. Tandis que la conduction dans les diélectriques comme le déplacement d'une petite quantité de charges mais sur de larges distances.
3. La polarisation peut être considérée comme un mouvement élastiqué. Quand l'effet du champ électrique externe disparait, les charges reviennent à leur position initiale, ce qui ne se passe jamais pour la conduction.

2.6 Les différents types de polarisation

On a divisé les diélectriques en deux groupes selon qu'ils sont constitués de molécules polaires ou non.

Si les molécules possèdent un centre de symétrie, les barycentres des charges positives et négatives sont confondus en l'absence de champ extérieur. Ces molécules sont dites non polaires.

Par contre, d'autres molécules, dépourvues de centre de symétrie, présentent un moment électrique permanent, elles sont dites polaires.

Compte tenu de cette division des diélectriques en deux groupes, on conçoit que, sous l'action d'un champ électrique, les molécules vont se polariser selon des mécanismes différents. Très schématiquement, on peut envisager des déformations du nuage électronique des atomes constituants les molécules, des déplacements relatifs de charges positives et négatives dans un solide ionique, des orientations de molécules polaires. Chacun de ces types de polarisation est caractérisé par un coefficient α.

2.6.1 Polarisation électronique

Est due au déplacement du nuage d'électrons par rapport au noyau positif, sous l'action d'un champ E. La polarisation se produit dont le temps d'établissement est très court (10^{-15}s) :

$$\mathbf{P = N .}\alpha e.El \quad (2.16)$$

El : il induit un moment dipolaire ***p*** au niveau de chaque molécule.

αe : est une constante dépendant du rayon ***r*** de l'atome ($\alpha e = 4\pi.\varepsilon 0.\ r3$).

Le processus de la polarisation électronique peut être compris en considérant l'atome le plus simple, à savoir l'atome d'hydrogène (1 électron en orbite d'un noyau contenant un proton). **[4]**

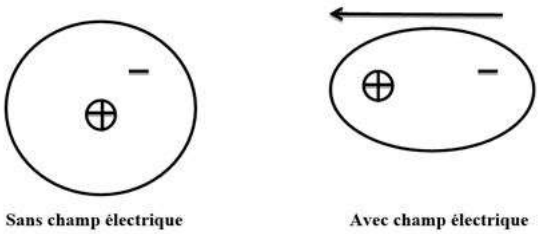


Figure2.3 : Polarisation électronique sous un champ électrique

2.6.2 Polarisation ionique

Elle est due au déplacement mutuel des ions constituant la molécule dans un temps de relaxation et de l'ordre de 10^{-13} s à 10^{-12}s. On a également :

$$P = N\alpha_i E \quad (2.17)$$

N est le nombre de molécules



- **Sans champ électrique** **-Avec champ électrique**

Figure 2.4 : Polarisation ionique sous un champ électrique

Les polarisations électronique et ionique ont beaucoup en commun. Dans les deux cas, il s'agit de déplacement de charges (et non pas rotation) dans la direction du champ électrique.

2.6.3 Polarisation macroscopique

Est due à des déplacements de charges dans l'ensemble du matériau.

2.6.4 Polarisation dipolaire

Elle est spécifique aux diélectriques polaires, les dipôles s'orientent suivant la direction du champ électrique applique. En l'absence de champ, les dipôles sont orientes de façon désordonnée, de telle façon que la polarisation globale est pratiquement nulle. Elle dépend de la température et apparaît dans les gaz, les liquides et les corps amorphes très visqueux.

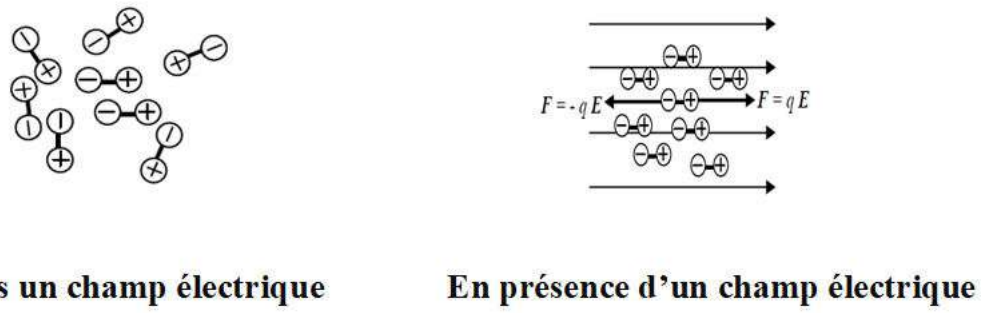


Figure2.5 : Polarisation dipolaire

2.6.5 Polarisation des diélectriques

Considérons le cas d'un diélectrique non polaire. Si on le soumet à l'action d'un champ électrique, les centres des charges positives et négatives ne vont plus coïncider, chaque atome ou molécule se déforme et peut être assimilé à un dipôle dont le moment électrique est:

$$P = q \, .dl \qquad (2.18)$$

P est le moment dipolaire par unité de volume, il est également appelé **polarisation** du diélectrique.

Si$\Delta v \rightarrow 0$, alors :

$$P=\frac{dp}{dv} \quad (2.19)$$

Dans un diélectrique de volume fini ***v,*** la polarisation **P**est non uniforme (figure 2.6). Au point **A(*x, y, z*),** le moment dipolaire dû aux charges séparées qui sont présentes dans le volume élémentaire **dv** s'écrit :

$$Dp = P\ dv \qquad (2.20)$$

Et le potentiel au point **B (*x', y', z'*)** situé hors du diélectrique se calcule comme suit :

$$dV_B = \frac{d_p.a_r}{4.\pi.\varepsilon_0.r^2} = \frac{P.a_r.d_v}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} P\,\mathrm{grad}\left(\frac{1}{r}\right)dv \quad (2.21)$$

Et pour l'ensemble du diélectrique :

$$V_B = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\iiint v\ P\ \mathrm{grad}\left(\frac{1}{r}\right)dv \quad (2.22)$$

-Si les dérivées sont prises par rapport aux coordonnées de **A**, cette équation devient :

$$V_B = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\iiint v\ P\ \mathrm{grad}\left(\frac{1}{r}\right)dv \quad (2.23)$$

En tenant compte de la relation vectorielle :

$$\mathrm{Grad}\left(\frac{P}{r}\right) = \frac{1}{r}\ \mathrm{grad}\ P + P.\mathrm{grad}\left(\frac{1}{r}\right) \qquad (2.24)$$

Alors :

$$V_B = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\iiint v\ [\ grad\left(\frac{P}{r}\right) - \frac{grad\ P}{r}\ ]dv \quad (2.25)$$

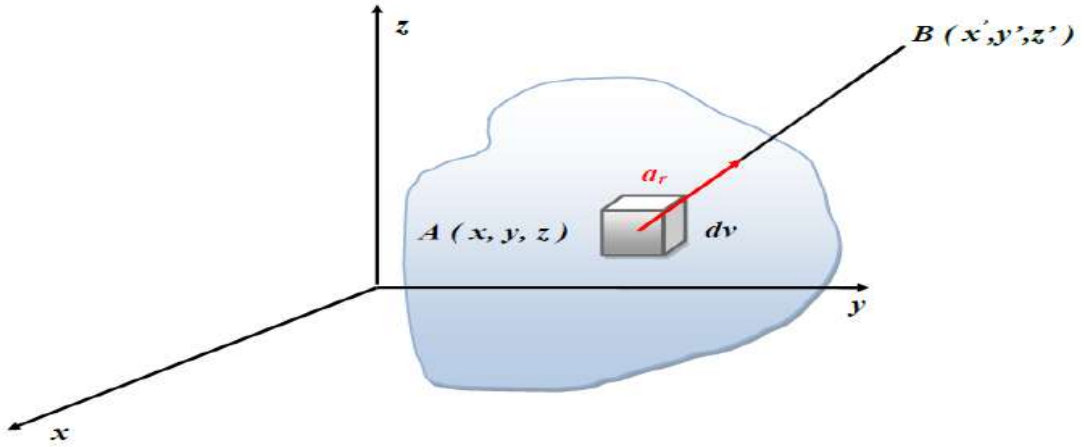


Figure 2.6 : Potentiel crée par un diélectrique polarisé [5].

Observation :

Le but de notre projetest de synthétiser un électret qui un matériau diélectrique possédant un moment électrique dipolaire permanant avec un temps de relaxation très longLe sujet de notre projet est la polarisation du matériau isolant, nous avons testé le matériau isolant qui va être polarisée comme étant un matériau primaire qui est la cire (cire carnauba), cette dernière est un matériau polymère. Mais pour tirer profit on à parler des matériaux diélectriques d'une façon générale et on a expliqué en général afin de clarifier certaines choses importante.

CHAPITRE III

ELECTRET

Introduction :

Un électret (formé de *electr-* de « électricité » et *-et* de « aimant ») est un matériau diélectrique qui a une quasi-permanent charge électrique ou dipôle polarisation. Un électret génère internes et externes des champs électriques, et électrostatique équivalent d'un aimant permanent. Bien qu'Oliver Heaviside ait inventé ce terme en 1885, les matériaux ayant des propriétés électret étaient déjà connus de la science et avaient été étudiés depuis le début des années 1700 [3].

3.1 Les principaux types d'électrets :

Les électrets sont obtenus en permettant à certaines cires se solidifier sous un champ électrique. On obtient ainsi des matériaux présentant (apparemment) une polarisation permanente et constante.

En fait, nous ne pouvons pas faire face à une véritable polarisation du diélectrique, en raison de la présence constante d'ions dans l'air qui ont tendance à le neutraliser. De plus, lorsqu'il est exposé à un milieu hautement conducteur (humidité, air ionisé, etc.), l'électret semble perdre ces propriétés, mais il les retrouve s'il est laissé dans un environnement protégé pendant un certain temps, et surtout si on lui enlève son champ extérieur en court-circuitant ses pôles, comme on le fait avec un aimant avec son enveloppe.

Ces capacités de récupération de l'électret montrent qu'il est en constante évolution, et que l'apparente constance de sa polarisation dans des conditions favorables résulte simplement du fait que son champ extérieur effectif est limité à une valeur déterminée par l'ionisation fixe de l'air, qui devient très intense lorsque nous approchons de 3 $kVmm^{-1}$ ou $3MVm^{-1}$.

Si l'électret garde sa polarisation malgré les ions présents dans l'air et le regagne après l'exposition à un milieu conducteur, c'est parce que sa véritable polarisation est en constante diminution, de sorte que l'équilibre entre le champ de l'électret et le champ des ions fixés à sa surface n'est jamais atteint. La quantité totale d'électricité que l'électret peut tout au long de sa durée de vie peut être mesurée en la détruisant définitivement en la faisant fondre entre deux plaques reliées par un électromètre. Cette quantité est infinie supérieure à la quantité d'électricité nécessaire pour créer le champ externe de l'électret. En outre, il convient de noter que le moment dipolaire permanent d'une molécule est d'environ $3{,}3\times10^{-30}$C.m; Sachant que la charge élémentaire est de $1{,}6\times10^{-19}$C et la distance interatomique est d'environ 10^{-10}m et

que1m^3 de matière de densité 1 et de poids moléculaire 200 contient un moment $(10^6/200)\times6\times10^{23}\times3.3\times10^{-30}$, soit une polarisation P=1×10^{-2}C/m^2.

Cependant, une polarisation P=$2{,}67\times10^{-5}$C/m^2est suffisant pour générer le champ critique pour l'air, étant donné E=P/ε_0=$2{,}67\times10^{-5}\times36\pi\times10^9$=3,02× 10^6V/m. Une La diminution de la polarisation initiale est donc suffisante pour maintenir le champ extérieur malgré la présence d'ions. [5

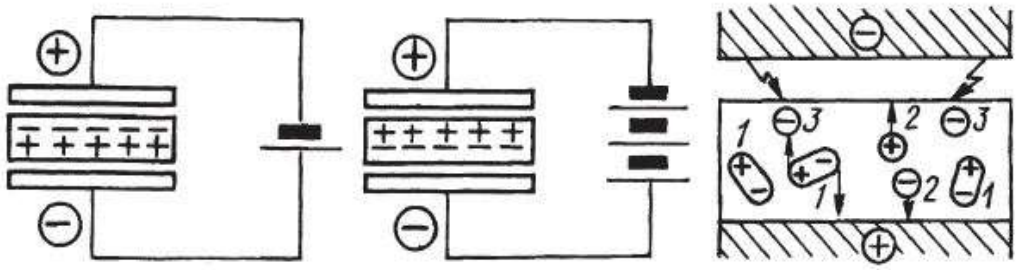
3.2 Propriétés et production de l'électret :

Les concepts actuels de l'effet électret sont basés sur la polarisation dipolaire, le déplacement des charges à l'intérieur des molécules ou des domaines et la formation de charges spatiales ou de surface. Il existe deux types d'électrets (Fig 3.1) qui se distinguent par :

1) l'hétérocharge conditionnée par la polarisation électrique dans le volume diélectrique due à l'orientation dipolaire, la polarisation ionique (ou électronique) et le déplacement spatial de la charge.
2) l'homocharge résultant de l'injection de charges de même signe dans le diélectrique par des électrodes. L'espace proche de l'électrode est caractérisé par un échange de charges, de sorte que la formation de l'hétérocharge et de l'homocharge se fait simultanément. La différence entre la charge réelle ou libre, (homocharge) et la polarisation rémanente P (hétérocharge liée) représente les caractéristiques des électrets les plus importantes déterminées expérimentalement.

Il existe plusieurs méthodes de production d'électret. La plupart d'entre elles sont basées sur le procédé suivant : un diélectrique est placé dans un champ électrique et soumis à une action physique supplémentaire qui soit réduit la relaxation dipolaire de temps ou accélère la migration des particules chargées.

Selon le type d'action physique, nous distinguons les thermo-, photo-, magnéto-, radio électrets et autres. L'état d'électret peut se produire dans un diélectrique même sans l'application dans un champ externe, mais, par exemple, lors de l'échauffement de polymères au contact de métaux différents (électrets métal-polymère) ; lors de l'électrification induite par frottement (tribo-électrets). En fixant les dipôles de champ électrique orientés et déplacés. On obtient des ions en utilisant, par exemple, le durcissement, les chimioélectrets.



a b c

Figure 3.1: Électrets hétéro-charges (a) et homo-charges (b) ; c - types de charges d'électret :

1 - dipôles orientés et orientables, 2-charges décalées, 3-porteurs de charge injectés.

3.3 Production d'un radio-électret :

Les radio-électrets sont produits en exposant un diélectrique à un faisceau de particules chargées. Il peut s'agir d'un faisceau d'électrons, d'un rayonnement β ou d'un rayonnement γ.

Dans le cas de la production de radio-électrets sans champ électrique, l'électrode supérieure est exclue (Fig 3.2).

Les électrons qui entrent dans la substance sont retardés et sont capturés dans des pièges situés à proximité de la face irradiée du diélectrique, formant ainsi une charge négative. Le champ généré induit la charge positive dans la zone proche de l'électrode du côté opposé.

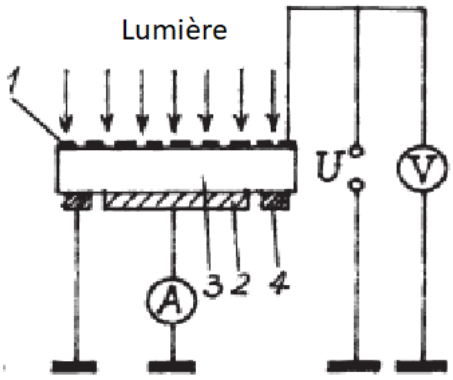


Figure 3.2: Principal schéma de production de radio-électret

3.4 Deux types de charges électret :

Il est particulier pour les électrets de maintenir une coexistence durable de charges de signes différents sur les faces opposées, bien qu'avec le temps la charge de surface varie. L'analyse des données expérimentales suggère trois cas :

1) l'hétérocharge de l'électret diminue avec le temps (jusqu'à zéro ou une magnitude constante).

2) l'hétérocharge tombe à zéro, se transfère à l'homocharge, dépasse le maximum et se stabilise.

3) l'homocharge atteint le maximum puis change de façon insignifiante.

3.5 Les matériaux d'électret :

Les électrets peuvent être produits à partir de diélectriques différents par leur structure et leurs propriétés. Les premiers électrets étaient faits de cire de carnauba et de ses mélanges avec de la colophane, de la cire d'abeille, de l'éthylcellulose et d'autres composants.Il a été noté dans un certain nombre de travaux récents [6] que la densité de charge de surface efficace dans ces électrets a été préservée (4,6-6,6) x $10^{-9}\mathrm{C}/cm^2$) pendant environ 36 ans pratiquement inchangé.

Actuellement, on suppose que l'effet électret est propre à tous les diélectriques. L'état d'électret peut être provoqué par tout type de polarisation de relaxation "interne" ou par une charge injectée emprisonnée. Tout diélectrique présente des défauts structurels naturels et dopés et les processus de relaxation qui en résultent. Les temps de relaxation de ces processus sont suffisamment élevés à basse température et permettent l'apparition de l'état d'électret dans les diélectriques.

Il est apparemment impossible de classer les substances en fonction de leur disposition à l'état d'électret, d'autant plus que les différents types d'électrets d'un même diélectrique peuvent présenter des propriétés différentes. Aujourd'hui, les électrets sont produits à partir de différentes classes de matériaux, notamment des cires naturelles, des résines, des polymères synthétiques, des monocristaux de céramique de diverses substances.

Tableau 3.1 : Différentes classes de matériaux à électret.

Catégorie de matériaux	**Matériaux**
Cire naturelle, résine	Cire de carnauba, résine de colophane, cire d'abeille, paraffine
Polymères	Polymethyl methacrylate, polyvinylchloride, polytetrafluoroethylene,polyethylene terefthalate, polystyrene, polyethylene, polypropylene, polycarbonate, polysulfone, polyamides, polyimides, polymethylsiloxane, polyvinylftoride, polytrifluorochloridethylene, polyvinylidine fluoride, epoxide resin.
Les biopolymères	Protéines (polypeptide, callogène, hémoglobine, gélatine, trypsine, uréase, ribonucléase) ; polynucléotides (ADN, ARN) ; polysaccharides (chitine, cellulose)
Diélectriques à bas point de fusion organique	Acide benzoïque, acide citrique, colophane
Diélectrique en céramique, verres, métaux	Titanates de métaux alcalino-terreux ($MgTiO_3$), $CaTiO_3$), $ZnTiO_3$, etc…), oxyde d'aluminium AI_2O_3), dioxyde de silicium SiO_2, verrede quartz fondu, de pyrex, borosilicate verre de porcelaine.
Les monocristaux	Titanate de strontium $SrTiO_3$, monocristaux d'halogènes alcalins,rutile, corindon, glace, quartz, calcite.

Grâce à de nouvelles techniques récemment mises au point, des matériaux d'électret aux propriétés uniques (organiques et inorganiques) ont été produits, notamment la superbe capacité de stockage de charge du dioxyde de silicium/silicium des doubles couches de nitrure qui n'ont été découvertes que très récemment. Des propriétés parfaites de l'électret affichent le

Téflon AF (copolymère amorphe de tétrafluoroéthylène et le perfluoro-2,2-diméthyl-1,3-dioxole) fournis par Du Pont. Les autres types de téflon (FEP, PTFE, PFA et, depuis 1992, le téflon amorphe, type AF) sont des polymères non polaires à haute résistance électrique. En raison de leurs excellentes propriétés de stockage de charge, ils sont très importants pour les applications d'électret, par exemple, les microphones.

3.6 Les propriétés de l'électret :

Parmi les principales caractéristiques des électrets, on peut citer la valeur de la charge, le temps de relaxation (durée de vie de la charge de l'électret), l'inversion du signe de la charge, la présence d'une polarisation rémanente "interne" et "externe", la coexistence de deux types de charge (hétéro et homo), la répartition en volume des charges.

L'intensité et la durée du traitement physique sont les facteurs les plus efficaces parmi les conditions technologiques qui peuvent modifier le type et l'ampleur de la charge de l'électret. Certains aspects de cette influence ont été abordés précédemment : comme nous l'avons déjà mentionné, des homo- ou hétérocharges se forment en fonction de la tension du champ électrique polarisant, et l'hétérocharge peut se transformer en homocharge. Lorsque la tension augmente, la charge de l'électret augmente et atteint, par exemple, pour le titanate de calcium ou de magnésium 10^{-30}nC/cm^2 à Ep = 10^4-10^5 V/m.

La valeur de la charge de chaque électret et sa durée de vie sont également conditionnées par la configuration et la taille de l'échantillon. Bien que des recherches systématiques n'aient pas été entreprises dans ce sens, la principale tendance peut être tracée : les échantillons "épais" de petit diamètre possèdent une hétérocharge mineure avec une homocharge dominante, mais leur durée de vie est plus courte que celle des électrets "minces".

Dans le processus de polarisation, l'espace d'air entre le diélectrique et l'électrode affecte le rapport hétérocharge-homocharge. Gross a montré que l'homocharge s'est formée en raison de la rupture de l'entrefer entre l'électret et l'électrode. En plaçant un coussin diélectrique dans l'espace entre l'électrode et le diélectrique, la valeur de l'homocharge est considérablement réduite et lorsque le diélectrique est polarisé dans le vide, l'homocharge n'apparaît pas du tout.

L'irradiation d'un diélectrique provoque, d'une part, la formation de charges spatiales et, d'autre part, facilite la décharge des diélectriques polarisés. Avec l'augmentation de la dose de rayonnement, la charge se développe jusqu'à la limite pour les valeurs de l'échantillon étudié.

Si la dose dépasse la dose nécessaire pour atteindre la valeur de charge limite, la charge établie diminue en raison de l'augmentation de la conductance diélectrique.

Les électrets sont sensibles aux variations de température. En effet, d'une part, l'électret se dépolarise et libère les charges en cas de chauffage et, d'autre part, la conductivité diélectrique augmente fortement et aide à la neutralisation des charges liées. En général, lorsque la température augmente, la valeur de la charge et la durée de vie de l'électret diminuent.

Lorsque des électrets sont irradiés, il se produit une brusque augmentation de la conduction de l'air et par conséquent, une couche de charges se forme sur la surface de l'électret, capable de masquer complètement la charge de l'électret. Lorsque la dose de rayonnement augmente, la charge de l'électret diminue. Des données ont été obtenues qui prouvent que la défaillance de l'état de l'électret se produit plus intensément lors d'une exposition aux ultrasons ou à un champ électrique alternatif, tandis que la vitesse du rayonnement IR passe de l'hétéro à l'homocharge.

CHAPITRE IV

ETUDE EXPERIMENTALE

4.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons le mode opératoire afin de réaliser et caractériser notre produit à savoir un électret thermique composé par les réactifs suivants : la résine de colophane et la cire de carnauba à 45 % en masse pour chacun et 10 % pour la cire d'abeille.

4.2 Les objectifs de l'étude

- ✓ **Objectif principale :** étudierthéoriquement les diélectriques et leurs réponses à un champ électrique continu et uniforme, produire l'électret et le caractériser.

4.3 Matériels et équipements

4.3.1 Matières premières :

- ✓ **La cire de carnauba** est une cire issue des feuilles d'un palmier du nord-est du Brésil, le Copernicia prunifera. Elle se trouve généralement sous la forme de copeaux jaunes-bruns, cassants, très odorants, il s'agit de la cire de carnauba utilisé dans l'industrie alimentaire achetée en Algérie.
- ✓ **La cire d'abeille**, il s'agit de la cire d'abeille d'operculationdespainsdemiel de première qualité récoltée et purifiée par l'encadreur.
- ✓ **Résine de colophane** achetée du site Mon-Droguiste.com
  39 bis rue du Moulin Rouge, 10150 Charmont, FRANCE

4.3.2 Équipements :

- ✓ **Le générateur de Van de Graaf.**
  La source de très haute tension est le générateur de Van De Graaf disponible au Hall de technologie. De marque Frederiksen référence 3700.00.

Description de VDG : Il génère des tensions continues très élevées, mais son utilisation est sûre en raison de son faible courant de sortie. Le générateur comporte une sphère conductrice d'un diamètre de 220 mm. La sphère est munie d'une prise de Ø 4 mm permettant de brancher d'autres équipements via un câble. La partie supérieure de la sphère peut être démontée pour révéler la conception de l'appareil. L'électricité statique est produite par une courroie en caoutchouc et 2 rouleaux en plastique. Le rouleau inférieur est actionné par une courroie d'entraînement à partir d'un moteur 230 V à vitesse variable en continu ou d'une

manivelle. Le boîtier du moteur comporte une prise de terre pour le raccordement à la terre ou à une sphère conductrice séparée.

Le principe de VDG : Le générateur Haute Tension utilisé est basé sur le principe de la montée en tension d'une électrode terminale par des charges électriques transportées par une courroie tournante. Cette électrode isolée électriquement peut ainsi être amenée à un potentiel de plusieurs méga-volts. On crée ensuite une différence de potentiel régulière avec la terre par l'intermédiaire d'une série d'électrodes isolantes et conductrices reliées par des résistances. Cet ensemble constitue le tube accélérateur dont l'intérieur est sous vide et dans lequel sont accélérées les particules.

- ✓ **Anneaux et plaques en inox** achetés chez un artisande plomberie, Ces derniers sont bien nettoyés à l'aide de l'alcool.
- ✓ **Un cristallisoir** : il est en pyrex de capacité 1 litre ;
- ✓ **Agitateur :** il est en verre ;
- ✓ **Les câbles de connexion** : ils devaient être propres à la haute tension genre faisceau des bougies d'allumage de la voiture;
- ✓ **Plaque chauffante :** Il s'agit d'une plaque chauffantede marque réchaud 2 plaque SEVERIN DK 1014avecun thermostatallant jusqu'à 250 ° C.

4.4 Mode opératoire :

Chauffez légèrement le cristallisoir et mélangez les deux ingrédients au-dessus 45% de la cire carnauba, 45 % de la colophane en poudre après que ces deux produits aient bien été mélangés avec l'agitateur puis on ajoute 10% de cire d'abeille purifiée, le temps de réaction dure 30 mn à la température 110 °C.

On verse le mélange dans un moule entre les anneaux en inox reliés au générateur.

On met en marche le générateur, à moyenne vitesse puis on l'augmente progressivement.

Nous laissons refroidir le mélange sous tension, afin que le produit final acquière une polarisation permanente.

Une fois solidifié, on réduit la vitesse de rotation graduellement.



Figure 4.1: Photographie du générateur de Van de Graaf.



Figure 4.2 : Cire de carnauba.

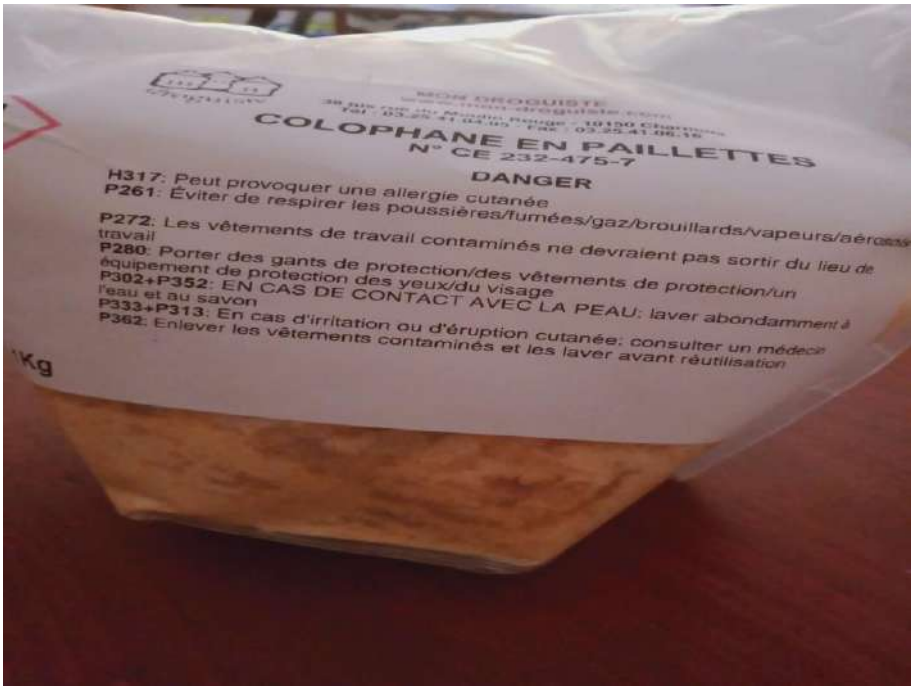


Figure 4.3 : Résine de colophane.



Figure 4.4 : Plaque chauffante



Figure 4 .5 : Cire d'abeille

4.5 Conclusion:

Durant ce projet, nous avons cherché à réaliser un prototype de polarisation d'un matériau diélectrique avec un champ électrique continu. Mais en raison des circonstances que nous traversons, nous n'avons pas pu terminer notre projet.

Conclusion générale

Conclusion générale

A l'issue de ce travail, nous présentons les résultats obtenus, comme nous l'avons mentionné précédemment qu'un nouveau matériau polarisé a été obtenu à partir de matériaux élémentaires.

La méthode a été choisie en fonction du courant continu et du champ magnétique pour la polarisation et l'extraction.

En raison des circonstances que nous traversons, nous n'avons pas pu terminer notre projet.

Bibliographie

[1] voir ce site : https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais

[2] Dielectrics in electric fields, Gorur G. Raju, University of WindsorWindsor, Ontario, Canada.

[3] ELECTRETS IN ENGINEERING Fundamentals and Applications, Vladimir N. Kestelman, Leonid S. Pinchuk, Victor A. Goldade. Édition 2000.

[4] Physique du solide, P. PAVLOV, A KHOKHLOV. EDTION MIR 1989.

[5] Dielectric Materials and Electrostatics, Olivier Gallot-Lavallée , édition 2013.

[6] P. Takamasu, 7^{th} int. 5. Electret, Berlin,1991,P.106.