

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix – Travail – Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I
ECOLE NORMALE SUPERIEURE
DEPARTEMENT DE Physiques



REPUBLIC OF CAMEROUN

Peace – Work – Fatherland

UNIVERSITY OF YAOUNDE I
HIGHER TEACHER TRAINING COLLEGE
DEPARTMENT OF Physics

Conception et realisation d'un condensateur a dielectrique impregne d'huile vegetale

Mémoire presente en vue de l'obtention du D.I.P.E.S II

Par :

GNAMSI GNAMSI Emmanuel Ledoux
Licencie en Sciences

Sous la direction
NJINGTI NFOR
Charge de cours

Année Académique
2015-2016





AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire de Yaoundé I. Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : biblio.centrale.uyi@gmail.com

WARNING

This document is the fruit of an intense hard work defended and accepted before a jury and made available to the entire University of Yaounde I community. All intellectual property rights are reserved to the author. This implies proper citation and referencing when using this document.

On the other hand, any unlawful act, plagiarism, unauthorized duplication will lead to Penal pursuits.

Contact: biblio.centrale.uyi@gmail.com

PLAN

I- INTRODUCTION

I- LE COURANT TRADITIONNEL

I-1- Les méthodes du courant traditionnel	
2-1-1- La méthode d'exposition ou méthode magistrale.	
I-1-2 Avantages de la méthode.....	
I-2- Les pédagogies socialisées	
I-2-1- Avantages	
I-2-2- Inconvénients	

II- LES COURANTS MODERNES

II- 1- Les différentes méthodes du courant moderne	
II-1-1- Les méthodes interrogatives, actives ou frontales	
II-1-1- Avantages	
II-1-1-2- Inconvénients	
II-2- Les pédagogies technologiques	

III- LES AUTRES PEDAGOGIES LES PEDAGOGIES

TECHNOLOGIQUES

III-1- Les pédagogies curatives.....	
III-1-1-1- Les pédagogies des groupes de niveau	
III-1-1-2-	
III-1-1-3- Les pédagogies spéciales	
III-1-1-4- Les pédagogies expérimentales	
III-1-1-5- Les pédagogies des classes différenciées	

III-1-1-6- Les pédagogies de projet	
III-1-1-7- L'andragogie (pédagogie des adultes).....	
III-1-1-7- L'andragogie.....	
CONCLUSION	
REFERENCE BIBLIOGRAPHIE.....	

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	i
DEDICACE	iv
REMERCIEMENTS	v
LISTE DES ABREVIATIONS	vi
LISTE DES TABLEAUX	vii
LISTE DES FIGURES	viii
RESUME	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE 1: ETAT DE L'ART DES CONDENSATEURS : REVUE DE LITTERATURE	2
INTRODUCTION	3
1. HISTORIQUE ET THEORIE DU CONDENSATEUR	4
1.1 Expériences électriques : électrisation	4
1.2 Invention de la bouteille de Leyde	4
1.3 Modélisation et interprétation	5
2. ASPECTS PHYSIOCHIMIQUES ET TECNOLOGIES DES CONDENSATEURS	7
2.1 Familles technologiques.....	7
2.1.1 Les condensateurs électrolytiques à l'aluminium	7
2.1.2 Les condensateurs céramiques	8
2.1.3 Les condensateurs films (papiers, plastiques, secs ou imprégnés).....	9
2.2 Les diélectriques	10
2.2.1 Matériaux isolants solides	10
2.2.2 Imprégnant	10
2.2.2.1 Imprégnant liquides	11
2.2.2.2 Imprégnant solides.....	12
2.2.2.3 Imprégnant gazeux	12
2.2.3 Domaines d'applications	12
2.3 Coût relatifs des différents types de condensateurs et quelques principaux fabricant	14

2.3 .1 Coût relatif des différents types de condensateurs	14
2 .3.2 Principaux constructeurs	14
3. EMPLOIS ET SPECIFICATIONS	15
3.1 Condensateurs à tension de charge continue.....	15
3.2 Condensateurs a tension de charge alternative	16
4. ILLUSTRATIONS DES PERTES DANS UN CONDENSATEUR	16
4.1 Schéma équivalent	16
4.2 Types de pertes	17
5. ASPECT PHYSICOCHIMIQUE DES CONDENSATURS.....	18
5.1 Objectifs.....	18
5.2 Configurations technologiques	18
5.2.1 Condensateur à film métallisé segmenté ou crénelé.....	19
5.2.2 Condensateur métallisé	19
5.2.3 Condensateur à armatures débordantes	19
5.2.4 Condensateur à armatures	19
Conclusion.....	21
CHAPITRE 2: REALISATION DU CONDENSATEUR : CAS PRATIQUE DU CONDENSATEUR A PAPIER.....	22
Introduction	23
1. PRESENTATION GENERALE : MATERIEL ET APPAREILLAGE	24
1.1 JUSTIFICATION DU MATERIEL DE TRAVAIL.....	24
1.1.1 feuilles d'aluminium	24
1.1.2 Le papier.....	24
1.1.3 Huile de résine.....	24
1.1.4 Le papier filtre	24
1.1.5 Traceuse, ciseaux	25
1.1.6 Bandelettes d'aluminium.....	25
1.2 APPAREILLAGE.....	25
1.2.1 Le micromètre	25
1.2.2 Multimètre	26
1.2.3 Oscilloscope	27
1.2.4 Alimentation stabilisée	28
2. MISE EN OUVRE DU CONDENSATEUR A PAPIER.....	29
2.1 Contexte	29

2.2 Objectifs	29
2.3 Méthode	29
2.4 Montage	30
2.4.1 Capacité	31
2.4.1.1 Capacité théorique du condensateur : C_{th}	31
2.4.1.2 Capacité mesurée	32
2.4.2 Tension maximal	32
2.5 Utilisation du condensateur fabriqué en courant continu.....	33
2.5.1 Image du montage	33
2.5.2 Caractéristique du condensateur.....	34
Conclusion	37
CHAPITRE 3 : CONDENSATEUR A PAPIER : RESULTATS ET DISCUSSIONS ...	38
Introduction	39
1. RESULTATS.....	40
1.1 Capacité théorique	41
1.2 Caractéristique du condensateur	41
1.2.1 Courbe de charge.....	41
1.2.2 Courbe de décharge	42
1.2.3 Tension maximale	43
1.2.4 Capacité mesurée.....	43
1.3 La polarité	44
2. DUSCUSSIONS.....	44
CHAPITRE 4 : IMPLICATION DANS LE SYSTEME EDUCATIF CAMEROUNAIS DE LA FABRICATION DU CONDENSATEURS A PAPIER IMPREGNE D'HUILE VEGETALE.....	46
Introduction	47
1. ELABORATION DE LA FICHE PEDAGOGIQUE.....	48
2. IMPLICATION DANS LE SYSTEME EDUCATIF : SAVOIR-FAIRE EXPERIMENTAL.....	50
Conclusion	51
CONCLUSION ET PERSPECTIVE	52
BIBIOGRAPHIE.....	53
ANNEXES.....	53

DEDICACE

A

Ma mère Gnamsi Henriette née Wandja Henriette.

REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont :

À Dieu Tout Puissant, pour m'avoir permis de réaliser ce travail jusqu'au bout.

A mon directeur de mémoire le Dr Njingti, Nfor pour sa détermination, pour la confiance qu'il m'a témoignée en me donnant ce sujet, pour ses encouragements, pour ses conseils qu'il nous a prodigué et sa disponibilité durant l'élaboration de ce travail, et aussi pour nous avoir permis d'étudier dans un cadre paisible et enchanteur de son laboratoire. De ses conseils, il en ressort un grand proverbe Congolais: "Ecouter attentivement c'est l'art. En cas d'incompréhension on ne peut attribuer la faute qu'à sa propre écoute. Autrement dit, il vaut mieux écouter attentivement".

Je tiens aussi à dire un grand merci à tous les enseignants du département de Physique de l'université de Yaoundé I en particulier ceux de l'école normale supérieure. Ma gratitude va également à l'endroit de Mr Mobitang, chef du laboratoire de Physique Chimie et Technologie (PCT) du lycée General Leclerc pour avoir bien voulu m'accueillir dans le laboratoire dont il a la lourde charge de gérer au quotidien. Pour sa disponibilité, son soutien immense et son guide tout au long de ce travail.

Je remercie également tous mes chers camarades, en particulier Tankou Eric, Teneukeu Romeo Bikek Noé, pour ces beaux souvenirs.

Je voudrais remercier tous mes amis et en particulier Djuikouo Rose, Ngassop Cedric, Nono Ludovic, Nzuepet Christian, Tatieze Patrice, qui m'ont accompagnée quotidiennement et sans qui je ne saurais m'épanouir pleinement.

Mes parents Monsieur et Madame Gnamsi, Sans qui je ne serai pas là aujourd'hui. Tout ce que j'ai accompli dans ma vie, c'est grâce à Dieu et à vous, à votre soutien, votre amour et vos sacrifices. Merci infiniment pour vos sages observations et encouragements constants.

Mes remerciements et gratitude s'adressent à mes frères et sœurs Sylvain Gnamsi, Diane Gnamsi, Willy Tachou, Guy Tchappa, Carine Tchamba, Roland Mbakop et Christelle Gnamsi sans qui je ne serais à l'aise, grâce au climat de convivialité et du soutien incommensurable.

Je remercie la famille Nomegne pour leur soutien multiforme et indéfectible.

LISTE DES ABBREVIATIONS

PP	: Polypropylène
PXE	: Phénylxylyléthane
M/DBT	: Mono/Dibenzyltoluène
PCB	: Polychlorobiphényles
MIPB	: Isopropylbiphényle
SF6	: L'hexafluorure de Soufre
HF	: Haute Fréquence
MHZ	: Méga Hertz
KHZ	: Kilo Hertz
FIP	: Formeur d'impulsions

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: permittivité relatives et rigidité diélectrique de quelques matériaux	6
Tableau 2: Diélectriques utilisés et domaine d'application	13
Tableau 3: prix des diélectriques par rapport au polypropylène	14
Tableau 4: Technologies utilisées pour réaliser des condensateurs	18
Tableau 5: valeurs de tension et de temps de charge	41
Tableau 6: valeurs de tension et temps de décharge	42
Tableau 7: fiche pédagogique	49

LISTE DES FIGURES

Figure 1: bouteille de Leyde.....	5
Figure 2: Schéma normalisé de la bouteille de Leyde	5
Figure 3: condensateur plan (image siemens-Matsushita)	6
Figure 4: condensateur électrolytiques polarisés.....	8
Figure 5: condensateurs électrolytiques polarisés.....	8
Figure 6: condensateurs céramique	9
Figure 7: condensateurs à films.....	10
Figure 8 : condensateur de stockage d'énergie (image Safco).....	15
Figure 9: commutation à semi-conducteur.....	16
Figure 10: condensateur de puissance : schéma équivalent	17
Figure 11: Différentes technologies de condensateurs (Salfco).....	20
Figure 12: image du micrometre	25
Figure 13: exemple d'un multimètre.....	27
Figure 14: oscilloscope analogique	27
Figure 15: image d'une alimentation stabilisée	28
Figure 16: condensateur	30
Figure 17: Mesure de la tension au borne du condensateur	31
Figure 18: multimètre.....	32
Figure 19: Image d'utilisation du condensateur.....	33
Figure 20: charge du condensateur à travers une résistance	34
Figure 21: décharge du condensateur à travers une résistance.....	35
Figure 22: Image du condensateur	40
Figure 23: courbe de charge	41
Figure 24: courbe de decharge	42

RESUME

Conformément à l'arrête N° 263/148MINESEC/IGE Du13 AUG 2014 portant définition des programmes d'études des classes de 2nde en Tle. L'enseignement intègre de plus en plus l'aspect pratique. Or le manque criard des composants dans nos établissements génère du découragement pour les autres. C'est dans cette optique que nous, enseignants de la 55ème promotions de l'Ecole Normale Supérieure de Yaoundé sommes amenés à développer les compétences et les techniques de fabrication et de caractérisation des composants des circuits électriques et électroniques. Notre travail se penche sur le cas du condensateur à papier imprégné d'huile végétale. Pour cela nous avons expérimentalement fabriqué un condensateur de capacité 2300 microfarads à base des matériaux de recyclage et locaux. Ensuite nous avons caractérisé notre condensateur, grâce à la charge et la décharge de ce dernier, nous avons obtenu la tension nominal du condensateur fabriqué : $U = (9,86 \pm 17\%)V$

Dès lors nous pouvons affirmer que notre travail est une réussite reste donc à transcrire ces compétences au niveau des apprenants du secondaire, répondant ainsi à l'arrêté sus cité.

Mots-clés : Compétences, composants, capacité, caractérisation, condensateur, charge, décharge, tension nominale

ABSTRACT

According to the decree N° 263/148MINESEC/IGE of the 13 AUG 2014 prescribing the definition of studies programs of the form 5 and upper sixth classes. Teaching integrates more and more the practical aspect. However, it is in this perspective that us, teachers of the 55th promotion of the Higher Teacher Training College of Yaounde are called upon to develop competences and technics of designing and characterisation of component of electric and electronic circuit. Our work focuses on the case of designing and testing of a vegetable oil impregnated paper capacitor. Therefore we have experimentally designed a capacitor of 2300 microfarads capacity. From wasted and local material. Furthermore, we are going to give characteristic of our capacitor. Thanks to its charge and discharge, we have obtained the normal tension of the designed capacitor. $U = 9,86 \pm 17\%$ volt. Henceforth, we can confirm that our work is a success left to us now to transcribe these competences at the level of learners of secondary schools, responding to the decree mentioned above.

Key words: Competences, components, capacity, characterization, capacitor, charge, discharge, normal tension.

INTRODUCTION GENERALE

Les condensateurs, tout comme les résistances font partie de la catégorie de ce qu'on appelle les composants passifs. On utilise les condensateurs dans les systèmes électriques et électroniques pour des fonctions très variées. On retrouve même des condensateurs miniatures au cœur des mémoires dynamiques pour y mémoriser les bits sous forme de charges électriques. Les condensateurs, quelles que soient leurs dimensions, sont toujours construits suivant le même principe : un isolant mis en sandwich entre deux surfaces conductrices appelées armatures. L'isolant, aussi appelé *diélectrique*, est aussi mince que possible. Il empêche le passage du courant mais les charges électriques de signes différents sur chaque armature exercent une attraction au travers de l'isolant et s'accumulent, se pressent, se "condensent" de part et d'autre.

Les condensateurs sont utilisés dans la quasi-totalité des appareils électriques et électroniques notamment dans les régulateurs : le condensateur y sert d'accumulateur qui emmagasine les charges électriques quand la tension est haute et restitue ces charges quand la tension diminue. Le condensateur joue dans ce cas le rôle de réservoir tampon. Le contenu d'enseignement étant aussi le fruit de la demande sociale. Il est donc nécessaire pour nous en tant que enseignant du secondaire de connaître fabriquer certains matériels tels que : résistances, bobines et condensateurs qui pourront être utilisés pour les démonstrations pendant les cours et travaux pratiques permettant ainsi d'asseoir la compréhension des apprenants.

Le premier chapitre, très général, est consacré à l'état de l'art des condensateurs en électronique de puissance.

Nous réaliserons plus précisément dans le deuxième chapitre le cas du condensateur à papier pour ce faire nous présenterons notre matériel qui nous servira de travail pour le montage de ce condensateur. Pour mener à bien la caractérisation du condensateur, nous avons réalisé des expériences de mesure originale, basé sur un principe de charge et de décharge. La conception, la réalisation, et la mise au point de ce dispositif constituent une partie importante de ce travail.

Le dispositif nous a permis d'observer les variations de la tension du condensateur en fonction de temps, dans un circuit électronique. L'objectif de cette caractérisation, est présenté au chapitre 2.

CHAPITRE I :
ETAT DE L'ART DES CONDENSATEURS :
REVUE DE LITTÉRATURE

Introduction

Le condensateur est un des composants utilisé en électronique. Dans sa forme la plus simple, il est composé de deux lames métalliques appelées « armatures » en aluminium placées à faible distance. On trouve entre les deux armatures de l'air qui isole, mais aussi d'autres matériaux appelés « diélectrique ». Avoir un bon diélectrique augmente la capacité du condensateur, Choisir un condensateur, c'est résoudre trois problèmes principaux liés au diélectrique, aux courants impulsionnels et à la thermique. Le découplage de ces problèmes nous amène à résoudre celui lié au diélectrique. Pour mener à bien l'état de l'art sur les condensateurs, dans le paragraphe un, nous ferons une brève historique sur les condensateurs. Dans le paragraphe deux, nous verrons la technologie des condensateurs. Dans le paragraphe trois, l'emploi et la spécification des condensateurs. Dans le paragraphe quatre, nous allons les différentes pertes dans un condensateur. Enfin l'aspect physicochimique des condensateurs fera l'objet du paragraphe cinq.

1. HISTORIQUE ET THEORIE DU CONDENSATEUR

1.1 Expériences électriques : électrisation

Depuis la Grèce antique l'ambre frotté possède la propriété d'attirer les objets légers, brins de paille ou de tissu. A la fin du XVIIe siècle, la liste des corps susceptibles de devenir triboélectriques, s'est agrandie avec les verres de diverses compositions, les résines ou le soufre. On frotte ces corps soit avec une main bien sèche, soit avec du papier, du cuir ou du tissu. Plumes et brins de paille sont plus ou moins bien attirés. Mais les phénomènes observés, peu spectaculaires, suscitent un intérêt limité avant les années 1700. [1]

Au milieu des années 1740, à l'aide d'une machine plus puissante que le simple tube de Verre électrisé, Georg Bose, physicien allemand, électrise ainsi l'eau contenue dans un récipient et, approchant la pointe d'une épée de la surface de l'eau, en tire des étincelles, pour l'émerveillement d'un public devenu friand d'expériences électriques. Le feu jaillissait de l'eau. Les expériences de ce genre étaient répétées par de nombreux amateurs.

1.2 Invention de la bouteille de Leyde

Vers 1650, Otto von Guericke a construit un générateur primitif à friction – une boule de soufre tournant à grande vitesse sur un axe. Quand Guericke a posé sa main sur la boule et a tourné l'axe rapidement, une charge d'électricité statique s'est accumulée. En 1745, un autre Allemand, Ewald Jürgen Georg von Kleist, a trouvé une méthode pour stocker cette charge. Il a enroulé une feuille d'argent autour d'une bouteille en verre, et a chargé la feuille à l'aide d'un générateur à friction. Kleist a été convaincu qu'une charge substantielle pourrait être accumulée lorsqu'il a reçu un choc électrique significatif. Cette invention a continué à être connue sous le nom de bouteille de Leyde parce qu'en 1746, Pieter van Musschenbroek de l'université de Leyde (Pays-Bas), fait de manière indépendante la même découverte, conjointement (et la primauté fait débat) avec Cunaeus et Allamand. Musschenbroek, physicien de renom, fait connaître au monde scientifique les propriétés de l'appareil, en conséquence de quoi le dispositif a été baptisé du nom de Leyde, la ville natale de l'université. Daniel Galath était le premier à combiner plusieurs bouteilles en parallèle dans une "batterie" pour augmenter la capacité totale.



Figure 1: bouteille de Leyde

La bouteille de Leyde est un condensateur formé de deux conducteurs séparés par le verre de la bouteille. Le premier conducteur est généralement constitué d'une électrode supérieure, reliée à des feuilles en étain chiffonnées contenues dans la bouteille par une petite chaîne. Le second conducteur est formé par une feuille métallique enveloppant la bouteille. Les faces intérieures et extérieures stockent une charge électrique égale mais de signe opposé.

La première application de ce condensateur était de donner des commotions (chocs électriques ou électrisations) au public dans les foires.

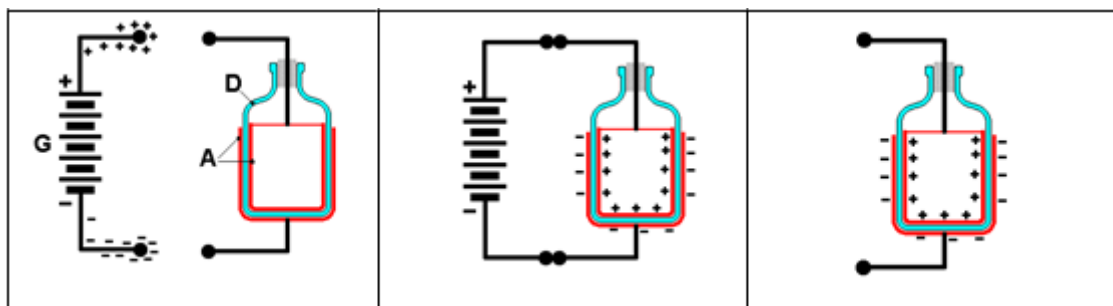


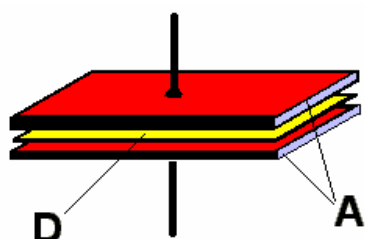
Figure 2: Schéma normalisé de la bouteille de Leyde

1.3 Modélisation et interprétation

Dans le condensateur, la charge électrique accumulée Q est proportionnelle à la tension U qui lui est appliquée ; la constante de proportionnalité, C , est appelée capacité du condensateur et s'exprime en farads (F – du nom de Faraday) si Q est en coulombs (C) et U en volts (V). $Q = C.U$ (1)

Le développement des condensateurs a révélé que les matériaux du diélectrique ne sont pas critiques mais pouvaient influencer sur la capacité électrique et limiter les arcs électriques entre les plaques (tension de claquage). Deux plaques séparées par un faible intervalle agissent comme un condensateur, même dans le vide.

Initialement, l'unité de mesure de la capacité était la bouteille, à peu près équivalente à 1 nF Les condensateurs plans permettent de réaliser de plus fortes capacités et de moindres Encombremens



$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{e} \quad (2)$$

ϵ_0 : permittivité du vide ($8,85 \cdot 10^{-12} F \cdot m^{-1}$)

ϵ_r : permittivité relative

S : surface en contact avec le dielectrique (m^2)

e : épaisseur du diélectrique (m)

Figure 3: condensateur plan (image siemens-Matsushita)

Le diélectrique d'un condensateur ne peut supporter une tension infinie. La tension maximum d'isolement est fonction de l'isolant choisi et de l'épaisseur du diélectrique. Au-delà il peut y avoir percement du diélectrique et claquage¹ du condensateur. Certains isolants sont auto-cicatrisables, ils ne sont pas détruits après un claquage.

La faculté d'un milieu isolant de résister au claquage est appelée rigidité diélectrique. Elle est exprimée en kV/mm pour une épaisseur donnée car elle varie en fonction de l'épaisseur du diélectrique. L'hygrométrie et la température de l'isolant peuvent avoir un influence considérable sur la rigidité diélectrique, cette diminuant quand les premières augmentent.

Tableau 1: permittivité relatives et rigidité diélectrique de quelques matériaux

	air sec	carton	mica	PVC	porcelaine	verre	presspalm
ϵ_r	1	4	6	5	5 à 6	5 à 7	3
Rig.(kV/mm)	4	10	70	20	16	17	100

2. ASPECTS PHYSIOCHIMIQUES ET TECHNOLOGIES DES CONDENSATEURS

La technologie peut être définie comme étude des techniques industrielles en vue de réaliser un objet, un art, etc... (Gouton et al.1992). Dans cette partie nous parlerons des familles technologiques, des diélectriques et enfin du cout relatif des condensateurs et nous listerons quelques principaux fabriquant des condensateurs dans le but d'amener nos lecteurs à comprendre la structure des condensateurs.

2.1 Familles technologiques

Pour les applications en électronique des puissances, et selon la nature du diélectrique, trois grandes familles sont utilisés : **Gérard Mouriés (1999 :4)**

- Les condensateurs électrolytes (polarisée et non polarisés)
- Les condensateurs céramiques
- Les condensateurs films (papiers, plastiques, mica, secs ou imprégnés).

2.1.1 Les condensateurs électrolytiques à l'aluminium

Un condensateur électrolyte est composé de deux armatures souvent en aluminium et séparé par un diélectrique. Celui-ci est très mince couche d'oxyde déposé sur l'une des deux armatures. . Les deux armatures d'aluminium sont séparées par une couche de tissu de gaze ou de papier, imprégnés d'une solution saline. Le rôle de la solution est de renouveler en continu la couche diélectrique d'oxyde déposée sur l'aluminium. Comme la couche du diélectrique est très fine, ces condensateurs sont de taille réduite .Ces condensateurs électrolytiques ont la propriété d'être polarisés ou non. Ils doivent donc être reliés dans un sens déterminé. Les extrémités sont repérées par le (+) et (-). Il se peut que l'armature (-) soit reliée à l'enveloppe extérieure de protection en métal et ne porte pas d'indication. Il faut donc se fier qu'à la seule indication(+). (Gouton et al.1992).

Les données inscrites sur un condensateur électrolytique comprennent la capacité et la tension nominale de travail. Les capacités de ceux-ci peuvent aller de 0,5 μ F à 5000 μ Fet leur tension jusqu'à 1000v. Gérard Mouriés (1999 :4) Il y a en effet risque de court-circuit causé par une perforation de l'isolant.

Les condensateurs électrolytiques polarisés sont utilisés en courant continu pour le filtrage, découplage, lissage ... Alors que ceux non polarisés sont utilisés en courant alternatif ils n'ont pas de sens de branchement. Gérard Mouriés (1999 :4)

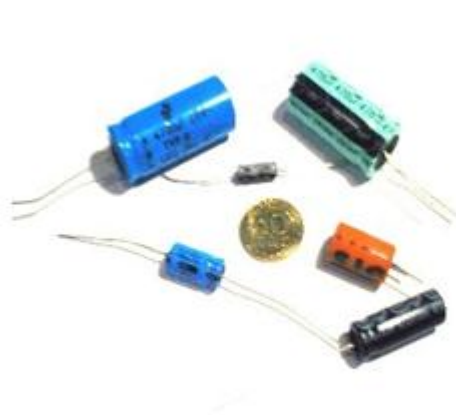


Figure 5: condensateurs électrolytiques polarisés



Figure 4: condensateur électrolytiques polarisés

2.1.2 Les condensateurs céramiques

Les condensateurs céramiques ont souvent la forme de petits tubes, de disques ou de pastilles. Comme son nom l'indique, son diélectrique est un dérivé de la céramique et ses armatures sont constituées par un dépôt d'argent déposé directement sur la céramique, l'ensemble est ensuite revêtu de matière plastique, de peinture ou d'email cuit au four.

Leur tension de service peut atteindre 5000V. Leurs valeurs élevées de capacité, dans un faible volume, les prédisposent au filtrage de sortie des alimentations à découplage à haute fréquence ($200\text{KHZ} \leq f \leq 1\text{MHZ}$). Les valeurs des capacités de ces condensateurs diffèrent selon la céramique variant de 1pF à 105pF. Cette valeur de capacité est généralement indiquée par le code des couleurs. (Osswald(1979) :3)

Les condensateurs céramiques sont employés en Circuit HF, pour le découplage, ils sont souvent employés dans les montages miniaturisés. Malheureusement leur coût est encore important les destinant aux systèmes très sophistiqués.

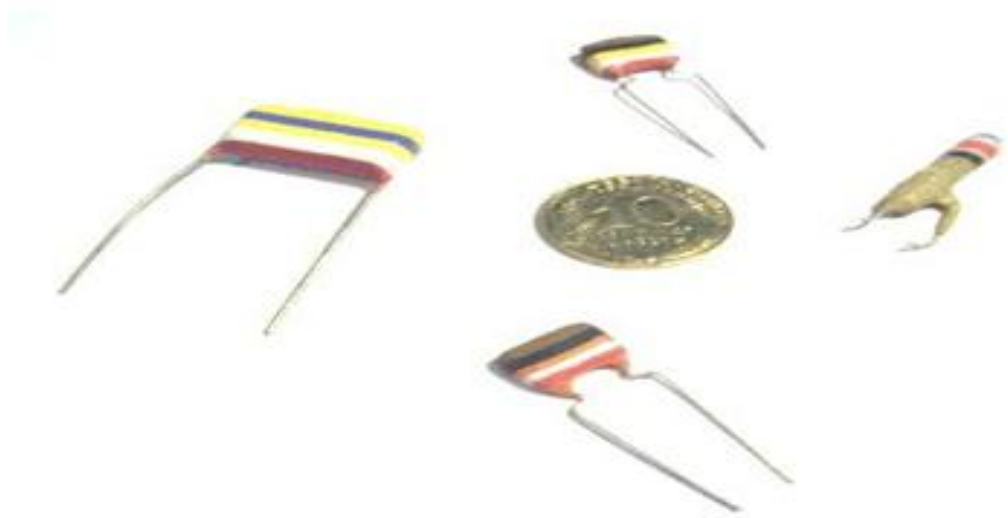


Figure 6: condensateurs céramique

2.1.3 Les condensateurs films (papiers, plastiques, secs ou imprégnés)

La technologie des condensateurs à films est fondée sur la réalisation d'éléments par bobinage simultané de rubans diélectriques (papier ou film plastique) et de rubans métalliques constituant les électrodes. Nous pouvons imprégner ces éléments, le diélectrique est alors l'association des films et de l'imprégnant : Gérard Mouriés (1999 :4) Dans cette ribambelle de condensateurs films notre choix sera porté sur le condensateur au papier : Ses armatures sont constituées par des feuilles de papier d'aluminium généralement très pur (99,99%) d'épaisseur faible de l'ordre du micron. Son diélectrique est bien sûr du papier qui sera imprégné notre diélectrique sera donc l'association du papier et de l'imprégnant.



Figure 7: condensateurs à films

2.2 Les diélectriques

Les diélectriques utilisés sont les matériaux isolants classiques solides, liquides et même gazeux rencontrés en électrotechnique, mais les épaisseurs sont faibles et leur qualité soigneusement sélectionnée

2.2.1 Matériaux isolants solides

Le plus ancien des matériaux est le papier ; il est encore utilisé en tension continue au-delà de 5 KV. Sa propriété essentielle est sa texture fibreuse, qui permet l'imprégnation facile par différentes huiles, cires ou résines époxydes. Ces imprégnant donnent, pour une grande part, les caractéristiques du condensateur :Timaltine(2008 :67).

Les autres matériaux sont les matières thermoplastiques, le Polypropylène (PP) et le polyester linéaire, sous forme de films très minces (1 à 25 mm) et très homogènes ; L'imprégnation est, en revanche, plus délicate ; il faut avoir recours à des astuces, Il est également possible d'imprégner des films plastiques lisses avec des gaz comme le SF6.

Pour les basses tensions continues ($U < 2KV$), les films thermoplastiques sont utilisables sans imprégnation ; on parle, alors, de condensateurs secs : Gérard Mouriés (1999 :4)

2.2.2 Imprégnant

Les imprégnant les plus courants sont l'huile minérale, des huiles végétales comme les huiles de ricin, de colza et de coton, certaines cires et des huiles de synthèse biodégradables

comme le PXE (phénylxylyléthane) et le M/DBT (mono/dibenzyltoluène, Jarylec). Ces dernières ont totalement remplacé les biphényles chlorés ou PCB (Pyrène), qui sont aujourd'hui, comme chacun le sait, interdits d'emploi (pollution, risque de dioxine).

Les imprégnant liquides apportent d'excellentes performances diélectriques aux condensateurs, mais les exigences de l'écologie (biodégradabilité, destructibilité, recyclable) et de la sécurité (toxicité, inflammabilité, fumées) orientent les recherches vers des solutions diverses) :Tilmatine (2008 :57)

- utilisation de résine époxyde thermodurcissable (ce qui reste Coûteux) ;
- utilisation des huiles végétales (bon compromis économique)
- utilisation des gaz ;
- minimisation des quantités d'huile libre de remplissage

2.2.2.1 Imprégnant liquides

- **Huile minérale** : Spécialement purifiée, cette huile présente l'avantage de donner des condensateurs de caractéristiques peu variables dans un large domaine de température, de - 55 à + 85 °C, sauf en ce qui concerne la résistance d'isolement, mais ce défaut est commun à tous les diélectriques. La forte capacité thermique massique et la bonne conductivité thermique de l'huile permettent aussi d'évacuer des pertes élevées, donc de travailler à fort courant : Gérard Mouriés (1999:4)

- **Huiles végétales** :

* **L'huile de ricin** a des propriétés très voisines de l'huile minérale, mais ses propriétés ioniques permettent un fonctionnement sous de plus fortes tensions en courant continu, toutes choses égales par ailleurs, ce qui conduit à un gain en volume. Sa permittivité, et donc la capacité, diminuent rapidement aux basses températures. Enfin, des pertes diélectriques plus élevées en restreignent l'emploi. Tilmatine(2008 :58)

* **Les huiles de coton et de colza** Les Japonais l'ont utilisé, très tôt dans les condensateurs au polypropylène à faible performance, c'est-à-dire à faible énergie volumique (diélectrique utilisé à 30 V/ μm) : (Yasufuku et al.1978), pour des raisons écologiques ou économiques. Elles doivent leur succès, depuis la fin des années quatre-vingt, à leur capacité d'imprégner les films de polypropylène métallisé sans altérer, contrairement aux autres huiles, la cohésion de la couche nanométrique de métal avec le film. L'industrie française a réussi, la première, l'industrialisation de condensateurs pour tension continue imprégnés à l'huile de colza aux performances très supérieures à celles de condensateurs existants, ce qui a constitué un virage technologique. Le point fort de ces huiles, dans le contexte de l'industrie moderne, est l'aspect

écologique et leur faible coût (2 à 3 fois moindre que celui des huiles synthétiques). De plus, le point d'éclair et le point de feu les classent parmi les liquides les moins inflammables. Elles présentent donc un excellent compromis entre performance et sécurité:(Yasufuku et al.1978)

* Imprégnant synthétiques Depuis la fin des années soixante-dix, l'industrie chimique s'est employée à fournir des liquides isolants synthétiques biodégradables pour remplacer les PCB. Aujourd'hui, ces liquides ont des performances électriques supérieures aux PCB, notamment au niveau de la réabsorption des gaz dus aux décharges partielles. Il en résulte une optimisation du champ électrique utile, c'est-à-dire des réductions de volume des condensateurs. Le M/DBT additionné de stabilisant époxyde est aujourd'hui l'imprégnant synthétique le plus utilisé. Plus anciens, le mono isopropylbiphényle (MIPB) et le phénylxylyléthane (PXE), dont les capacités d'absorption des gaz, générés par les décharges partielles, sont moindres, ont perdu leur part du marché :Tilmatine(2008 :58)

2.2.2.2 Imprégnant solides

Les cires sont utilisées pour imprégner les condensateurs au papier métallisé. Les rigidités diélectriques obtenues (180 V/mm), avec seulement deux couches de papier, permettent la réalisation de condensateurs de filtrage en courant continu de moins de 3 000 V, 40 % plus petits que des condensateurs au papier à armatures imprégnés à l'huile. Cependant, la température de fusion de la cire (85 °C) limite l'utilisation de ces condensateurs : Gérard Mouriés (1999:4).

2.2.2.3 Imprégnant gazeux

L'imprégnation à l'aide de gaz est également séduisante pour résoudre les problèmes de sécurité posés par les imprégnant liquides (risque de feu, recyclage) mais complique la réalisation des condensateurs et en grève le coût. L'hexafluorure de soufre (SF₆), pur ou en mélange avec l'azote, est le gaz le plus utilisé : Gérard Mouriés (1999 :4)

2.2.3 Domaines d'applications

Le **tableau 2** résume les domaines d'applications des différents diélectriques utilisés, en précisant l'avantage déterminant dans le choix du diélectrique : Gérard Mouriés (1999 :4)

Tableau 2: Diélectriques utilisés et domaine d'application

Diélectrique	Applications (§ 3)	Avantages déterminant le choix du diélectrique	Observations	Permittivité relative ϵ_r	$\tan \delta$ à 1 kHz et 25 °C (en 10^{-4})
Papier + huile minérale	Filtrage continu Stockage d'énergie	Température d'utilisation élevée : $\theta_{max} = 85$ °C	Volume relativement important	≈ 4	
Papier + huile de ricin	Filtrage continu Stockage d'énergie Bancs à très haute énergie	Volume plus réduit que l'huile minérale Prix	Température maximale : 60 °C	5,7	≈ 60
Papier métallisé + cire	Filtrage continu	Très faible volume Autocicatrisable	Température maximale : 70 °C	4,6	150
Mixte : papier et polyester + huile	Filtrage continu Décharges	Faible volume Température d'utilisation : $\theta_{max} = 85$ °C	Possibilité de protection des éléments par fusibles internes	≈ 4	≈ 50
Mixte : papier et PP + huile	Commutation Décharges rapides FIP Filtrage continu	Meilleur rapport pertes/volume à forte puissance	Possibilité de protection des éléments par fusibles internes	≈ 3	≈ 15
Polyester avec armatures + M/DBT	Filtrage continu	Faible volume	Température maximale : 70 °C Fusibles internes protégeant chaque élément	3,2	70
Polyester métallisé	Filtrage Commutation BT	$\theta_{max} : 85$ °C Très basse tension	Pertes élevées	3,2	60
PP rugueux + M/DBT	Commutation Snubber Filtrage en alternatif Chauffage par induction	Très faibles pertes		2,4	≈ 2
PP + papier + M/DBT	Commutation Snubber	Faibles pertes		3,2	10
Mica + huile minérale	Découplage Accord HF	Très faibles pertes en HF Grande stabilité		7	2
PP métallisé	Filtrage BT Commutation Snubber	$\theta_{max} : 85$ °C Diélectrique sec Autocicatrisable	Limites en dv/dt dues aux connexions par <i>shoopage</i>	2,2	5
PP métallisé segmenté	Filtrage continu Stockage d'énergie	$\theta_{max} : 85$ °C Faible volume Autoprotégé	Limites en dv/dt dues aux connexions par <i>shoopage</i>	2,2	50
PP rugueux métallisé segmenté + huile végétale	Filtrage continu	Faible masse Faible volume Autoprotégé Écologique	Température maximale : 70 °C	2,3	100
PP métallisé segmenté + gaz	Filtrage continu	Faible masse Faible volume	Température maximale : 70 °C	2,2	70
PP métallisé et armatures	Accord HF Chauffage par induction	Très faibles pertes Courant très élevé	Peut remplacer le mica	2,2	2

BT basse tension. HF haute fréquence.
FIP formeur d'impulsions (association d'inductances et de condensateurs, § 3.7) Snubber aide à la commutation des semiconducteurs (§ 3.6).

Source : (d'après doc. SIC-SAFECO, 1994)

2.3 Coût relatifs des différents types de condensateurs et quelques principaux fabricant

2.3.1 Coût relatif des différents types de condensateurs

Il est difficile de comparer entre eux les prix des condensateurs pour l'électronique de puissance, car chaque modèle dépend de l'application spécifique pour laquelle il est conçu. En règle générale, à volume et à énergie égaux, les réalisations à haute tension sont moins chères, car les diélectriques épais sont moins coûteux et les condensateurs à haute densité de courant sont beaucoup plus chers (jusqu'à dix fois plus) Gérard Mouriés (1999 :4)

À titre indicatif, on peut comparer le prix massique des diélectriques et indiquer l'énergie massique théorique pour une application de filtrage en courant continu.

Tableau 3: prix des diélectriques par rapport au polypropylène

Diélectrique	Prix massique relatif	Energie massique (J/Kg)
Polypropylène.....	1,9	
Polyester.....	1,7	245
Papier.....	1,1	76
Armatures en aluminium...	0,8	
Métallisation (par rapport au film de base).....	1,5 a 2	
Céramique multicouche.....	50	15
Condensateur électrolytique...	3	320

2.3.2 Principaux constructeurs

LCC filiale Thomson CSF (condensateurs films, condensateurs céramiques)

SIC-SAFCO (condensateurs électrolytiques)

SIEMENS-Matsushita Components (condensateurs films, condensateurs électrolytiques)

3. EMPLOIS ET SPECIFICATIONS

Il est difficile et coûteux de réaliser un condensateur qui satisfait l'ensemble des spécifications pour les applications de l'électronique de puissance. Aussi les fabricants ont-ils été conduits à créer des composants adaptés à des emplois spécifiques.

Dans les grandes lignes, il existe deux grandes familles de condensateurs :

- Les condensateurs à tension de charge continue et unidirectionnelle
- Les condensateurs à tension de charge alternative

3.1 Condensateurs à tension de charge continue

Les condensateurs pour la tension continue ou pour le stockage d'énergie on peut citer : Condensateurs de filtrage, Condensateurs de découplage, et Condensateurs de stockage d'énergie faible récurrence de décharges (quelques hertz) sont soumis à de faibles puissances réactives et les pertes diélectriques ne sont pas prédominantes ; on peut alors tolérer des diélectriques ayant des pertes relativement élevées (papier, céramique, systèmes électrolytiques, etc.). La résistance série et le courant efficace sont les facteurs essentiels de l'échauffement. Burgum(1974 :123)

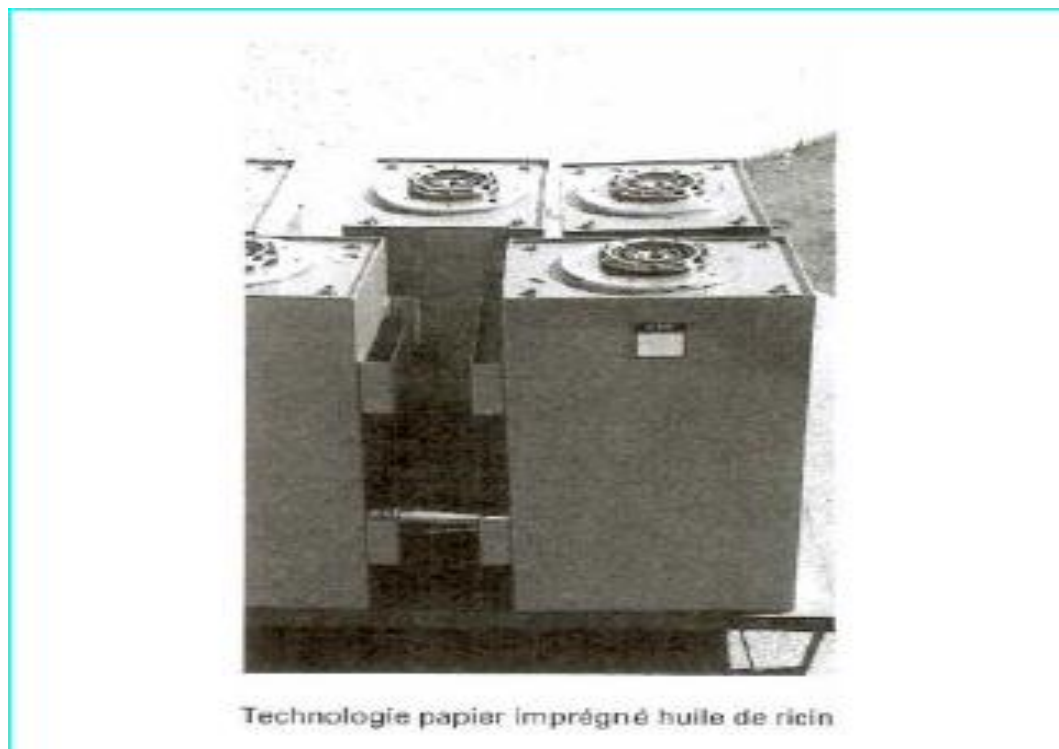


Figure 8 : condensateur de stockage d'énergie (image Saftco)

3.2 Condensateurs a tension de charge alternative

En alternatif, les composantes des pertes sont importantes. On peut citer :la commutation, le filtrage harmonique, aide commutation ou protection des semi-conducteurs .Selon le type de condensateur et la forme d'onde on obtient les valeurs efficaces des courants et les puissances dissipée et réactive

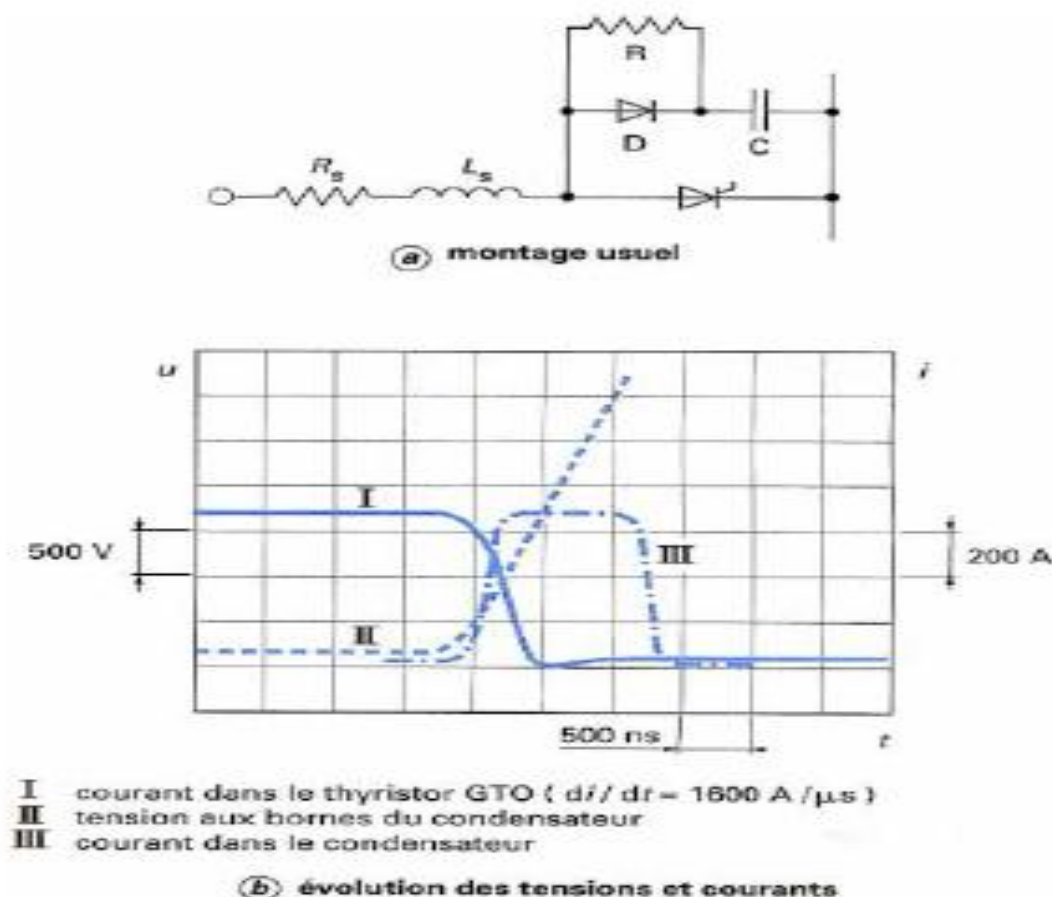


Figure 9: commutation à semi-conducteur

4. ILLUSTRATIONS DES PERTES DANS UN CONDENSATEUR

4.1 Schéma équivalent

Le schéma équivalent d'un condensateur réel peut être mis sous différentes forme. Nous adopterons celles des figures ci-après avec les notations suivantes

C : condensateur parfait

L_s : Inductance série

R_{eq} : Résistance équivalente utilisée pour la définition des pertes totales du condensateur à une fréquence donnée

R_f : Résistance de fuite

R_p : Résistance équivalente utilisée pour la définition des pertes diélectriques

R_s : Résistance série

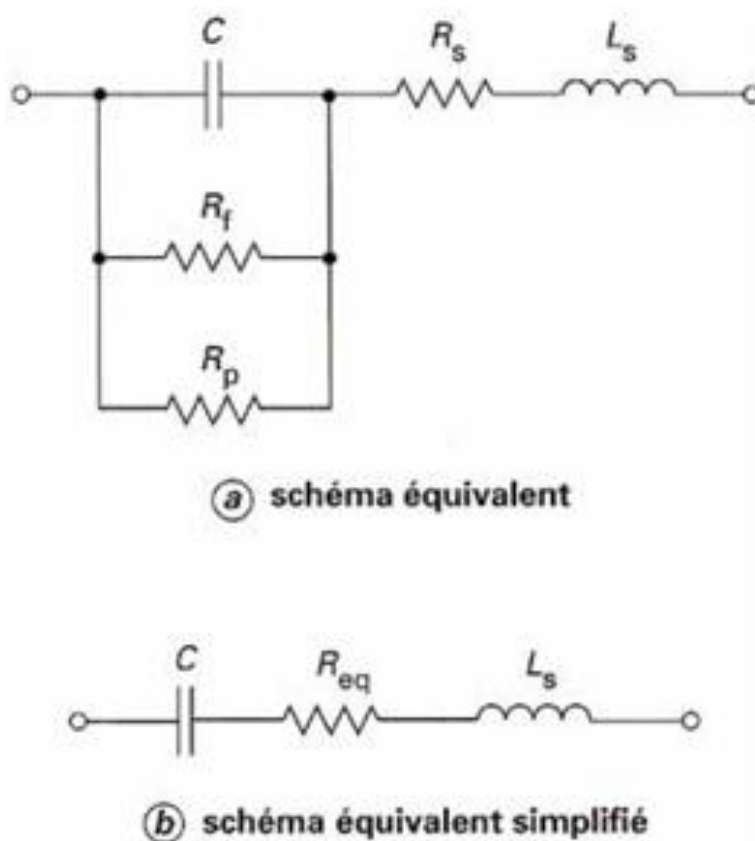


Figure 10: condensateur de puissance : schéma équivalent

4.2 Types de pertes

Nous pouvons regrouper les pertes dans un condensateur autour des axes ci-après :

- **Les pertes joules** : c'est le problème le plus important car détermine la fiabilité des composants, et la dépendance de la fréquence. On évalue pour ce problème R_s
- **Les pertes diélectriques** : sont dues au vieillissement du diélectrique et dépend de la forme d'onde de la tension, la fréquence, la température Θ et les régimes de surtensions sont les paramètres déterminant. On évalue ces pertes dans le circuit au niveau de R_p
- **Les pertes électromagnétiques** : sont dues au courant de Foucault dans le boîtier métallique, ce qui impose souvent l'utilisation des métaux amagnétiques. Par ailleurs les courants impulsionnel, lorsqu'ils sont élevés soumettent les connections a des forces qui peuvent provoquées la rupture.

5. ASPECT PHYSICOCHIMIQUE DES CONDENSATEURS

5.1 Objectifs

Les recherches en matière de réalisation des condensateurs au-delà du bon choix du diélectrique ont deux objectifs :

- minimiser le volume
- augmenter la fiabilité dans la durée de vie qu'impose l'application.

5.2 Configurations technologiques

Les différentes technologies utilisées pour réaliser des condensateurs sont schématisées sur la figure 11 et les applications sont précisées dans le tableau 4.

Chacune des technologies possèdera sera décrite brièvement et nous présentons tour à tour quelques avantages et inconvénient de chacune d'elles.

Tableau 4: Technologies utilisées pour réaliser des condensateurs

Technologie	Applications principales	Présentation
Armatures-sorties par lamelles (figure A)	Filtrage HT Stockage d'énergie HT	Boitiers parallépipédiques en acier ou cylindriques
Armatures débordantes (figure 4b) bobines plates	Commutation très forts courants, Filtrage, stockage d'énergie	Boitiers parallépipédiques en acier ou en aluminium
Armatures débordantes (figure B) bobines cylindriques	FIP, Décharges HP	Boitiers cylindriques en aluminium, polypropylène ou verre, Boitier en acier pour FIP
Papier métallisé (figure C) Diélectrique simple ou composite	Filtrage, Décharges	Boitier
Film métallisé (PP ou Polyester) segmenté ou non, sec ou imprégné (figure C et D)	Commutation, Filtrage continu, filtrage alternatif	Boitiers parallépipédiques en aluminium, acier, ou plastique

5.2.1 Condensateur à film métallisé segmenté ou crénelé

Par certaines techniques, que l'on nomme de façon générale segmentation ou crénelage (figure D), il est possible de diviser la couche métallisée pour obtenir une multitude de petits éléments capacitifs connectés ensemble au moyen de fusibles. La division permet, par limitation de l'énergie lors d'un claquage, d'améliorer l'auto cicatrisation. Les fusibles augmentent la fiabilité, notamment en cas de surtensions anormales. La difficulté de ce procédé réside sur les techniques de segmentation

5.2.2 Condensateur métallisé

Dans ce condensateur (figure C), les électrodes sont directement déposées par évaporation sous vide sur un diélectrique. Le contact extérieur de ce type d'électrode s'effectue par shoopage, procédé qui consiste à pulvériser un métal en fusion (en général du zinc), qui vient, en se solidifiant, s'accrocher aux films. Le grand intérêt des films métallisés est leur propriété d'auto cicatrisation

5.2.3 Condensateur à armatures débordantes

Ce système (figure B) a été spécialement créé pour les pour forts. Généralement leurs boîtiers sont cylindriques en aluminium, en polypropylène ou verre. Cependant en HF leurs boîtiers sont en acier. Cette technologie trouve ses applications dans les circuits RC de protection, les décharges en HF et dans les FIP qui est une association d'inductances et de condensateurs

5.2.4 Condensateur à armatures

Dans ce type de condensateur (figure A), les électrodes sont constituées par un ruban d'aluminium de faible épaisseur. Le système de connexion le plus classique consiste à insérer des lamelles de cuivre au cours du bobinage de l'élément. Ces lamelles sont, par la suite, aisément reliées aux bornes du composant. Il est également très simple de réaliser des associations séries-parallèles entre les éléments et les deux bornes peuvent sortir du même côté.

Par construction, l'inductance série (inductance propre de bobinage) est importante. Néanmoins, certaines configurations permettent de réaliser de gros condensateurs (volume supérieur à 20 L) avec des inductances de l'ordre de quelques dizaines de nanomètres. En revanche, la dimension relativement petite des lamelles n'autorise pas le passage des courants dont la valeur efficace est importante.

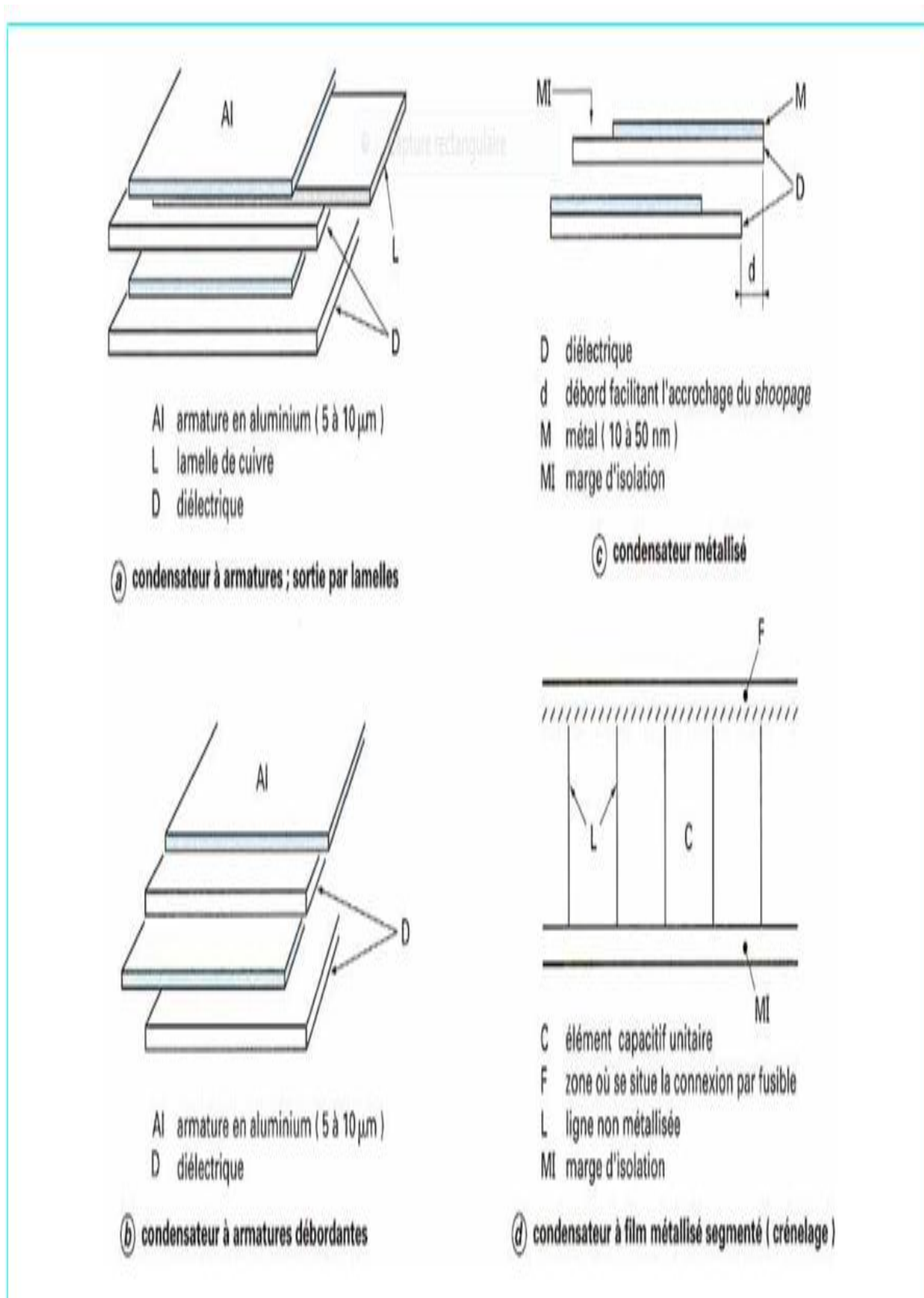


Figure 11: Différentes technologies de condensateurs (Salfco)

Conclusion

Au terme de ce chapitre où nous étions appelé de mener à bien l'état de l'art sur les condensateurs en passant par son historique, la technologie des condensateurs, emplois et spécifications, ainsi leurs aspect physicochimique . Dès lors, il ressort que les condensateurs sont des anciens dispositifs électroniques, leurs technologies constituent une palette bien que leur aspect physicochimique nécessite beaucoup de manœuvre. Par ailleurs les condensateurs sont présents dans tous les dispositifs électriques et électroniques. Vu l'importance des dispositifs électroniques dans notre ère et pour les générations futurs, une tentative d'associer théorie et pratique nous conduira à réaliser un condensateur au prochain chapitre

CHAPITRE 2:
REALISATION DU CONDENSATEUR :
CAS PRATIQUE DU CONDENSATEUR A PAPIER

Introduction

Au chapitre précédent, nous avons défini, le condensateur comme l'un des composants les plus utilisés en électronique. Ces condensateurs sont sujets à des contraintes de diverses natures. Les contraintes rencontrées en électronique nécessitent des condensateurs de technologies adaptées à chaque utilisation. Courant fort, fréquences élevées et les limites en températures, les diélectriques actuels imposent des composants à très faibles pertes. Le chapitre précédent illustre bien ces différentes pertes. Dans le présent chapitre nous allons fabriquer et tester un condensateur à papier imprégné d'une huile végétale. Pour ce faire, nous allons tout d'abord présenter et justifier notre matériel de travail, enfin mettre en œuvre notre condensateur à papier.

1. PRESENTATION GENERALE : MATERIEL ET APPAREILLAGE

1.1 JUSTIFICATION DU MATERIEL DE TRAVAIL

Les matériels utilisés pour la fabrication de notre condensateur sont :

1.1.1 feuilles d'aluminium

Pour la réalisation de notre condensateur nous avons utilisé les feuilles d'aluminium aux dimensions ci-après :

La longueur $L = (110,1 \pm 0,1)$ cm ; La largeur $l = (2,5 \pm 0,1)$ cm. Nos deux feuilles d'aluminium serviront d'armatures lors du montage du condensateur. Ces feuilles proviennent du recyclage : nous sommes allés dans les maisons de réparation des appareils électriques et électronique (Ets GEL briqueterie) récupérer à moindre coût les feuilles d'aluminium issues des condensateurs déjà endommagés, nous les avons nettoyés en les décapant en vue d'une réutilisation. Il est donc clair que le choix de ces feuilles réside sur sa disponibilité, son prix relativement bas et ses caractéristiques vues au premier chapitre (métal amagnétique et pratiquement inoxydable). Par ailleurs le type de feuilles d'aluminium décrits ici ne sont pas les seules, il en existe d'autres

1.1.2 Le papier

Notre papier utilisé est le papier particulier (kraft) de dimension : la longueur $(115,3 \pm 0,1)$ cm de largeur $(2,8 \pm 0,1)$ cm et d'épaisseur $(0,5 \pm 0,1)$ μm . Nous avons acheté ce papier dans une quincaillerie (Ets Bouba, briqueterie). Ce papier nous servira de diélectrique lors du montage du condensateur son choix réside dans sa disponibilité et ses propriétés : Sa propriété essentielle est sa texture fibreuse, qui permet l'imprégnation d'huile.

1.1.3 Huile de résine

Issues de la plante de résine qui pousse presque partout au Cameroun, notre huile nous permettra d'imprégner notre papier. Son choix réside non seulement sur sa disponibilité mais aussi sur ses propriétés qui permettent un fonctionnement sous de plus fortes tensions en courant continu, toutes choses égales par ailleurs, ce qui conduit à un gain en volume. Sa permittivité, et donc la capacité, diminuent rapidement aux basses températures en restreignant l'emploi.

1.1.4 Le papier filtre

Notre papier filtre provient du laboratoire Biolec situé au quartier Biyem-Assi. Ce papier sera utilisé pour filtrer notre imprégnant afin d'enlever les particules solides.

1.1.5 Traceuse, ciseaux

Le premier nous permet de tracer et le second d'effectuer les découpages des feuilles d'aluminium, papier...

1.1.6 Bandelettes d'aluminium

De dimension $(4,1 \pm 0,1)$ cm de largeur et $(10,1 \pm 0,1)$ cm de longueur ces bandelettes nous serviront d'électrodes de branchement sa conductivité n'est plus à démontrer.

1.2 APPAREILLAGE

1.2.1 Le micromètre

Nous avons utilisé pour mesurer l'épaisseur du papier kraft le micromètre, est un instrument de mesure de longueur. Sous sa forme courante, il est très utilisé en mécanique pour mesurer des épaisseurs, des diamètres.

De par sa conception, il est moins sujet à déformation que le pied à coulisse, autre instrument classique de mesure de longueur ; sa résolution est de l'ordre du micromètre, alors que les constructeurs de pieds à coulisse se limitent, eux, à un affichage au centième de millimètre

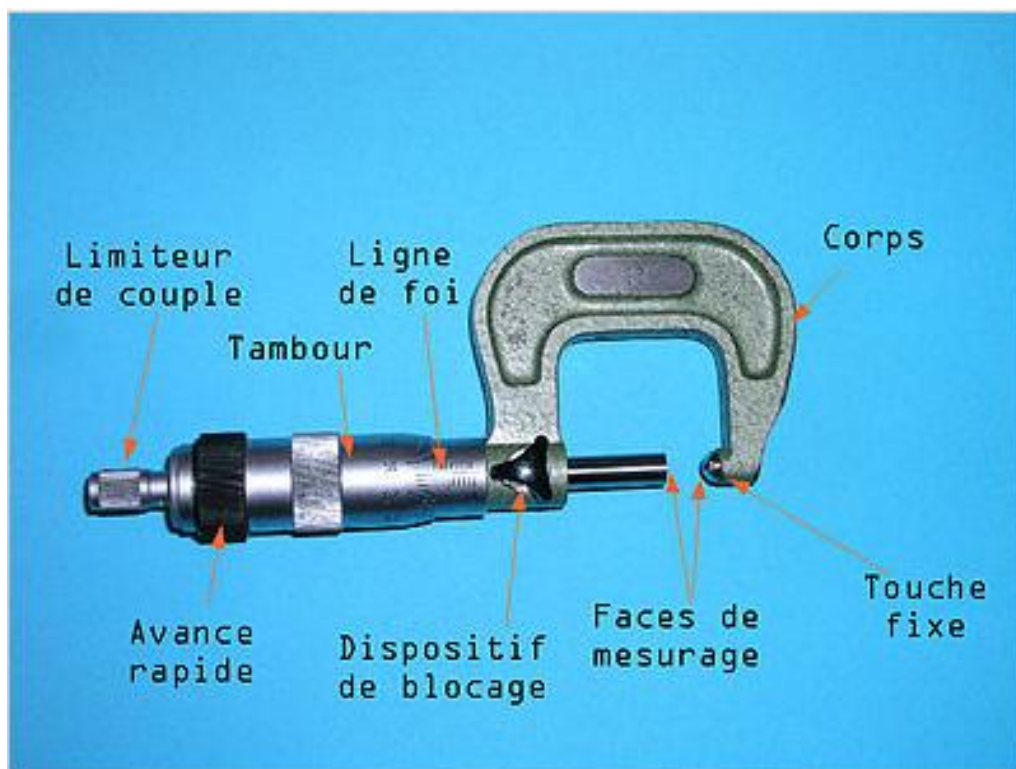


Figure 12: image du micrometre

Notre micromètre d'extérieur utilisé est composé d'un corps nu métallique, qui est recouvert de matière plastique, sur lequel sont montées une touche fixe et une touche mobile. La touche mobile est actionnée par un mécanisme de vis micrométrique. Un limiteur de couple permet d'exercer sur la pièce un serrage. Dans notre cas notre micromètre d'extérieur, a un effort de serrage compris entre 5 et 20 newtons. La lecture de la dimension s'effectue grâce à un vernier. L'affichage au micron et l'instrument à une bonne exactitude égale à 1/100 de micromètre.

En plus du micromètre d'extérieur classique, on trouve: Le micromètre d'intérieur utilisé pour mesurer le diamètre de trous cylindriques.

1.2.2 Multimètre

Comme son nom indique le multimètre réalise plusieurs fonctions : utilisation en ampèremètre, en voltmètre et en ohmmètre. Cet appareil est d'une utilité capital car il nous a permis d'effectuer plusieurs mesures. Suivant le type de mesure que l'on entreprend, différentes étapes préalables sont nécessaires : choisir le mode de fonctionnement adéquat (= continu ou ~ alternatif), puis le calibre.

Mesure de tension : Pour La mesure de tension nous avons branché notre voltmètre en parallèle au composant (condensateur) et lu sur l'affichage la valeur de la différence de potentiel ou la chute de tension à ses bornes. Nous avons Choisi la fonction CC pour effectuer notre mesure en continu.

Mesure de courant : Pour mesurer le courant dans notre circuit, nous avons inséré l'appareil préalablement réglé en fonction ampèremètre en série dans le circuit. Il faut donc au préalable ouvrir le circuit.

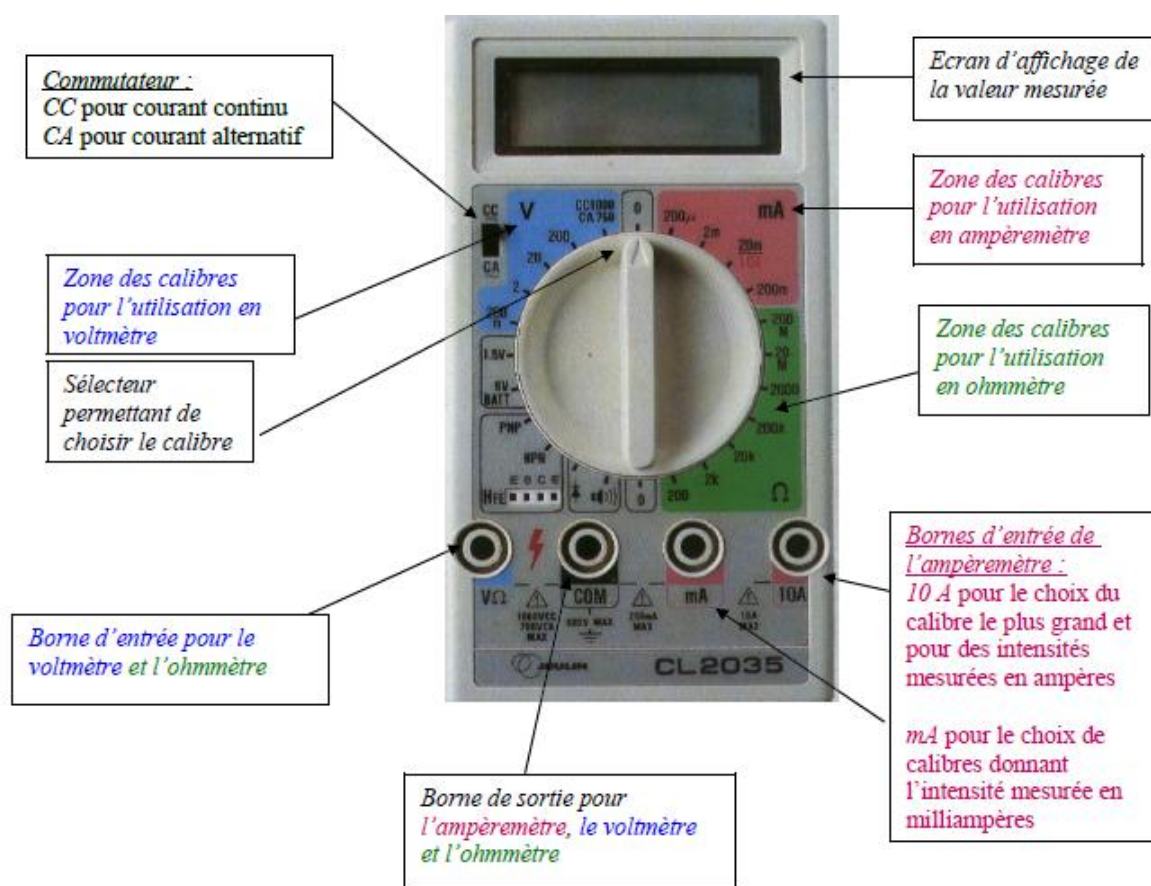


Figure 13: exemple d'un multimètre

1.2.3 Oscilloscope

C'est un instrument de mesure destiné à visualiser un signal électrique le plus souvent variable au cours du temps. Notre oscilloscope nous permettra de suivre l'évolution de la tension aux bornes de notre condensateur en fonction du temps



Figure 14: oscilloscope analogique

1.2.4 Alimentation stabilisée

Une alimentation stabilisée est un dispositif électronique, utilisant une régulation, permettant le réglage de la tension et du courant nécessaires au fonctionnement d'un appareil électrique ou électronique. Il est généralement conçu pour fonctionner en générateur idéal de tension et de courant. ..

Cet appareil nous a permis d'alimenter notre circuit pendant nos prises de mesurer, grâce à son fonctionnement en générateur idéal de courant.

Il existe plusieurs type d'alimentation stabilisée, celui utilisé est le l'alimentation classique donc l'image est donnée par la figure ci-après.



Figure 15: image d'une alimentation stabilisée

2. MISE EN OUVRE DU CONDENSATEUR A PAPIER

2.1 Contexte

L'utilisation des condensateurs au Cameroun est caractérisée depuis bel lurette par une importation. Ce qui pourrait justifier sa rareté dans le marché et dans nos établissements scolaires pourtant le condensateur, et autres (résistors, bobines...) sont des composants utilisés dans la quasi-totalité des travaux pratiques du système scolaire camerounais. D'où la nécessité de développer et soutenir l'apprentissage locale de fabrication des composants électroniques qui représente un double intérêt : pédagogique, et environnemental en valorisant davantage les déchets par recyclage. Il est question pour nous de tenter de réaliser un condensateur à papier en faisant usage aux matériaux locaux.

2.2 Objectifs

Notre objectif est de fabriquer un condensateur à papier grâce aux matériaux locaux et de mesurer sa capacité.

2.3 Méthode

Pour fabriquer notre condensateur nous avons utilisé des armatures d'aluminium séparées par du papier kraft. Nous avons besoin de deux feuilles d'aluminium (on a mesuré les dimensions précises des feuilles d'aluminium), de deux bandelettes d'aluminium (qui serviront d'électrodes de branchement) et de deux feuilles de papier de dimension précédemment citées. On peut coller les électrodes en place à l'aide d'une petite quantité de ruban.

Ensuite roulons notre condensateur sur lui-même, en faisant attention aux éléments suivants :

- les feuilles d'aluminium ne se touchent pas : permettant ainsi d'éviter le court-circuit
- chaque bandelette touche à une feuille d'aluminium : prolongement de chacune des feuilles qui servira de branchement
- les bandelettes dépassent de chaque côté lorsque vous roulez le condensateur pour pouvoir les brancher
- il n'est pas nécessaire que le rouleau soit très mince (diamètre de départ entre 1 cm et 1,5 cm, mais faisons en sorte que les tours d'enroulement soit bien serrés les uns sur les autres pour assurer une distance constante entre les armatures sur toute la surface.

- lors de nos mesures, plaçons notre rouleau sous une pile de livres pour qu'il soit bien comprimé et pour minimiser l'espace entre les armatures

2.4 Montage

Avant d'introduire notre dispositif dans le circuit nous sommes assurés qu'il fonctionne (existence d'une différence de potentiel) à travers l'opération suivante : Nous avons relié notre dispositif fabriqué à un générateur (pile) voir image



Figure 16: condensateur

Ensuite nous avons débranché le dispositif et l'avons connecté au voltmètre : voir image.



Figure 17: Mesure de la tension au borne du condensateur

Nous constatons la présence d'une tension dans notre dispositif : notre dispositif constitue donc un condensateur.

2.4.1 Capacité

2.4.1.1 Capacité théorique du condensateur : C_{th}

Capacité théorique de notre condensateur s'exprime par la formule (1) du premier chapitre :

$$\text{Nous avons } C_{th} = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{e} \text{ avec } \epsilon_0 = \frac{1}{4 \pi 9 \cdot 10^9}$$

ϵ_0 : est la permittivité du vide

ϵ_r : est la permittivité du papier imprégné placé entre les 2 armatures (permittivité relative) et vaut 5,7 (confer tableau 2 page 13)

S : la surface des feuilles d'aluminium utilisés comme armature

e : l'épaisseur de notre papier kraft

2.4.1.2 Capacité mesurée

Grace au capacimètre on peut contrôler notre condensateur et mesurer sa capacité à tout instant. Le schéma ci-après illustre nos propos.

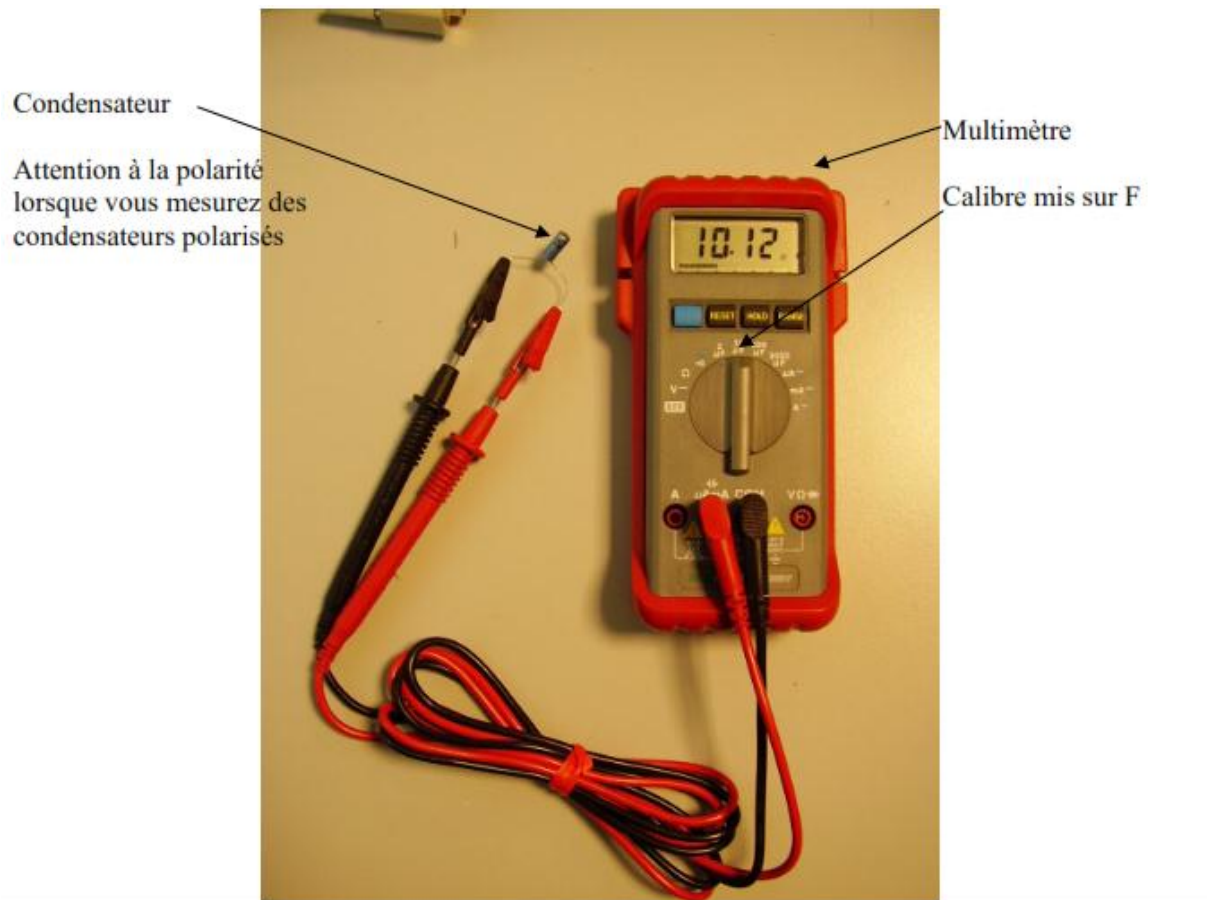


Figure 18: multimètre

2.4.2 Tension maximal

Rappelons que la tension maximale d'utilisation du condensateur correspond à la tension de claquage du matériau placé entre les deux plaques.

Prenons par exemple le cas de l'air : l'air est un isolant. Mais à partir d'une tension l'air devient conducteur, c'est la tension de claquage. Cette règle est valable pour tous les matériaux. En effet cette tension est de 1000V pour 1mm pour l'air et elle dépend du taux d'humidité.[1]

Dans notre cas nous avons réalisé le montage ci-après et observé la tension maximale à travers notre voltmètre

2.5 Utilisation du condensateur fabriqué en courant continu

2.5.1 Image du montage

Notre schéma comprend 02 mailles : le premier correspond à la charge et le second a la décharge.

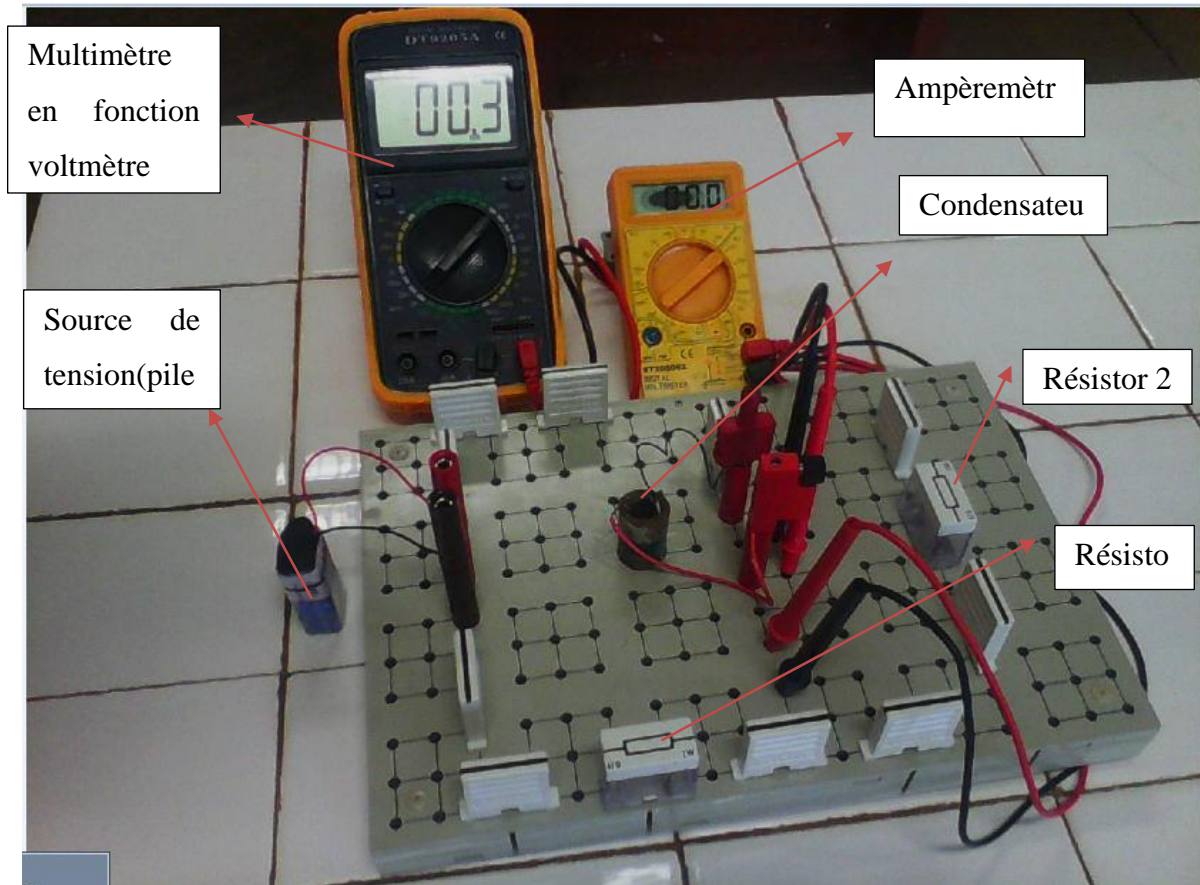


Figure 19: Image d'utilisation du condensateur

2.5.2 Caractéristique du condensateur

* La charge

Schéma du dispositif

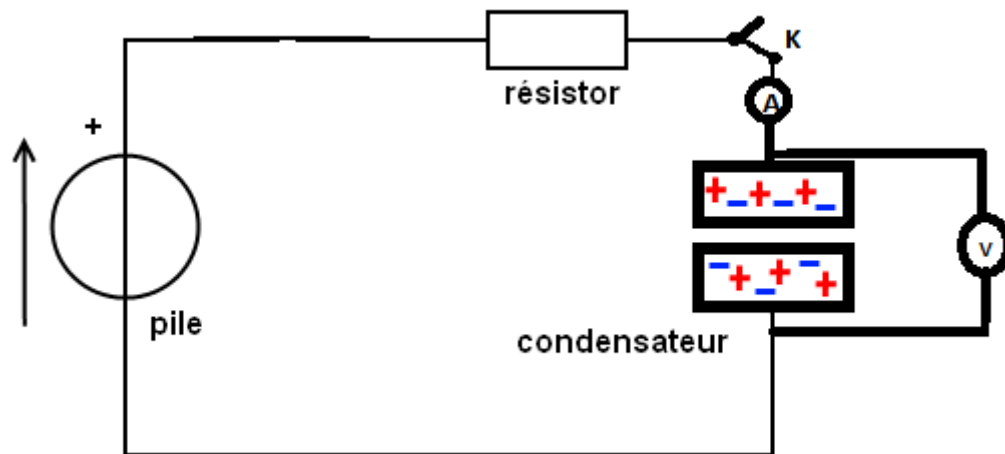


Figure 20: charge du condensateur à travers une résistance

Principe

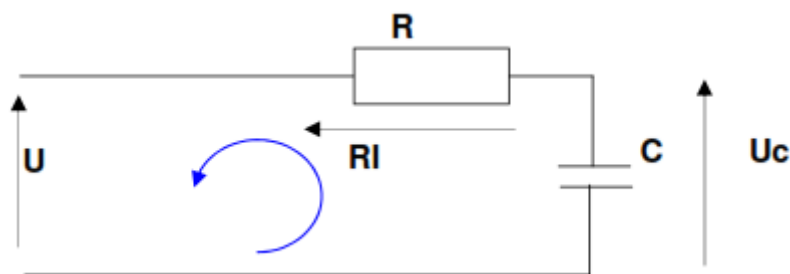
Le montage composé d'un générateur de tension continue (une pile), un résistor, un ampèremètre A, un interrupteur K et le condensateur C et un voltmètre V. Il va nous aider à bien comprendre le fonctionnement en charge du condensateur.

- Fermons l'interrupteur entre le résistor et le condensateur. Ce qui a pour effet de laisser circuler le courant dans le montage.
- Notre condensateur commence à se charger, par l'occasion l'ampèremètre enregistre un courant i dans le circuit
- Lorsque notre condensateur a fini de se charger, le courant $i=0,185$ A enregistré par l'ampèremètre s'annule. Ceci correspond à une saturation.
- On ouvre l'interrupteur, plus aucun courant ne circule et le condensateur reste chargé.

Donc le courant dans notre circuit est $I=0,185$ A (4)

Modélisation

Soit le circuit suivant :



Par application de la loi des mailles nous avons l'équation différentielle suivante :

$$U = U_R + U_C = Ri + U_C \quad \text{Or} \quad i = C \frac{dU_C}{dt}$$

$$U = RC \frac{dU_C}{dt} + U_C \quad \text{Avec } \tau = RC, \text{ la constante de temps du circuit}$$

Conditions initiales : a $t = 0$; $U_C = 0$

$$U_C = U (1 - e^{-t/RC}) : \text{équation de la charge du condensateur} \quad (1)$$

*La décharge

Schéma du dispositif

Pour notre décharge fermons notre interrupteur

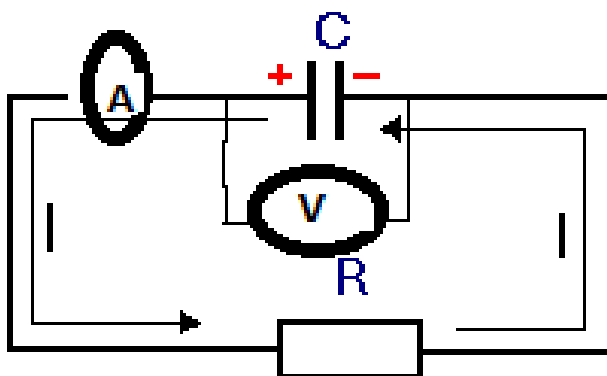


Figure 21: décharge du condensateur à travers une résistance

Principe

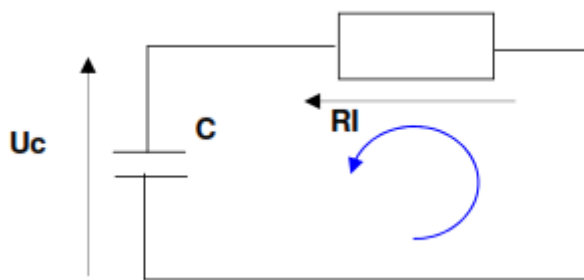
Notre montage est composé du condensateur C, de l'ampèremètre, du voltmètre, d'un interrupteur et d'un résistor R.

Fermons l'interrupteur, l'ampèremètre enregistre un courant i dans le circuit, par ailleurs la valeur de la aux bornes du voltmètre diminue : ceci correspond à la décharge du condensateur

La décharge du condensateur ne peut s'effectuer que si le condensateur est initialement chargé. Autrement dit, il faut que les charges soient rangées (les "plus" d'un côté, les "moins" de l'autre) dans ses armatures.

Modélisation

Soit le circuit suivant :



Appliquons la loi des mailles nous avons l'équation différentielle suivante :

$$U_C = RC \frac{dU_C}{dt} \quad RC = \tau, \text{ la constant de temps du circuit}$$

Condition initiale : a $t=0$; $U_C=U$

$$U_C = U e^{-t/RC} \quad : \text{équation de la décharge du condensateur} \quad (2)$$

Conclusion

Au terme de notre analyse, notre tâche de fabriquer un condensateur à papier imprégné d'huile végétale bien que ardue a été réalisée après onze essais. Dès lors nous pouvons affirmer que :

La réalisation du condensateur à papier nécessite du matériel et appareillage bien défini. Sa mise en œuvre est méthodique et nécessite un dimensionnement pré défini. Son utilisation est circonscrite à sa fonction et à ses caractéristiques. Dans notre cas après la mesure de la capacité de notre condensateur réalisé, nous avons effectué les opérations de charge et de décharge. Toutes ces opérations pour s'assurer que notre condensateur fonctionne. Ainsi donc notre test a été un succès ? Quels sont les résultats ? Ces résultats sont-ils en accord avec la précédente littérature (théorie) ? Les réponses à ces questions feront l'objet du prochain chapitre.

CHAPITRE 3
CONDENSATEUR A PAPIER :
RESULTATS ET DISCUSSIONS

Introduction

Les contraintes rencontrées en électronique de puissance nécessitent des condensateurs de technologies adaptées à chaque utilisation. Dans le présent chapitre nous nous sommes intéressés au condensateur à courant continu. Dès lors que notre condensateur est réalisé la caractérisation de ce dernier est inévitable. A travers les paramètres ci-après : la capacité, la tension maximal, et la polarité.

Dans le paragraphe 1 nous présenterons tous les résultats obtenus de notre étude, dans le paragraphe 2 une discussion sera menée et enfin une perspective dans l'objectif de perfectionnement de notre condensateur fera l'objet du paragraphe 3

1. RESULTATS

Les paramètres importants dont nous sommes conviés à déterminer pour notre condensateur sont :

- La valeur de la capacité du condensateur précédemment fabriqué
- La tension d'utilisation du condensateur : tout condensateur a une tension maximale d'utilisation appelé tension de claquage. Lorsqu'on dépasse cette tension un court-circuit se crée à l'intérieur du condensateur entraînant sa destruction.
- La polarité, rappelons que certains condensateurs sont polarisés. Brancher un condensateur polarisé en l'envers entraine rapidement sa destruction

Notre dispositif réalisé est le condensateur à papier ci-après :

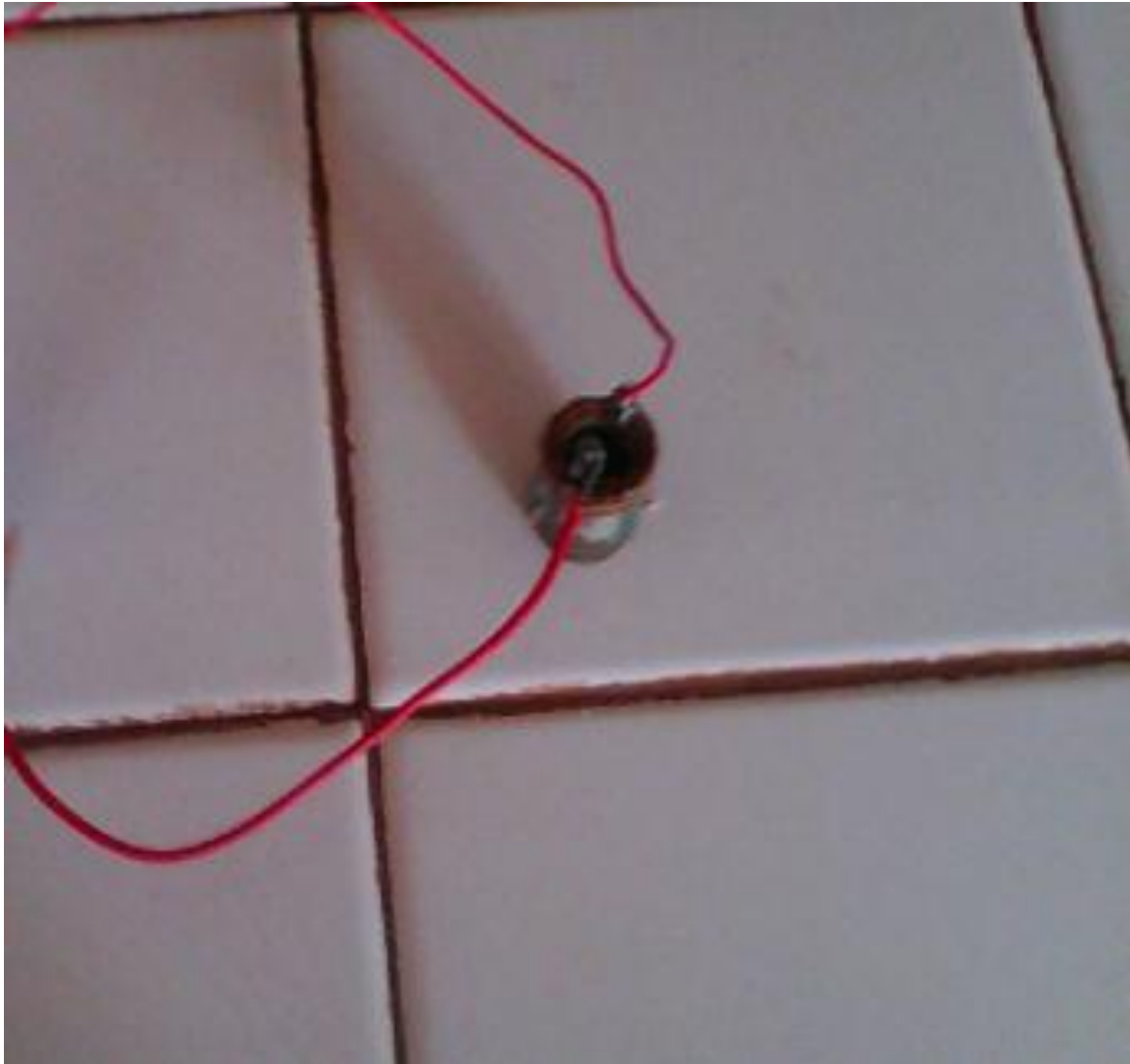


Figure 22: Image du condensateur

1.1 Capacité théorique

Pour la détermination de cette capacité théorique nous allons appliquer de la formule (2) du premier chapitre et considérer les valeurs données du second chapitre c'est-à-dire la permittivité du vide ϵ_0 , la permittivité du papier imprégné placé entre les 2 armatures (permittivité relative) et vaut 5,7 (confer tableau2): ϵ_r , la surface des feuilles d'aluminium utilisés comme armature $S = (275,25 \pm 11,26) \text{ cm}^2$, l'épaisseur de notre papier kraft $e = (0,51 \pm 0,01) \mu\text{m}$.

Il vient que $C_{th} = (2706 \pm 163) \mu\text{F}$

1.2 Caractéristique du condensateur

1.2.1 Courbe de charge

Pour charger notre condensateur, nous avons utilisé une résistance de 47Ω et avons eu les valeurs ci-après :

Tableau 5: valeurs de tension et de temps de charge

U/v	0,00	2,60	4,70	7,50	11,40	11,88
t/s	0,00	0,02	0,05	0,10	0,30	0,50

Les valeurs ci-après ont été traitées grâce à Microsoft Excel 2013 et donc les résultats sont :

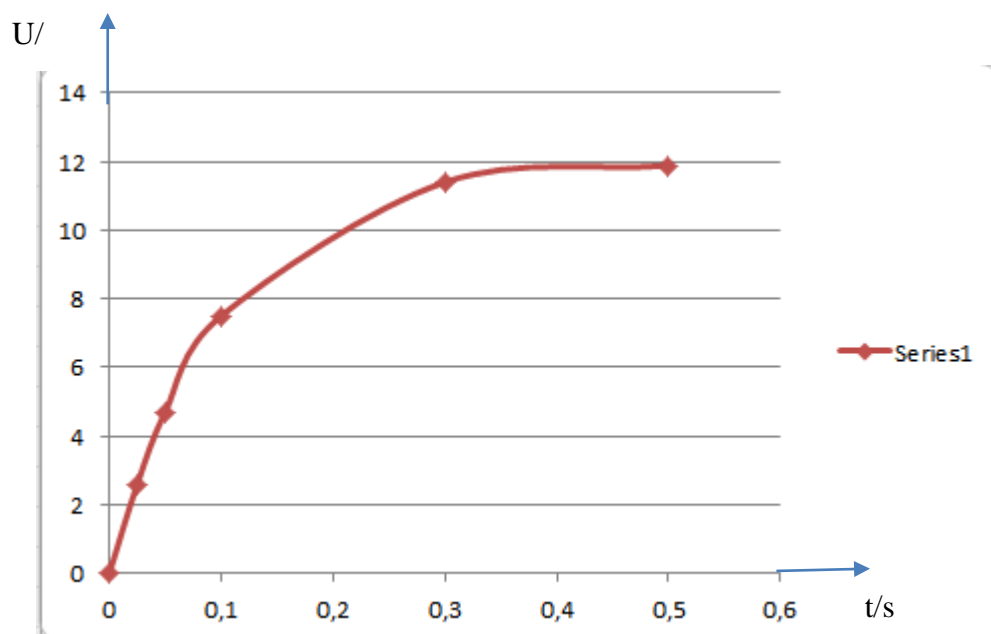


Figure 23: courbe de charge

Notre courbe de charge du condensateur à travers la résistance croît suivant la forme d'une exponentielle. Cette forme est en accord avec l'équation théorique(1) développé au précédent chapitre. On observe sur cette courbe trois phases importantes. La première qui va de 0 à 0,1 seconde soit $\tau=R.C=0,1s$ correspond au temps de charge du condensateur notre condensateur est ainsi chargé à 63% résultat en harmonie avec les prévisions theorique.la deuxième va qui va de 0,1 à 0,3 sec correspond a 3τ a cette phase notre condensateur est chargé 95%. La dernière qui va de 0,3 à 0,5 a la forme d'une courbe tendant asymptotiquement vers la valeur de 12 volts qui est la tension du générateur alimentant notre circuit : on peut déduire donc que notre condensateur est chargé et sa tension maximale est de 12 v, il est clair que au-delà de cette tension notre condensateur pourrait se détériorer.

1.2.2 Courbe de décharge

Nous avons utilisé une résistance de 4.7Ω et nous avons les résultats ci-après :

Tableau 6: valeurs de tension et temps de décharge

U_c/v	11,800	0,960	0,080	0,0005
T/s	0,000	0,004	0.005	0,1000

De même Les valeurs ci-après ont été traitées grâce à Microsoft Excel 2013 et donc les résultats sont :

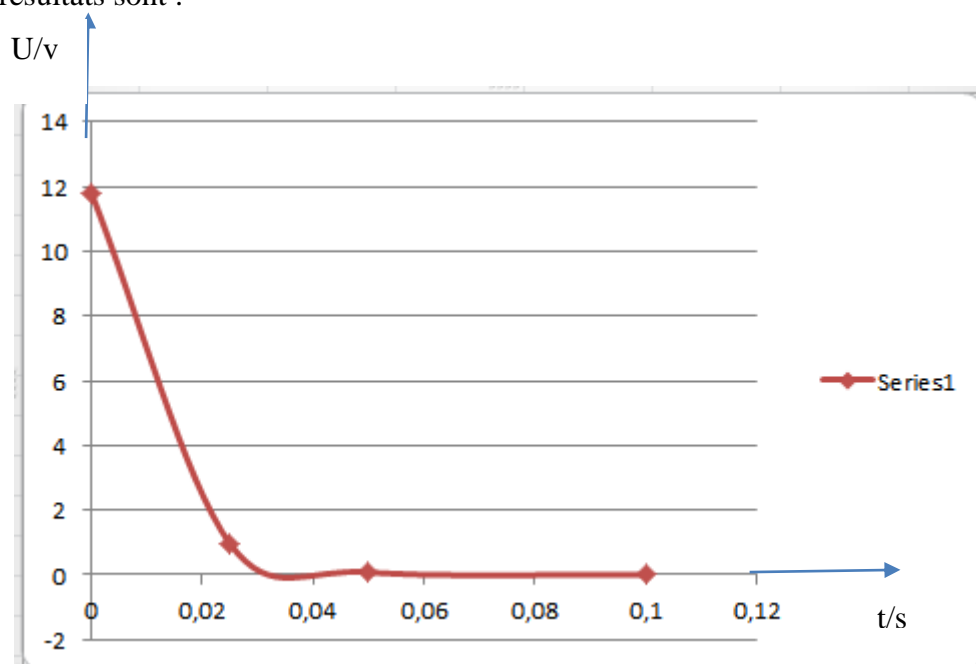


Figure 24: courbe de décharge

En observant la courbe, il apparaît que le condensateur se décharge dans la résistance en suivant une certaine *a contrario*, les résultats théoriques développés ci-dessus (2) prédisent une décroissance *q* la forme exponentielle : Ce décalage observé entre les résultats théoriques et expérimentaux pourrait être attribué à certains nombres de paramètres :

- Lors de la réalisation du circuit, faute d'appareillage disponible, nous avons utilisé une résistance d'une valeur de $(4,7\Omega)$ qui nous semble très petite.

- Pendant l'appréciation du temps de décharge, nous avons constaté que l'aiguille du voltmètre déviait rapidement. Cet état de déviation n'a pas permis d'obtenir les valeurs de tension de décharge. Cette incertitude sur ces valeurs pourrait être attribuée à notre voltmètre conçu pour mesurer des tensions de l'ordre de *mv*

1.2.3 Tension maximale

La tension maximale d'utilisation du condensateur correspond bien à la tension de claquage du matériau placé entre les deux plaques. Nous l'avons déterminé en faisant fonctionner notre condensateur :

➤ D'après notre courbe de charge cette tension maximale vaut en volt

$$U_{Cmax} = 12 \text{ V}$$

➤ Par ailleurs nous avons défini la tension nominale comme la tension sous laquelle notre condensateur peut fonctionner sans risque d'être détérioré.

$$U = (9,86 \pm 0,16 \%) \text{ V}$$

1.2.4 Capacité mesurée

Grâce à notre multimètre réglé à la fonction capacimètre (calibre mis sur F) nous avons mesuré la valeur de notre condensateur avant et après sa mise en fonctionnement :

Par ailleurs en utilisant les relations (1) et (4) du chapitre précédent et en faisant la moyenne des grandeurs mises en jeu il vient que :

$$Q_{moy} = 0,023 \text{ C}$$

$$\text{Ainsi donc } C = 2300 \mu\text{F}$$

$$U_{moy} = 9,866 \text{ V}$$

En appliquant la tolérance de 17% on a bien notre valeur du condensateur et sa tension nominale soit :

Tension nominale : $U = (9,86 \pm 0,16) \text{ V}$

Capacité mesurée : $C = (2300 \pm 237) \mu\text{F}$

En somme les courbes de charge et de décharges nous montre que notre condensateur fonctionne et peu alimenter un circuit pendant des microcoupures de plus elles nous ont permis d'avoir la tension maximal du condensateur et d'en déduire la tension nominale.

1.3 La polarité

Les condensateurs à film présentent une grande variété de formes et de caractéristiques. Ils ont tous en commun, néanmoins, de ne pas être polarisés, au contraire de leurs homologues électrochimiques

Les condensateurs polarisés comprennent pour l'essentiel les condensateurs électrochimiques, Ce qui les distingue des condensateurs à film, outre le fait qu'ils sont polarisés (dotés d'une connexion "+" et d'une connexion "-"), c'est leur capacité très nettement supérieure, puisqu'on trouve des valeurs de 4700uF, voir 10000 ou 22000 uF. (Il existe des valeurs encore plus fortes, mais réservées à des applications professionnelles).

Notre condensateur a papier fabriqué est un condensateur **non polarisé** : C'est un condensateur dont le sens de branchement dans un circuit importe peu. Chacune de ces deux bornes peut être reliée à une tension positive ou négative.

2. DUSCUSSIONS

Les appareils de mesure nous donne la valeur réelle de notre condensateur, en comparant cette valeur mesurée C a notre valeur C_{th} on observe que :

$$C_{th} > C$$

Les raisons qui expliquent d'une part la différence sont :

* C_{th} comme son nom l'indique est une valeur théorique et les paramètres qui entrent dans sa détermination sont fixes.

*C est une valeur mesurée après fabrication au cours duquel nous avons été soumis aux problèmes d'étanchéités (l'huile s'échappait légèrement pendant nos prises de mesure...) , l'inter action avec l'environnement, rendaient vulnérable notre condo face aux variations de températures affectant ainsi la valeur ϵ_r comme prédit la théorie (le tableau2 du premier chapitre1)

Notre enroulement n'étant pas bien serrés les uns sur les autres pour assurer une distances constante entre les armatures sur toute la superficie : e

D'autre part pour expliquer la supériorité de C_{th} par rapport à C :

*De part la formule théorique(1) et de ce qui est dit précédemment il est clair que $\epsilon_{th} < \epsilon$

* De plus ϵ_r n'est pas constant au cours de nos mesure sa valeur varie comme a ci-bien prédit le tableau2 du premier chapitre1

En somme les Facteurs dont dépend la capacité C

1. Surface S commune des armatures en regard
2. Distance e entre les armatures
3. Nature du diélectrique entre les armatures

Plus la surface des armatures est grande, plus la capacité du condensateur est grande aussi, mais il ne faut pas oublier la contrainte des dimensions géométriques du composant; car ceci peut s'avérer gênant dans certains domaines où les composants doivent être relativement petits.

Plus l'épaisseur (e) entre les armatures est petite, plus la capacité est grande. Mais en contrepartie, la tension de claquage sera plus petite.

La nature physique de l'isolant a aussi une influence sur la capacité selon qu'il soit grand ou petit la capacité l'est aussi.

**CHAPITRE 4 : IMPLICATION DANS LE SYSTÈME
ÉDUCATIF CAMEROUNAIS DE LA
FABRICATION DES CONDENSATEURS À PAPIER
IMPRÉGNÉ D'HUILE VÉGÉTALE**

Introduction

En ce début de millénaire, au moment où le Cameroun se fixe le cap de l'émergence à l'horizon 2035, son enseignement secondaire est confronté à de nombreux défis. À la place d'une école coupée de la société, s'est installée une école intégrée, soucieuse du développement durable, et qui prend en compte les cultures et les savoirs locaux. La réalisation de cette école nouvelle, inscrite dans la loi d'orientation de l'Education, et la nécessité d'insertion socioprofessionnelle requièrent l'adoption d'un paradigme pédagogique pour l'élaboration des programmes d'études : l'Approche par les compétences avec une entrée par les situations de vie.

En ce qui concerne la classe de seconde scientifique (E et C), les programmes de physique sont élaborés par une Commission. Les grandes lignes prévoient quatre thèmes repartis en dix chapitres:

- LES INTERACTIONS MECANIQUES : possède deux chapitres
- L'ENERGIE CALORIFIQUE : repartie en deux chapitres
- LE CIRCUIT ELECTRIQUE EN COURANT CONTINU : repartie en deux chapitres
- ETUDE DE QUELQUES DIPÔLES ELECTRIQUES : dispose cinq chapitres

Les recommandations jointes aux programmes sont assez succinctes. L'accent est mis sur un enseignement très pratique fondé sur l'expérience. D'ailleurs le terme « expérimental » apparaît souvent dans le libellé même des programmes et des exercices pratiques sont prévus pour les élèves. Dans la suite, notre travail notre thème inutile « Designing and testing of a vegetable oil impregnated paper capacitor » est appropriée pour le cinquième chapitre du quatrième thème précédemment cité ainsi donc nous présenterons ses implications dans le système éducatif camerounais.

1. ELABORATION DE LA FICHE PEDAGOGIQUE

C'est un élément en amont pour bien préparer et planifier une leçon. Grâce à cette fiche importante et incontournable de tout acte d'enseignement, nous pouvons :

- Circonscrire le thème de la leçon en le situant par rapport au programme projet pédagogique de la classe.
- Fixer l'objectif de la leçon
- Identifier et planifier les activités à mener aussi bien par l'enseignant que par les élèves
- Rassembler tout le matériel dont il aura besoin
- Organiser la gestion du temps qui est impartie dans la leçon
- Prévoir une évaluation formative à l'issue de la leçon

Tableau 7: fiche pédagogique

2nde C ET E	PHYSIQUE	THEMEIV : ETUDE DE QUELQUES DIPOLES ELECTRIQUES		
CHAPITRE 5 : LES CONDENSATEURS		DUREE : 7H (TP :2H COURS :3H TD :2H)		
OBJECTIFS:				
Décrire un condensateur et en préciser les utilisations				
Expliquer le phénomène de charge et de décharge du condensateur				
CONTENUS	CAPACITE A EVALUER			INSTRUCTIONS ET COMMENTAIRES
	SAVOIR FAIRE EXPERIMENTAL	SAVOIR FAIRE THEORIQUE	SAVOIR	
1-Definition d'un condensateur	-Lire la capacité d'un condensateur -Identifier un condensateur	-Décrire un condensateur et le représenter par son symbole -Utiliser la relation $Q=CU$	-Définir et représenter symboliquement un condensateur -Définir la capacité d'un condensateur	Le condensateur est un dipôle qui laisse passer le courant continu
2-Charge et décharge d'un condensateur	-Mettre en évidence la charge et la décharge	-Faire le schéma du dispositif expérimental	-Donner l'unité de la capacité et ses sous multiples	
3-Energie d'un condensateur	Vérifier expérimentalement la relation entre la capacité équivalente et les capacités composante d'une association de condensateurs	-Expliquer le phénomène de charge et de décharge	-Définir la tension de rupture d'un condensateur	
Association de condensateurs		Déterminer la capacité équivalente à un groupement de condensateurs	Donner l'expression de l'énergie d'un condensateur	

Source : livres programmes second cycle MINESEC

2. IMPLICATION DANS LE SYSTEME EDUCATIF : SAVOIR-FAIRE EXPERIMENTAL

Dans les chapitres précédents qui concentrent outre les savoirs, le savoir-faire expérimental a fait l'objet d'une grande partie de notre travail. Dans le second chapitre intitulée réalisation du condensateur : cas pratique du condensateur a papier imprègne d'huile végétale nous avons exhibé tour à tour la lecture de la capacité d'un condensateur (voir annexe2), l'identification d'un condensateur, et la mise en évidence de la charge et la décharge du condensateur. Dès lors nous pouvons sans doute affirmer que notre travail permettra à l'apprenant de par les travaux pratiques prévus dans le chapitre cinq du quatrième thème du système éducatif camerounais de apprenant en classe de seconde scientifique de l'enseignement général de se familiariser avec son environnement et de pouvoir identifier, décrire et expliquer succinctement le principe de fonctionnement du condensateur.

En tant que ingénieur pédagogue, la fabrication du condensateur nous permettra de développer aux apprenants les compétences techniques. Par ailleurs, si nous nous trouvons dans les établissements scolaires ne disposant pas des composants électroniques pour des expériences comme c'est le cas aujourd'hui nous pourrons par la technique développer dans les précédents chapitres fabriquer un condensateur et autres matériels tels que résistors, bobines et introduire dans nos enseignements pour une bonne compréhension des apprenants.

Conclusion

Au terme de notre analyse il a été question pour nous de montrer les implications didactiques de notre sujet : « Conception et réalisation d'un condensateur à diélectrique imprégné d'huile végétale » dans le système éducatif pour cela nous avons montré que ce sujet est bien inscrit dans le programme officiel de la classe de seconde scientifique, à travers la fiche pédagogique nous avons justifié notre méthode expérimentale utilisée et montré que nos opérations de charge et de décharge sont bien des compétences que doivent assimiler les apprenant pour la suite de leur parcours face à l'électronique galopante. Dès lors il est clair que les contenus d'enseignements sont aussi le fruit de la demande sociale.

CONCLUSION ET PERSPECTIVE

Le Condensateur à papier réalisé est un dispositif électronique qui a pour rôle de stocker de l'énergie dans un circuit électronique et le régénérer en cas de microcoupure. C'est un condensateur non polarisé ayant les caractéristiques suivantes : capacité 2300 μ F, tension 12 volts, tolérance 17%.

Dans la réalisons de notre condensateur un certains notre de problèmes et de manquement ont été soulignés débouchant automatiquement dans les résultats. C'est dans cette optique d'optimisation et de perfectionnement de notre technologie que nous nous proposons dans l'avenir de :

- Résoudre les problèmes d'étanchéité
- Déterminer la température de fonctionnement
- Concevoir un boîtier et refroidissement

BIBLIOGRAPHIE

➤ Articles dans une revue :

GOUTON P., REBOUL J P., TERZULLI G. (1992) *Vers le remplacement des électrodes métalliques des condensateurs de puissance* .Electronique de Puissance du Futur 92, p.2II-6.

OSSWALD H. (1979) *Critères de développement des condensateurs de puissance* .Article D, 33, no 9, p. 498-500.

GERARD MOURIÈS. (1999) *Condensateurs utilisés en électronique de puissance* .Article D 3 280 – 4.

YASUFUKU S., UMEMURA T., YASUDA Y. (1978) *Dielectric properties of oil impregnated all polypropylene film, power capacitor insulation system* (Propriétés diélectriques du film tout polypropylène imprégné d'huile pour l'isolation des condensateurs de puissance) .IEEE Trans, on Electrical Insulation (USA), p. 403-10.

BURGUM J. (1974) *Electric capacitors for output filters of switched-mode power supplies :discussion of desirable characteristics* (Condensateurs électrolytiques pour filtres de sortie des alimentations à découpage : discussion des caractéristiques nécessaires).Mullard Technical Communications no 123,p. 125-40.

➤ Thèses :

BRUNO SEGUIN. (1997) *Les pertes dans les condensateurs utilisés en électronique de Puissance: mesure calorimétriques et Modélisation*. Thèse Ph.D , Institut National Polytechnique de Grenoble ,France.

AMAR TILMATINE. (2008) *Matériaux diélectriques* .Thèse Ph.D, université Anger, Algérie

ANNEXES

- **Annexe1** : Quelques images de travail au laboratoire du L.G.L



Figure 1 : prise de données dans le laboratoire du L.G.L

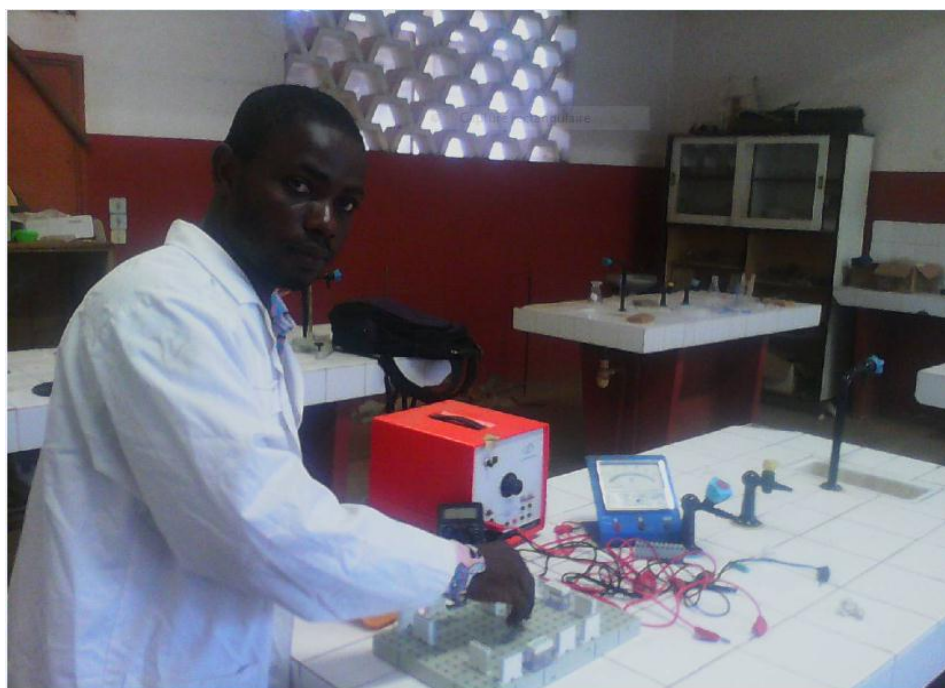



Figure2 : pendant la réalisation du montage

Annexe 2 : comment choisir un condensateur

Reste à choisir dans un catalogue le condensateur qui s'approche le plus de cette valeur

**Electrolytiques aluminium
modèle SMEVB-S**

NCC



- ▶ Condensateurs polarisés disponibles dans la gamme de tension allant de 10 V à 63 V.
- ▶ Gamme convenant à un grand nombre d'applications répondant à la tendance de miniaturisation en offrant une haute performance ainsi qu'une grande qualité.

Spécifications techniques

Tolérance: ±20%

Courant de fuite: 0,01 CV ou 3 µA; la valeur la plus grande étant appliquée (après 2 mn)

Température d'utilisation: -40°C à +85°C

tension	valeur (µF)	I ondulé (mA)	dimensions (mm)	
			∅ x h	pas
10 V	100	145	5 x 11	2
	220	250	6,3 x 11	3,5
	1000	790	10 x 16	5
	2200	1240	12,5 x 20	5
	3300	1590	12,5 x 25	5
16 V	220	300	8 x 11,5	3,5
	470	520	10 x 12,5	5
	1000	910	10 x 20	5
	3300	1840	16 x 25	7,5
	4700	2260	16 x 31,5	7,5
25 V	47	115	5 x 11	2
	100	190	6,3 x 11	2,5
	220	320	8 x 11,5	3,5
	330	470	10 x 12,5	5
	470	620	10 x 16	5
	1000	1090	12,5 x 20	5
	2200	1660	16 x 25	7,5
	3300	2070	16 x 31,5	7,5
63 V	1,0	12	5 x 11	2
	4,7	45	5 x 11	2
	10	70	5 x 11	2
	22	115	6,3 x 11	2,5
	47	190	8 x 11,5	3,5
	100	320	10 x 12,5	5
	220	565	10 x 20	5
	330	765	12,5 x 20	5
	470	990	12,5 x 25	5
	1000	1700	16 x 31,5	7,5

Tension de claquage →

Choix →

➤ **Annexe3 : Ordre de grandeur du Farad et base de conversion**

Nom	Symbole	Puissance de 10	Commentaires
Farad	F	10 ⁰	Pas utilisé en électronique faibles signaux
milli Farad	mF	10 ⁻³	Peu utilisé (filtres)
micro Farad	µF	10 ⁻⁶	Le plus utilisé
nano Farad	nF	10 ⁻⁹	Beaucoup utilisé
pico Farad	pF	10 ⁻¹²	Souvent utilisé
femto Farad	fF	10 ⁻¹⁵	Pas utilisé (électronique HF)