

# TABLE DES MATIERES

<b>TABLE DES MATIERES</b> .....	<b><i>i</i></b>
<b>NOMENCLATURE</b> .....	<b><i>iii</i></b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b><i>v</i></b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b><i>vii</i></b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b><i>1</i></b>
<b>Chapitre 1: NOTIONS GENERALES SUR LES PILES</b> .....	<b><i>3</i></b>
<b>1.1. Historique du circuit</b> .....	<b><i>3</i></b>
<b>1.2. Historique des piles</b> .....	<b><i>5</i></b>
<b>1.3. Définition</b> .....	<b><i>5</i></b>
<b>1.4. Principe de fonctionnement</b> .....	<b><i>6</i></b>
1.4.1. Réaction d'oxydo-réduction.....	<b><i>6</i></b>
1.4.2. Force électromotrice, [5].....	<b><i>6</i></b>
<b>1.5. Classification des piles [10]</b> .....	<b><i>7</i></b>
1.5.1. Piles primaires ou piles non rechargeables.....	<b><i>8</i></b>
1.5.2. Accumulateurs .....	<b><i>8</i></b>
1.5.3. Code de distinction des piles [11].....	<b><i>9</i></b>
<b>Chapitre 2: MATERIELS ET METHODOLOGIE</b> .....	<b><i>12</i></b>
<b>2.1. Diode à jonction</b> .....	<b><i>12</i></b>
2.1.1. Description.....	<b><i>12</i></b>
2.1.2. Polarisation en direct .....	<b><i>12</i></b>
2.1.3. Polarisation en inverse.....	<b><i>13</i></b>
<b>2.2. Diode électroluminescente</b> .....	<b><i>13</i></b>
2.2.1. Définition, [6] .....	<b><i>13</i></b>
2.2.2. Mécanisme d'émission, [13].....	<b><i>14</i></b>
<b>2.3. Transistor</b> .....	<b><i>14</i></b>

2.3.1.	Description.....	14
2.3.2.	Transistors bipolaires, [14] .....	15
2.3.3.	Régime de fonctionnement .....	16
<b>2.4.</b>	<b>Résistance.....</b>	<b>17</b>
2.4.1.	Définition, [15].....	17
2.4.2.	Loi d’Ohm, [16] .....	17
2.4.3.	Effet Joule, [17].....	18
<b>2.5.</b>	<b>Bobine .....</b>	<b>18</b>
2.5.1.	Description, [18] .....	18
2.5.2.	Classification des matériaux magnétiques, [20] .....	19
2.5.3.	Transformateur de puissance, [21] .....	20
<b>Chapitre 3:</b>	<b><i>SIMULATIONS ET REALISATION DU PROTOTYPE.....</i></b>	<b>23</b>
<b>3.1.</b>	<b>Simulations.....</b>	<b>23</b>
3.1.1.	Nécessité des simulateurs .....	23
3.1.2.	Présentation du Proteus.....	23
3.1.3.	Montage et interprétation.....	25
<b>3.2.</b>	<b>Réalisations .....</b>	<b>29</b>
3.2.1.	Montage et interprétation.....	29
3.2.2.	Test d’efficacité.....	31
3.2.3.	Étude de longévité.....	33
<b>3.3.</b>	<b>Discussions .....</b>	<b>37</b>
3.3.1.	Avantages .....	37
3.3.2.	Inconvénients .....	37
<b>CONCLUSION</b>	<b>.....</b>	<b>38</b>
<b>REFERENCES</b>	<b>.....</b>	<b>39</b>

# NOMENCLATURE

## LETTRES LATINES

<b>Symbole</b>	<b>Définition</b>	<b>Unités</b>
G	Enthalpie libre standard	[J. mol <sup>-1</sup> ]
n	Nombre d'électrons présents au cours de la réaction	
F	Constante de Faraday	[96.486 C.mol <sup>-1</sup> ]
N <sub>A</sub>	Nombre d'Avogadro	[6,022 · 10 <sup>23</sup> mol <sup>-1</sup> ]
e	Charge élémentaire	[1,602 · 10 <sup>-19</sup> C]
E	Force électromotrice	[V]
E°	Potentiel d'électrode	[V]
K	Constante d'équilibre de la réaction	
T	Température	[°K]
h	Constante de Planck	[6,626 · 10 <sup>-34</sup> J.s <sup>-1</sup> ]
E <sub>i</sub>	Énergie initiale	[e.V]
E <sub>f</sub>	Énergie finale	[e.V]
R	Résistance	[Ω]
U	Tension	[V]
I	Intensité du courant	[A]
P	Puissance électrique	[W]
Q	Énergie dissipée sous forme de chaleur	[J]
t	Temps	[s]
l	Inductance	[H]
L	Longueur effective du noyau magnétique	[m]
S	Section du noyau	[m <sup>2</sup> ]
R	Constante des gaz parfaits	[8,314 J. °K <sup>-1</sup> . mol <sup>-1</sup> ]
N	Nombre de spires	[t]
M	Aimantation	[A.t.m <sup>-1</sup> ]
H	Champ d'excitation	[A.t.m <sup>-1</sup> ]
B	Densité de flux magnétique	[T]

## LETTRES GRECQUES

<b>Symbole</b>	<b>Définition</b>	<b>Unités</b>
$\gamma$	Fréquence	[Hz]
$\mu_0$	Constante magnétique du vide	$[4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}]$
$\mu_r$	Perméabilité relative du matériau magnétique	
$\beta$	Gain d'amplification	
$\Phi$	Flux magnétique généré dans le noyau	[Wb]
$\chi_m$	Susceptibilité magnétique	

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Courbe montrant l'augmentation du nombre de composants à intégrer dans un fragment ou chip au cours des années, [2].	4
Figure 2 : Structure basique d'une pile électrochimique, [9].	5
Figure 3 : Représentation schématique d'une diode à jonction.	12
Figure 4 : Polarisation en direct d'une diode.	12
Figure 5 : Polarisation en inverse d'une diode.	13
Figure 6 : Représentation schématique et structurale d'une <i>LED</i> .	13
Figure 7 : Représentation schématique d'un transistor NPN.	15
Figure 8 : Représentation schématique d'un transistor PNP.	15
Figure 9 : Structure détaillée d'une résistance.	17
Figure 10 : Représentation schématique d'une résistance.	17
Figure 11 : Représentation schématique d'une bobine, [19].	18
Figure 12 : Illustration des comportements magnétiques des substances.	20
Figure 13 : Schéma d'un transformateur de puissance à deux enroulements, [22].	21
Figure 14 : Interface d'ISIS dans Proteus.	24
Figure 15 : Mode d'injection d'un composant électronique à partir d'ISIS.	24
Figure 16 : Simulation de l'alimentation directe d'une LED sans dispositif.	25
Figure 17 : Simulation du circuit en présence du prototype.	26
Figure 18 : Réglage de la résistance des enroulements respectifs du transformateur pour $1\mu\Omega$ .	27
Figure 19 : Courbe de tension au niveau de la diode électroluminescente et de la base du transistor pour une résistivité de $1\mu\Omega$ .	27

Figure 20 : Réglage de la résistance des enroulements respectifs du transformateur pour $1\text{m}\Omega$ .	28
Figure 21 : Courbe de tension au niveau de la diode électroluminescente et de la base du transistor pour une résistance de $1\text{m}\Omega$ .	28
Figure 22: Photo des composants nécessaires pour l'étude du circuit.	29
Figure 23 : Photo du dispositif alimenté par une pile de dimension AAA de marque BEXEL.	30
Figure 24 : Test d'évaluation d'une pile de dimension D de marque ENERGY.	31
Figure 25 : Test d'évaluation d'une pile bouton CR2032.	31
Figure 26 : Test d'évaluation d'une pile de dimension N (voir tableau 4) , de marque ALKALINE.	32
Figure 27 : Courbe représentative des chutes de tension de chaque pile testée.	33
Figure 28 : Mesure de la force électromotrice d'une pile neuve de dimension AA.	33
Figure 29 : Montage d'une seule pile neuve de dimension AA avec le circuit.	34
Figure 30 : Mesure de la force électromotrice des trois piles neuves combinées de dimension AA.	35
Figure 31 : Alimentation directe d'une LED par trois piles neuves de dimension AA.	35

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Différents types de pile primaire .....	8
Tableau 2 : Différents types d'accumulateur. ....	9
Tableau 3 : Code de reconnaissance des piles boutons. ....	10
Tableau 4 : Code de distinction entre les piles primaires et les piles secondaires. ....	11
Tableau 5 : Types de transistor selon leur structure. ....	14
Tableau 6 : Régime de fonctionnement du transistor bipolaire.....	16
Tableau 7 : Inductance d'une bobine selon le type de noyau utilisé. ....	19
Tableau 8 : Etude d'efficacité des piles avec le dispositif. ....	32
Tableau 9 : Comparaison de longévité entre le branchement direct et en présence du circuit. ....	36

## INTRODUCTION

Depuis des temps, l'énergie a toujours été d'une importance capitale chez l'homme. A part leur curiosité, c'est l'une des raisons qui poussent certains scientifiques à faire des recherches sur l'énergie.

Dans chaque pays, les besoins énergétiques de chaque individu ne cessent de croître au cours de ces dernières décennies et leur dépendance, entre autres, envers les stockages électrochimiques prennent également de l'ampleur.

Depuis sa première apparition, la fabrication des piles devient de plus en plus fréquente et son utilisation devient de plus en plus importante. La présence des piles est sentie que ce soit en ville et que ce soit à la campagne. Cependant, les piles contiennent des métaux lourds (mercure, plomb, cadmium, zinc, nickel) mais aussi d'autres espèces chimiques (carbone, manganèse, etc.) et leur rejet incontrôlé peut entraîner la pollution de l'environnement et même nuire à la santé humaine.

En effet, l'un des déchets à la fois, le plus toxique, le plus polluant et le plus riche en éléments chimiques est la pile usagée. Pourtant, la mise en application des mesures conformes au contrôle de ces piles usagées est encore insuffisante, voire inexistante, dans les pays en voie de développement comme Madagascar.

Face à cette triste réalité, il est du devoir de chaque citoyen de sensibiliser les consommateurs et de chercher des solutions adéquates à ces problèmes.

Ce mémoire intitulé : « OPTIMISATION DE L'ENERGIE RAYONNANTE » a pour but de proposer un circuit capable à la fois de soutirer les charges restantes des piles usagées afin de les revaloriser sous forme d'énergie rayonnante et d'économiser l'utilisation des piles neuves à des fins d'éclairage.

L'intérêt scientifique de cette recherche consiste ultérieurement à réutiliser cette forme d'énergie afin de réduire les propres déchets de l'homme et leurs pollutions et ainsi de satisfaire une partie de nos besoins en matière d'éclairage d'une manière économique.

Mais des questions essentielles se posent et nous amènent alors à dire: est-ce que les charges restantes des piles usées sont-elles encore récupérables? Et si oui, dans quel domaine peuvent-elles être encore utiles? Quels types de pile sont-ils compatibles au circuit que nous nous proposons de réaliser en vue de tels objectifs? Le dispositif contribue-t-il à la protection de l'environnement?

Pour répondre à ces questions, nous allons structurer ce mémoire en trois (03) chapitres en plus de l'introduction et de la conclusion.

- Le premier chapitre de ce manuscrit développe les notions générales des piles. Leurs caractéristiques, leur principe de fonctionnement et leur classification sont rapportés.
- Le deuxième chapitre décrit les matériels utilisés et la méthodologie mise en œuvre lors de la réalisation du circuit étudié. Le principe de son fonctionnement est surtout basé sur les propriétés spécifiques de chaque composant.
- Le troisième chapitre présente les résultats obtenus et leur interprétation. Le logiciel utilisé pour les simulations des circuits est présenté et est suivi par l'interprétation des expériences effectuées et par les discussions des résultats obtenus.

# Chapitre 1: NOTIONS GENERALES SUR LES PILES

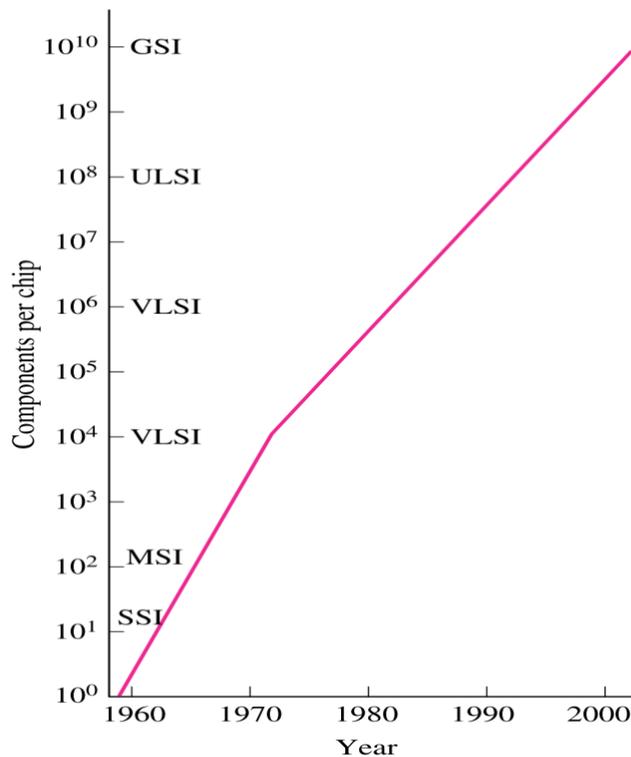
## 1.1. Historique du circuit

Le domaine de l'électronique s'est développé rapidement depuis 1883, quand Thomas Edison a inventé la diode. Le tube à vide, qui est devenu la fondation de l'industrie de l'électronique jusqu'aux années 50, a joué un rôle fondamental dans le développement de la radio, de la TV, du radar et du calculateur numérique ou ordinateur, [1].

Beaucoup d'ordinateurs ont été créés pendant cette période par des groupes de chercheurs et le plus connu a été *Electronic Numerical Integrator and Computer* (ENIAC) de l'Université de la Pennsylvanie en 1946. ENIAC a utilisé plus de 18000 diodes dont chacune avait les dimensions de 7mmx14mm et consomme une grande quantité de puissance. Cependant, son taux de fiabilité était très faible car le taux d'échec des tubes à vide fut élevé.

L'invention du transistor bipolaire en 1948 marque le commencement d'une nouvelle ère dans l'industrie de l'électronique et les tubes à vide disparaissaient progressivement. Les transistors pouvaient exécuter les fonctions des tubes à vide avec une plus grande fiabilité. En plus de leur faible consommation, ils occupaient peu d'espace alors moins encombrants. Les premiers transistors furent fabriqués au germanium qui ne pouvait pas fonctionner correctement au-dessus de la température de 100°C. Ainsi, ils ont été remplacés par le silicium qui pouvait fonctionner à des températures beaucoup plus élevées.

Ensuite, il y a eu l'invention des Circuits Intégrés (CI) ou *Integrated Circuits* (IC) en 1959, dans lesquels des diodes, des transistors, des résistances et des condensateurs peuvent être placés ensemble sur un même circuit encapsulé. Et depuis cette innovation, le nombre de composants à intégrer n'a pas cessé d'augmenter au cours du temps comme le montre la figure 1.



**Figure 1 : Courbe montrant l'augmentation du nombre de composants à intégrer dans un fragment ou chip au cours des années, [2].**

Le développement du microprocesseur par Intel Corporation au début des années 70 a contribué à l'essor de l'industrie de l'électronique. Cette rapide évolution a permis aux gens d'avoir des ordinateurs personnels pour leur travail ou pour leur usage domestique. Aujourd'hui, l'électronique est toujours présente dans tous les domaines de la technologie, à travers les nanotechnologies, les appareils électroménagers, dans les automobiles, etc. Et dans le futur, il est difficile d'imaginer un nouveau produit révolutionnaire qui n'implique aucun composant électronique.

Le circuit a été décrit en 1999, par Z. Kaparnik, [3]. Ce circuit se composait d'un convertisseur de tension simple transistorisé et fut basé sur l'oscillateur à blocage. À l'origine, il utilisait un tube à vide datant d'avant la Seconde Guerre Mondiale.

Le nom « Joule thief » a été donné par Clive Mitchell, [4], à cause de sa variante du circuit de Kaparnik qui consistait en une cellule unique, un seul transistor NPN *BC549*, en une bobine à deux enroulements, en une unique résistance de 1000 ohms et en une LED blanche. Le nom « Joule thief » était devenu populaire et, depuis lors, certains l'ont emprunté pour l'attribuer à d'autres circuits électroniques.

## 1.2. Historique des piles

A l'époque, un italien nommé Volta Alessandro (1745-1827), devint en 1774 Professeur de physique à l'École Royale de Côme, sa ville natale, [5]. En 1779, il travailla dans le domaine de physique expérimentale à l'Université de Pavie, [6].

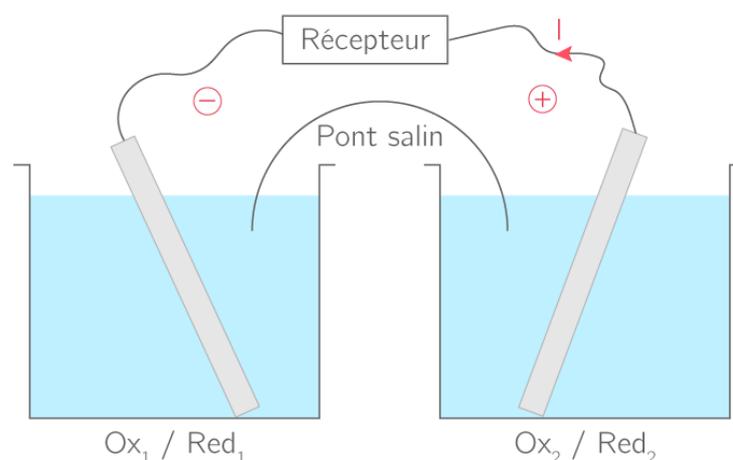
Peu de temps après, il inventa, le 17 mars 1800, la « pile à colonne » qui était le premier appareil produisant un courant électrique continu. Volta Alessandro fut, depuis ce jour-là, l'inventeur de la pile électrique. En 1801, Napoléon I<sup>er</sup> le fit Comte en hommage de son travail dans le domaine de l'électricité. C'était en son honneur que le « Volt » fut donné à l'unité du potentiel électrique, [7].

## 1.3. Définition

Une pile électrique est un dispositif électrochimique qui génère de l'électricité. Une réaction d'oxydoréduction se passe dans son intérieur et convertit l'énergie chimique en énergie électrique. Elle est constituée par un pont salin et deux électrodes (cathode et anode) plongées dans une solution appelée « électrolyte ».

L'un des compartiments de la pile est polarisé positivement, tandis que l'autre compartiment est polarisé négativement. Le pont salin assure à la fois l'électro-neutralité des deux compartiments et la fermeture du circuit.

Lors de son utilisation, l'intensité du courant sort toujours de la borne positive de la pile. Elle traverse ensuite un récepteur et revient à la fin de son trajet vers de sa borne négative.



**Figure 2 : Structure basique d'une pile électrochimique, [8]**

## **1.4. Principe de fonctionnement**

### 1.4.1. Réaction d'oxydo-réduction

Un réducteur est une espèce chimique susceptible de céder un ou plusieurs électron(s) lors d'une réaction d'oxydation.

L'électrode où se produit une oxydation est une anode.

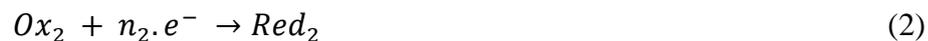
A la borne négative, il se produit l'oxydation du réducteur 1 exprimée par la relation :



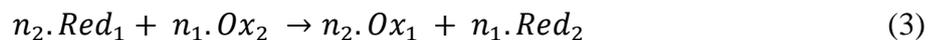
Un oxydant est une espèce chimique susceptible de capter un ou plusieurs électron(s), lors d'une réaction de réduction.

Dans un montage électrochimique, l'électrode où se produit une réduction est la cathode.

A la borne positive, il se produit la réduction de l'oxydant 2 exprimée par la relation :



En combinant ces deux demi-équations électroniques, l'oxydant et le réducteur forment un couple redox noté par Ox/Red et l'équation globale de la réaction devient alors :



### 1.4.2. Force électromotrice, [9]

Une pile génère du courant électrique lorsque sa réaction globale est favorable thermodynamiquement. Sa force électromotrice est proportionnelle à la variation d'enthalpie libre qui est reliée à la constante d'équilibre « K » de la réaction. Dans des conditions standards, elle se définit par la relation:

$$E_{Ox/Réd}^0 = -\frac{\Delta G^0}{neN_A} \quad (4)$$

Avec :

$$F = e * N_A \quad (5)$$

$$\Delta G^0 = -R * T * \ln(K) \quad (6)$$

Cette force électromotrice peut aussi s'écrire par :

$$E_{Ox/Réd}^0 = \frac{RT}{nF} \ln(K) \quad (7)$$

Dans des conditions données, le potentiel de chaque électrode est donné à partir les formules de NERNST qui s'écrivent :

$$E_{anode} = E_{Ox1/Réd1}^0 - \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_{ox1}}{a_{réd1}} > 0 \quad (8)$$

$$E_{cathode} = E_{Ox2/Réd2}^0 - \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_{ox2}}{a_{réd2}} > 0 \quad (9)$$

De manière générale, le potentiel de la cathode doit être supérieur par rapport celui de l'anode. Ainsi, la différence de potentiel de la pile s'obtient en faisant la soustraction membre à membre de ces deux relations. D'où son expression s'écrit suivant le cas :

$$E_{pile} = E_{cathode} - E_{anode} \quad (10)$$

$$E_{pile} = \left( E_{Ox2/Réd2}^0 - \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_{ox2}}{a_{réd2}} \right) - \left( E_{Ox1/Réd1}^0 - \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_{ox1}}{a_{réd1}} \right) \quad (11)$$

Et comme la réaction d'oxydo-réduction s'effectue en solution, on peut utiliser les activités à la place des concentrations et il vient :

$$E_{pile} = (E_{Ox2/Réd2}^0 - E_{Ox1/Réd1}^0) - \frac{RT}{nF} \ln \frac{[Ox_2][Réd_1]}{[Réd_2][Ox_1]} > 0 \quad (12)$$

La force électromotrice globale de pile est représentée par :

$$E_{fem}^0 = E_{Ox2/Réd2}^0 - E_{Ox1/Réd1}^0 \quad (13)$$

Finalement, la différence de potentiel au début du fonctionnement s'exprime alors par :

$$E_{pile} = E_{fem}^0 - \frac{RT}{nF} \ln \frac{[Ox_2][Réd_1]}{[Réd_2][Ox_1]} > 0 \quad (14)$$

### **1.5. Classification des piles [10]**

On peut classer les piles en deux catégories :

- Les accumulateurs ;
- Les piles primaires.

### 1.5.1. Piles primaires ou piles non rechargeables

Les piles primaires sont des piles non rechargeables car leur cycle est unique et irréversible. Une fois à plat, elles ne peuvent plus être rechargées. Il existe plusieurs variétés d'élément chimique utilisable pour la fabrication de ce type de pile. Dans le tableau 1, on peut voir les différents types de pile primaire.

**Tableau 1 : Différents types de pile primaire**

Type de pile primaire	Voltage	Utilisation et performance
Pile au Zinc-Carbone (Zn-C)	1,5/4,5/6/9V	Pile de bon marché pour des appareils demandant peu d'énergie : lampes de poche, télécommandes, réveils, pendules de cuisine, radios portatives, lampes de chantier, etc.
Pile alcaline au manganèse (Al-Mn)	1,5/4,5/6V	Pile la plus répandue pour une plus grande consommation de courant et une utilisation prolongée. Elle convient aux lecteurs audio portatifs (CD, magnétophone), appareil photo, rasoirs, etc.
Pile Zinc-Manganèse (Zn-Mn)	1,5V	C'est une pile spéciale à grande capacité de charge. Elle est utilisée à la place des piles boutons contenant du mercure dans les appareils auditifs.
Pile au Lithium (Li)	1,5/3/6V	Elle est plus légère et très performante. Elle est utilisée dans les flashes externes et surtout dans les appareils photos.
Pile à l'oxyde d'Argent	1,55V	La pile bouton a une capacité de charge moyenne. On l'utilise dans certains appareils médicaux, dans les montres et les calculatrices de poche.

### 1.5.2. Accumulateurs

Les accumulateurs sont des piles classées secondaires dont le cycle est réversible. Une fois à plat, ces piles peuvent être encore rechargées jusqu'à plus de 1000 fois, selon le cas, avec le chargeur correspondant. Il existe également plusieurs variétés d'éléments chimiques utilisables pour la fabrication des accumulateurs. Dans le tableau 2, on peut voir les différents types de ces piles secondaires.

**Tableau 2 : Différents types d'accumulateur.**

Type de pile secondaire	Voltage	Utilisation et performance
Accumulateur au Nickel- Cadmium (Ni-Cd)	1,2 volt	Il est utilisé pour les brosses à dent électriques et les éclairages de sureté. Cependant le cadmium est un élément toxique et son utilisation est de moins en moins recommandée.
Accumulateur au Nickel-Métal-Hydrure (Ni-M-H)	1,2 volt	Il est de même usage que celui d'un accumulateur Nickel-Cadmium mais il est sans métaux lourds, alors beaucoup moins polluant.
Accumulateur au Lithium-ions (Li-ions) ou Lithium-polymère	3,7 / 7,2 / 8,4 / 9,6V	C'est une pile secondaire à grande capacité de charge. Elle s'utilise dans les téléphones sans fil, les caméras numériques, les agendas électroniques et les notebooks.

1.5.3. Code de distinction des piles [11]

Des codes sont inscrits sur chaque pile afin de faciliter sa reconnaissance et sa distinction. Parmi ces codes, on distingue les codes *American National Standard Institute* (ANSI) et les codes *international electrotechnical commission* (IEC) que nous voyons dans les tableaux 3 et 4.

Dans la majeure partie des cas, l'épaisseur des piles boutons est plus petite par rapport à leur diamètre. La dénomination des piles boutons lithium est basée sur un code de la forme « BRddee » ou « CRddee » où :

- La lettre « R » indique la forme ronde de ces piles ;
- Les lettres « B » et « C » désignent la nature du métal utilisé pour la cathode ;
- Les « CR » sont au dioxyde de manganèse ;
- Les « BR » sont au mono-fluorure de carbone ;
- Les lettres « dd » correspondent au diamètre en millimètre ;
- Les lettres « ee » correspondent à l'épaisseur en dixième de millimètre.

La dénomination des piles boutons alcalines porte la lettre « LR », tandis que celle des piles boutons Zinc-Argent se remarque par la lettre « SR ». Pour les deux cas, les deux autres lettres « xx » qui les suivent ensuite correspondent à des chiffres aléatoires.

Le tableau 3 présente le code de reconnaissance des piles boutons.

Le tableau 4 présente les codes de distinction entre les piles primaires et les piles secondaires

**Tableau 3 : Code de reconnaissance des piles boutons.**

Type de pile bouton	Code IEC	Exemple d'échantillon	Forme
Lithium	BRddee / CRddee	CR2032	
Zinc-Argent	SRxx	387S - SR1136S	
Alcaline	LRxx	LR44	
	xLRxx	4LR44	

**Tableau 4 : Code de distinction entre les piles primaires et les piles secondaires.**

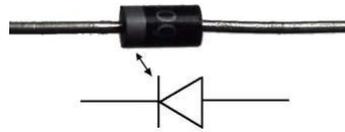
Apparence	Forme	Codes des piles primaires		Codes des piles secondaires
		ANSI	IEC	IEC
	Cylindrique	N	LR1	RC1
	Cylindrique	AAAA	-	-
	Cylindrique	AAA	LR3	RC3
	Cylindrique	AA	LR6	RC6
	Cylindrique	C	LR14S	RC14S
	Cylindrique	D	LR20	RC20
	Prisme dont la base est un rectangle aux coins arrondis	1203	-	-
	Parallélépipédique rectangle	PP3	LR22	RC22
	Parallélépipédique rectangle	908AC	-	-

## Chapitre 2: MATERIELS ET METHODOLOGIE

### 2.1. Diode à jonction

#### 2.1.1. Description

Une diode à jonction est un dipôle électronique non linéaire qui comporte un métal, un semi-conducteur de type P, un autre semi-conducteur de type N.



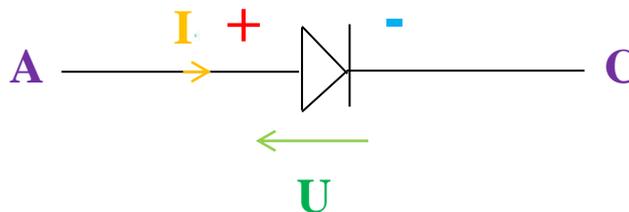
**Figure 3 : Représentation schématique d'une diode à jonction.**

Il existe deux types de polarisation pour la diode :

- La polarisation en direct ;
- La polarisation en inverse.

#### 2.1.2. Polarisation en direct

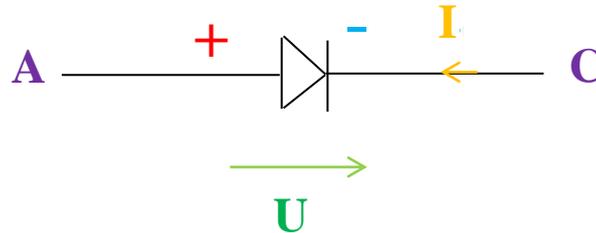
La polarisation en direct consiste à introduire un courant « I » au pôle positif de la diode, partant du point « A » et se dirigeant vers celui du point « C ».



**Figure 4 : Polarisation en direct d'une diode.**

### 2.1.3. Polarisation en inverse

La polarisation en inverse consiste par contre à introduire un courant « I » au pôle négatif partant du point « C » et se dirigeant vers le point « A ».

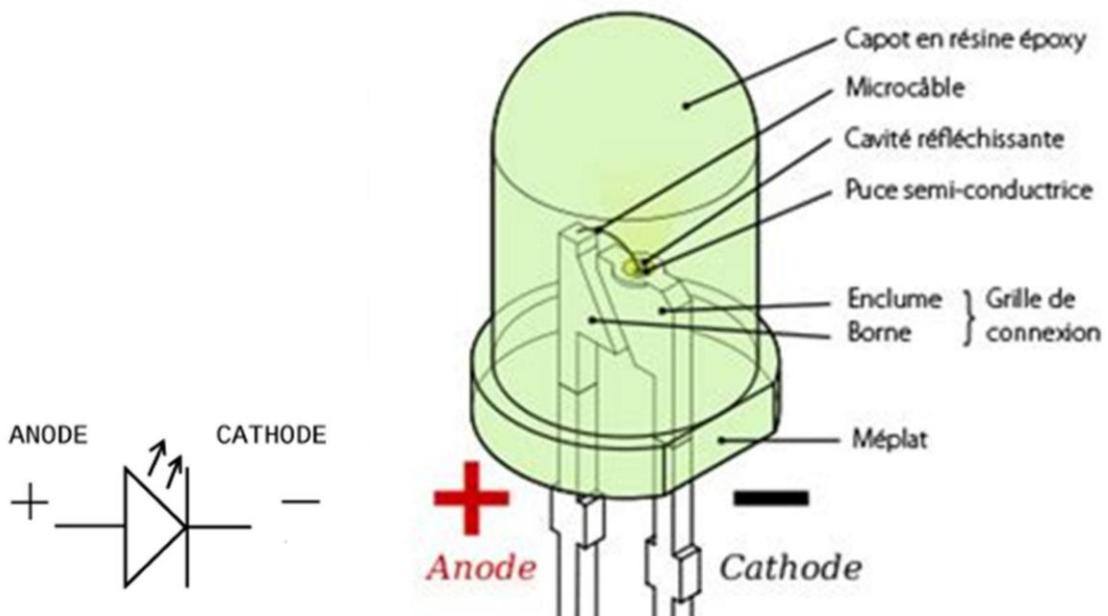


**Figure 5 : Polarisation en inverse d'une diode.**

## 2.2. Diode électroluminescente

### 2.2.1. Définition, [12]

Une diode électroluminescente (*LED*) est un dispositif optoélectronique capable d'émettre de la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant électrique. Contrairement à une diode classique, elle ne réagit uniquement que si la polarisation se fait en sens direct.



**Figure 6 : Représentation schématique et structurale d'une LED.**

### 2.2.2. Mécanisme d'émission, [13]

La transition d'un électron entre la bande de conduction et la bande de valence peut se faire avec la conservation d'un vecteur d'onde. Elle est alors radiative c'est-à-dire accompagnée de l'émission d'un photon. Dans une transition émissive, l'énergie du photon créé est donnée par la différence des niveaux d'énergie avant et après tels que :

$$h * \gamma = (E_i - E_f) \quad (15)$$

Avec :

h, la constante de Planck ;

$\gamma$ , la fréquence ;

$E_i$ , l'énergie initiale ;

$E_f$ , l'énergie finale.

## 2.3. Transistor

### 2.3.1. Description

Un transistor est un dispositif électronique que l'on trouve dans plusieurs applications à savoir les oscillateurs, les convertisseurs, les microcontrôleurs, les microprocesseurs, l'interrupteur, l'amplificateur de courant, l'amplificateur de tension, l'amplificateur de puissance, etc. Or, il existe plusieurs types de transistor selon leur structure.

**Tableau 5 : Types de transistor selon leur structure.**

Composant	Commande	Application type	Intensité maximale	Bande passante
Bipolaire	Courant	Amplification, commutation	10 A	0 → GHZ
MOS, FET, JFET, MOSFET	Tension	Commutation	5 A	0 → 10 MHZ
IGBT	Courant	Commutation en électronique de puissance	200 A	0 → MHZ

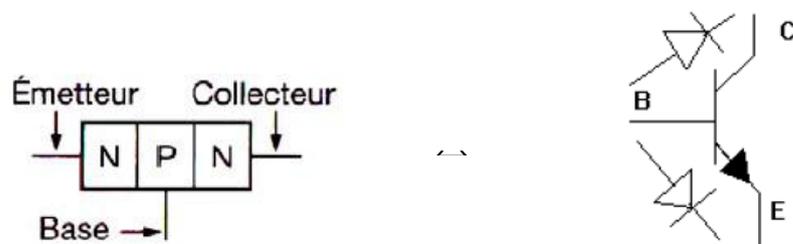
### 2.3.2. Transistors bipolaires, [14]

Un transistor bipolaire est réalisé dans un monocristal comportant trois zones de dopages différents à savoir la base « B », l'émetteur « E » et le collecteur « C » :

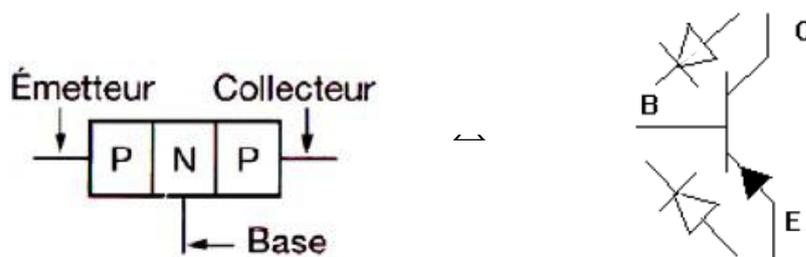
- L'émetteur « E » est fortement dopé. Son rôle est d'injecter des électrons dans la base. Il est repéré par une flèche qui indique le sens du courant dans la jonction entre base et collecteur.
- La base « B » est faiblement dopée et très mince. Elle transmet au collecteur la plupart des électrons venant de l'émetteur.
- Le collecteur « C » recueille les électrons qui lui viennent de la base d'où son nom.

Selon le sens de montage, on peut avoir deux sortes de transistor bipolaire en se référant sur les jonctions PN (diodes), dont l'une est polarisée en direct et l'autre, en inverse:

- Un transistor NPN (deux bornes négatives et une borne positive) ;
- Un transistor PNP (une borne négative et deux bornes positives).



**Figure 7 : Représentation schématique d'un transistor NPN.**



**Figure 8 : Représentation schématique d'un transistor PNP.**

### 2.3.3. Régime de fonctionnement

L'objectif de la polarisation des jonctions sert à fixer les valeurs des tensions  $U_{BE}$ ,  $U_{BC}$  et des courants  $I_C$ ,  $I_B$  pour imposer la localisation des points et savoir le régime de fonctionnement du transistor dans le réseau.

**Tableau 6 : Régime de fonctionnement du transistor bipolaire.**

Tension des jonctions		Polarisation des jonctions		Régime de fonctionnement
$U_{BE}$	$U_{BC}$	BE	BC	
Positive (+)	Positif (+) $U_{BE} > U_{BC}$	Directe	Directe	Saturé Direct (S.D)
	Positif (+) $U_{BE} < U_{BC}$	Directe	Directe	Saturé Inversé (S.I)
	Négatif (-)	Directe	Inverse	Normal Direct (N.D)
Négative (-)	Positif (+)	Inverse	Directe	Normal Inversé (N.I)
	Négatif (-)	Inverse	Inverse	Bloqué

Au point de saturation, le transistor est équivalent à un interrupteur fermé tandis qu'au point de blocage, le transistor est équivalent à un interrupteur ouvert.

Les relations fondamentales entre les trois zones de dopages sont données par :

$$I_C = \beta * I_B \quad (16)$$

$$U_{BC} = U_{BE} + U_{EC} \quad (17)$$

Avec :

$\beta$ , le gain d'amplification ;

$I_C$ , l'intensité de courant à la borne du collecteur ;

$I_B$ , l'intensité de courant à la borne de la base ;

$I_E$ , l'intensité de courant à la borne de l'émetteur ;

$U_{BC}$ , la tension à la borne des jonctions BC ;

$U_{BE}$ , la tension à la borne des jonctions BE ;

$U_{EC}$ , la tension à la borne des jonctions EC.

## 2.4. Résistance

### 2.4.1. Définition, [15]

Une résistance est un composant électronique dont le rôle principal est de s'opposer plus ou moins à la circulation du courant électrique.

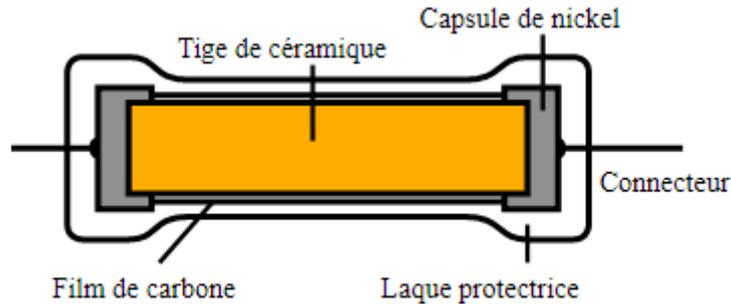


Figure 9 : Structure détaillée d'une résistance.

### 2.4.2. Loi d'Ohm, [16]

La résistance est liée aux notions de résistivité et de conductivité électrique. Elle est désignée par la lettre « R » et son unité de mesure est l'ohm de symbole «  $\Omega$  ». La loi d'Ohm est définie à partir de ces grandeurs telles que :

$$U = R * I \quad (18)$$

Avec :

$U$ , la tension ;

$R$ , la résistance ;

$I$ , l'intensité du courant.

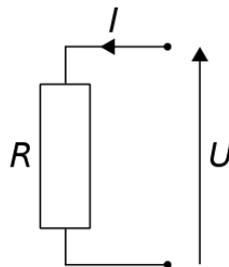


Figure 10 : Représentation schématique d'une résistance.

### 2.4.3. Effet Joule, [17]

L'effet Joule est responsable de la dissipation d'énergie sous forme de chaleur dans un composant électrique. Cette production de chaleur est parfois un effet souhaité (résistances de chauffage) et parfois un effet néfaste (pertes d'énergie par effet Joule). Cette propriété porte le nom d'effet Joule et l'énergie dissipée entre deux instants  $t_1$  et  $t_2$  s'écrit :

$$Q = R * I^2 * \int_{t_1}^{t_2} dt \quad (19)$$

Avec :

$Q$ , l'énergie dissipée sous forme de chaleur ;

$R$ , la résistance ;

$I$ , l'intensité du courant ;

$t$ , le temps.

## 2.5. Bobine

### 2.5.1. Description, [18]

Une bobine est un composant électronique constitué d'un enroulement de fil conducteur éventuellement autour d'un noyau. Il est schématisé dans un circuit électrique selon la figure 11.



**Figure 11 : Représentation schématique d'une bobine, [19]**

Un noyau est l'espace au milieu de ces enroulements ou spires. Il peut être vide ou inclure une pièce en matériau favorisant l'induction électromagnétique, afin d'augmenter la valeur de l'inductance.

Le tableau 7 présente l'inductance d'une bobine selon le type de noyau utilisé.

**Tableau 7 : Inductance d'une bobine selon le type de noyau utilisé.**

type de combinaison	Formule de l'inductance	Dimensions
Bobine à noyau vide	$L = \frac{\mu_0 \cdot N^2 \cdot S}{l} \quad (20)$	L, l'inductance ; $\mu_0$ , la perméabilité magnétique du vide ;
Bobine avec un noyau ferromagnétique	$L = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot N^2 \cdot S}{l} \quad (21)$	$\mu_r$ , la perméabilité relative du matériau magnétique ; $N$ , le nombre de spires ; $S$ , la section effective du noyau magnétique ; $l$ , la longueur effective du noyau magnétique.

2.5.2. Classification des matériaux magnétiques. [20]

Il existe des substances terrestres qui ont des propriétés magnétiques et qui peuvent, par conséquent, s'aimanter. Toutefois ces propriétés magnétiques ne sont pas égales pour tous ces matériaux. Certaines d'entre elles sont dues à la rotation des électrons sur eux-mêmes dans l'atome. Ce phénomène est appelé « spin » et provoque un moment magnétique.

L'aimantation  $M$  est défini en fonction du champ d'excitation  $H$  et à la susceptibilité magnétique  $\chi_m$  du milieu. Elle peut s'écrire sous la forme :

$$M = \chi_m * H \quad (22)$$

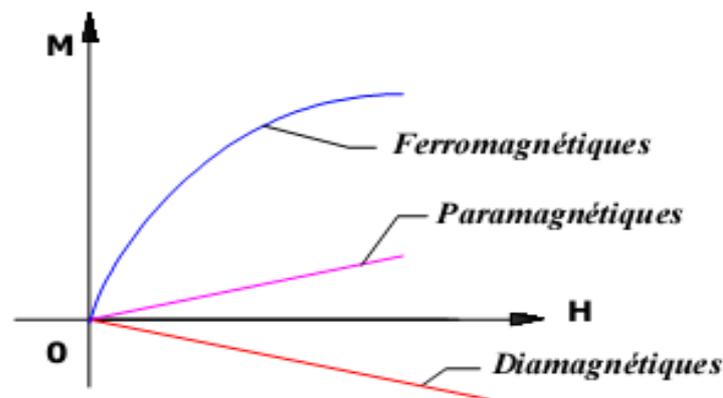
L'induction magnétique  $B$  est défini par :

$$B = \mu_0 * H \quad (23)$$

Les matériaux peuvent être classés en trois catégories selon leur propriété magnétique, comme le montre la figure 12 :

- Diamagnétisme : la susceptibilité magnétique est généralement très petite. Par conséquent, les matériaux diamagnétiques s'aimantent faiblement dans le sens opposé au champ magnétisant. Leur aimantation cesse dès que le champ magnétisant est supprimé. Exemple : or, argent, cuivre, zinc.

- Paramagnétisme : la susceptibilité magnétique est petite. Par conséquent, les matériaux paramagnétiques s'aimantent faiblement dans le sens du champ magnétisant. Leur aimantation cesse dès que le champ magnétisant est supprimé. Exemple : aluminium, platine, manganèse, air, oxygène, etc.
- Ferromagnétisme : la susceptibilité magnétique est très grande. Par conséquent, les matériaux ferromagnétiques peuvent être fortement magnétisés. Leur aimantation persiste plus ou moins lorsque le champ magnétisant est supprimé. Exemple : cobalt, nickel, fer, acier, ferrite, martensitique, etc.



**Figure 12 : Illustration des comportements magnétiques des substances.**

### 2.5.3. Transformateur de puissance. [21]

La conversion d'énergie électrique fait appel, de manière générale, à deux types de phénomènes physiques:

- Les phénomènes électriques associés au courant ;
- Les phénomènes magnétiques associés au flux magnétique.

Un transformateur de puissance est un dispositif statique qui transfère de l'énergie électrique grâce à l'induction électromagnétique. Pour un transformateur, deux enroulements sont aux moins nécessaires pour pouvoir modifier le niveau du signal d'entrée sans modifier sa fréquence.

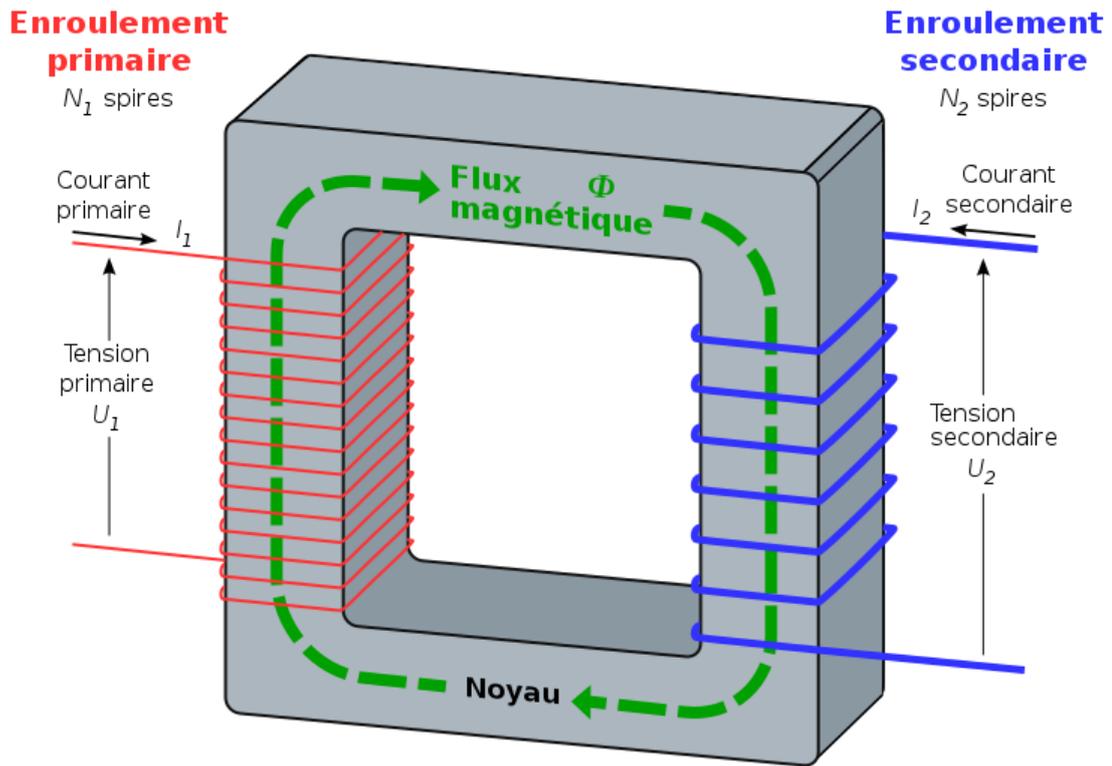


Figure 13 : Schéma d'un transformateur de puissance à deux enroulements, [22].

En posant par :

$\Phi$ , le flux magnétique généré dans le noyau ;

$N_1$ , le nombre de spires de l'enroulement primaire ;

$I_1$ , l'intensité du courant qui traverse le fil conducteur du primaire ;

$U_1$ , la tension à ses bornes ;

$N_2$ , le nombre de spires de l'enroulement secondaire ;

$I_2$ , l'intensité du courant qui traverse le fil conducteur du secondaire ;

$U_2$ , la tension de ses bornes.

La circulation du courant à travers l'enroulement primaire génère un flux magnétique variable dans le noyau tels que :

$$\Phi = B \cdot S \quad (24)$$

La force magnétisante s'exprime tels que :

$$H = \frac{N \cdot I}{l} \quad (25)$$

Le transformateur est à vide quand l'enroulement secondaire n'a pas été raccordé à un récepteur mais ouvert. Ainsi, la variation de flux induit une tension dans l'enroulement secondaire mais ne débite aucun courant. L'enroulement primaire se comporte alors comme une simple inductance qui s'oppose au passage du courant.

Le transformateur fonctionne en charge quand un récepteur est raccordé à la sortie de l'enroulement secondaire. Dans ce cas, la variation de flux induit dans l'enroulement secondaire un autre courant qui crée un champ magnétique opposé au champ produit par le primaire. En fin de compte, il y a égalité parfaite entre la puissance générée par le secondaire et la puissance consommée par l'enroulement primaire. De l'égalité des puissances apparentes, on obtient :

$$P_1 = P_2 \quad (26)$$

Avec :

$P_1$ , la puissance consommée par l'enroulement primaire ;

$P_2$ , la puissance générée par l'enroulement secondaire.

Ainsi :

$$U_1 * I_1 = U_2 * I_2 \quad (27)$$

Si la tension appliquée à l'entrée est plus basse que celle récupérée à la sortie, le transformateur fonctionne comme un élévateur, dans le cas contraire, comme un abaisseur.

Et si on suppose que le nombre de spires du compartiment primaire est supérieur à celui du compartiment secondaire, on obtient un abaisseur de tension et la relation précédente peut alors s'écrire par :

$$\frac{[N_2]}{[N_1]} = \frac{[U_2]}{[U_1]} = \frac{[I_1]}{[I_2]} \quad (28)$$

Par contre, si le nombre de spires du compartiment primaire est inférieur à celui du compartiment secondaire, on obtient alors un éleveur de tension et la relation devient :

$$\frac{[N_2]}{[N_1]} = \frac{[U_2]}{[U_1]} = \frac{[I_1]}{[I_2]} \quad (29)$$

## Chapitre 3: SIMULATIONS ET REALISATION DU PROTOTYPE.

### 3.1. Simulations

#### 3.1.1. Nécessité des simulateurs

Les simulations sont des opérations efficaces pour vérifier théoriquement le fonctionnement d'une conception avant sa réalisation pratique. Elles permettent ainsi de découvrir des erreurs liées à la conception elle-même et celles liées aux fonctionnements marginaux non mesurables des composants réels.

Alors, l'utilisation du simulateur avant réalisation permet non seulement de résoudre tous les problèmes correspondants mais aussi et surtout d'optimiser le fonctionnement du circuit à réaliser.

Il existe plusieurs logiciels de simulation. Parmi eux, nous pouvons citer, entre autres, le Crocodile Clip, le WorkBench, le Circuit Maker, le Orcad ou PSpice, le Proteus, etc.

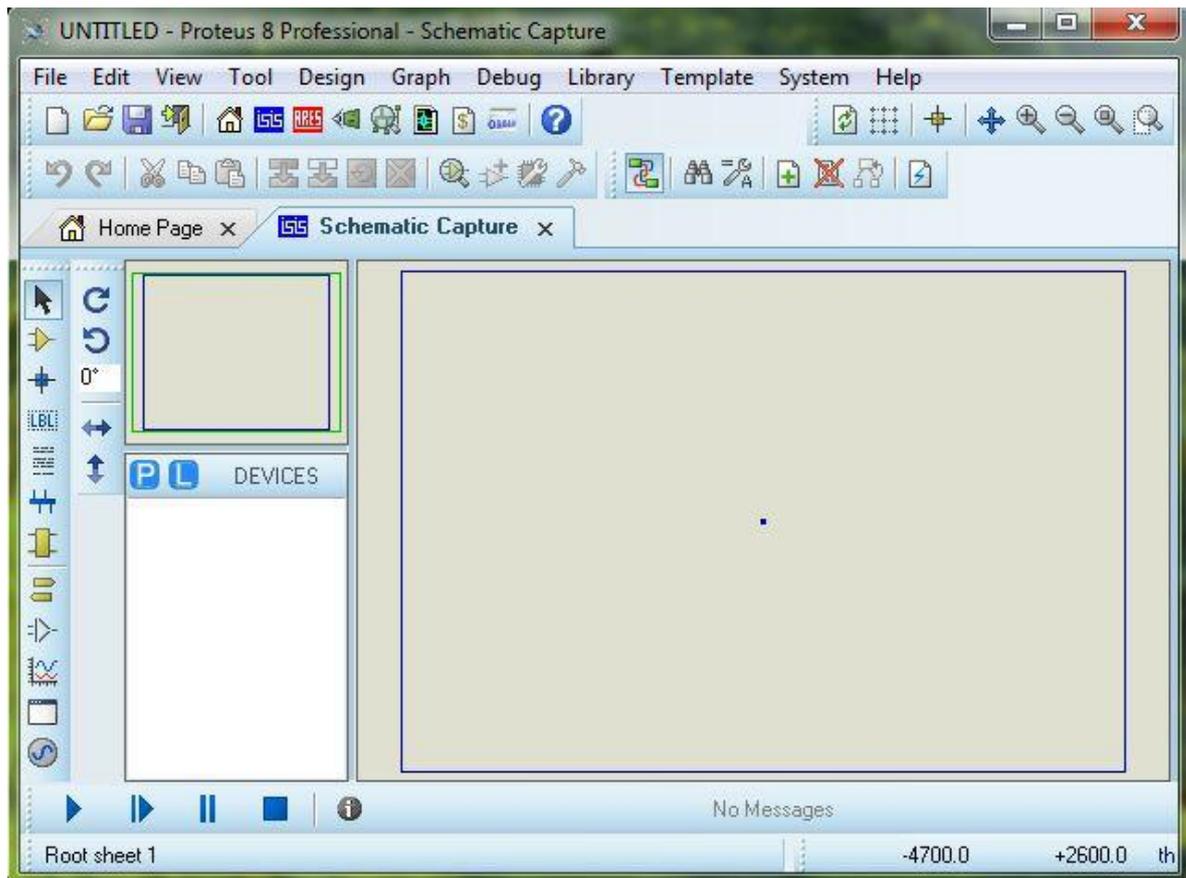
#### 3.1.2. Présentation du Proteus

Proteus est un pack de logiciels développé par la société Labcenter Electronics. C'est un logiciel permettant de simuler d'une manière pratique et accessible des circuits électroniques avec des composants bien animés. Il est destiné aussi à la conception des circuits imprimés.

Deux logiciels sont inclus dans le Proteus : *Intelligent Schematic Input System* (ISIS) et *Advanced Routing & Editing Software* (ARES). Le logiciel ISIS est principalement utilisé pour éditer des circuits électroniques. A travers ses simulations, les erreurs peuvent être décelées dès l'étape de conception. Grâce à son module *Virtual System Modeling* ou VSM, il permet de contrôler la majorité de l'aspect graphique des circuits électroniques.

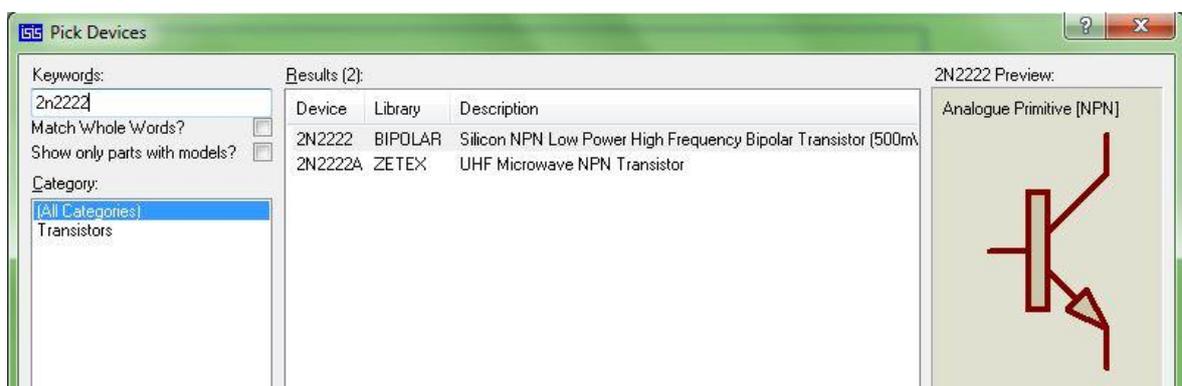
Le logiciel ARES est un outil d'édition et de routage des circuits et il complète ISIS. ARES permet les mises et routages automatiques des composants.

Le schéma d'ISIS dans le simulateur Proteus est représenté par la figure 14.



**Figure 14 : Interface d'ISIS dans Proteus.**

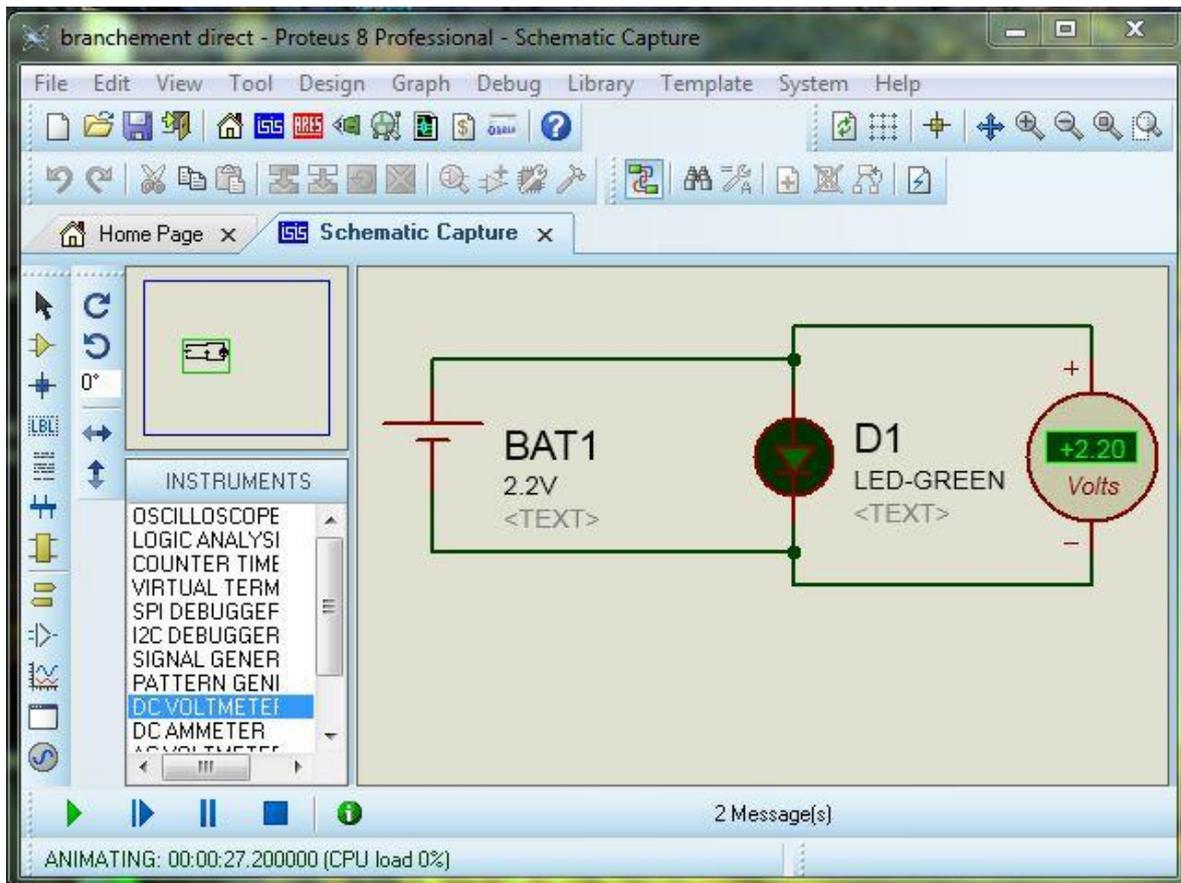
Pour faire appel à un composant électronique dans ISIS, on clique sur la lettre « P » de la barre d'outils gauche du dispositif (*DEVICES*) et on écrit son nom sur la barre des mots clés (*Keywords*).



**Figure 15 : Mode d'injection d'un composant électronique à partir d'ISIS.**

### 3.1.3. Montage et interprétation

Avant de simuler le prototype, nous avons d'abord simulé un branchement direct de la pile couplé avec une diode électroluminescente uniquement comme charge. Et nous avons remarqué que la lampe brille avec une tension de seuil minimale de 2,20V. La tension de sortie de la diode électroluminescente reste la même que celle de la tension d'entrée.

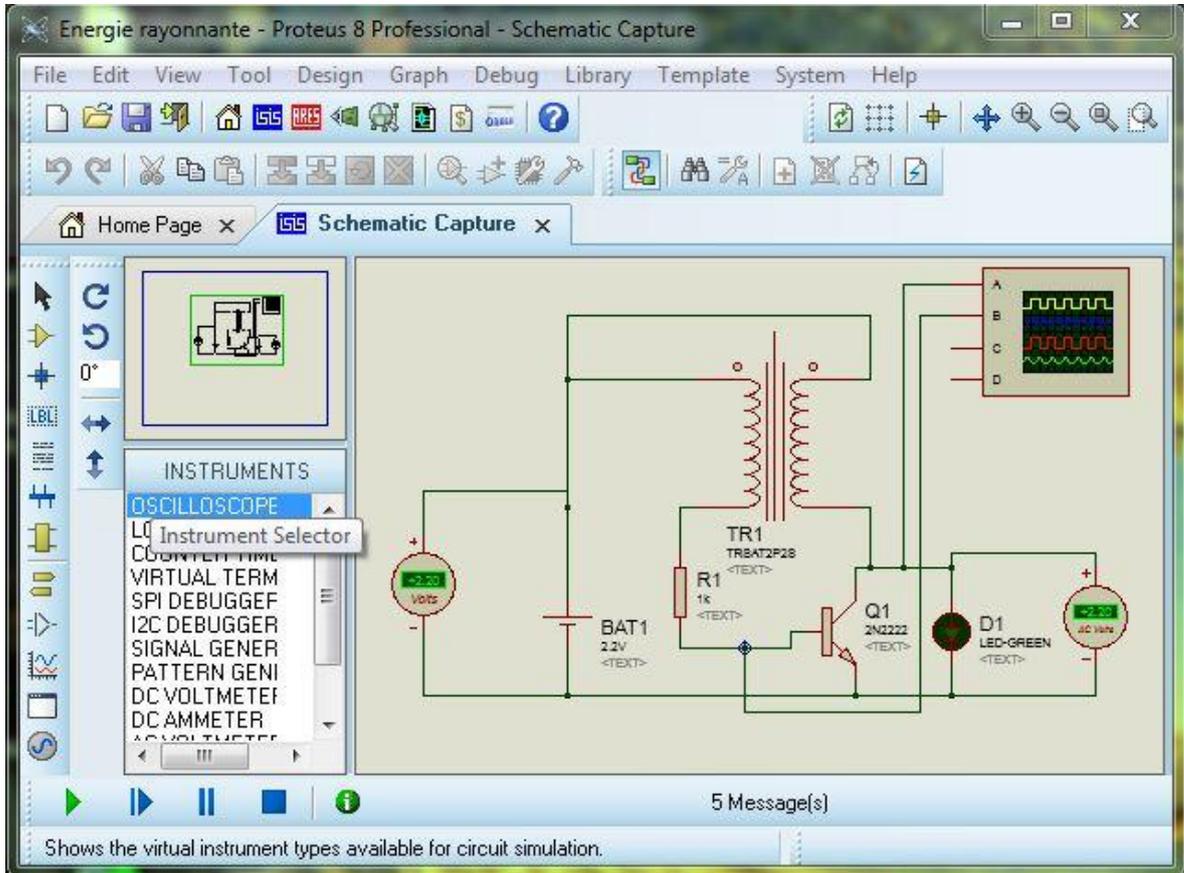


**Figure 16 : Simulation de l'alimentation directe d'une LED sans dispositif.**

Les divers composants du circuit en présence du dispositif requiert une résistance, une diode électroluminescente, un transistor bipolaire de type NPN de référence 2N2222 et une bobine à deux enroulements. Entre autres, nous avons besoin essentiellement de trois (3) autres composants supplémentaires à part des autres vus précédemment. La simulation du circuit complet est visualisée sur la figure 17.

Lorsque nous avons simulé le circuit en présence du prototype, nous avons remarqué que la diode électroluminescente ne brille pas en dessous d'une tension d'entrée de 2,20 V. La tension seuil minimale reste la même pour que la diode électroluminescente puisse émettre de la lumière. Pour la tension de sortie au niveau de la diode, nous avons constaté que la

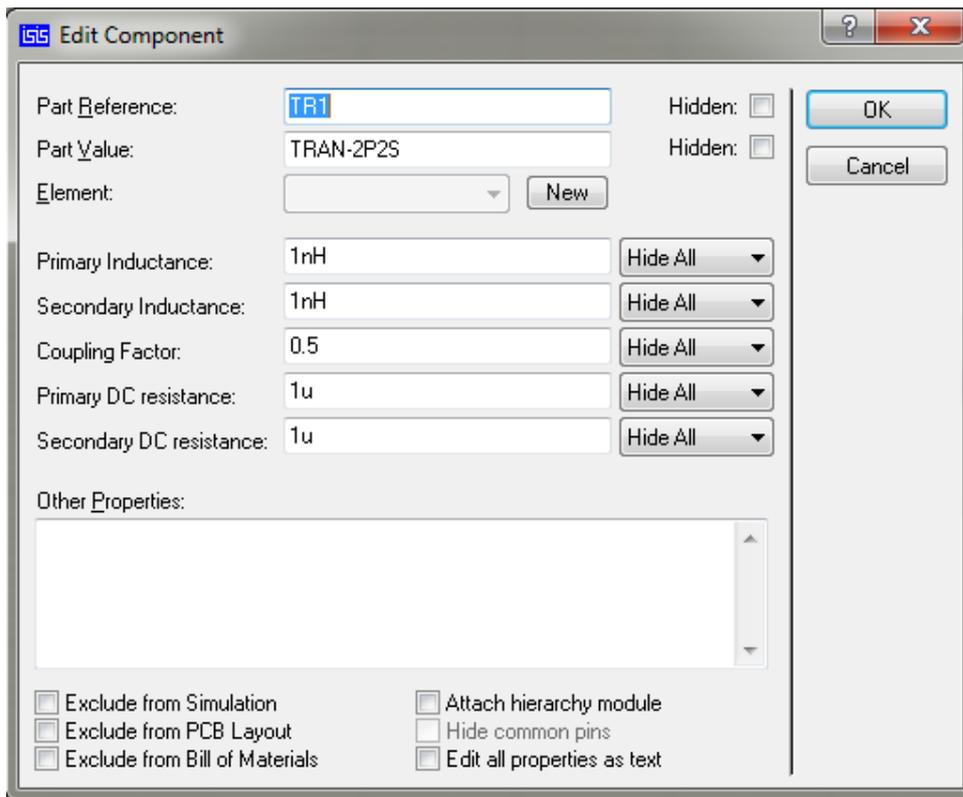
tension recueillie reste encore égale à celle de la tension d'entrée générée par la pile. Ici, le transformateur ne réagit ni comme un abaisseur de tension, ni comme un redresseur de tension.



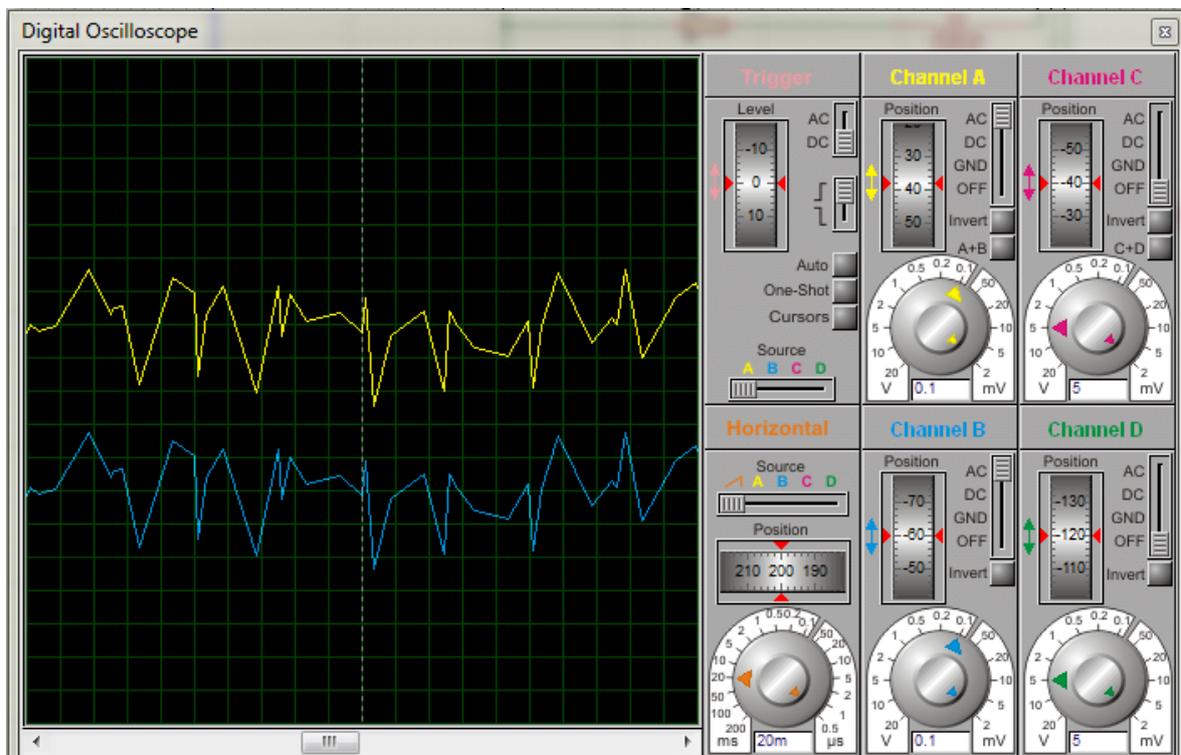
**Figure 17 : Simulation du circuit en présence du prototype.**

Lorsque nous avons visualisé certaines courbes dans l'oscilloscope comme la forme de la courbe de tension sur la base du transistor et celle à l'entrée de la diode électroluminescente, elles sont identiques. Pourtant, la forme des courbes de tension changent lorsque nous avons modifié la résistance de chaque enroulement comme étant égale à  $1\mu\Omega$  (voir figure 18) et puis à  $1m\Omega$  (voir figure 20). La forme des courbes obtenues semble être fonction des résistances des enroulements respectifs. Le signal est alternatif à la sortie de la bobine.

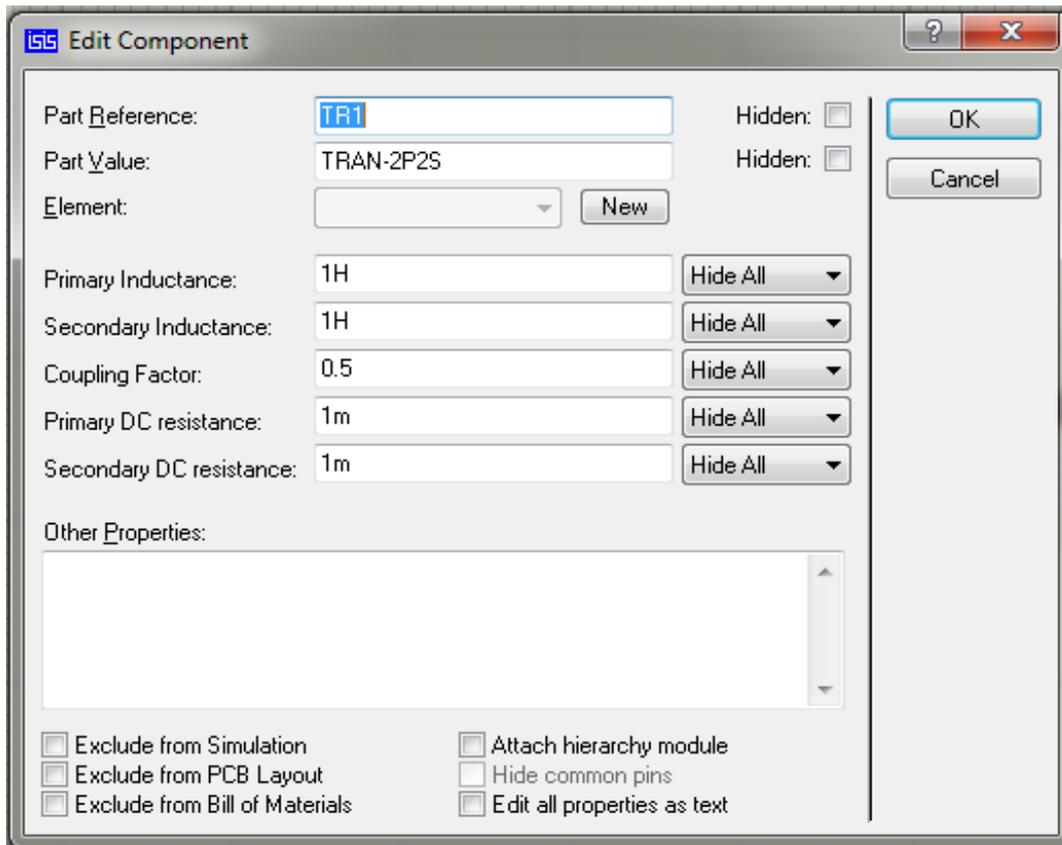
Pour les schémas de la courbe de tension, la courbe de couleur jaune présente la tension reçue par la diode à son entrée tandis que la courbe de couleur bleue montre celle au niveau de la base du transistor (voir figure 19 et figure 21).



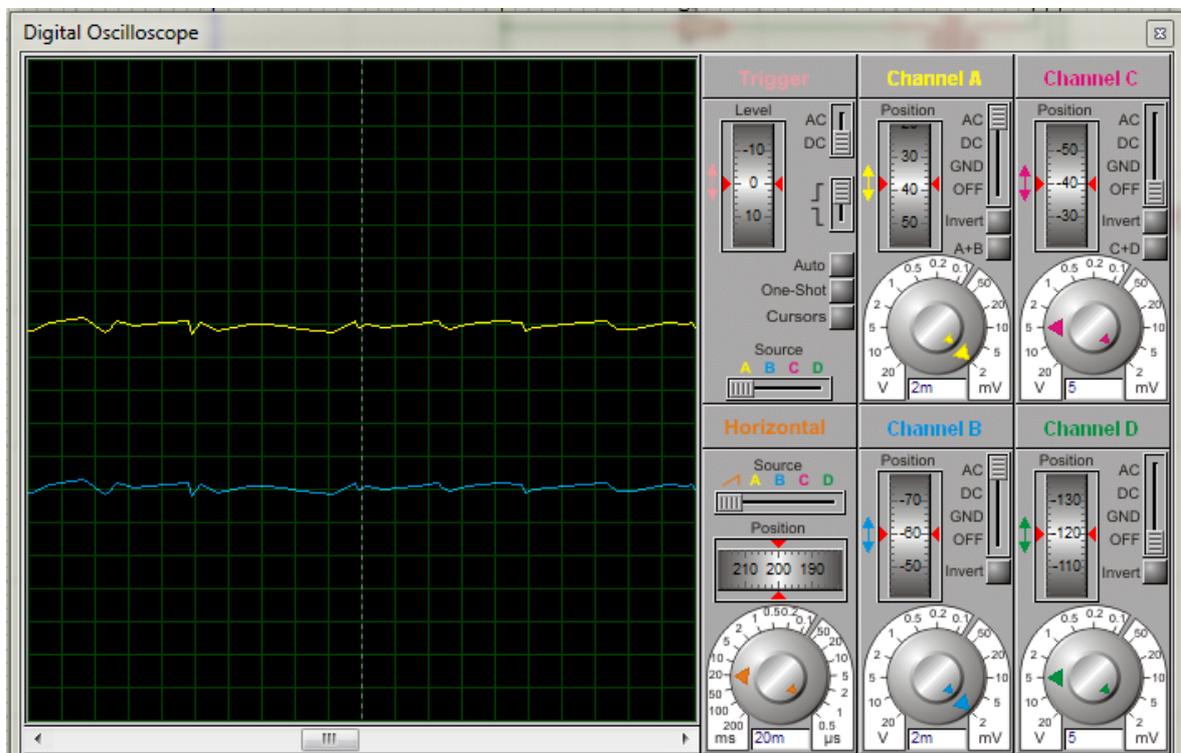
**Figure 18 : Réglage de la résistance des enroulements respectifs du transformateur pour  $1\mu\Omega$ .**



**Figure 19 : Courbe de tension au niveau de la diode électroluminescente et de la base du transistor pour une résistivité de  $1\mu\Omega$ .**



**Figure 20 : Réglage de la résistance des enroulements respectifs du transformateur pour  $1m\Omega$ .**

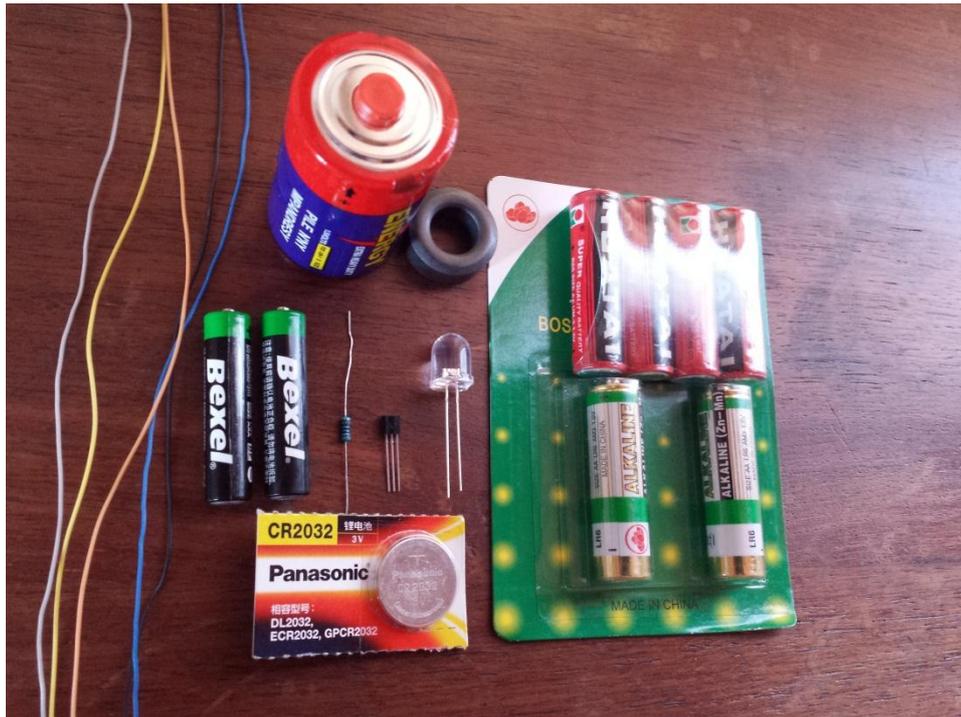


**Figure 21 : Courbe de tension au niveau de la diode électroluminescente et de la base du transistor pour une résistance de  $1m\Omega$ .**

## 3.2. Réalisations

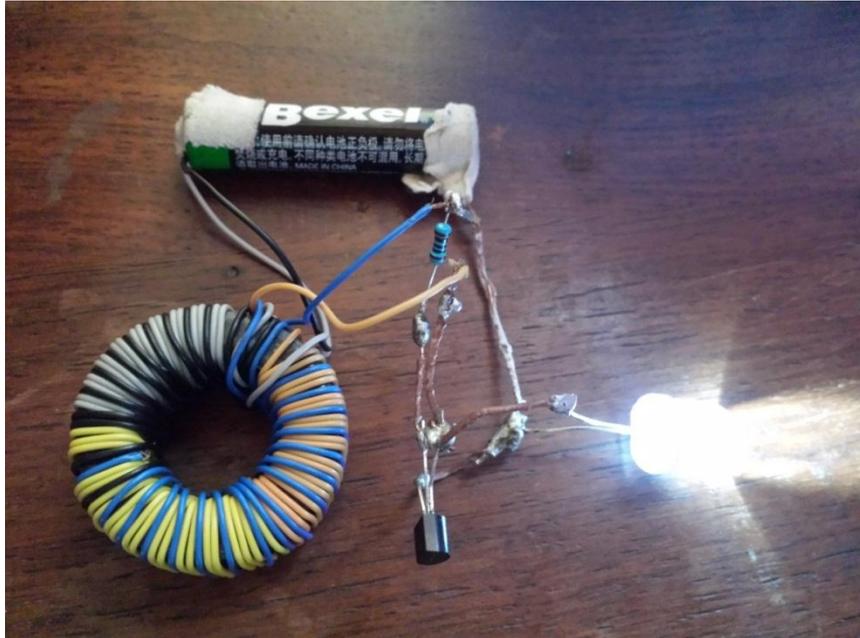
### 3.2.1. Montage et interprétation

La réalisation du circuit combiné avec son prototype est faite à partir d'une résistance de valeur  $1k\Omega$ , de puissance  $1/4W$ , d'un transistor bipolaire de type NPN de référence 2N2222, d'une diode électroluminescente de tension nominale de 3.5V et d'une bobine avec un noyau en ferrite.



**Figure 22: Photo des composants nécessaires pour l'étude du circuit.**

La bobine est conçue à partir d'un noyau en ferrite de section  $66\text{mm}^2$  (11mm de hauteur\*6mm de largeur). Pour ses enroulements, nous avons utilisé cinq (5) fils identiques de même longueur  $l=83\text{cm}$  et de même diamètre  $d=0.6\text{mm}$  mais de couleur différente afin de bien distinguer leur placement. Pour l'enroulement primaire, nous avons combiné 3 fils de couleurs blanche, jaune et orange, sa longueur étant égale à  $l_1=166\text{cm}$  pour l'équivalent du nombre de spires  $N_1=34$ . Par contre, pour l'enroulement secondaire, nous avons combiné 2 fils de couleurs noire et bleue, sa longueur étant égale à  $l_2=249\text{cm}$  et son nombre de spires, à  $N_2=58$ .



**Figure 23 : Photo du dispositif alimenté par une pile de dimension AAA de marque BEXEL.**

Lorsqu'on nous avons alimenté directement la diode électroluminescente avec une pile quelconque de tension nominale 1,5V, elle n'arrivait pas à émettre de la lumière car sa tension de sortie était inférieure par rapport à sa tension d'entrée. Ici, la simulation est vérifiée.

Lorsque nous avons ensuite introduit le dispositif dans le circuit, la diode électroluminescente a réagi à l'effet d'une pile de dimension AAA, de tension nominale 1,5V (voir figure 19). Ceci s'expliquait par la présence de la bobine et celle du transistor car la puissance requise était largement dépassée. La simulation a prévu une tension de 2,20V main lors de l'expérimentation, nous avons eu la valeur de 2,10V.

Le circuit utilise les propriétés auto-oscillantes de l'oscillateur à blocage pour former un convertisseur de tension (élévateur). Comme toutes les technologies de conversion de puissance et conformément à la loi de conservation de l'énergie, aucune énergie n'est créée par le circuit. En fait, la tension de sortie est relevée en contrepartie d'une consommation de courant augmentée à l'entrée.

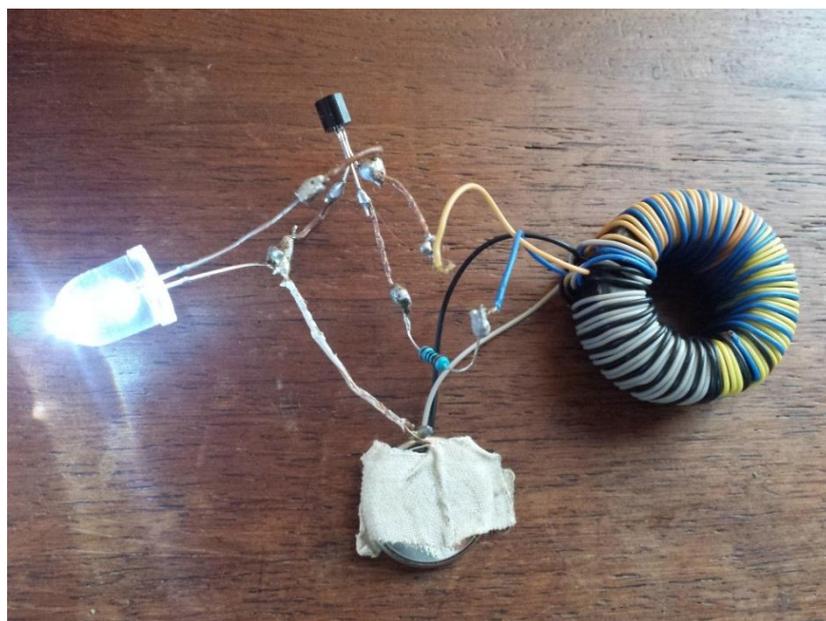
### 3.2.2. Test d'efficacité

Pour étudier son efficacité, nous avons testé le circuit avec des piles de différente forme, ou ayant des tensions nominales différentes.

Le tableau 8 montre l'étude d'efficacité du circuit en présence du dispositif à travers quelques variétés de pile utilisées.



**Figure 24 : Test d'évaluation d'une pile de dimension D de marque ENERGY.**



**Figure 25 : Test d'évaluation d'une pile bouton CR2032.**



**Figure 26 : Test d'évaluation d'une pile de dimension N (voir tableau 4) , de marque ALKALINE.**

**Tableau 8 : Étude d'efficacité des piles avec le dispositif.**

Dimension des piles	AAA	AA	D	CR2032	N	
Marque	BEXEL	HUATAI	ENERGY	PARASONIC	ALKALINE	
Tension nominale (V)	1.5	1.5	1.5	3	9	
Force électromotrice (V)	1.64	1.65	1.65	3.36	9.05	
Tension de seuil (V)	0.39	0.37	0.36	0.40	0.32	
Chute de tension (V)	en 04 h	0.092	0.020	0.042	0.126	0.018
	en 08 h	0.198	0.041	0.083	0.251	0.039
	en 12 h	0.303	0.059	0.124	0.359	0.058
	en 16h	0.395	0.089	0.166	0.485	0.086
	en 20 h	0.499	0.105	0.208	0.605	0.102
	en 24h	0.592	0.121	0.249	0.736	0.116
Débit moyen (V/h)	0.026	0.006	0.011	0.031	0.005	
Calcul d'erreur	± 0.01	± 0.002	± 0.007	± 0.5	± 0.8	
Autonomie (jours)	3	11	7	5	-	

La figure 27 présente la courbe de chute de tension des piles en fonction du temps, à des intervalles de 4 heures pendant une journée.

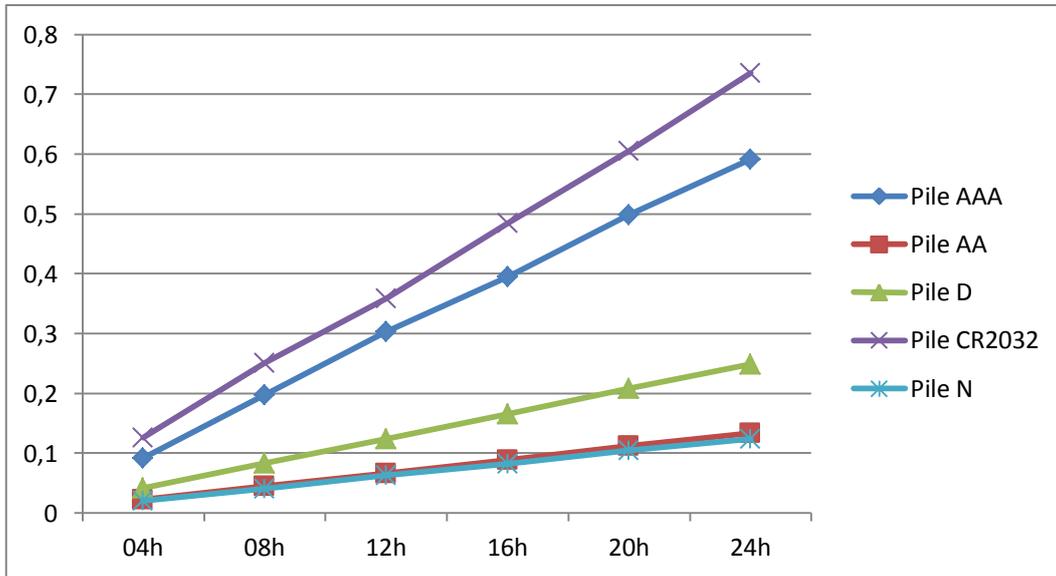


Figure 27 : Courbe représentative des chutes de tension de chaque pile testée.

### 3.2.3. Étude de longévité

Après, nous avons étudié le circuit en présence du dispositif mais les piles utilisées sont toutes identiques (de même tension nominale, de même dimension AA et de même marque HUATAI). Nous avons ainsi mesuré la force électromotrice d'une pile et nous avons constaté que la diode électroluminescente a réagi normalement.



Figure 28 : Mesure de la force électromotrice d'une pile neuve de dimension AA.



**Figure 29 : Montage d'une seule pile neuve de dimension AA avec le circuit.**

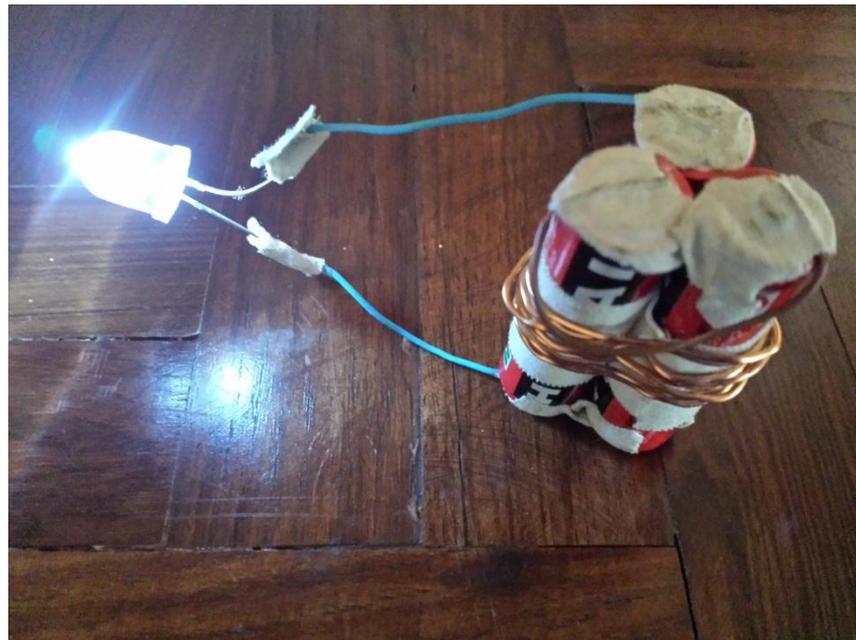
Pour voir la longévité du circuit, nous avons élaboré un autre branchement de telle sorte que trois autres piles neuves identiques à la précédente (de même marque HUATAI, de même dimension AA) soient combinées. Ainsi, leur force électromotrice totale s'additionne pour donner 4,93V.

Pour que la diode électroluminescente puisse émettre directement une lumière de couleur blanche, le circuit a logiquement besoin d'une tension d'entrée supérieure ou égale à sa tension de sortie. La tension du branchement direct requiert la valeur de 2,10V tandis que le circuit en présence du dispositif nécessite celle de 0,37V au moins.

En alimentant directement la diode électroluminescente avec les trois (3) piles combinées, nous avons vu que la diode électroluminescente brille sans interruption pendant 12 jours. Pourtant, la présence du dispositif influe fortement sur la consommation d'énergie du circuit. L'utilisation sans interruption d'une seule pile avec le prototype atteint presque l'équivalent d'un branchement direct avec ces trois piles. En effet, elle ne décale que d'une journée. Ainsi, l'insertion du prototype est très efficace car elle réduit à peu près au tiers l'effectif des piles nécessaires pour l'éclairage de la diode électroluminescente.



**Figure 30 : Mesure de la force électromotrice des trois piles neuves combinées de dimension AA.**



**Figure 31 : Alimentation directe d'une LED par trois piles neuves de dimension AA.**

Le tableau 9 montre les résultats de comparaison du circuit sans dispositif et ensuite avec sa présence.

**Tableau 9 : Comparaison de longévité entre le branchement direct et en présence du circuit.**

Montage			Avec dispositif	Sans dispositif
Temps / Autonomie (h)			Tension (V)	
1 <sup>ère</sup> journée	Matin	12h	0.113	0.059
	Soir	24h	0.225	0.121
2 <sup>ème</sup> journée	Matin	36h	0.339	0.177
	Soir	48h	0.441	0.244
3 <sup>ème</sup> journée	Matin	60h	0.554	0.296
	Soir	72h	0.665	0.351
4 <sup>ème</sup> journée	Matin	84h	0.776	0.410
	Soir	96h	0.890	0.468
5 <sup>ème</sup> journée	Matin	108h	0.992	0.526
	Soir	120h	1.103	0.547
6 <sup>ème</sup> journée	Matin	132h	1.215	0.658
	Soir	144h	1.327	0.703
7 <sup>ème</sup> journée	Matin	156h	1.438	0.761
	Soir	168h	1.540	0.817
8 <sup>ème</sup> journée	Matin	180h	1.651	0.884
	Soir	192h	1.763	0.924
9 <sup>ème</sup> journée	Matin	204h	1.875	0.995
	Soir	216h	1.988	1.065
10 <sup>ème</sup> journée	Matin	228h	2.092	1.126
	Soir	240h	2.204	1.187
11 <sup>ème</sup> journée	Matin	252h	2.317	1.249
	Soir	264h	2.428	1.311
12 <sup>ème</sup> journée	Matin	276h	2.539	-
	Soir	288h	2.640	-

### **3.3. Discussions**

#### **3.3.1. Avantages**

Le circuit réalisé présente divers avantages. Tout d'abord, il est facile à réaliser. Ensuite, son utilisation permet d'économiser beaucoup plus d'électricité. Il est très pratique pour l'éclairage particulier, à domicile car il arrive à alimenter une diode électroluminescente pendant plus d'une semaine, sans interruption pour des piles de bonne qualité. En plus, le dispositif peut être intégré dans diverses variétés d'appareil électronique.

Son utilisation favorise également la protection de l'environnement car une fois que les piles usagées sont à plat, elles ne sont plus immédiatement jetées car elles peuvent être maintenant revalorisées par ce dispositif. En conséquence, les déchets incontrôlés des piles sont désormais susceptibles de diminuer et la pollution de notre environnement est ainsi réduite et les risques menaçant la santé des êtres vivants sont moins néfastes.

L'utilisation du prototype permet aussi d'économiser de l'argent car l'acquisition des matières premières utilisées coûtent souvent moins chers que celle des produits finis achetés, ceci est valable, à la fois, pour l'achat des piles mais aussi pour l'achat des composants électroniques et leur assemblage.

Ce circuit est commercialisable et est surtout rentable en considérant le critère d'économie d'énergie.

#### **3.3.2. Inconvénients**

Malgré ses avantages, le dispositif possède également quelques inconvénients. La fabrication du prototype nécessite plus de temps car les composants doivent être contrôlés un par un et on doit souder le tout avant leur assemblage.

Parfois, ces composants sont importés par les boutiques de vente.

L'injection de ce prototype requiert aussi un espace supplémentaire dans un appareil électronique.

## CONCLUSION

Pour conclure ce travail, nous pouvons dire que le prototype conçu donne des résultats satisfaisants car son efficacité surpasse de loin à celle de nos attentes.

Les présences simultanées de la bobine et du transistor sont indispensables pour la réalisation du circuit car l'une permet d'augmenter la tension d'entrée, tandis que l'autre augmente l'intensité de courant. Le prototype peut être adapté à toutes sortes de pile neuve ou usée. Il présente aussi une grande longévité et son utilisation permet bien de soutirer les charges restantes d'une pile usée à condition que sa tension d'entrée reste au-dessus de 0,37V pour le prototype réalisé.

Dans un pays en voie de développement comme Madagascar, le prix conventionnel de l'énergie ne cesse d'augmenter tandis que le pouvoir d'achat de la population diminue. Les énergies non renouvelables sont plus ou moins accessibles selon le revenu de chaque ménage. Mais, elles deviennent de plus en plus convoitées et recommandées à travers le monde.

En attente d'une mise en application des mesures conformes au rejet des piles usagées, il est préférable d'insérer ce genre de prototype dans divers appareils électroniques car cela permet d'économiser de l'énergie et de l'argent. Par-dessus tout, son utilisation favorise la protection de l'environnement car la revalorisation de ces piles usées réduit leur rejet incontrôlé et la diminution des déchets toxiques nuisibles à la santé de l'homme.

## REFERENCES

### WEBOGRAPHIQUES

- [1] <https://sebastien.bernard.free.fr/cours-tp-td-exo/l-Histoire-de-l-informatique.pdf>, consulté le 05 janvier 2018.
- [2] [https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/copyright/844/wipo\\_pub\\_844](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/copyright/844/wipo_pub_844), consulté le 29 janvier 2018.
- [3] <https://fr.m.wikipedia/wiki/Z.kaparnik>, consulté le 17 février 2018.
- [4] [https://en.wikipedia.org/wiki/Clive\\_Mitchell](https://en.wikipedia.org/wiki/Clive_Mitchell), consulté le 04 mars 2018.
- [5] [https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Alessandro\\_volta](https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Alessandro_volta), consulté le 13 avril 2018.
- [6] <https://www.britanica.com/biography/Alessandro-Volta>, consulté le 29 mai 2018.
- [7] <https://www.universalis.fr/encyclopedie/pile-de-volta/>, consulté le 15 juin 2018.
- [8] [https://media.kartabke.fr/uploads/finalImages/final\\_550b080a86638.25980975.png?](https://media.kartabke.fr/uploads/finalImages/final_550b080a86638.25980975.png?), consulté le 01 juillet 2018.
- [9] <https://www.lachimie.fr/solutions/oxydoréduction/pile-daniell.php>, consulté le 03 juillet 2018.
- [10] <https://www.batteriesconseil.fr/piles/piles-domestiques>, consulté le 05 juillet 2018.
- [11] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Format\\_des\\_piles\\_et\\_accumulateurs\\_%C3%A9lectriques](https://fr.wikipedia.org/wiki/Format_des_piles_et_accumulateurs_%C3%A9lectriques), consulté le 07 juillet 2018.
- [12] <https://nicolas.pousset.pagesperso-orange.fr/Recherche/Article/CQF.pdf>, consulté le 09 juillet 2018.
- [13] [https://fr.wikipedia.org/wiki/diode\\_électroluminescente](https://fr.wikipedia.org/wiki/diode_électroluminescente), consulté le 11 juillet 2018.
- [14] [https://google.com/patents:“Transistor\\_blocking\\_oscillators”](https://google.com/patents:“Transistor_blocking_oscillators”), consulté le 12 juillet 2018.
- [15] [https://fr.wikipedia.org/wiki/résistance\\_\(composant\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/résistance_(composant)), consulté le 14 juillet 2018.
- [16] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Loi\\_d%27Ohm](https://fr.wikipedia.org/wiki/Loi_d%27Ohm), consulté le 16 juillet 2018.
- [17] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Effet\\_Joule](https://fr.wikipedia.org/wiki/Effet_Joule), consulté le 17 juillet 2018.
- [18] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Bobine\\_\(électricité\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bobine_(électricité)), consulté le 19 juillet 2018.

- [19] [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/ce/Symbole\\_bobine.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/ce/Symbole_bobine.png), consulté le 22 juillet 2018.
- [20] <https://www.epsic.ch/cours/electrotechnique/theorie/matmag/210.html>, consulté le 23 juillet 2018.
- [21] [https://commons.wikimedia.org/wiki/Transformateur\\_de\\_puissance](https://commons.wikimedia.org/wiki/Transformateur_de_puissance), consulté le 25 juillet 2018.
- [22] [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Transformer3d\\_col3\\_fr.svg?uselang=fr](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Transformer3d_col3_fr.svg?uselang=fr), consulté le 26 juillet 2018.