

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

BADJI MOKHTAR- ANNABA UNIVERSITY
UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR- ANNABA



جامعة باجي مختار - عنابة

Année : 2017

Faculté : Sciences de L'Ingénierat

Département : Électromécanique

MÉMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de: MASTER

*Etude de l'écoulement des charges déposées sur
la surface du polypropylène par la méthode de
déclin de potentiel en surface*

Domaine: Sciences et Technologie

Filière: Electromécanique

Spécialité: Electromécanique

Par : Moussaoui Abdelbasset

DEVANT LE JURY

Président :	Mr. Herous	Pr.	U.B.M. Annaba
Directeur de mémoire :	Mr.Herous	Pr.	U.B.M. Annaba
Examineur :	Mr.Benretem	Pr.	U.B.M. Annaba
Examineur :	Mme.Djemai	MAA	U.B.M. Annaba
Examineur :	Mr.Hamdaoui	MAA	U.B.M. Annaba

Remerciements :

Je remercie dieu le tout puissant de m'avoir accordé le souffle de vie et donné le courage, la patience et la force de poursuivre mes études.

Mes vifs et sincères remerciements à mon encadreur

Pr. Herous Lazhar

Vous m'avez guidé dans ce travail de recherche, me donnant inlassablement beaucoup de votre temps, votre enthousiasme à partager vos connaissances tout comme votre sens chaleureux du contact resteront à jamais gravé dans ma mémoire. Soyez assurée de ma plus sincère gratitude et de mon profond respect.

Aux membres du jury :

Vous nous faite l'honneur d'accepter de juger notre mémoire ; nous vous en remercions et vous témoignons notre profonde et respectueuse gratitude.

A tous mes professeurs qui ont participés dans mon cursus, je vous remercie et je témoigne mes sentiments les plus déférents.

Dédicace

Je dédie ce travail à ces êtres qui me sont chers

Ma mère, source et symbole de tendresse s'est sacrifiée jour après jour pour moi, a qui je souhaite une vie pleine de bonne santé.

Mon père, pour son amour, lui qui m'a transmis les valeurs les plus justes et nobles qui m'ont permis d'être un homme responsable et studieux.

Que ce travail soit le témoin de votre réussite et de votre bonheur.

Mes frères

Mes sœurs

Mes chères amies

A la famille Moussaoui particulièrement

Mes collègues de la promotion 2017

Et tous ceux qui sont participés de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail, je ne saurais vous remercier autant

MOUSSAOUI ABDELBASSET

Résumé :

Il est connu que les propriétés diélectriques des matériaux utilisés dans l'industrie électrique évoluent avec le temps sous l'action du champ électrique, des contraintes électrothermiques parfois couplées à des contraintes climatiques (pluie, brouillard salin, rayonnement UV...). Ces contraintes entraînent un vieillissement prématuré du matériau pouvant altérer ses propriétés isolantes. Dans notre travail, nous présentons les résultats d'une étude menée sur l'analyse de l'écoulement d'ions négatifs déposés en surface dans le polyéthylène téréphthalate (PET).

En effet, il est important de pouvoir diagnostiquer la capacité de ces matériaux à évacuer les charges et comprendre leur dynamique. La méthode de mesure du potentiel en surface des matériaux est une technique longuement éprouvée qui permet de répondre à cette problématique.

الملخص

من المعروف أن الخصائص العازلة للمواد المستعملة في الصناعة الكهربائية تتطور مع مرور الوقت تحت تأثير الحقل الكهربائي، عوامل كهر وحرارية مقيدة بعوامل مناخية مثل (المطر الضباب أشعة فوق البنفسجية)، هذه العوامل تؤدي إلى التلف المبكر و تضر خصائصها العازلة. في هذا البحث سنقدم عرض نتائج دراسة حول تحليل تدفق الايونات السالبة الموجودة على سطح البولي بروبيلين فمن المهم معرفة مدى قدرة هذه المواد على إزالة الشحنات و فهم ديناميكيتها التقنية المستعملة هي تقنية مؤكدة على نطاق واسع لمعالجة هذه الإشكالية.

abstract:

It is known that the dielectric properties of materials used in the electrical industry evolve over time under the action of the electric field, electro thermal constraints sometimes coupled with climatic constraints (rain, salt spray, UV radiation, etc.). These stresses cause a premature aging of the material which can alter its insulating properties. In our work, we present the results of a study carried out on the analysis of the flow of negative ions deposited on the surface in polyethylene terephthalate (PET). Indeed, it is important to be able to diagnose the capacity of these materials to evacuate loads and understand their dynamics. The method of measuring the surface potential of materials is a long-proven technique that allows answering this problem.

Table des matières

Introduction générale :.....	1
Chapitre 1 : Etat de l'art	
1.1 Introduction :.....	4
1.2 Importance actuel du problème :.....	4
1.3 Déclin du potentiel de surface :.....	6
1.4 Orientation du travail :	7
1.5 Guide de lecture :	7
Chapitre 2 : Introduction sur les matériaux isolants	
2.1 Introduction :.....	10
2. 2 Les matériaux isolant :	10
2.2.1 Isolant électrique.	10
2.2.1.1 Les matériaux organiques :	11
2.2.1.2 Les matériaux synthétiques :.....	11
2.3 Grandeurs caractéristiques des milieux diélectriques :.....	13
2.3.1 Rigidité diélectrique :.....	13
2.3.2 Constante diélectrique :.....	14
2.3.3 Différents mécanismes de polarisation.	15
2.3.3.1 Polarisation électronique.	15
2.3.3.2 Polarisation atomique (ionique).	15
2.3.3.3 Polarisation inter faciale.....	16
2.3.3.4 Polarisation dipolaire ou d'orientation (Debye).....	17
2.4 Contraintes et phénomène de vieillissement.....	18
2.4.1 Contraintes électriques :.....	18
2.4.2 Contraintes thermiques :.....	18
2.4.3 Contraintes mécaniques :	18
2.4.4 Contraintes climatiques :.....	18
2.4.5 Contraintes radiatives :.....	18
2.4.6 Contraintes environnementales :.....	18

Chapitre 3 : introduction sur les matériaux isolants

3.1. Introduction :	21
3.2. Généralité sur le Déclin de potentiel de surface :	21
3.3. Mesure du potentiel :	22
3.4. Phénomènes physiques dans le processus de déclin :	23
3.4.1. Conduction de surface :	24
3.4.2. Polarisation de l'échantillon :	25
3.4.3. Neutralisation par le gaz :	26
3.4.4. Phénomènes piézoélectriques :	26
3.4.5. Injection de charges :	27
3.5. La Décharge couronne :	28
3.5.1. Pointe / Plan :	30
3.5.2. La Décharge couronne négative:	31

Chapitre 4 : partie expérimental

4.1 Introduction :	34
4.2 Dispositif expérimental	34
4.3 Matériau utilisé :	36
4.3.1 Propriétés du polypropylène:	37
4.3.2 Utilisation du polypropylène:	37
4.4 Résultats et commentaire:	38
4.4.1 Influence de la tension de dépôt V_0 .	38
4.5 Conclusion	40

Chapitre 5 : réseaux neurone et DPS

5.1 Introduction :	42
5.2 Principes biologiques:	42
5.3 Neurone formel:	43
5.4 Les réseaux de neurones appliqués aux matériaux :	45
5.5 Le réseau de neurones utilisé :	46
5.6 Conclusion :	47

Conclusions générales et perspectives:	48
---	-----------

Liste des Figures

Figure 2.1 : Le bois est un matériau organique	11
Figure 2.2 : Structure linéaire d'un homopolymère	12
Figure 2.3 : Structure ramifiée d'un homopolymère.....	12
Figure 2.4 : Structure réticulée d'un homopolymère	12
Figure 2.5 : Polarisation électronique	15
Figure 2.6 : Polarisation atomique	16
Figure 2.7 : Polarisation inter faciale	16
Figure 2.8 : Polarisation dipolaire	17
Figure 2.9 : contraintes et phénomène de vieillissement	19
Figure 3.1 : Dépôt (a) et mesure (b) de la charge.....	21
Figure 3.2 : Poste de mesure	22
Figure 3.3 : Poste de charge	23
Figure 3.4 : Différents processus qui peuvent contribuer au déclin du potentiel de	24
Figure 3.5: Conduction de surface	24
Figure 3.6 : Polarisation de l'échantillon	25
Figure 3.7 : Neutralisation par le gaz	26
Figure 3.8 : Phénomène piézoélectrique	26
Figure 3.9 : Injection de charges	27
Figure 3.10: Décharge couronne	30
Figure 3.11: Descriptif de la décharge couronne négative.....	32
Figure 4.1 : montage expérimental du déclin par la mesure du potentiel	34
Figure 4.2 : Table des essais.....	35
Figure 4.3 : résultats de l'évolution du DPS en polarité négative.....	38
Figure 4.4 : résultats de l'évolution du DPS en polarité négative avec une tension augmentée.....	39
Figure 4.5 : résultats de l'évolution du DPS en polarité positive.....	39
Figure 5.1 : Figure neurone biologique	43
Figure 5.2 : discription de fonctionnement de neurone formel	44
Figure 5.3 : application en nombre du neurone.....	45
Figure 5.4 : résultat de simulation MATLAB	47

Introduction générale :

Les matériaux isolants tiennent une place de plus en plus importante dans le domaine des applications industrielles où un signal électrique est présent. Ils peuvent être obtenus à partir du règne végétal (bois, coton, etc...) ou du règne minéral (pétrole : quasi totalité des matières plastiques). Les diélectriques issus du pétrole ont un coût de fabrication bien plus faible et des caractéristiques plus intéressantes.

Le nom d'un polymère est généralement constitué du préfixe poly qui signifie plusieurs suivi du nom chimique du matériau qui peut être soit le monomère dans le cas où le polymère résulte d'une simple polymérisation, soit du motif structural unitaire du polymère lorsque ce dernier résulte d'une polyaddition de plusieurs monomères.

L'utilisation des polymères dans l'isolation électrique est aujourd'hui généralisée. La facilité de transformation, d'utilisation de ces matières en font souvent la solution idéale pour de nombreux problèmes d'isolations.

Ceci a suscité un effort de recherche concernant les propriétés électriques de ces matériaux pour plusieurs raisons. D'une part, il fallait comprendre l'origine des nuisances électrostatiques et de les réduire d'autre part, une meilleure compréhension des phénomènes responsables s'est avérée nécessaire pour redéfinir des matériaux très performants, présentant des tensions de ruptures élevées et des pertes diélectriques réduites et satisfaisantes à des conditions d'utilisation de plus en plus contraignantes.

Toutes les applications en électrotechnique utilisent des systèmes d'isolation qui sont souvent le facteur limitant des performances, en particulier pour la durée de vie ou la tenue en tension.

Plusieurs travaux sur les caractéristiques des isolants des isolations, leur amélioration ou la prédiction de leur durée de vie ont été menées depuis plusieurs années.

Le problème du vieillissement des polymères est aujourd'hui un enjeu industriel important. Les contraintes électriques chimiques ou mécaniques font que le problème de vieillissement dépend de plusieurs facteurs et selon les caractéristiques du matériau, il n'est jamais fonction d'un unique paramètre. Dans le domaine du génie électrique, les

contraintes électrothermiques parfois couplées à des contraintes climatiques peuvent entraîner un vieillissement prématuré du matériau pouvant altérer les propriétés isolantes. La compréhension de l'évolution de ce processus permettra de développer des matériaux pour des tenues en tensions plus élevées. En d'autres termes, il est important de pouvoir analyser le mode d'écoulement de charges électriques présentées sur la surface et dans le volume de l'isolant.

La méthode d'analyse dite « Déclin de potentiel en surface » est une méthode qui a l'avantage d'être simple sans contact et permet de caractériser l'aptitude d'un matériau isolant à évacuer une charge électrique déposée à sa surface.

L'objectif de ce travail consiste à étudier les propriétés électriques du polyéthylène téréphtalate, les mécanismes intervenant lorsqu'une charge est déposée sur sa surface.

CHAPITRE 1 : ETAT DE L'ART

1.1 Introduction :

Grâce à leur performance physico-chimique, les matériaux diélectriques à base de polymères trouvent un champ d'application de plus en plus dans l'industrie et notamment dans le domaine du génie électrique : câble de transport d'énergie, condensateurs etc...Malheureusement ces matériaux sont souvent soumis à des contraintes de différentes natures, particulièrement celle des charges statiques. Ceci, entraîne un vieillissement prématuré du matériau pouvant altérer ses propriétés isolantes. La mesure et l'étude du potentiel de surface et de son évolution dans le temps est une source d'informations sur les propriétés diélectriques des isolants et des polymères en particulier. Les différentes façons de mesurer ce potentiel apportent des renseignements complémentaires sur le comportement des charges électrostatiques créées à la surface des polymères. L'évolution spatiale des charges au cours du temps se traduit par le déclin de potentiel au centre de la répartition (ou dépôt) initiale de charges tandis que l'augmentation du potentiel en périphérie du dépôt est proportionnelle à l'écoulement en surface des charges.

1.2 Importance actuel du problème :

Les matériaux utilisés aujourd'hui sont extrêmement nombreux et variés. Ils sont parmi ceux dont le choix et l'emploi posent les problèmes les plus délicats à résoudre dans leur conception, leur réalisation et leur exploitation. La pérennité de leur fonction est extrêmement importante puisqu'elle conditionne la fiabilité des dispositifs et des systèmes dans lesquels ils sont intégrés. La défaillance des isolants conduit souvent à des situations catastrophiques entraînant de lourdes conséquences économiques. Le problème de vieillissement n'est jamais fonction d'un paramètre unique, la grande diversité des paramètres qui influe sur ce mécanisme rend difficile l'étude et l'interprétation de ce processus. Dans le domaine de la haute tension, l'injection de charges est généralement considérée comme la première étape de vieillissement. Elle est surtout une condition de vieillissement intrinsèque. Les charges statiques qui apparaissent sur les polymères isolants existent à la surface de ceux-ci pendant des

CHAPITRE 1 : ETAT DE L'ART

temps très longs. Il est important de pouvoir analyser le mode d'écoulement des charges électriques présentées sur la surface et dans le volume de l'isolant. Dans les deux cas, suivant les conditions imposées par l'environnement, il peut exister différents mécanismes qui conduisent au claquage.

On a besoin de comprendre l'évolution de ces charges au cours du temps, le processus de conduction, la nature et la migration des charges sur la surface de l'isolant. La caractérisation des isolants, l'amélioration ou la prédiction de leur durée de vie passe par une connaissance parfaite des courants résiduels qui peuvent être véhiculés dans les matériaux isolants. Le problème d'interprétation de l'évolution du potentiel en surface existe toujours à cause de la grande variété des processus physique qui peuvent être responsable après le dépôt de la charge couronne.

-Conduction de surface

-Neutralisation atmosphérique

-Polarisation de l'échantillon

-Injection de charge

-Phénomène piézoélectrique

D'une manière générale, les mesures de l'évolution de déclin de potentiel sur les polymères sont dominées par deux hypothèses:

-Injection de charge

-Polarisation du matériau

La littérature récente a montré qu'il est difficile de distinguer l'injection par rapport à la polarisation et vice versa, car ils peuvent exister tous les deux avec des proportions variables.

Selon Molinie [1] tous les phénomènes cités ci-dessus peuvent agir en même temps. Les travaux menés par *Idea* [2, 3,4] sur des films en polyéthylène ont montrés le phénomène de croisement des courbes de déclin qu'on appelle actuellement « cross-over ». Les travaux de Baum et al [5,6] sur le polyéthylène ont mis en évidence l'injection de charge et le rôle des photons de la décharge couronne. D'autres travaux [7,8] ont mis en évidence le rôle important de l'injection de charge dans le matériau. Kao et al [9] considèrent que la décharge couronne peut conduire à l'injection des ions

CHAPITRE 1 : ETAT DE L'ART

déposées en surface sous l'action du champ électrique et de la température. Selon la littérature [10, 11], le phénomène de polarisation est indépendant de la valeur du champ électrique, du signe de la charge déposée et de l'épaisseur du matériau.

Tous ces travaux montrent l'importance du problème de l'évolution des charges déposées sur la surface des matériaux isolants.

1.3 Déclin du potentiel de surface :

La technique du déclin de potentiel de surface est une méthode d'investigation des propriétés électriques des matériaux isolants. Son intérêt réside essentiellement dans sa simplicité et sa puissance dans la caractérisation de l'aptitude d'un matériau à évacuer une charge électrique déposée à sa surface. Cette technique permet de caractériser l'aptitude d'un matériau isolant à évacuer une charge électrique déposée sur sa surface. Ces mesures permettent d'obtenir des informations qualitatives sur le mode découlement de charges (surfacique ou volumique). L'apparition de sondes électrostatiques fiables notamment celle à « condensateur vibrant » qui assure un minimum de perturbation de la surface en s'asservissant au potentiel de celle-ci a rendu ce type de mesure assez accessible et la technique en elle-même non destructive. Cette technique a été souvent utilisée depuis 25 ans comme une méthode de caractérisation électrique des isolants.

On peut considérer que la technique de déclin de potentiel de surface demeure la seule utilisable en dessous 5 μm d'épaisseur. De plus, la réalisation de profils permet d'identifier des points faibles dans le matériau ou de voir l'homogénéité de l'évolution du potentiel de surface.

La technique du déclin du potentiel en surface (DPS) comprend pour son fonctionnement deux phases :

Une phase de charge par décharge couronne, en utilisant une configuration produisant un champ fort et divergent (configuration pointe/plan), et une phase de mesure de potentiel en surface en utilisant une sonde sans avoir aucun contact avec le matériau.

CHAPITRE 1 : ETAT DE L'ART

D'autres méthodes ont été développées pour comprendre l'évolution de charges dans les matériaux isolants. Une méthode thermique qui consiste à appliquer une impulsion de chaleur (impulsion laser) avec un faisceau lumineux qui éclaire une face métallisée de l'échantillon et enregistre la réponse de l'échantillon (mesure de courant) pendant que l'onde progresse dans le matériau. Une autre méthode acoustique utilisant la propagation d'une onde acoustique dans le matériau. En appliquant une onde de pression par une impulsion laser ou par piézoélectricité à l'extérieur, elle traverse le matériau à la vitesse du son en provoquant des déplacements de charges qu'on mesure sous forme de courant. Le couplage entre les électrodes de mesure et les charges qui se déplacent permettent de donner des informations sur la distribution des charges. Une méthode optique qui utilise l'effet Kerr dans les isolants transparents solides. Cette méthode utilise la biréfringence induite dans des isolants transparents par un champ électrique pour obtenir une image du champ électrique dans le matériau. D'autres méthodes basées sur la stimulation thermique ont été développées pour étudier la variation de la permittivité en fonction de la température à fréquence constante.

1.4 Orientation du travail :

Suite à cette synthèse bibliographique, nous avons mis en considération l'actualité du thème et son importance. Dans notre travail, nous allons essayer d'étudier l'évolution des charges statiques qu'on va déposer sur la surface du matériau isolant le polyéthylène téréphtalate (PET). Nos travaux expérimentaux seront réalisés au niveau du laboratoire de génie électrique de Guelma (LGEG).

Les charges seront déposées par effet couronne avec une géomètre pointe/plan. La nature des charges est négative. Après le dépôt de charges, notre travail est d'essayer de comprendre le processus prédominant qui influe sur la migration des ions négatifs sur la surface du PET.

1.5 Guide de lecture :

Il est important de pouvoir analyser le mode d'écoulement des charges électriques présentées sur la surface et dans le volume de l'isolant. En effet,

CHAPITRE 1 : ETAT DE L'ART

l'accumulation des charges à la surface ou en volume des polymères sous contraintes électriques est à l'origine du renforcement localisé du champ électrique conduisant à l'apparition de décharges partielles suivies de claquage du diélectrique. On a besoin de comprendre l'évolution de ces charges au cours du temps, le processus de conduction, la nature et la migration des charges sur la surface de l'isolant. La caractérisation des isolants, l'amélioration ou la prédiction de leur durée de vie passe par une connaissance parfaite des courants résiduels qui peuvent être véhiculés dans les matériaux isolants.

Ce travail se compose de six chapitres :

Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique liée aux problèmes de charges statiques et au DPS.

Le deuxième chapitre présente une étude générale sur les matériaux isolants

Le troisième chapitre présente en général une étude sur le DPS.

Dans le quatrième chapitre nous présentons le montage expérimental, le poste de charge et le poste de mesure.

Le cinquième chapitre décrit les résultats de mesure et leurs analyses ainsi que l'application des réseaux de neurones sur le DPS

2.1 Introduction :

La réalisation des objectifs communs de notre monde en développement est en grande partie tributaire de la mise au point de matériaux et de procédés de transformations et d'assemblage nouveaux, présentant des performances inédites ou améliorées. C'est ainsi que le domaine multidisciplinaire science et génie des matériaux est devenu un pilier indispensable du progrès de toute technologie dynamique.

2. 2. Les matériaux isolant :

Un matériau isolant est un matériau qui limite les échanges d'énergie entre deux systèmes.

On distingue : les isolants électriques, les isolants thermiques, les isolants phoniques, les isolants mécaniques .

2.2.1 Isolant électrique.

En électricité comme en électronique, un isolant, aussi appelé matériau diélectrique, est une partie d'un composant ou un organe ayant pour fonction d'interdire le passage de tout courant électrique entre deux parties conductrices. Un isolant possède peu de charges libres, elles y sont piégées, contrairement à un matériau conducteur où les charges sont nombreuses et libres de se déplacer sous l'action d'un champ électromagnétique .

Les matériaux isolants trouvent des applications dans un grand nombre de dispositifs de production, de transport, de distribution et d'utilisation de l'énergie électrique. Ils ont joué un rôle prépondérant dans les progrès faits par les matériels électriques. Les matériaux isolants se présentent selon leurs états sous diverses formes (solides, liquides, gazeux). On les regroupe en deux catégories principales selon leur nature : les matériaux organiques et les matériaux inorganiques (synthétiques).

CHAPITRE 2 : INTRODUCTION SUR LES MATERIAUX ISOLANTS

2.2.1.1 Les matériaux organiques :

Les matériaux organiques (MO) sont des matériaux carbonés produits en général par des êtres vivants, végétaux, animaux, ou micro-organismes. Il s'agit par exemple des glucides, protides et lipides.



Figure 2.1 : Le bois est un matériau organique

Les matériaux organiques contiennent par définition du carbone. On le trouve dans la nature sous forme de matière d'origine animale ou végétale.

2.2.1.2 Les matériaux synthétiques :

Les matériaux naturels utilisés jusqu'alors comme isolants électriques ont été très largement supplantés par des produits issus de la pétrochimie, en général des polymères. La possibilité de produire simplement les formes les plus variées au moindre coût a été pour beaucoup dans leur succès, ils sont également des matériaux qui présentent les pertes les plus faibles et les tensions de claquages les plus élevées.

a) Polymères :

Certaines molécules simples ont la propriété sous des conditions physico-chimiques appropriées de s'unir les unes aux autres pour former des molécules plus grandes constituant une répétition dans l'espace de la molécule initiale.

Les liaisons entre ces molécules sont formées essentiellement par des interactions de type Van Der Waals ou liaisons hydrogènes. On appelle polymérisation ce type de réaction et polymère la substance qui en résulte. Le préfixe poly signifie plusieurs suivi par le terme monomère qui signifie la substance de départ ou le nom chimique du matériau. Ce dernier diffère d'un polymère à l'autre et détermine en grande partie les

CHAPITRE 2 : INTRODUCTION SUR LES MATERIAUX ISOLANTS

Aux structures linéaires et faiblement ramifiées correspondent les thermoplastiques.

Aux structures faiblement réticulées, c'est-à-dire formant un réseau à mailles larges, correspondent les élastomères, dont le comportement mécanique ressemble à celui du caoutchouc. Ils peuvent être de nature thermoplastique ou thermodurcissable.

2.3 Grandeurs caractéristiques des milieux diélectriques :

Les matériaux diélectriques sont caractérisés en particulier par :

- Leur rigidité diélectrique
- Leur permittivité diélectrique

2.3.1 Rigidité diélectrique :

Définition :

Encore appelée champ de claquage ou champ disruptif, la rigidité diélectrique E (V/m) est définie comme étant le rapport entre la tension à laquelle se produit une perte des propriétés isolantes dans des conditions d'essais spécifiées et la distance entre les deux électrodes de part et d'autre du polymère, auxquelles est appliquée cette tension :

$$E = \frac{U}{e} \dots \dots \dots (1.2)$$

Avec :

e (m) : distance inter électrodes,

U (V) : tension appliquée pour laquelle le claquage se produit.

La rigidité diélectrique est exprimée couramment en (MV/m).

Matériaux	Rigidité diélectrique (MV/m)
Air	3
Quartz	8
Titanate de strontium	8
Néoprène	12
Nylon	14
Pyrex	14
Huile silicone	15
Papier	16
Bakélite	24
Polystyrène	24
Téflon	60

Tableau 1.1 : rigidité diélectrique de quelques diélectriques usuels.

2.3.2 Constante diélectrique :

La constante diélectrique ou constante électrique, également nommée permittivité du vide ou encore permittivité diélectrique du vide, est une constante physique. Elle est notée par ϵ_0 .

Définition :

Le constant diélectrique se définit comme le rapport entre la permittivité ϵ du matériau considéré et la permittivité du vide.

$$\epsilon_0 = 1/\mu_0 \cdot C^2$$

Où :

μ_0 : est la constante magnétique

C : est la vitesse de la lumière dans le vide.

Dans le système d'unité si ϵ_0 a pour valeur: $\epsilon_0 = 8,854187817...10^{-12} \text{ F}\cdot\text{m}^{-1}$.

CHAPITRE 2 : INTRODUCTION SUR LES MATERIAUX ISOLANTS

Il ne s'agit pas à proprement parler d'une valeur approchée : les valeurs de μ_0 et C étant parfaitement déterminées, il est possible de connaître celle de ϵ_0 avec autant de chiffres significatifs que désiré.

La constante diélectrique décrit la réponse d'un milieu donné à un champ électrique.

2.3.3 Différents mécanismes de polarisation.

2.3.3.1 Polarisation électronique.

La polarisation électronique résulte du déplacement du noyau de l'atome par rapport au nuage électronique sous l'influence du champ électrique \vec{E} , donnant un dipôle induit figure

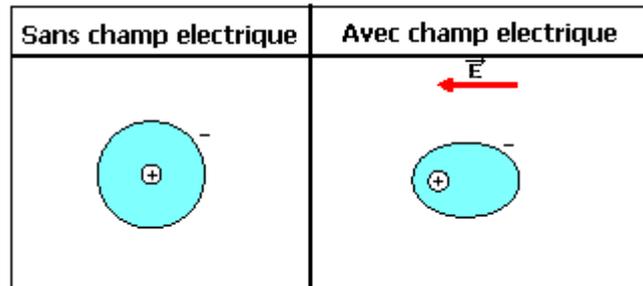


Figure 2.5 : Polarisation électronique

Cette polarisation peut être observée jusqu'à des fréquences dépassant celle de la lumière visible (10^{15} Hz). A cause de l'inexistence d'une relaxation diélectrique (retard à l'établissement de ce phénomène), ce phénomène est considéré comme instantané.

2.3.3.2 Polarisation atomique (ionique).

La distorsion de l'arrangement atomique d'une molécule sous l'effet d'un champ électrique fait apparaître un mouvement dipolaire induit figure

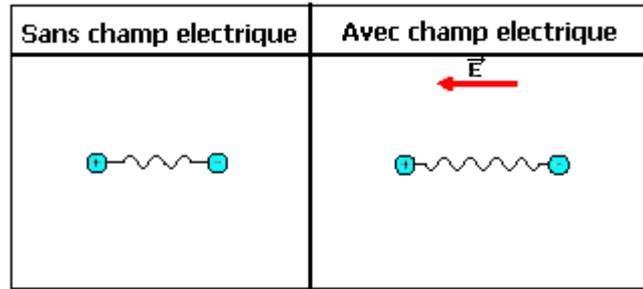


Figure 2.6 : Polarisation atomique

L'inertie des masses mises en jeu augmente le temps de manifestation d'un facteur 10^3 à 10^4 par rapport à la polarisation électronique.

2.3.3.3 Polarisation inter faciale.

Ce type de polarisation apparaît dans les matériaux hétérogènes figure .

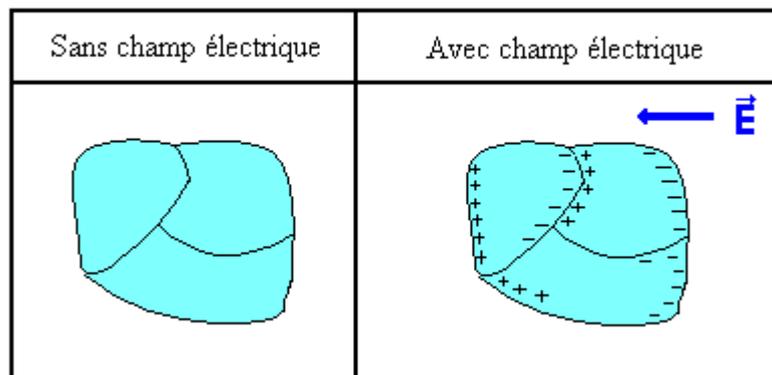


Figure 2.7 : Polarisation inter faciale

Elle est due à la présence dans le matériau de porteurs de charges (électronique ou ionique) en excès. Ces charges peuvent être intrinsèques au matériau ou injectées au cours d'application du champ électrique. Cette polarisation provient de l'accumulation de ces charges aux interfaces entre deux phases qui ont des permittivités et des conductivités différentes. Ce type de polarisation est encore appelé effet Maxwell Wagner Sillars. Il se manifeste en basse fréquence. Ce mécanisme induit un moment dipolaire macroscopique dont le temps d'établissement est long ($>10^3$ s).

2.3.3.4. Polarisation dipolaire ou d'orientation (Debye).

Une molécule formée d'atomes différents présente généralement un moment dipolaire permanent (la résultante des différents moments dipolaires est différente de zéro). Sous l'action du champ électrique, ces dipôles existent préalablement de manière désordonnée et ont tendance à s'orienter suivant le sens de ce champ figure .

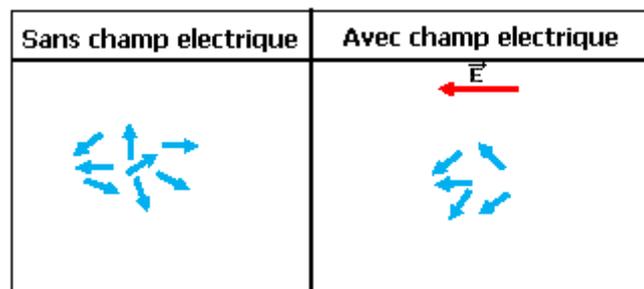


Figure 2.8 : Polarisation dipolaire

Le temps d'établissement est beaucoup plus important que lors du phénomène de polarisation précédemment cité ($>10^5$ s), en raison de la grande diversité des dipôles impliqués et de leur environnement moléculaire. De ce fait, les polarisations électroniques et ioniques seront considérées comme des phénomènes instantanés, contrairement à la polarisation dipolaire. Le retard à l'établissement se manifeste à cause de l'inertie du mouvement des dipôles.

Le choix et l'emploi posent les problèmes les plus délicats, il doit répondre à un processus complexe. Le plus difficile à maîtriser est non seulement l'interaction de toutes les contraintes qui peuvent influencer sur la tenue du système d'isolation mais aussi de l'impact sur l'environnement et la sécurité des biens et des personnes.

2.4 Contraintes et phénomène de vieillissement

Les contraintes auxquelles est soumis un système d'isolation sont :

2.4.1 Contraintes électriques :

Champ électrique, charge d'espace, décharge partielle, arborescence électrique, etc....

2.4.2 Contraintes thermiques :

Echauffement des conducteurs par effet joule et par effet de Foucault, pertes magnétiques (transformateur), pertes diélectriques, etc....

2.4.3 Contraintes mécaniques :

Effort sur les conducteurs, forces dues aux mouvements (machines tournantes), vibrations, forces de charge (isolateur de ligne), etc....

2.4.4 Contraintes climatiques :

Rayonnement solaire, intempéries, pollutions (marine, industrielle), humidité, pluie, gel, air, ozone, etc....

2.4.5 Contraintes radiatives :

Dans les applications nucléaires, spatiale, médicale, résistants aux rayonnement

(α , β , γ , x), etc..

2.4.6 Contraintes environnementales :

Impact sur l'environnement en termes de rejet de toute nature (gazeux, solides, liquides), la toxicité des produits, traitement en fin de vie (recyclage), etc....

CHAPITRE 2 : INTRODUCTION SUR LES MATERIAUX ISOLANTS

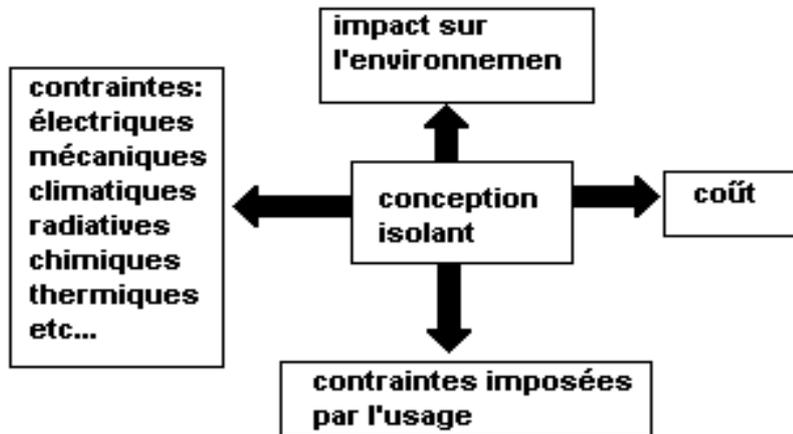


Figure 2.9 : contraintes et phénomène de vieillissement

3.1. Introduction :

La méthode d'analyse dite « Déclin de potentiel en surface » est une méthode qui a l'avantage d'être simple sans contact et permet de caractériser l'aptitude d'un matériau isolant à évacuer une charge électrique déposée à sa surface.

3.2. Généralité sur le Déclin de potentiel de surface :

La technique du déclin de potentiel de surface est une méthode d'investigation des propriétés électriques des matériaux isolants. Son intérêt réside essentiellement dans sa simplicité et sa puissance dans la caractérisation de l'aptitude d'un matériau à évacuer une charge électrique déposée à sa surface. Elle s'est largement répandue depuis que la mise en charge du matériau s'effectue par une décharge couronne et par le fait que la mesure du potentiel s'effectue par une sonde électrostatique. Par conséquent ceci permet d'éviter le moindre contact physique avec la surface à étudier (Figure 3.1) a et b.

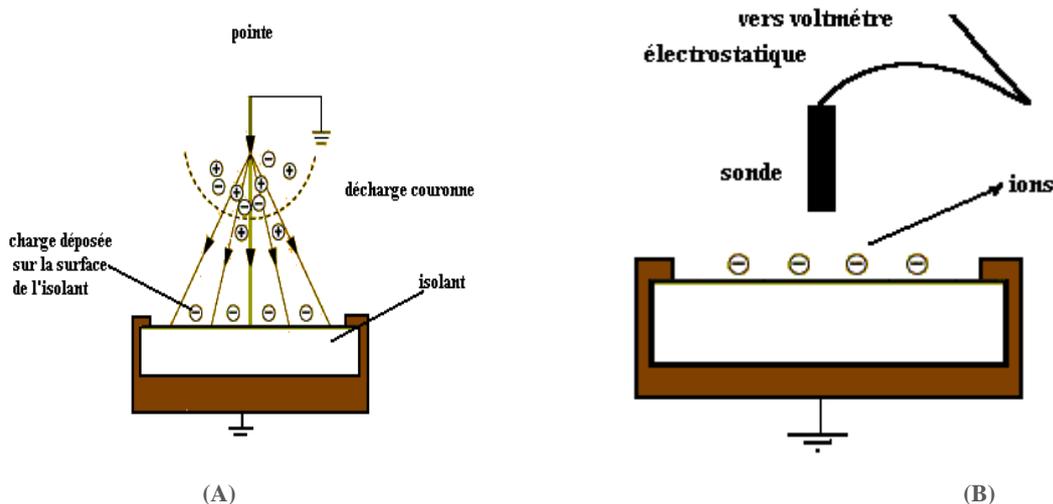


Figure 3.1 : Dépôt (a) et mesure (b) de la charge

3.3. Mesure du potentiel :

La mesure du potentiel de surface implique l'usage de sonde de mesure qui fonctionne selon le principe de condensateur vibrant. La vibration d'un petit volet à l'intérieure de la sonde fait varier la capacité entre ce volet et la surface.

Le principe de mesure est d'annuler en permanence ce courant en faisant varier le potentiel de la sonde et du volet, la sonde est donc au même potentiel que la surface, ce qui permet de perturber le moins possible l'échantillon. Il suffit alors de mesurer le potentiel appliqué à la sonde pour connaître celui de la surface.

La technique expérimentale de mesure de DPS comprend deux phases essentielles :

La première phase consiste à faire un dépôt de charge (positive ou négative) sur la surface du matériau isolant à partir d'une décharge couronne.

La deuxième phase est une quantification par une mesure de l'évolution du potentiel de surface.

Le poste de mesure est constitué d'une sonde électrostatique reliée à un voltmètre électrostatique digital de type Trek, (Figure 3.2).

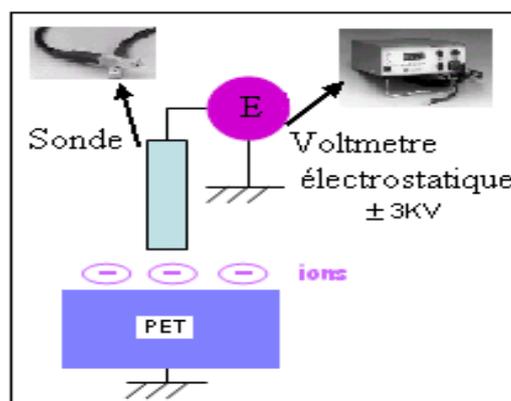


Figure 3.2 : Poste de mesure

CHAPITRE 3 : méthode du déclin du potentiel de surface

Le poste de charge, (Figure 3.3) est constitué d'un générateur (Spellman) de tension continue stabilisée entre 0 et ± 10 KV à polarité réversible commandé sur la pointe. L'électrode plane étant connectée à la terre. A l'aide d'un micro-ordinateur on fixe les paramètres de la décharge (temps et valeur de la tension appliquée sur la pointe). La décharge couronne est obtenue à partir d'une tension seuil appliquée sur la pointe (de l'ordre de -7 kV).

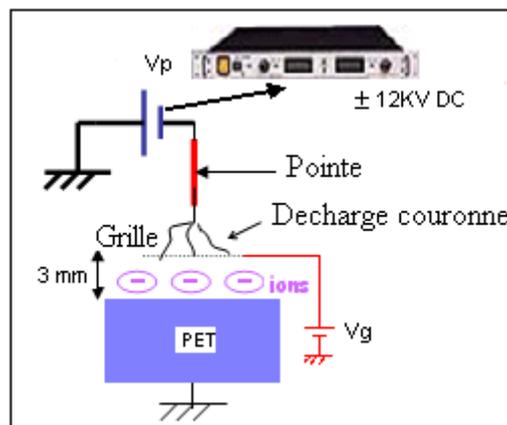


Figure 3.3 : Poste de charge

Une grille répartitrice reliée à une alimentation stabilisée HT est intercalée entre la pointe et la surface de l'échantillon. Son intérêt est double, d'une part le dépôt de charges s'effectue d'une manière homogène sur la surface de l'échantillon et d'autre part, elle nous permet de contrôler expérimentalement le potentiel initial V_0 de la charge déposée sur la surface du matériau.

3.4. Phénomènes physiques dans le processus de déclin :

Les phénomènes physiques qui interviennent dans le déclin du potentiel de surface d'un isolant après dépôt de charges (le plus souvent par décharge couronne avec un montage pointe-grille permettant de contrôler le potentiel de surface) sont nombreux. C'est pourquoi, interprétation des courbes évolutions du potentiel de surface au cours du temps nécessite une connaissance de ces mécanismes et qui sont :

CHAPITRE 3 : méthode du déclin du potentiel de surface

- conduction de surface
- polarisation de l'échantillon.
- Neutralisation par le gaz.
- phénomène piézoélectrique.
- injection de charges.

La Figure 3.4 résume schématiquement les différents processus qui peuvent contribuer au déclin du potentiel de surface.

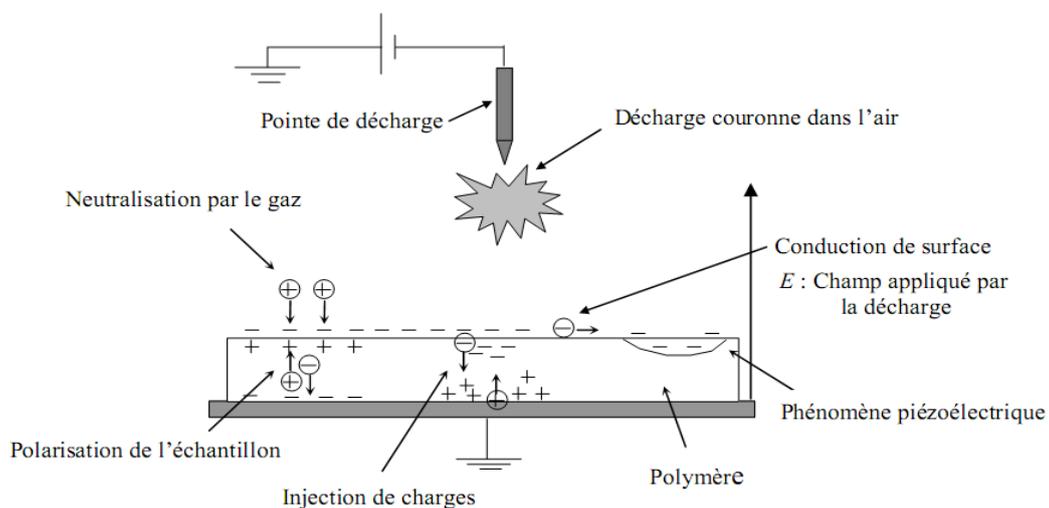


Figure 3.4 : Différents processus qui peuvent contribuer au déclin du potentiel de

3.4.1. Conduction de surface :

La conduction de surface constitue une des causes du déclin. Elle est observée surtout dans les cas d'échantillons épais vieillis par décharges couronne. Les charges se déplacent sur les couches primaires de la surface, (Figure 3.5).

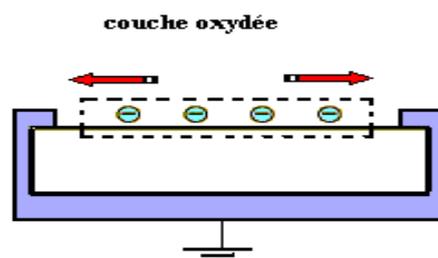


Figure 3.5: Conduction de surface

Lorsque la surface d'un isolant est soumise à la décharge couronne pendant un certain temps, il apparaît une modification rapide et importante des propriétés de la surface. Grâce à la présence de l'oxygène, l'ensemble de la surface présente une structure différente sous forme de couche dégradée fortement oxydée. Les propriétés physico-chimiques de cette couche sont très différentes de celle du matériau initial. Il en résulte une importante conductivité de surface. Selon le même auteur, l'évolution de cette surface est assez complexe et dépend de plusieurs paramètres tels que la structure de l'isolant, du mode de vieillissement, etc....

3.4.2. Polarisation de l'échantillon :

Plusieurs études ont montrés que les phénomènes de polarisation sont responsables pour une partie du déclin de potentiel et parfois même expliqué à lui seul le déclin, (Figure 3.6).

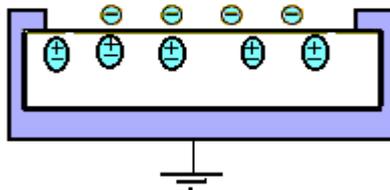


Figure 3.6 : Polarisation de l'échantillon

La charge déposée sur la surface de l'isolant modifie le champ existant dans le matériau. Sous l'action du champ électrique, créée par ces charges surfaciques, des dipôles s'orientent sous ce champ ; les dipôles les plus proches de la surface s'orientent de telle manière qu'ils viennent compenser la charge surfacique. Ces charges ne peuvent se déplacer que sur une distance de l'ordre de grandeur d'une molécule. Chaque molécule présente alors un dipôle.

Ce phénomène est caractérisé par l'apparition d'une mince couche de charges positives. A l'intérieur, il y a compensation des charges de polarisation. La circulation de la charge peut être alors expliquée en partie par l'apparition de charges de

CHAPITRE 3 : méthode du déclin du potentiel de surface

polarisation. Ce phénomène est généralement caractérisé par la constante diélectrique qui demeure sensible à la température.

3.4.3. Neutralisation par le gaz :

La neutralisation des charges déposées sur la surface de l'isolant par les charges libres provenant directement du gaz qui entoure l'isolant est un autre processus qui peut contribuer au déclin de potentiel de surface, (Figure 3.7).

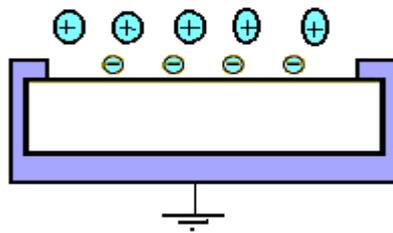


Figure 3.7 : Neutralisation par le gaz

Lors du dépôt de charges, le champ électrique environnant la surface de l'isolant est complètement modifié. Les atomes et les molécules subissent alors l'effet du champ et s'orientent de manière à créer une charge opposée à celle de la surface. Considéré la neutralisation par le gaz lors de ces études sur le téflon.

3.4.4. Phénomènes piézoélectriques :

L'effet piézoélectrique a été cité souvent comme processus physique qui peut participer au déclin potentiel (Figure 3.8).

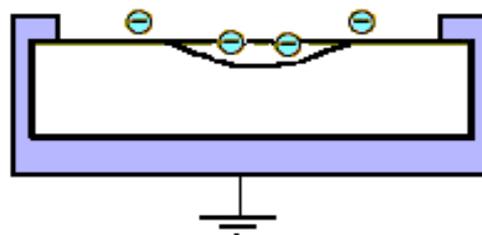


Figure 3.8 : Phénomène piézoélectrique.

CHAPITRE 3 : méthode du déclin du potentiel de surface

Les polymères ont une structure moléculaire désordonnée, ils contiennent des zones cristallines et des zones amorphes. La piézo-électricité est un phénomène propre à certains types de cristaux. Cet effet apparaît à la surface de ces corps quand on les soumet à des pressions ou à des charges électriques.

Sous l'effet d'un champ électrique, la structure piézoélectrique sera le siège de champs de déformations et de contraintes induites. De plus, la charge déposée sur la surface crée une force sur le matériau qui subit une contraction de son volume, cela se traduit alors par l'apparition d'une polarisation électrique à la surface. D'autre part, une contraction mécanique du volume du matériau sous l'effet de la pression électrostatique, peut avoir une influence sur le potentiel de surface.

3.4.5. Injection de charges :

Le phénomène d'injection de charge à partir de la surface du matériau isolant dans le volume est une injection des porteurs de charges déposés sur la surface de l'isolant à travers le volume. Ainsi, une partie du volume de l'isolant change de propriétés électriques et devient chargée, (Figure 3.9).

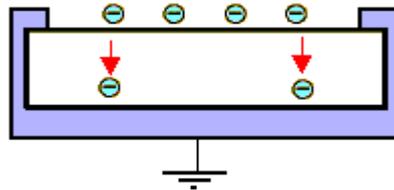


Figure 3.9 : Injection de charges

Par ailleurs, la conduction en volume correspond à un déplacement de charges dans le volume, alors que le matériau reste plutôt neutre.

Le phénomène d'injection de charges est le processus qui domine les mécanismes observés dans la littérature sur les mesures de déclin de potentiel. C'est un phénomène assez complexe qui dépend de plusieurs paramètres. L'état de surface ou, son contact avec un autre matériau joue un rôle important sur le processus de l'injection. La

CHAPITRE 3 : méthode du déclin du potentiel de surface

décharge couronne, le temps d'exposition à la décharge, ainsi que la température, l'humidité volumique sont des facteurs qui peuvent jouer un rôle de premier plan.

La conduction en volume est surtout présente dans le cas des échantillons minces (épaisseur de l'ordre du micron) mais elle reste également observée dans des échantillons épais.

Tous ces phénomènes peuvent agir en même temps et devront être considérés pour interpréter le déclin. Toute fois, on peut noter la présence prédominante de trois interprétations dans la littérature : la conduction de surface, la conduction de volume et le phénomène de polarisation du matériaux diélectrique. Depuis les premières mesures par Ieda et al sur l'évolution du DPS, bon nombre de travaux ont été réalisés, dans ce sens.

Nous allons présenter une revue des principaux modèles de DPS en fonction du physique qui l'explique.

La manière la plus simple et la plus usitée pour reproduire en laboratoire les phénomènes de chargement électrostatique des isolants se rapprochant le plus possible du phénomène physique rencontré dans les cas pratiques sont le chargement par effet couronne.

Le chargement par décharges couronnes a l'avantage d'être simple, contrôlable (en niveau et en polarité) est surtout reproductible. De nos jours les décharges électriques dans le gaz suscite un regain d'intérêt qui tient à leurs applications potentielles ou déjà mises en œuvre au laboratoire et dans l'industrie. Cette application utilise tout ou partie des espèces présentes dans le plasma, électrons, ions, espèces neutres sous forme d'atomes et de molécules.

3.5. La Décharge couronne :

Le terme de décharge couronne désigne l'ensemble des phénomènes qui se produisent dans un gaz au voisinage d'un conducteur de faible rayon de courbure soumis à un champ électrique intense (ou porté à une tension élevée).

CHAPITRE 3 : méthode du déclin du potentiel de surface

Dans notre cas, la mise en charge de la surface de l'isolant est effectuée par le principe de la géométrie pointe/plan. La pointe constitue l'électrode à polarité négative reliée à une source HT et l'isolant dont la face arrière métallisée est mise à la masse, est positionné sous la pointe. Ceci permet d'une part de générer des champs électriques intenses au niveau de la pointe, d'autre part, le lieu de génération est limité au voisinage de la pointe, le risque de claquage est moindre. Par conséquent, des avalanches électroniques ont lieu près de la pointe.

Les électrons créés arrivent dans une région où le champ est plus faible. Ils n'ont plus assez d'énergie et sont captés par les atomes ou les molécules neutres du milieu. Ils constituent ainsi une charge d'espace composée d'ions négatifs.

Sous l'influence du champ, les ions sont balayés vers la surface de l'isolant à travers une grille répartitrice. Cette dernière, permet de répartir la charge uniformément sur la surface de l'isolant. Plus on transfère de charge à la surface de l'isolant, plus la différence de potentiel entre la sonde électrostatique et la surface de l'isolant augmente.

Le transfert de charge sur la surface du matériau isolant est généralement réglable soit par la distance entre la pointe et la surface de l'isolant ou par la variation de la tension de la pointe (notre cas). Par ailleurs, nous pouvons fixer un potentiel sur la grille répartitrice qui imposera donc la valeur initiale du potentiel présent sur le matériau. Le champ électrique près de la pointe est directement proportionnel à cette distance. La sonde électrostatique du voltmètre digital est placée à une distance de 1 mm de la surface de l'isolant. Le voltmètre traduit et affiche la valeur de la différence de potentiel. Plus la charge s'écoule plus la d.d.p diminue.

CHAPITRE 3 : méthode du déclin du potentiel de surface

3.5.1. Pointe / Plan :

L'intérêt de la configuration pointe / plan est double premièrement, elle permet de générer des champs électriques très intenses au niveau de la pointe (plusieurs Mv/cm), pour des tensions modérées (qq Kv). Deuxièmement, étant donné que la région de champ intense est localisée près de la pointe le lieu de génération des porteurs de charge est limité au voisinage de la pointe. Le risque de claquage est moindre.

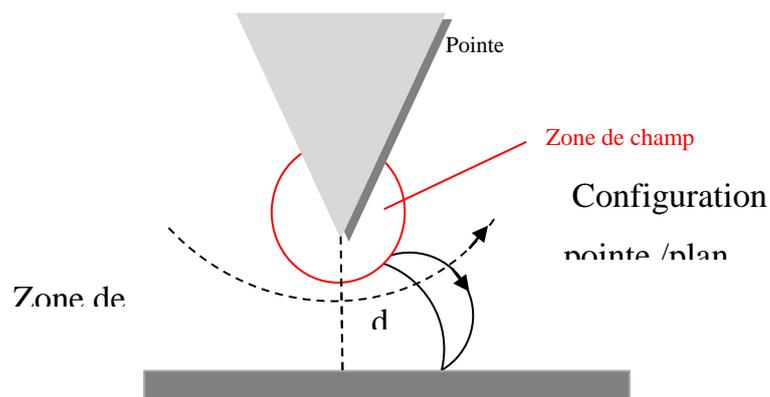


Figure 3.10: Décharge couronne

L'intérêt porté à la décharge couronne a de multiples motivations :

IL peut être lié à l'étude des phénomènes précurseurs au développement de l'arc.

Possibilité de charge des particules dans un gaz (précipitation électrostatique).

Multiplication électronique au seuil de la charge (compteur Geiger).

La décharge couronne est aussi appliquée en interaction solide dans deux domaines d'application.

Le traitement de surface des isolants

Le dépôt contrôlé et reproductible de charges électriques par des isolants.

La décharge couronne est une source d'ions et de rayonnement qui permet, par rupture et réarrangement des premières monocouches, de modifier les caractéristiques physiques de la surface des isolants et de polymères en particulier en vue d'améliorer des propriétés telles que l'adhérence d'électrodes et la mouillabilité des isolants comme le PE (polyéthylène), PET (polyéthylène téréphtalate) et le PP (polypropylène)

CHAPITRE 3 : méthode du déclin du potentiel de surface

Le deuxième cas est le moyen le plus fiable pour reproduire le chargement électrostatique des isolants et de comprendre comment ces charges se comportent. La décharge couronne source d'ions va donc servir dans notre étude de moyen de dépôt de charges sur la surface des polymères (PET). Avec ce moyen il est possible de déposer des charges aussi bien positives que négatives il suffit de changer la polarité de la haute tension appliquée sur la pointe.

3.5.2. La Décharge couronne négative:

Dans le cas où la pointe est portée à un potentiel négatif, il y a toujours création d'électrons par photo-ionisation et apparition de la zone d'ionisation autour de la pointe. (Figure 3.11).

Des électrons sont extraits de la cathode par choc, chaque électron ainsi libéré produit une nouvelle avalanche qui s'en dégage. Ces avalanches ont une extension limitée. D'une part, le champ décroît rapidement dès qu'on s'éloigne de la pointe vers le plan collecteur. D'autre part, les avalanches qui se développent laissent derrière elles les ions positifs moins mobiles qui font écran entre les électrons et la pointe. Cette deuxième cause d'affaiblissement du champ vient renforcer la première.

Un nuage d'ions positifs est formé par les avalanches d'électrons. Quand le nuage positif est développé de manière suffisante, les avalanches arrêtent de se produire parce que le champ est très affaibli au-delà. Les ions positifs sont attirés par la pointe, donc ils sont neutralisés par la pointe si bien que la zone positive dont nous avons vu la formation disparaît.

CHAPITRE 3 : méthode du déclin du potentiel de surface

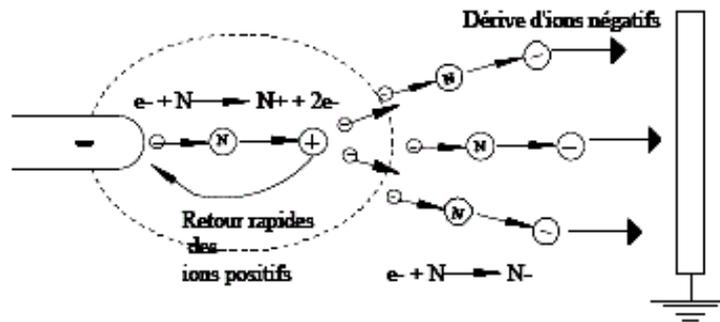


Figure 3.11: Descriptif de la décharge couronne négative.

L'effet d'écran disparaît quand tous les ions positifs ont été captés par la pointe ; on a, à nouveau, le champ initial et le phénomène recommence. Il a donc une allure cyclique, la durée du cycle étant égale au temps mis par la couche positive pour être balayée par la pointe.

4.1 Introduction :

L'objectif de ce travail consiste à étudier les propriétés électriques du Polypropylène, les mécanismes intervenant lorsqu'une charge est déposée sur sa surface, l'influence du potentiel initial sur la cinétique des charges déposées.

4.2 Dispositif expérimental

La mesure du déclin de potentiel a été réalisée sur un banc expérimental au LGEG. Le montage (fig.) dispose d'un système de commande et de mesures pilotées par un ordinateur.

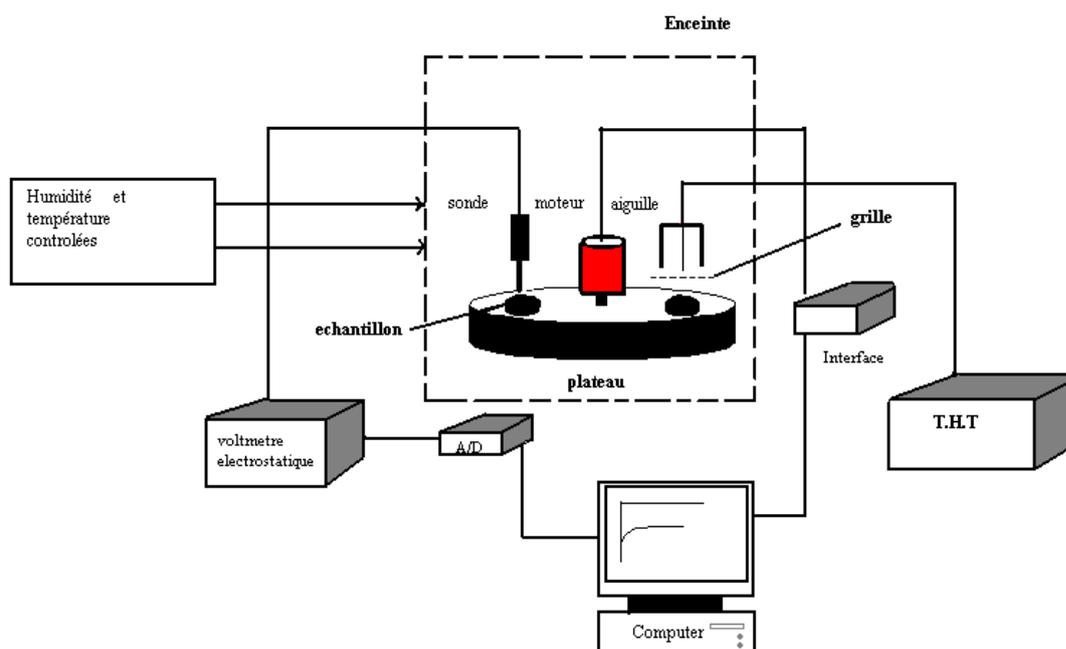


Figure 4.1 : montage expérimental du déclin par la mesure du potentiel

CHAPITRE 4: PARTIE EXPERIMENTAL

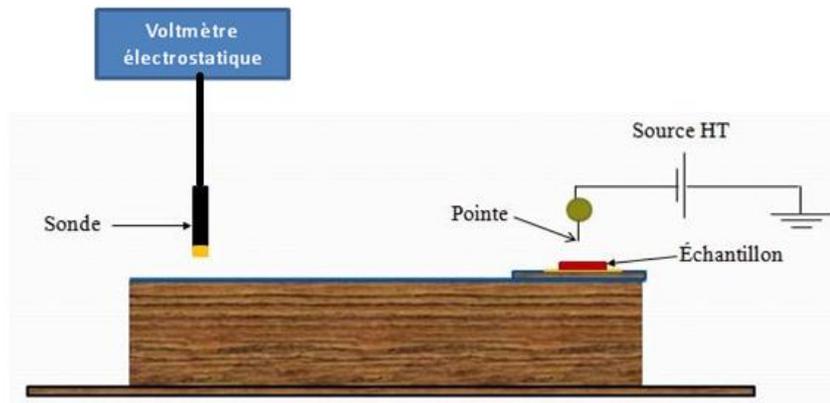


Figure 4.2 : Table des essais

Sur le montage, on reconnaît le poste de décharge couronne ainsi que le poste de mesure du potentiel par la sonde.

Le dispositif expérimental est placé sur un plateau tournant motorisé et contrôlé par un ordinateur.

L'ensemble de la séquence de mesure est complètement automatisé et une mesure se déroule comme suit :

- a- Positionnement du matériau sous l'aiguille ;
- b- Application de la tension sur l'aiguille (décharge couronne).
- c- Déplacement de l'échantillon sous la sonde.
- d- Enregistrement automatique de la valeur du potentiel au cours du temps.

CHAPITRE 4: PARTIE EXPERIMENTAL

Les mesures ont été réalisées dans une gamme de température de 28°C – 30°C pour un taux d'humidité relative allant de 60% à 70%.

Le porte échantillon est en cuivre pour permettre la mise à la terre des échantillons. Le dispositif est constitué aussi d'une enceinte évitant tout dépôt d'impureté sur la surface du matériau.

4.3 Matériau utilisé :

Les échantillons utilisés sont en polypropylène (PP) et se présentent sous forme de plaques d'épaisseurs 1 mm.

Les polypropylènes sont des polymères qui appartiennent à la famille des polyoléfines. Ces structures sont totalement composées de carbone et d'hydrogène ; sur un carbone sur deux de la chaîne principale, il y a un groupe méthyle attaché. Les polyoléfines comprennent plusieurs familles importantes de polymères : le polyéthylène (PE) (de basse densité (LDPE) ou de haute densité (HDPE)) et tous leurs copolymères. Comme leur structure est totalement construite avec des hydrocarbonées, leur surface est apolaire, ce qui fait que ces polymères ne peuvent pas être utilisés dans le domaine de l'adhésion sans un traitement. Les polypropylènes sont des thermoplastiques ayant des champs d'applications très larges. Découvert en 1954, ils occupent aujourd'hui une grande part de notre vie matérielle quotidienne. Ils trouvent leurs applications dans de nombreux domaines industriels notamment dans les emballages alimentaires et pharmaceutiques ainsi que dans les équipements automobiles, particulièrement les pare-chocs. Les polypropylènes sont obtenus par polymérisation du propylène dont le groupement additionnel R est un groupement méthyle et l'unité monomère $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3^*$

4.3.1 Propriétés du polypropylène:

Les propriétés du polypropylène dépendent de leur cristallinité, de leur masse moléculaire, de leur distribution moléculaire ainsi que de leur composition chimique.

Ses principales propriétés sont :

- Bonne rigidité et dureté ;
- Grande résistance à la déformation à chaud ;
- Bonne inertie chimique (peu de réactivité) ;
- Faible perméabilité à la vapeur d'eau ;
- Faible densité d'où un bas coût volumique ;
- Mise en œuvre aisée ;
- Transparence possible.

En raison de ses bonnes propriétés électriques et mécaniques, le polypropylène est largement utilisé en particulier dans les domaines suivants : isolateur d'antennes, manchons de raccordement pour les câbles, boîtiers divers, ailettes de refroidissement dans les moteurs. Le polypropylène est utile en combinaison avec le papier dans les condensateurs de puissance servant comme compensateurs d'énergie réactive.

4.3.2 Utilisation du polypropylène:

Le polypropylène présente de nombreux avantages : il est bon marché, alimentaire (inodore et non toxique), indéchirable, très résistant à la fatigue et à la flexion (fabrication de charnières), très peu dense, chimiquement inerte, stérilisable et recyclable. C'est de plus un excellent isolant électrique.

Par contre, il est fragile (cassant) à basse température (car sa Température de transition vitreuse (T_g) est proche de la température ambiante), sensible aux UV, moins résistant à l'oxydation que le polyéthylène et difficile à coller.

4.4 Résultats et commentaire:

Nous avons présenté les résultats expérimentaux du déclin de potentiel en surface et les discussions obtenues lors de l'étude du matériau isolant: PP (Polypropylène).

4.4.1 Influence de la tension de dépôt V_0 .

La figure suivante, représente les résultats de l'évolution du DPS pour différentes valeurs de V_0 en polarité négative .

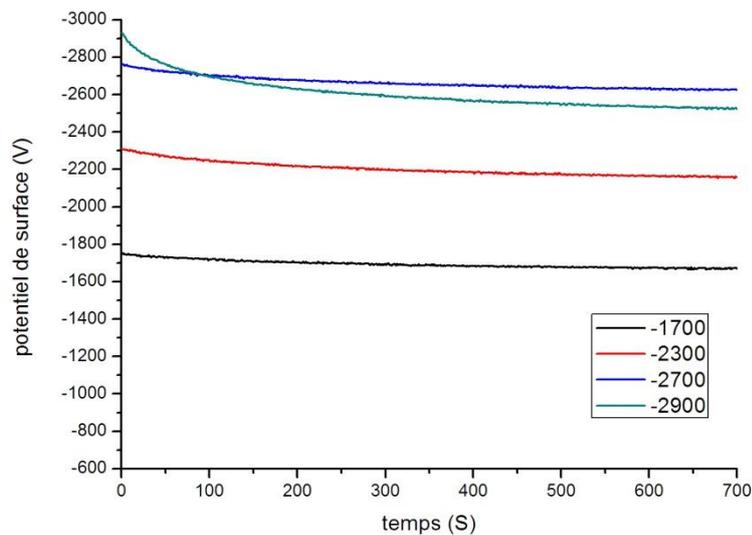


Figure 4.3 : résultats de l'évolution du DPS en polarité négative

CHAPITRE 4: PARTIE EXPERIMENTAL

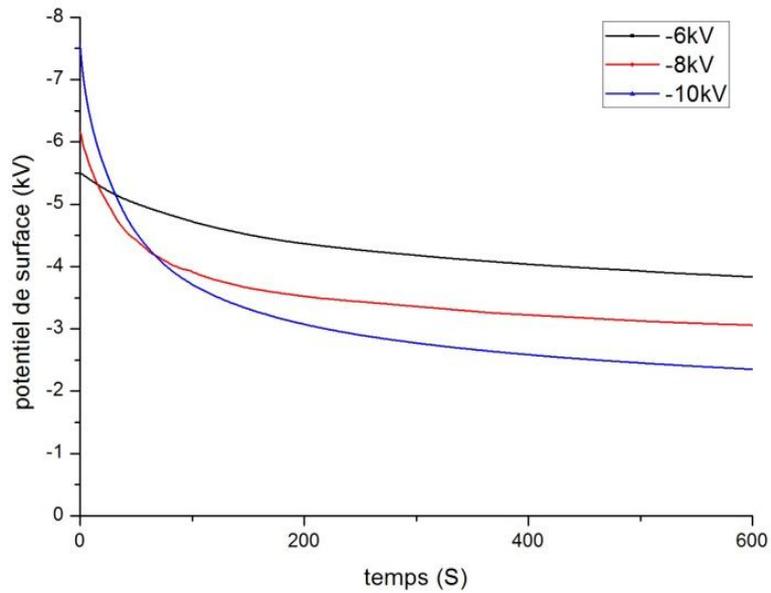


Figure 4.4 : résultats de l'évolution du DPS en polarité négative avec une tension augmentée

La figure suivante, représente les résultats de l'évolution du DPS pour différentes valeurs de V_0 en polarité positive.

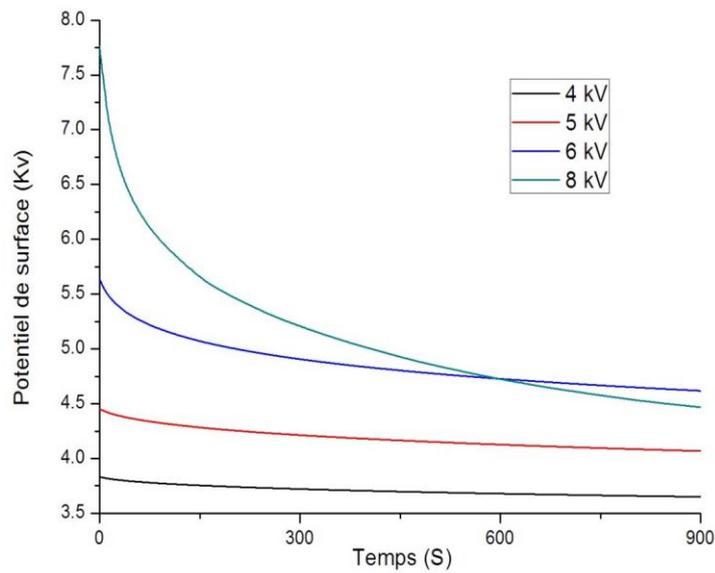


Figure 4.5 : résultats de l'évolution du DPS en polarité positive

CHAPITRE 4: PARTIE EXPERIMENTAL

Selon les résultats obtenus et après plusieurs essais, on constate une apparition d'un déclin significatif pour les deux polarités. Les courbes nous montrent que le déclin en polarité négative devient accentué de plus en plus que le potentiel de dépôt augmente, pour des potentiel de l'ordre 1 à 3 kV, on relève que les charges déposées sur la surface du PP restent dans la majorité prisonnière sur sa surface. Cela est certainement due à l'énergie emmagasinée par les ions déposées qui n'est pas assez importante pour qu'il puisse y avoir un écoulement, par conséquent ces charges seront piégées sur la surface de l'isolant et demeurent piégées pour de longues durées. Ce phénomène peut engendrer de graves conséquences, que ce soit le développement de décharges surfaciques ou le vieillissement de l'état de la surface du matériau.

De plus, on remarque que le déclin des charges positives est plus important que pour les charges négatives. Nous supposons dans ce cas que la décharge couronne en polarité positive nous permet d'obtenir un dépôt de charges plus énergétique.

Enfin, nous relevons aussi selon les résultats obtenus pour les deux polarités l'apparition du phénomène de cross-over, ce dernier ne put être expliqué que par un phénomène d'injection de charge dans le volume du matériau.

4.5 Conclusion

Selon les résultats obtenus, on peut constater que pour le PP, le mécanisme prédominant qui gouverne l'évolution des charges déposées sur la surface des matériaux est l'injection des charges. En effet les résultats nous montrent l'apparition du phénomène du « cross-over » que ce soit pour a polarité négative ou positive. Ceci reflète que la charge sous l'effet de son propre champ peut accumuler une certaine énergie qui lui permet de s'injecter dans le volume du matériau. Il est possible que d'autres mécanismes puissent s'associer a l'injection

5.1 Introduction :

Les réseaux de neurones artificiels (RNA) constituent un outil statistique visant à reproduire les capacités d'apprentissage et de reconnaissance du cerveau. Ils appartiennent à la classe des méthodes statistiques non paramétriques (les paramètres des modèles ajustés n'ayant pas de sens physique). Parfois décrits comme un concept d'intelligence artificielle, les RNA sont de plus en plus utilisés du fait de leur simplicité et de leur capacité de résolution des problèmes complexes [12]. Ces systèmes qui stockent et retrouvent l'information de manière « similaire » au cerveau sont particulièrement adaptés au traitement en parallèle de problèmes complexes comme la reconnaissance automatique de la parole, la reconnaissance de visage, la simulation de fonctions de transfert. Ils offrent un nouveau moyen de traitement de l'information utilisé en reconnaissance de formes (vision, image, parole, etc).

5.2 Principes biologiques:

Les neurones reçoivent des signaux (impulsions électriques) par les dendrites et envoient l'information par les axones. Les contacts entre deux neurones (entre axone et dendrite) se font par l'intermédiaire des synapses. Les signaux n'opèrent pas de manière linéaire : effet de seuil [12,13].

CHAPITRE 5: RESEAUX NEURONES ET DPS

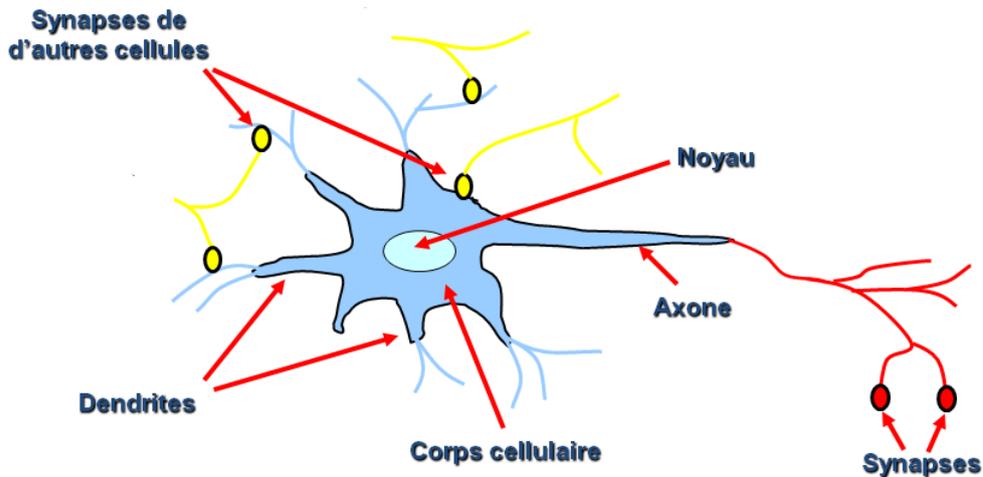


Figure 5.1 : Figure neurone biologique

Les cellules nerveuses, sont les éléments de base du système nerveux central. Ils sont constitués de trois parties : le corps cellulaires, les dendrites et l'axone.

Pour constituer le système nerveux, les neurones sont interconnectés suivant une répartition spatiale complexe. Les connexions entre neurones sont réalisées au niveau des synapses, lieu de proximité d'axone émetteur et de dendrites réceptrices.

Schématiquement, un neurone traite les courants électriques lui provenant de ses dendrites, et transmet le courant électrique résultant aux neurones aux quels il est connecté par l'intermédiaire de son axone.

5.3 Neurone formel:

Les réseaux de neurones artificiels sont donc un moyen de modéliser le mécanisme d'apprentissage et de traitement de l'information qui se produit dans le cerveau humain.

La modélisation des connexions du système initial se produit par apprentissage issu d'une confrontation avec le milieu extérieur. L'apprentissage peut être défini comme l'acquisition de propriétés associatives stables, et la mémorisation comme l'enregistrement et le rappel de ces propriétés ou modifications.

Les modèles mathématiques de réseaux de neurones artificiels reproduisent de manière simple la structure de réseaux de neurones réels. Les différents points de la modélisation sont :

CHAPITRE 5: RESEAUX NEURONES ET DPS

- La représentation d'un neurone.
- La représentation des connexions, et les architectures retenus pour répondre à des traitements de reconnaissances de forme
- L'apprentissage du réseau.

On constate tout d'abord que le modèle biologique fait intervenir une notion temporelle qui est difficile à intégrer dans un modèle simple. On oublie donc cette notion et de ce fait on remplace l'intégration temporelle par une simple sommation des signaux arrivant au neurone (ces signaux sont communément appelés les *entrées* du neurones). On compare ensuite la somme obtenue à un seuil et on déduit de la comparaison la sortie du neurone. Cette sortie sera par exemple égale à 1 si la somme est supérieure au seuil et à 0 dans le cas contraire. Plus formellement encore, il suffit pour obtenir ce comportement de soustraire le seuil considéré à la somme des entrées, et de faire passer le résultat par la *fonction de transfert* du neurone qui est ici la fonction de heaviside. Le résultat après transfert est alors la sortie du neurone. Cet enchaînement "sommation" puis "non-linéarité" représente finalement les propriétés "physiques" du neurone[14] .

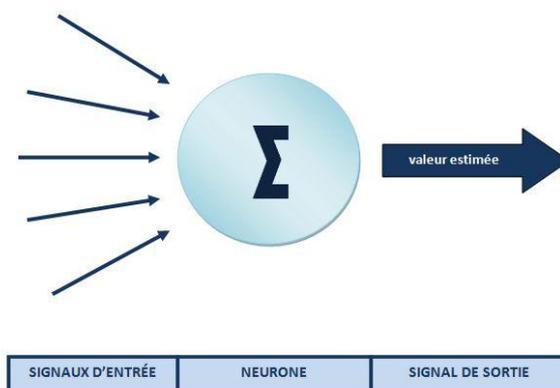


Figure 5.2 : description de fonctionnement de neurone formel

CHAPITRE 5: RESEAUX NEURONES ET DPS

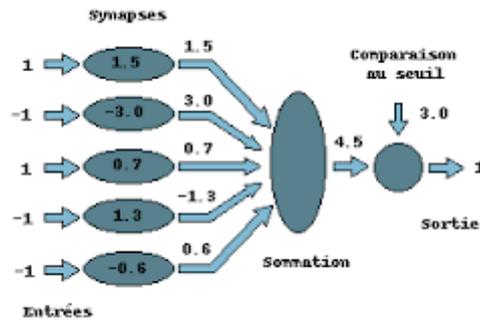


Figure 5.3 : Application en nombre de neurones

La modélisation des synapses est assez simpliste en première approche. On se contente en effet d'introduire la notion de synapse excitatrice et de synapse inhibitrice en multipliant la sortie d'un neurone par 1 ou -1 avant de la transmettre aux autres neurones. Afin de donner plus de puissance au modèle, on généralise ce modèle en introduisant ensuite une connexion synaptique qui est une valeur réelle. La sortie d'un neurone est alors multipliée par la valeur de la connexion synaptique avant d'être transmise à un autre neurone. On modélise ainsi la connexion entre deux neurones.

En résumé, un neurone formel réalise simplement une somme pondérée de ces entrées, ajoute un seuil à cette somme et fait passer le résultat par une fonction de transfert pour obtenir sa sortie.

5.4 Les réseaux de neurones appliqués aux matériaux :

Les réseaux de neurones artificiels simulent très étroitement le système nerveux biologique. Ce sont des modèles de calcul parallèle pour la représentation et le traitement de l'information. Du fait de leur grande similitude avec le cerveau, les réseaux de neurones ont des capacités semblables à celle de l'être humain et notamment ; l'apprentissage, la classification et la simulation ou prédiction

Dans le domaine des matériaux bons nombres d'applications ont vu le jour, surtout dans les domaines de la modélisation, de la composition des matériaux, de la durabilité des matériaux composites de la fissuration etc.

Le domaine de l'isolation présente des caractéristiques bien spécifiques qu'il est indispensable d'en tenir compte dans la construction d'une démarche globale de prévention des risques. La qualité doit être garantie par une surveillance et un contrôle

CHAPITRE 5: RESEAUX NEURONES ET DPS

permanents à travers des mesures qualifiables et quantifiables dans le but de ne pas ralentir la production et d'en assurer un niveau de qualité élevé et uniforme.

5.5 Le réseau de neurones utilisé :

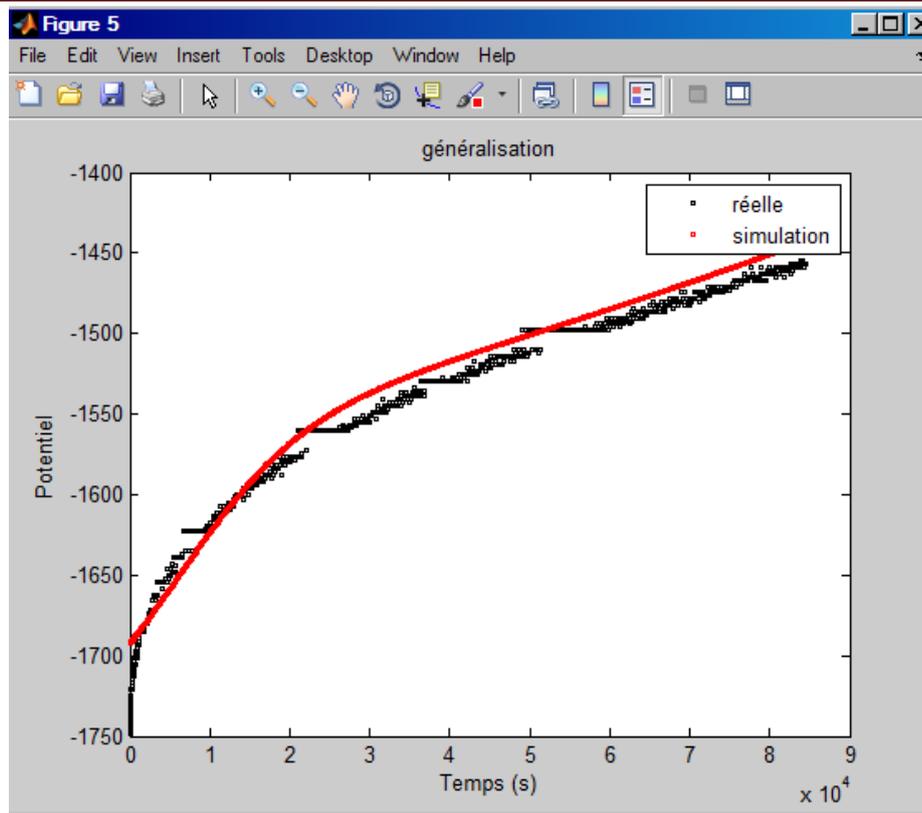
Le travail présenté dans cette partie, utilise ces RNA intégrés dans un système de surveillance dédié au contrôle de déclin de potentiel de surface d'un échantillon de PP. Un module d'apprentissage supervisé par un expert humain collecte de façon continue et permanente les paramètres relatifs aux différents états de l'échantillon de PP pour la mise en œuvre d'une base de connaissance.

Notre objectif recherché se limite toutefois à la validation par simulation des RNA dans ce domaine. Une évaluation des performances en matière de temps d'apprentissage, de taux de reconnaissance est effectuée. Les paramètres descripteurs choisis dans l'analyse sont comme suit : la température (T°), l'humidité relative (**HR**), l'épaisseur (ϵ), et la haute tension (**HT**). En utilisant le perceptron multicouche avec au moins une seule couche cachée, figure.

Les modèles de RNA implantés disposent de quatre neurones en entrée correspondant aux capteurs utilisés. Différentes architectures sont testées pour déterminer le nombre adéquat de couches et de neurones cachés. Pour cela les algorithmes d'apprentissage (Levenberg-Marquardt) sont tous les deux utilisés. On présente dans le (tableau V.1) les résultats correspondants. Les paramètres tels que le nombre d'itérations (NI), le temps d'apprentissage (T_{appr}) et l'erreur d'entraînement (Er) sont indiqués pour différents types de réseaux testés.

L'utilisation de l'algorithme de « Levenberg-Marquardt » est plutôt préférable, car il fournit de bien meilleurs résultats (une erreur d'entraînement de 0.0030 pour une architecture à trois neurones dans la couche cachée). Le réseau à trois neurones dans la couche cachée utilisant ce même algorithme s'avère le mieux adapté. Il se caractérise par un temps d'apprentissage de 5sec et une erreur d'entraînement de 0.0030.

CHAPITRE 5: RESEAUX NEURONES ET DPS



5.6 Conclusion :

Ce chapitre a présenté le développement d'un modèle neuronal utilisé pour la prédiction du déclin de potentiel de surface d'un échantillon de PP soumis à des contraintes climatiques (température et humidité), électrique (tension) et géométrique (épaisseur). Ces 4 grandeurs utilisées comme entrées des réseaux de neurones pour toute la gamme d'essais effectuée.

Enfin, ce chapitre est ponctué par la présentation d'un modèle neuronal pour la prédiction du déclin de potentiel de surface de l'échantillon de polypropylène

Conclusions générales et perspectives:

L'étude de l'évolution dans le temps du potentiel de surface est une source d'informations sur les propriétés diélectriques des isolants et des polymères en particulier.

Nous avons montré que l'application de la mesure de potentiel de surface dans la caractérisation des matériaux diélectriques reste performante même pour l'étude des grandes épaisseurs.

Les résultats montrent clairement l'effet du potentiel de surface sur le DPS. De plus on constate que la polarité joue un rôle important dans la vitesse de l'écoulement des charges déposées sur la surface du Polypropylène. Nous pouvons avancer que le phénomène d'injection prédomine l'évolution de ces charges. Il est fort probable que les conditions de chargement lorsqu'une source couronne est employée peut avoir un effet sur le déclin de potentiel. Les molécules excitées, les photons et probablement l'effet photoélectrique jouent un rôle non négligeable dans l'évolution de la charge.

Enfin, dans notre travail de l'évolution du DPS on a réalisé une tentative d'application des réseaux de neurones sur la prédiction de l'évolution des charges déposées. Pour cela, on a utilisé lors de notre présence au laboratoire LGEG de Guelma une nouvelle approche pour la modélisation du DPS. Ce travail très prometteur est le travail de recherche d'un doctorant au niveau de ce laboratoire.

Pour les perspectives :

- Ce travail peut être étendu pour des épaisseurs plus importantes.
- On peut aussi utiliser d'autres matériaux ;
- On peut inclure d'autres contraintes pour essayer d'observer leurs effets.
- Enfin la modélisation par les réseaux neurones est un axe prometteur est une source d'information très importante.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Molinie P, Llovera P. “Surface potential measurement: implementation and interpretation” 8th int.conf.DMMA.Edinburgh 2000.
- [2] Ieda M., Sawa G, Schinohara U. “ Decay of electric charges on polymeric films“ Electric Eng. Japan 88 pp67 1968.
- [3] Ieda M., Sawa G, Schinohara U. “A decay process of surface electric charges across polyethylene film” J.Appl.Phys. 6, pp793,1967
- [4] Bigarré J , Hourquebie L, Doucet L “ Nouveau dispositif de mesure de déclin de potentiel ’’ 3^{eme} congrés de la science française d’électrostatique –toulouse pp1-10 2002.
- [5] Baum E. A, Lewis T.J, Toomer R “ decay of electrical charge on polyethylene film” J.phys-D: Appl.Phys, vol10, pp487-497 1977.
- [6] Baum E. A, Lewis T.J, Toomer R “ Further observations on the decay of surface potential of corona charged polyethylene film” J.phys-D: Appl.Phys, vol10, pp2525-2531 1977
- [7] Perlman M.M, Kao K. J, Bamji S “ The effet of corona generated excited molecules on surface potential decay in polyethylene” Proc.Int.Workshop on electric charges in dieil, Kyoto, pp3-9 1978.

BIBLIOGRAPHIE

- [8] Haridoss S, Perlman M.M, Carbone C “ Vibrationally excited diatomic molecules as charge injectors during corona charging of polymer films” J.Appl.Phys, Vol53, N° 9 pp6106-6114 1982.
- [9] Kao K. J, Bamji S, Perlman M.M “ thermally stimulated discharge current study of surface charge release in polyethylene by corona generated excited molecules, and the cross-over phenomonon” J.Appl.Phys.Vol50 N°12 pp8181-8185 1979.
- [10] Yang G.M “ thermally stimulated discharge of electron-beam and corona charged polypropylene film” J.Phys.D:Appl.Phys Vol26,pp690-693, 1993.
- [11] Mizutami T,Oomura T, Ieda M, “ Surface potential decay in polyethylene “ Japaness Journal of applied Phys.Vol 20,N° 5,pp855-859, 1981.

Chapitre 1 :

Etat de l'ART

Chapitre 2 :
Généralités sur les matériaux
isolants

Chapitre 3 :
Méthode de déclin de potentiel en
surface

Chapitre 4 :

Partie expérimentale

Chapitre 5 :

Réseaux neurones et DPS