

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOHAMED SEDDIK BENYAHIA JIJEL

Faculté des sciences et de la technologie

Département d'électrotechnique

N° :...../2024

## **MEMOIRE DE MASTER**

**DOMAINE : Sciences et Technologies**

**FILIERE : ELECTROMECHANIQUE**

**SPECIALITE : ELECTROMECHANIQUE**

### **Thème**

**Simulation et réalisation des convertisseurs d'énergie alternative  
et continue en énergie continue**

**Présenté Par : BOUDOUR AYMEN**

**Encadré Par : BOULASSEL AMMAR**

**BOUDRIAT ABDERRAHMANE**

**Date de soutenance : 01 / 07 / 2024**

#### **Jury de Soutenance**

**Président : KECHICHEB MAHIEDDINE**

**Univ MSB Jijel**

**Encadreur : BOULASSEL AMMAR**

**Univ MSB Jijel**

**Examineur : HAMANE AHMED**

**Univ MSB Jijel**

**Promotion : 2024**



# **REMERCIEMENTS**

*C'est grâce à Dieu « الله », le tout puissant qui nous donné et Le courage et La volonté pour achever ce modeste mémoire*

*Mes plus sincères remerciements vont à mon encadreur Monsieur **BOULASSEL AMAR** Pour avoir accepté de diriger ma mémoire de Mastère nous lui remercie vivement pour le temps qu'il a consacré pour nous mémoire.*

*Merci pour vos explications, pour vos conseils et pour votre patience.*

*Nous remerciements vont aussi à messieurs les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer nous travail.*

*Enfin, on tient également à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

# **Dédicace**

*Je dédie ce travail*

*A L'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect :  
mon cher père ABDELHAFID*

*A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non âmes exigences  
et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable mère NOURA*

*A mes très chers frères ISLAM et ABDELLAH, et ma chère seule sœur A*

*A mon ami et binôme ABDERAHMANE*

*À toute la famille*

*Et à tous mes amis et à toutes mes connaissances, en particulier les personne qui m'a  
accompagné tout au long de mon parcours universitaire, je vous remercie tous.*

**BOUDOUR AYMEN**

# **Dédicace**

*Je dédie ce travail*

*A mon père ABDERREZAK qui m'encourage et me conseille ; il veille pour être abondant à tous mes besoins, il insiste toujours sur l'importance de la connaissance.*

*A ma mère la source d'affection de la sympathie, qui m'offre la patience ; elle renonce à beaucoup des choses pour notre joie. J'espère de tout mon cœur qu'elle soit satisfaite de moi.*

*A mes très chères sœurs*

*A mon ami et binôme Aymen*

*À toute la famille*

*Et à tous mes amis et à toutes mes connaissances, en particulier les personnes qui m'ont accompagné tout au long de mon parcours universitaire, je vous remercie tous.*

**BOUDRIAT ABDERRAHMANE**

# *Sommaire*

# Sommaire

Introduction générale .....	1
-----------------------------	---

## *Chapitre I : Généralité sur les composants électroniques*

I.1 Introduction .....	3
I.2 Classification des composants électriques .....	3
I.3 Composants passifs .....	3
I.3.1 Résistances.....	3
I.3.1.1 Types de résistance.....	4
I.3.1.1.1 Résistances fixes .....	4
I.3.1.1.2 Résistances variables .....	4
I.3.1.2 Marquage des résistances .....	5
I.3.2 Condensateurs .....	6
I.3.2.1 Types de condensateurs.....	6
I.3.2.1.1 Condensateurs céramiques .....	6
I.3.2.1.2 Condensateurs à film plastique .....	7
I.3.2.1.3 Condensateurs électrolytiques en aluminium .....	7
I.3.2.1.4 Condensateurs en tantales .....	7
I.3.3 Bobines .....	8
I.3.3.1 Inductance d'une bobine .....	8
I.3.3.2 Types des bobines.....	9
I.3.3.2.1 Bobine à noyau d'air.....	9
I.3.3.2.2 Bobine à noyau ferromagnétique.....	9
I.3.3.2.3 Bobine variable.....	9
I.3.3.2.4 Bobine d'arrêt.....	10
I.3.4 Transformateur.....	10
I.4 Composants actifs .....	12
I.4.1 Diodes .....	12
I.4.1.1 Différents types des diodes.....	13
I.4.1.1.1 Diode de redressement .....	13
I.4.1.1.2 Diode Zener .....	14
I.4.1.1.3 Diode électroluminescente ou LED .....	15
I.4.1.1.4 Diodes Schottky.....	16

I.4.2 Transistors .....	16
I.4.2.1 Transistor bipolaires .....	16
I.4.3 Régulateurs .....	18
I.4.3.1 Régulateur fixe.....	18
I.4.3.2 Régulateur ajustable.....	19
I.5 Conclusion .....	20

*Chapitre II : Etude théorique des Convertisseur AC-DC et DC-DC*

II.1 Introduction .....	21
II.2 Partie I : Convertisseur Alternatif-continu (Redresseur).....	21
II.2.1 Principe de fonctionnement de l'alimentation linéaire .....	21
II.2.2 Décomposition d'une alimentation linéaire.....	22
II.2.2.1 Redressement.....	22
II.2.2.1.1 redressement non commandé simple alternance .....	22
II.2.2.1.2 redressement non commandé double alternance .....	24
II.2.2.2 Filtrage .....	25
II.2.2.2.1 Détermination de la capacité de filtrage.....	28
II.2.2.3 Stabilisation de tension (régulateur de tension).....	28
II.2.2.3.1 Stabilisation de tension par diode zener .....	28
II.2.2.3.1.1 Choix des composants.....	29
II.2.2.3.2 Stabilisation de tension par le régulateur LM317.....	30
II.3 Partie II : Convertisseur continu-continu (Hacheur).....	31
II.3.1 Définition d'un hacheur .....	31
II.3.2 Types des hacheurs.....	31
II.3.2.1 Hacheur série (Buck).....	31
II.3.2.2 Hacheur parallèle (Boost) .....	34
II.3.3 Circuit intégrée NE555 .....	37
II.3.3.1 Fonctionnement en mode astable .....	37
II.3.4 Circuit intégré MC34063 .....	39
II.4 Conclusion .....	41

*Chapitre III : simulation des convertisseurs AC-DC et DC-DC*

III.1 Introduction .....	42
--------------------------	----



<b>II.2 Logiciel Proteus Professional .....</b>	<b>42</b>
<b>III.3 Partie de simulation AC/DC .....</b>	<b>43</b>
<b>III.3.1 Alimentation linéaire stabilisée par diode zener .....</b>	<b>43</b>
<b>III.3.1.1 Tension d'entrée .....</b>	<b>44</b>
<b>III.3.1.2 Tension secondaire de transformateur .....</b>	<b>45</b>
<b>III.3.1.3 Tension redressée .....</b>	<b>45</b>
<b>III.3.1.4 Tension filtrée aux bornes de condensateur (C1) .....</b>	<b>46</b>
<b>III.3.1.5 Tension stabilisé .....</b>	<b>46</b>
<b>III.3.2 Alimentation linéaire stabilisée par régulateur LM317T .....</b>	<b>47</b>
<b>III.3.2.1 Tension d'entrée .....</b>	<b>48</b>
<b>III.3.2.2 Tension secondaire de transformateur .....</b>	<b>48</b>
<b>III.3.2.3 Tension redressée .....</b>	<b>49</b>
<b>III.3.2.4 Tension filtrée aux bornes de condensateur (C1) .....</b>	<b>49</b>
<b>III.3.2.5 Tension stabilisé .....</b>	<b>50</b>
<b>III.3.3 Alimentation capacitive sans redressement .....</b>	<b>50</b>
<b>III.3.3.1 Tension d'entrée .....</b>	<b>51</b>
<b>III.3.3.2 Tension aux bornes du condensateur (C2) .....</b>	<b>52</b>
<b>III.3.3.3 Tension de sortie .....</b>	<b>52</b>
<b>III.4 Partie de simulation DC/DC .....</b>	<b>53</b>
<b>III.4.1 Hacheur série (Abaisseur) avec MC34036 .....</b>	<b>53</b>
<b>III.4.2 Hacheur parallèle (élevateur) avec MC34063 .....</b>	<b>54</b>
<b>III.4.3 Circuit intégrée NE555 .....</b>	<b>55</b>
<b>III.4.4 Régulateur de tension série à diode zener .....</b>	<b>57</b>
<b>III.4.5 Régulateur de tension série à deux transistors .....</b>	<b>58</b>
<b>III.4.6 Régulateur série avec tension de sortie réglable .....</b>	<b>59</b>
<b>III.5 Conclusion .....</b>	<b>61</b>

*Chapitre VI : Réalisation pratique des convertisseurs AC-DC et DC-DC*

<b>IV.1 Introduction .....</b>	<b>63</b>
<b>IV.2 Oscilloscope .....</b>	<b>63</b>
<b>IV.3 Partie de pratique .....</b>	<b>63</b>
<b>IV.3.1 Convertisseur AC/DC stabilisée par LM317T .....</b>	<b>64</b>
<b>IV.3.1.1 Tension secondaire de transformateur .....</b>	<b>64</b>
<b>IV.3.1.2 Tension redressée .....</b>	<b>65</b>

IV.3.1.3 Tension filtrée .....	66
IV.3.1.4 Tension stabilisée par régulateur LM317T .....	67
IV.3.2 Tension stabilisée par diode Zener .....	68
IV.3.2.1 Tension au secondaire de transformateur .....	69
IV.3.2.2 Tension redressée .....	70
IV.3.2.3 Tension filtrée .....	71
IV.3.2.4 Tension stabilisée .....	72
IV.3.3 Hacheur abaisseur (BUCK) avec MC34063 .....	73
IV.3.3.2 Réalisation pratique .....	74
IV.3.4 Hacheur élévateur (BOOST) avec MC34063 .....	76
IV.3.4.1 Schéma fonctionnelle .....	76
IV.3.4.2 Réalisation pratique .....	76
IV.3.5 Circuit intégrée NE555 .....	77
IV.3.5.1 Réalisation pratique .....	78
IV.3.5.2 Résultats de la Réalisation .....	78
IV.3.6 Régulateurs de tension série à diode zener .....	80
IV.3.6.1 Tension de sortie théorique .....	81
IV.3.6.2 Réalisation pratique .....	81
IV.3.6.4 Résultats de la réalisation .....	81
IV.3.7 Régulateurs de te tension série à deux transistors .....	82
IV.3.7.1 Valeur théorique de la tension de sortie .....	83
IV.3.7.2 Réalisation pratique .....	83
IV.3.7.4 Résultats de la réalisation pratique .....	84
IV.3.8 Régulateur série avec de tension de sortie réglable .....	85
IV.3.8.1 Schéma de réalisation .....	85
IV.3.8.2 Expression théorique de la tension de sortie .....	85
IV.3.8.3 Réalisation pratique .....	86
IV.4 Conclusion .....	88

# *Liste des figures*

# Liste des figures

## Liste des figures de Chapitre I

<b>Figure I.1</b> Symboles normalisé d'une résistance.....	4
<b>Figure I.2</b> Différents types des résistances fixe.....	4
<b>Figure I.3</b> Différents types des résistances variables. ....	5
<b>Figure I.4</b> Code de désignation de couleurs (CEI 60757). ....	5
<b>Figure I.5</b> Symboles normalisé d'un condensateur. ....	6
<b>Figure I.6</b> Condensateur céramique 10nf. ....	6
<b>Figure I.7</b> Condensateur à film Polypropylène 1uF 400V.....	7
<b>Figure I.8</b> Condensateurs électrolytiques aluminium 22uF 16V.....	7
<b>Figure I.9</b> Condensateur tantale.....	8
<b>Figure I.10</b> Symbole normalisé des bobines ....	8
<b>Figure I.11</b> Bobine enroulée autour d'un noyau ferromagnétique. ....	8
<b>Figure I.12</b> Différents types d'inductances. ....	10
<b>Figure I.13</b> Symboles d'un transformateur monophasé. ....	11
<b>Figure I.14</b> Sens de bobinage ....	11
<b>Figure I.15</b> Schéma représentant un transformateur monophasé ....	11
<b>Figure I.16</b> Symbole normalisé d'une diode. ....	12
<b>Figure I.17</b> la jonction PN ....	12
<b>Figure I.18</b> Caractéristique réelle de la diode ....	13
<b>Figure I.19</b> Diode de redressement type 1N4007 ....	13
<b>Figure I.20</b> Diode Zener ....	14
<b>Figure I.21</b> Symbole normalisé de la diode zener ....	14
<b>Figure I.22</b> Allure de la caractéristique réelle $I = f(U)$ d'une diode Zéner ....	14
<b>Figure I.23</b> LED à différents couleurs ....	15
<b>Figure I.24</b> Symbole normalisé de LED ....	15
<b>Figure I.25</b> Diode Schottky ....	16
<b>Figure I.26</b> Symbole électrique d'un transistor bipolaire.....	17
<b>Figure I.27</b> Models de transistor ....	17
<b>Figure I.28</b> Tensions de polarisation du transistor npn ....	17
<b>Figure I.29</b> Régulateurs de tensions linéaires. ....	18
<b>Figure I.30</b> Régulateur de tension fixe LM79xx et LM78xx. ....	19
<b>Figure I.31</b> Exemple d'utilisation avec un régulateur de type 7812. ....	19

<b>Figure I.32</b> Régulateur de tension ajustable (a) LM317T (b) LM337T. ....	<b>19</b>
--	-----------

*Liste des figures de Chapitre II*

<b>Figure II.1</b> Schéma fonctionnel d'une alimentation linéaire. ....	<b>22</b>
<b>Figure II.2</b> Tension de sortie d'un redresseur simple alternance. ....	<b>23</b>
<b>Figure II.3</b> Tension de sortie d'un redresseur double alternance. ....	<b>24</b>
<b>Figure II.4</b> Allure de la tension filtrée UC. ....	<b>25</b>
<b>Figure II.5</b> Filtrage d'une tension redressée simple alternance. ....	<b>26</b>
<b>Figure II.6</b> Allure de la tension filtrée UC simple alternance. ....	<b>26</b>
<b>Figure II.7</b> Filtrage d'une tension redressée double alternance. ....	<b>27</b>
<b>Figure II.8</b> Allure de la tension filtrée UC double alternance ....	<b>28</b>
<b>Figure II.9</b> Stabilisateur parallèle à diode Zener. ....	<b>29</b>
<b>Figure II.10</b> Connexion du régulateur de tension réglable LM317T. ....	<b>30</b>
<b>Figure II.11</b> Principe de base d'un hacheur. ....	<b>31</b>
<b>Figure II.12</b> Schéma d'un hacheur série ....	<b>31</b>
<b>Figure II.13</b> Schéma d'un hacheur série : $0 < t < \alpha T$ ....	<b>32</b>
<b>Figure II.14</b> Schéma d'un hacheur série : $\alpha T < t < T$ ....	<b>33</b>
<b>Figure II.15</b> Forme d'ondes des grandeurs d'un Hacheur série (Buck) ....	<b>34</b>
<b>Figure II.16</b> Schéma de principe du hacheur Boost ....	<b>34</b>
<b>Figure II.17</b> Circuits équivalents de Boost quand K est fermé ....	<b>35</b>
<b>Figure II.18</b> Circuits équivalents de Boost quand K est ouvert ....	<b>36</b>
<b>Figure II.19</b> Forme d'ondes des grandeurs d'un Hacheur parallèle (Boost). ....	<b>36</b>
<b>Figure II.20</b> Circuit de fonctionnement de l'astable ....	<b>38</b>
<b>Figure II.21</b> Formes d'onde Astable typiques ....	<b>38</b>
<b>Figure II.22</b> Fréquence de fonctionnement libre ....	<b>39</b>
<b>Figure II.23</b> Diagramme schématique représentatif de MC34036 ....	<b>40</b>

*Liste des figures de Chapitre III*

<b>Figure III.1</b> Logiciel Proteus Professional ....	<b>42</b>
<b>Figure III.2</b> Interface graphique de logiciel ISIS ....	<b>43</b>
<b>Figure III.3</b> Modèle de simulation d'une alimentation stabilisée par une diode zener. ....	<b>43</b>
<b>Figure III.4</b> Tension d'entrée ....	<b>44</b>
<b>Figure III.5</b> Tension secondaire de transformateur ....	<b>45</b>
<b>Figure III.6</b> Tension redressée. ....	<b>45</b>

<b>Figure III.7</b> Tension filtrée aux bornes de condensateur (C1) .....	46
<b>Figure III.8</b> Tension stabilisée .....	46
<b>Figure III.9</b> Modèle de simulation d'une alimentation stabilisée par régulateur LM317T. ....	47
<b>Figure III.10</b> Tension d'entrée .....	48
<b>Figure III.11</b> Tension secondaire de transformateur .....	48
<b>Figure III.12</b> Tension redressée. ....	49
<b>Figure III.13</b> Tension filtrée aux bornes de condensateur (C1) .....	49
<b>Figure III.14</b> Tension stabilisée .....	50
<b>Figure III.15</b> Modèle de simulation d'une alimentation capacitive sans redressement .....	50
<b>Figure III.16</b> Tension d'entrée .....	51
<b>Figure III.17</b> Tension aux bornes du condensateur (C2) .....	52
<b>Figure III.18</b> Tension de sortie .....	52
<b>Figure III.19</b> Modèle de simulation d'une Hacheur buck avec MC 34036 .....	53
<b>Figure III.20</b> Tension d'entrée (Ve) et tension de sortie (Vs) .....	53
<b>Figure III.21</b> Modèle de simulation d'une Hacheur boost avec MC 34036 .....	54
<b>Figure III.22</b> Tension d'entrée (Ve) et tension de sortie (Vs) .....	55
<b>Figure III.23</b> Modèle de simulation d'un circuit intégrée NE555 .....	55
<b>Figure III.24</b> Tension de sortie NE555 .....	56
<b>Figure III.25</b> Tension aux bornes de condensateur C1 .....	57
<b>Figure III.26</b> Modèle de simulation d'un régulateur de tension série à diode zener .....	57
<b>Figure III.27</b> Tension de sortie de régulateur à diode zener .....	58
<b>Figure III.28</b> Modèle de simulation d'un régulateur de tension série à deux transistors .....	58
<b>Figure III.29</b> Tension de sortie de Régulateur à deux transistors .....	59
<b>Figure III.30</b> Modèle de simulation d'un Régulateur série avec tension de sortie réglable .....	59
<b>Figure III.31</b> Tension de sortie (RV2=10K $\Omega$ ) .....	60
<b>Figure III.32</b> Tension de sortie (RV2=30K $\Omega$ ) .....	60
<b>Figure III.33</b> Tension de sortie (RV2=50K $\Omega$ ) .....	61

### *Liste des figures de Chapitre VI*

<b>Figure IV.1</b> vue générale d'un oscilloscope .....	63
<b>Figure IV.2</b> Montage complet d'un convertisseur 220V à 5.9V stabilisée par LM317T .....	64
<b>Figure IV.3</b> Tension d'entrée .....	65
<b>Figure IV.4</b> Tension redressée .....	66

<b>Figure IV.5</b> Tension filtrée aux bornes de condensateur. ....	<b>67</b>
<b>Figure IV.6</b> Tension stabilisée.....	<b>68</b>
<b>Figure IV.7</b> Montage complet d'un convertisseur 230V à 5V stabilisée par diode zener .....	<b>69</b>
<b>Figure IV.8</b> Tension d'entrée .....	<b>70</b>
<b>Figure IV.9</b> Tension redressée .....	<b>71</b>
<b>Figure IV.10</b> Tension filtrée .....	<b>72</b>
<b>Figure IV.11</b> Tension stabilisée .....	<b>73</b>
<b>Figure IV.12</b> Schéma d'un hacheur abaisseur (Buck) avec MC34063 .....	<b>74</b>
<b>Figure IV.13</b> Réalisation pratique d'un hacheur BUCK .....	<b>74</b>
<b>Figure IV.14</b> Résultats de réalisation d'un hacheur BUCK .....	<b>75</b>
<b>Figure IV.15</b> Schéma fonctionnelle d'un hacheur BOOST avec MC34063 .....	<b>76</b>
<b>Figure IV.16</b> Réalisation pratique d'un hacheur BOOST .....	<b>76</b>
<b>Figure IV.17</b> Résultats de réalisation d'un hacheur BOOST .....	<b>77</b>
<b>Figure IV.18</b> Schéma fonctionnelle d'un circuit intégré NE555 .....	<b>77</b>
<b>Figure IV.19</b> Réalisation pratique d'un circuit intégrée NE555 .....	<b>78</b>
<b>Figure IV.20</b> Résultats de réalisation d'un circuit intégrée NE555 .....	<b>79</b>
<b>Figure IV.21</b> Tension de sortie et tension du condensateur C1 .....	<b>79</b>
<b>Figure IV.22</b> Régulateur de tension série à diode zener .....	<b>80</b>
<b>Figure IV.23</b> Réalisation pratique d'un régulateur de tension série à diode zener .....	<b>81</b>
<b>Figure IV.24</b> Résultats de réalisation d'un régulateur de tension série à diode zener .....	<b>82</b>
<b>Figure IV.25</b> Régulateur de tension série à deux transistors .....	<b>83</b>
<b>Figure IV.26</b> Réalisation pratique d'un régulateur de tension série à deux transistors .....	<b>84</b>
<b>Figure IV.27</b> Résultats de réalisation d'un régulateur de tension série à deux transistors .....	<b>85</b>
<b>Figure IV.28</b> Régulateur de tension série avec potentiomètre (tension de sortie réglable) .....	<b>85</b>
<b>Figure IV.29</b> Régulateur de tension série avec potentiomètre .....	<b>86</b>
<b>Figure IV.30</b> Résultats pour $R_x = 10k\Omega$ .....	<b>87</b>
<b>Figure IV.31</b> Résultats pour $R_x = 30k\Omega$ .....	<b>87</b>
<b>Figure IV.32</b> Résultats pour $R_x = 50k\Omega$ .....	<b>87</b>

# *Liste des tableaux*



## *Listes des tableaux*

### *Chapitre I*

<b>Tableau I.1</b>	Tension de seuil et l'intensité de seuil pour des LED de différents couleurs	<b>15</b>
--------------------	--	-----------

### *Chapitre II*

<b>Tableau II.1</b>	Tableau de formule de conception	<b>40</b>
---------------------	----------------------------------	-----------

### *Chapitre IV*

<b>Tableau IV.1</b>	Composants du circuit de montage réalisé	<b>64</b>
<b>Tableau IV.2</b>	Mesures de la tension d'entrée	<b>65</b>
<b>Tableau IV.3</b>	Mesures de la tension redressée	<b>66</b>
<b>Tableau IV.4</b>	Mesures de la tension filtrée	<b>67</b>
<b>Tableau IV.5</b>	Mesures de tension stabilisée	<b>68</b>
<b>Tableau IV.6</b>	Composants du circuit électrique stabilisé par diode zener	<b>69</b>
<b>Tableau IV.7</b>	Mesures de la tension d'entrée	<b>70</b>
<b>Tableau IV.8</b>	Mesures de la tension redressée	<b>71</b>
<b>Tableau IV.9</b>	Mesures de la tension filtrée	<b>72</b>
<b>Tableau IV.10</b>	Mesures de la tension stabilisée	<b>73</b>
<b>Tableau IV.11</b>	Principaux composants de fonctionnement d'un hacheur BUCK	<b>75</b>
<b>Tableau IV.12</b>	Principaux composants de fonctionnement d'un hacheur BOOST	<b>76</b>
<b>Tableau IV.13</b>	Principaux composants de fonctionnement d'un circuit intégrée NE555	<b>78</b>
<b>Tableau IV.14</b>	Mesures correspond à la tension de sortie	<b>80</b>
<b>Tableau IV.15</b>	Mesures correspond à la tension aux bornes du condensateur C1	<b>80</b>
<b>Tableau IV.16</b>	Principaux composants d'un régulateur de tension série à diode zener	<b>81</b>
<b>Tableau IV.17</b>	Comparaison entre les différents résultats obtenus	<b>82</b>
<b>Tableau IV.18</b>	Principaux composants d'un régulateur de tension série à deux transistors	<b>84</b>
<b>Tableau IV.19</b>	Comparaison entre les trois résultats	<b>85</b>
<b>Tableau IV.20</b>	Composants du régulateur de tension série avec potentiomètre	<b>86</b>
<b>Tableau IV.21</b>	Comparaison entre tous les résultats obtenus	<b>88</b>



## Abréviations

R	Résistance
C	condensateur
$\Omega$	Oméga (ohms)
V	Volt
L	L'inductance de la bobine en Henry (H)
N	Nombre de spire de la bobine
B	champ magnétique
S	section de la bobine en mètres carrés (m <sup>2</sup> )
$\Phi$	Le flux magnétique
$\mu$	perméabilité du milieu autour duquel sont enroulées les spires
l	longueur de la bobine en mètres (m)
LED	Light Emitting Diode
NPN	Negative-Positive-Negative
PNP	Positive-Negative-Positive
AC	Alternating current
DC	Direct current
$V_r$	Tension aux bornes de la charge
$V_d$	Tension aux bornes de la diode
$V_e$	Tension d'entrée
$V_s$	Tension de sortie
$f$	Fréquence
$\alpha$	Rapport cyclique
T	Période

# *Introduction générale*

## **Introduction générale**

L'électronique de puissance est la partie du génie électrique qui traite des modifications de la présentation de l'énergie électrique. Pour cela elle utilise des convertisseurs statiques à semi-conducteurs. Grace aux progrès sur ces composants et sur leur mise en œuvre, l'électronique de puissance a pris une importance considérable dans tout le domaine de l'électricité industrielle. [1]

Les convertisseurs statiques sont des dispositifs électroniques qui convertissent une forme d'énergie électrique en une autre sans utiliser de pièces mobiles. Ils jouent un rôle crucial dans les systèmes modernes de gestion de l'énergie, étant largement utilisés dans divers domaines allant de l'électronique de puissance à l'automobile et aux applications industrielles. On peut distinguer quatre types des convertisseurs de puissance ; les convertisseurs AC-DC (Redresseurs), convertisseurs DC-AC (Onduleurs), convertisseurs DC-DC (Hacheur) et convertisseurs AC-AC (Gradateur). [2]

Le travail présenté dans ce mémoire s'inscrit dans le but d'étudier, d'analyser et de concevoir de deux types des convertisseurs statiques, les convertisseurs alternatifs - continus (AC-DC) et les convertisseurs continu-continu (DC-DC).

Les convertisseurs AC-DC, aussi appelés redresseurs, convertissent le courant alternatif (AC) en courant continu (DC). La majorité des appareils électroniques, comme les ordinateurs, les téléphones portables et les LED, nécessitent une alimentation en courant continu pour fonctionner correctement. Le processus de conversion AC-DC comprend plusieurs étapes clés c'est le redressement, le filtrage et la stabilisation.

Les convertisseurs DC-DC changent une tension continue en une autre tension continue, adaptée aux besoins spécifiques des circuits électroniques. Ils sont omniprésents dans les systèmes électroniques pour ajuster les niveaux de tension entre différents composants. Les principaux types de convertisseurs DC-DC comprennent c'est les convertisseurs abaisseurs (Buck), les convertisseurs élévateurs (Boost) et les convertisseurs abaisseurs-élévateurs (Buck-Boost).

Les convertisseurs AC-DC et DC-DC sont essentiels pour la gestion efficace de l'énergie électrique dans une variété de dispositifs électroniques. En garantissant une alimentation stable et adaptée aux exigences spécifiques des appareils, ils améliorent la performance et la fiabilité des systèmes électroniques, tout en répondant aux défis énergétiques actuels.

Notre objectif principal est de développer la commande de la tension de sortie du convertisseur alternatif-continu via une diode Zener et un régulateur LM317T pour les redresseurs, et via un circuit intégré CE34063 pour les deux types de hacheurs Buck et Boost.

Ainsi, le travail est organisé comme suit :

- Le premier chapitre consacré à une description sur les bases des montages électriques et des composants électroniques entrantes dans les convertisseurs alternatif-continu et les convertisseurs continu-continu, en mettant l'accent sur leur classification, leurs fonctions et leurs caractéristiques.

- Le deuxième chapitre se divise en deux parties principales et se concentre spécifiquement les convertisseurs AC-DC (Redresseurs) et les convertisseurs DC-DC (Hacheurs). Il fournit un aperçu de ses convertisseurs dans les systèmes électroniques.

- Le troisième chapitre est dédié à la simulation et à l'analyse des ondes produites par différents convertisseurs ainsi que les résultats de simulation obtenus par le logiciel Proteus. L'objectif principal est de comprendre la nature des signaux générés, d'analyser leurs caractéristiques et d'évaluer les performances des convertisseurs dans diverses conditions.

- Le quatrième chapitre présente la partie pratique de notre travail ainsi l'analyse des ondes produites par différents convertisseurs utilisant un oscilloscope. Aussi, nous présentons les résultats expérimentaux de notre réalisation.

Enfin, nous terminons notre travail par une conclusion générale et des perspectives.

# ***CHAPITRE I***

## ***Généralités sur les composants électroniques***

**I.1 Introduction :**

Un circuit, quel que soit son type active ou passif, est un système formé de conducteurs et de composants, qui permet la circulation du courant électrique et la création des champs aussi. Tous deux remplissent la fonction de base de la commande et la régulation de la circulation des courants ou la création des tensions à ces bornes. La plupart des composants électroniques ne peuvent fonctionner indépendamment. Ils sont liés les uns aux autres de manière précise afin de répondre à un schéma bien précis en fonction de la destination.

Un montage électrique est souvent composé de l'assemblage de plusieurs composants, connectés les uns aux autres de manière très précise, pour correspondre à un schéma électrique. Ce schéma est en quelque sorte un plan à suivre pour réaliser exactement ce que l'on souhaite.

Dans ce chapitre, on attribue aux définitions des composants électroniques, passant par des généralités sur les composants actifs et passifs cela pour bien comprendre le fonctionnement et le comportement des éléments électroniques pour la conversion d'énergie alternative-continue et continue-continue.

**I.2 Classification des composants électriques :**

Parmi la grande variété de composants, il est possible de catégoriser ceux-ci de plusieurs façons, selon leur fonctionnement, la fonction qu'il exerce ou même les boîtiers qui les composent. Il est ainsi possible se classent en deux catégories : passifs ou actifs.

**I.3 Composants passifs :**

Un composant électronique passif est un élément électronique qui ne produit pas d'énergie, mais qui est largement utilisé dans les circuits électroniques pour diverses applications, telles que le filtrage de signal, la régulation de tension, la réduction du bruit, etc.

Les composants passifs incluent les éléments à deux bornes tels que les résistances, les condensateurs, les inductances et les transformateurs.

**I.3.1 Résistances :**

Une résistance ou un conducteur ohmique est un composant électronique dont la caractéristique principale est de s'opposer au passage du courant dans un circuit. Cette opposition s'accompagne d'une dissipation d'énergie dans le composant par effet joule. Une résistance est également un composant passif non polarisé faisant partie des composants les plus utilisés dans le domaine électrique et électronique.



La valeur Ohmique d'une résistance peut être déterminée par plusieurs façons selon le type de résistance. La valeur peut être codée par les couleurs d'où le code des couleurs, et par une combinaison de chiffres et parfois de lettres.

Toutes les résistances ont deux bornes, chacune connectée à une extrémité d'une résistance. Lorsque les résistances sont représentées dans des diagrammes schématiques, elles sont indiquées sous l'une des deux formes :



**Figure I.1.** Symboles normalisés d'une résistance.

### I.3.1.1 Types de résistance

Les résistances sont le plus souvent désignées par la lettre R et peuvent être classées en deux grandes familles : les résistances fixes et les résistances variables.

**I.3.1.1.1 Résistances fixes :** Les résistances fixes couramment utilisées en électronique sont essentiellement divisées en trois (03) catégories basées sur la technologie de fabrication.

- ✓ Les résistances au carbone (à carbone aggloméré et à couche de carbone) ;
- ✓ Les résistances métalliques non-bobinées (à couche métallique et à couche d'oxyde métallique) ;
- ✓ Les résistances métalliques bobinées (de puissance, de précision et de haute précision).



**Figure I.2.** Différents types des résistances fixe : (a) Résistance au carbone (b) Résistance métallique non-bobinée (c) Résistances métallique bobinée.

**I.3.1.1.2 Résistances variables :** Elles fournissent une variation de leur valeur de résistance. Elles sont généralement utilisées en division de tension. Elles peuvent s'agir de potentiomètres ou de pré-réglages. Elles créent un contact avec une bande résistive en tout point sélectionné par la commande manuelle. On distingue 3 catégories de résistances variables :

- ✓ Les potentiomètres : Ces éléments sont utilisés lorsque l'on veut pouvoir régler manuellement un paramètre électrique de façon régulière.

- ✓ Les résistances ajustables : appelée aussi résistance réglable, elles sont des résistances variables dont les différentes valeurs ohmiques possibles sont prédéfinies.
- ✓ Les rhéostats : sont des résistances variables utilisées en général comme des charges pour fixer l'intensité du courant.

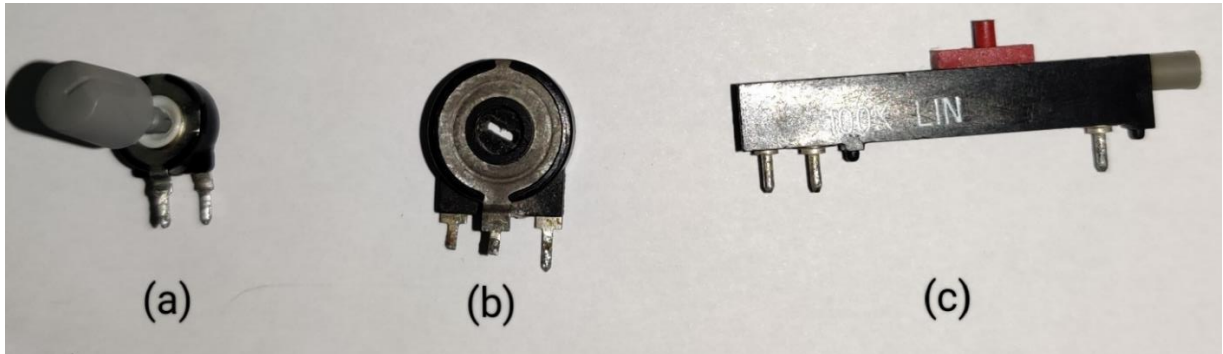


Figure I.3. Différents types des résistances variables a) Potentiomètre. (b) Résistances ajustable. (c)Rhéostat.

I.3.1.2 Marquage des résistances

Les résistances sont en général identifiées par différents anneaux de couleur tracés sur le corps du composant qui indiquent la valeur nominale et la tolérance. Les éléments ordinaires (5% ou 10%) comportent quatre anneaux tandis que les éléments de précision (1% ou 2%) en ont cinq [3].

Chaque couleur correspond à un chiffre, ainsi qu'il est indiqué comme dans la figure suivante :

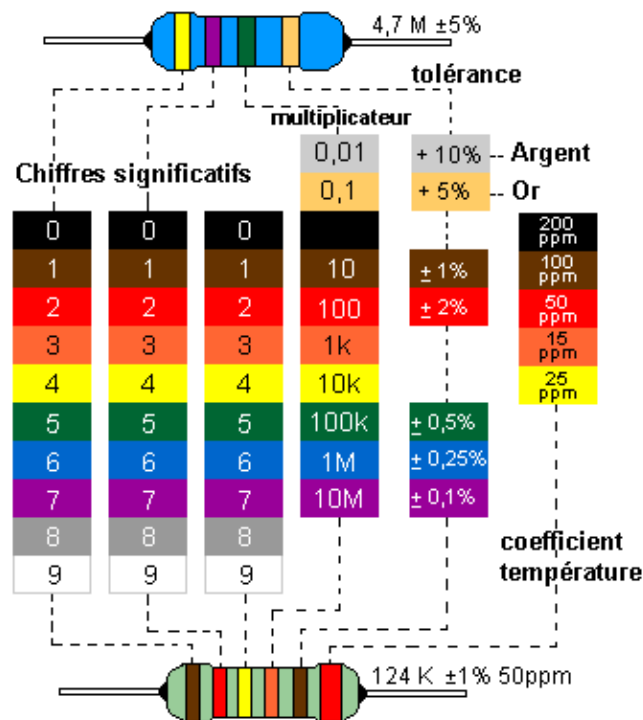


Figure I.4. Code de désignation de couleurs (CEI 60757).

Pour les résistances, la loi d'Ohm s'exprime comme suit :

$$U = R.I \quad (\text{I.1})$$

En transformant cette formule on trouve l'expression de la résistance:

$$R = \frac{U}{I} \quad (\text{I.2})$$

U: tension aux bornes de la résistance en volts (V)

R : valeur de la résistance en Ohm ( $\Omega$ )

I : courant traversant la résistance en Ampère (A).

### I.3.2 Condensateurs

Un condensateur est un composant électronique qui a la particularité de pouvoir stocker de l'énergie lorsqu'il est exposé à une tension. Il est constitué de deux plaques conductrices (armatures) séparées par un isolant appelé diélectrique [4].



Figure I.5. Symboles normalisés d'un condensateur.

Ce composant est indispensable dans le domaine de l'électricité. Un condensateur charge une certaine quantité d'électricité (Q) lorsqu'une tension lui est appliquée. Cette charge Q dépend de la tension et de la durée d'exposition à cette tension. Lorsque le condensateur se décharge, l'énergie stockée est libérée.

#### I.3.2.1 Types de condensateurs

##### I.3.2.1.1 Condensateurs céramiques :

Les céramiques utilisées sont obtenues par synthèse ; les grains les constituant sont solidarisés par traitement thermique.



Figure I.6. Condensateur céramique 10nf.

Les céramiques ainsi réalisées possèdent une permittivité relative ( $\epsilon_r$ ) très élevée, ce qui permet la fabrication de condensateurs à capacité élevée avec un faible encombrement [5].

#### I.3.2.1.2 Condensateurs à film plastique:

Les condensateurs à film utilisent un film plastique mince comme diélectrique ; De nombreuses variétés de plastiques peuvent être employées : polyester, polystyrène, polycarbonate, polypropylène... celui-ci peut être métallisé ou non traité, selon les propriétés requises du condensateur. Ces types offrent la stabilité, une faible inductance et faible coût.



Figure I.7. Condensateur à film Polypropylène 1 $\mu$ F 400V

#### I.3.2.1.3 Condensateurs électrolytiques en aluminium :

Les condensateurs électrolytiques utilisent un électrolyte pour fournir une plus grande valeur de capacité que les autres types de condensateurs. Presque tous les condensateurs électrolytiques sont polarisés, ils doivent donc être utilisés dans des circuits DC et correctement polarisés. Les condensateurs électrolytiques peuvent être soit des électrolytes humides, soit des polymères solides. Les condensateurs en aluminium ont généralement des capacités comprises entre 1  $\mu$ F et 47 mF, avec une tension de fonctionnement allant jusqu'à quelques centaines de volts DC. Cependant, les super-condensateurs, parfois appelés condensateurs à double couche, sont également disponibles avec des capacités de centaines ou de milliers de farads [6].



Figure I.8. Condensateurs électrolytiques aluminium 22 $\mu$ F 16V.

#### I.3.2.1.4 Condensateurs en tantales :

Les condensateurs électrolytiques en tantale sont des condensateurs électrolytiques fabriqués pour les circuits en PCB. Elles sont constituées d'une pastille de tantale métallique poreux comme anode, recouverte d'une couche d'oxyde isolante qui forme le diélectrique, entourée d'un électrolyte liquide ou solide comme cathode.

En raison de sa couche diélectrique très fine et de sa permittivité relativement élevée, le condensateur au tantale se distingue des autres condensateurs conventionnels et électrolytiques par sa capacité élevée par volume (rendement volumétrique élevé) et son poids plus faible.



**Figure I.9.** Condensateur en tantale.

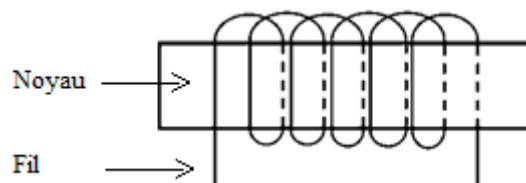
### I.3.3 Bobines

Les bobines sont des composants courants en électrotechnique et électronique. Une bobine est constituée d'un bobinage ou enroulement d'un fil conducteur éventuellement autour d'un noyau en matériau ferromagnétique qui peut être un assemblage de feuilles de tôles ou un bloc de ferrite.



**Figure I.10.** Symbole normalisé des bobines

Une bobine est formée d'un fil enroulé soit dans l'air, soit sur un noyau ferromagnétique comme illustré dans la figure I.11.



**Figure I.11.** Bobine enroulée autour d'un noyau ferromagnétique.

#### I.3.3.1 Inductance d'une bobine :

Le courant qui traverse une bobine crée un champ magnétique autour du conducteur. Une variation de ce courant entraîne une variation du flux magnétique autour de la bobine et une tension induite à travers la bobine, laquelle tension, parfois appelée tension inverse, entraîne un courant qui s'oppose au courant du secteur. Si une bobine de  $N$  spires de section  $S$  est soumise à un champ magnétique  $B$ , on appelle flux  $\phi$  la quantité :

$$\Phi = N \cdot B \cdot S \quad (\text{I.3})$$

L'unité de flux est le weber symbole Wb. Si le champ magnétique a été créé par l'enroulement lui-même, on parle de flux propre. Tant que le courant  $i$  n'est pas trop élevé, le flux  $\Phi$  est proportionnel au courant qu'il a généré :

$$\Phi = L \cdot i \quad (\text{I.4})$$

L'inductance  $L$  d'une bobine ne dépend que des caractéristiques géométriques de celle-ci. Elle n'existe aucune formule fiable pour le calcul de l'inductance des bobines: chacune est le fruit d'approximations et a donc ses limites de précision. Une formule courante, pour une bobine de longueur  $l$ , qui possède  $N$  spires de surface de section  $S$  :

$$L = \mu * \frac{N^2}{l} * S \quad (\text{I.5})$$

$L$  : inductance de la bobine en Henry (H)

$N$  : nombre de spires de la bobine

$l$  : longueur de la bobine (et non pas la longueur du fil qui la compose) en mètres (m)

$S$  : section de la bobine (de son fil, ici) en mètres carrés (m<sup>2</sup>)

$\mu$  : perméabilité du milieu autour duquel sont enroulées les spires.

### I.3.3.2 Types des bobines

#### I.3.3.2.1 Bobine à noyau d'air

La bobine à noyau d'air est un composant électronique fondamental utilisé dans de nombreuses applications. Il s'agit de bobines enroulées normalement par conducteurs massifs autoportants ou enroulés sur des matériels isolants pour que le bobinage prenne une forme déterminée. Les bobines à air sont très utilisées dans les circuits électroniques. Elles se caractérisent par la constance de leur valeur d'inductance.

#### I.3.3.2.2 Bobine à noyau ferromagnétique

Une bobine à noyau de fer est constituée d'un certain nombre de spires enroulées sur un circuit magnétique en matériau ferromagnétique.

#### I.3.3.2.3 Bobine variable

Le type de bobine variable le plus courant aujourd'hui est probablement celui qui comporte un noyau magnétique en ferrite mobile, qui peut être glissé ou vissé dans ou hors de la bobine.

En déplaçant le noyau plus loin dans la bobine, on augmente la perméabilité, ce qui accroît le champ magnétique et l'inductance.

#### I.3.3.2.4 Bobine d'arrêt

Une bobine d'arrêt est une inductance conçue spécifiquement pour bloquer le courant alternatif (AC) en haute fréquence dans un circuit électrique, tout en laissant passer les signaux continus ou basse fréquence.



Figure I.12. Différents types d'inductances.

#### I.3.4 Transformateur

Le transformateur est présent dans presque toutes les alimentations branchées sur le secteur. Il assure l'isolement entre le réseau et l'appareil. De plus, dans les alimentations classiques, il permet d'abaisser la tension efficace du secteur à une valeur compatible avec les nécessités des circuits électroniques.

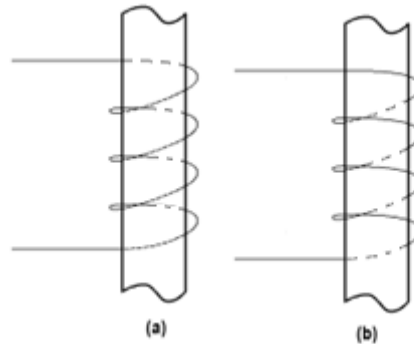
Un transformateur monophasé est constitué d'un noyau ferromagnétique fermé réalisé avec un matériau de forte perméabilité sur lequel sont placés deux enroulements. L'une de ces bobines, appelée primaire, est alimentée par une source de tension alternative. Un flux magnétique est alors créé dans le noyau. L'autre enroulement, nommé secondaire, est le siège d'une force électromotrice induite [7].

Un transformateur peut être représenté par l'un des deux symboles indiqués sur la figure I.13. Le premier fait apparaître les deux enroulements, séparés par un trait qui rappelle la présence du noyau ferromagnétique.



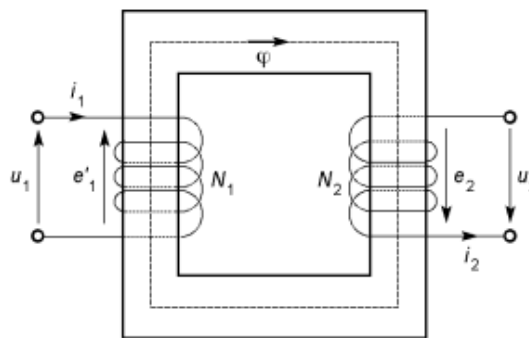
**Figure I.13.** Symboles d'un transformateur monophasé.

Selon l'instantanées des tensions induites, on distingue deux possibilités qui sont le pas à gauche et le pas à droite (figure I.14).



**Figure I.14.** Sens de bobinage : (a) pas à gauche (b) pas à droite

Le transformateur est constitué essentiellement de deux enroulements couplés sur un noyau magnétique (figure I.15). Le côté de la source est appelé le primaire. Le côté de la charge est appelé le secondaire.



**Figure I.15** Schéma représentant un transformateur monophasé

Le rapport de la valeur efficace de la tension obtenue au secondaire  $U_2$  sur la tension appliquée au primaire  $U_1$  est constant et égal au rapport du nombre de spires  $N_2$  et  $N_1$  de l'enroulement :

$$m = \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} \quad (\text{I.6})$$

Le nombre  $m$  est le rapport de transformation, c'est un nombre sans dimension.



## I.4 Composants actifs :

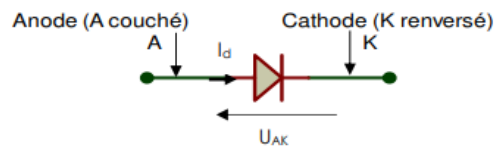
Les composants électroniques qui permettent d'amplifier ou de transformer la puissance d'un signal en tension et/ou en courant. La puissance ainsi générée est récupérée au travers d'une alimentation. Pour simplifier, on peut dire que les composants actifs sont des composants capables d'introduire de l'énergie dans le circuit auquel ils contribuent.

Parmi les composants actifs, on distingue ceux spécifiques utilisés en électronique de puissance : diode, thyristor, transistor bipolaire ou à grille isolée (MOSFET). Ces composants permettent la conversion statique de l'énergie électrique.

### I.4.1 Diodes :

La diode est un composant électronique conçu à partir d'une jonction PN, dont la particularité et l'intérêt principal étant qu'il ne laisse passer le courant que dans un seul sens. Le domaine d'application des diodes est plus vaste, et concerne aussi bien l'électronique analogique, numérique et également l'électrotechnique [8].

Le symbole de la diode à jonction se présente comme suit (Figure I.16) :



**Figure I.16.** Symbole normalisé d'une diode.

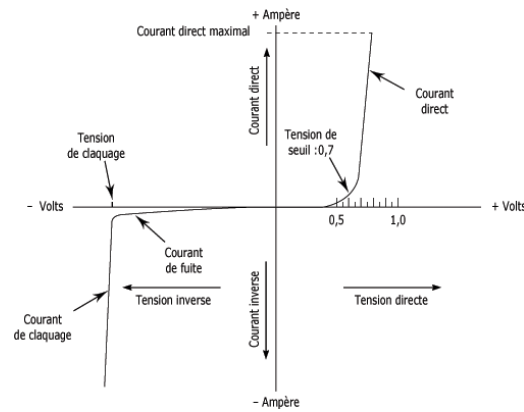
Le côté P de la jonction PN désigne l'anode et le côté N désigne la cathode.



**Figure I.17.** La jonction PN

En observant la caractéristique réelle  $I = f(U)$  de la diode D, on distingue deux (02) régions de fonctionnement :

- ✓ La région directe (diode polarisée en direct) ;
- ✓ La région inverse (diode polarisée en inverse).



**Figure I.18.** Caractéristique réelle de la diode

La courbe de la figure I.18 ci-dessous répond assez bien à la formule suivante, expliquée par la thermodynamique statistique :

$$I_D = I_S (e^{qVD / kT} - 1) \quad (I.7)$$

Où :

- ✓  $I_S$  : courant de fuite ;
- ✓  $q$  : charge de l'électron =  $1,6 \times 10^{-19}$  C ;
- ✓  $k$  : constante de Boltzman =  $1,38 \times 10^{-23}$  J/K ;
- ✓  $T$  : température absolue (en degré Kelvin).

#### I.4.1.1 Différents types des diodes

##### I.4.1.1.1 Diode de redressement

Elles sont utilisées essentiellement dans les montages redresseurs pour passer d'une tension alternative à une tension continue.

Elles présentent généralement les caractéristiques suivantes :

- Fort courant direct, de 10A à milliers d'ampères
- Forte tension inverse, plusieurs centaines de volts
- Forte dissipation de puissance
- Peu rapide, quelques dizaines de Hz



**Figure I.19.** Diode de redressement type 1N4007

### I.4.1.1.2 Diode Zener :

Une diode Zéner est un composant électronique conçu également à partir d'une jonction PN qui, à la différence d'une diode à jonction en polarisation inverse, se laisse traverser par un courant non négligeable à partir d'une certaine tension appelée tension Zener sans être endommager. En effet, cette diode au Silicium est fabriquée pour fonctionner principalement dans la région de claquage même si elle se comporte comme une diode à jonction lorsqu'elle est polarisée en direct.

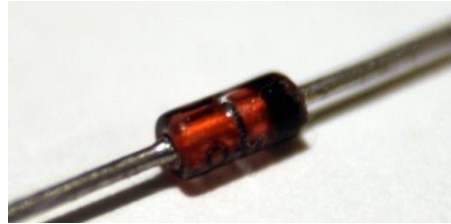


Figure I.20. Diode Zener

Le symbole de la diode Zener peut se présenter comme le montre la figure I.21:

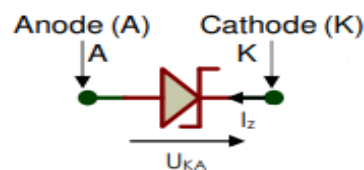


Figure I.21. Symbole normalisé de la diode zener

La caractéristique réelle  $I = f(U)$  de la diode Zéner est donnée par la figure I.22 ci-dessous.

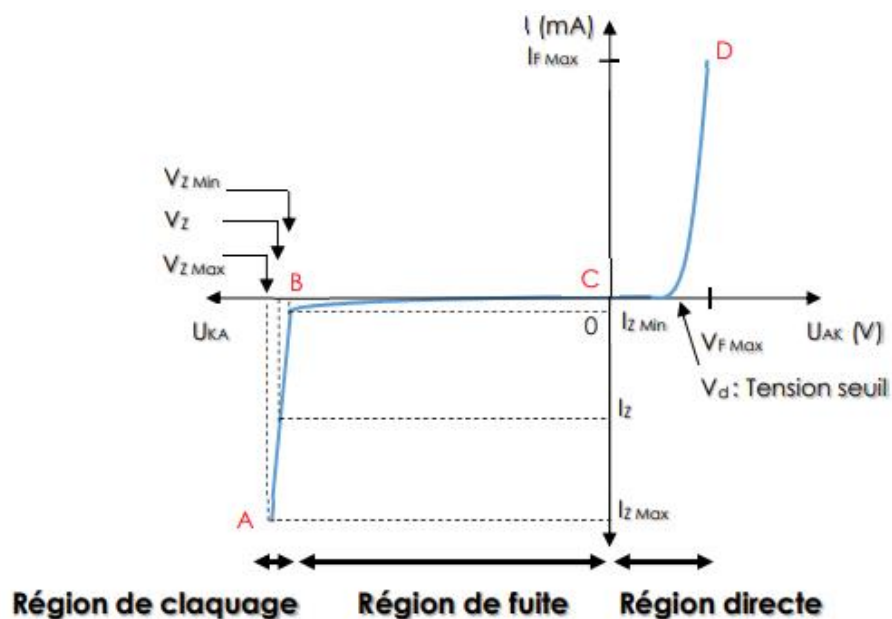


Figure I.22. Allure de la caractéristique réelle  $I = f(U)$  d'une diode Zéner

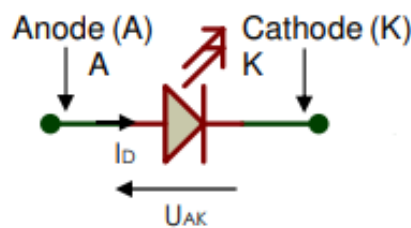
### I.4.1.1.3 Diode électroluminescente ou LED

La LED est un composant optoélectronique à base de jonction PN qui lorsqu'il est traversé par un courant électrique dans le sens direct, émet un signal lumineux de diverses couleurs possibles (Rouge, Jaune, Vert, etc.).



**Figure I.23.** LED à différents couleurs

Le symbole de la LED peut se présenter comme le montre la figure I.24.



**Figure I.24.** Symbole normalisé de LED

Le choix d'une LED se fait en fonction de son diamètre ( $\emptyset$ ) et de sa couleur. Pour chaque diamètre correspond une tension de polarisation directe ( $V_F$ ) et un courant nominal de polarisation directe ( $I_F$ ).

Le tableau suivant donne la tension de seuil ainsi que l'intensité de seuil pour des LED de différents couleurs :

Couleurs	Tension de seuil $V_f$ (V)	$I_f$ (mA)
Rouge	$1.6 < V_f < 2$	$6 < I_f < 20$
Jaune	$1.8 < V_f < 2$	$6 < I_f < 20$
Verte	$1.8 < V_f < 2$	$6 < I_f < 20$
Bleu	$2.7 < V_f < 3.2$	$6 < I_f < 20$
Blanc	$3.5 < V_f < 3.8$	30

**Tableau I.1.** Tension de seuil et l'intensité de seuil pour des LED de différents couleurs

#### I.4.1.1.4 Diodes Schottky

Une diode Schottky (nommée d'après le physicien allemand Walter H. Schottky) est une diode qui a un seuil de tension directe très bas et un temps de commutation très court. Ses autres caractéristiques sont similaires aux diodes rapides :

- faible courant direct, quelques dizaines de mA
- faible tension inverse, quelques dizaines de volts
- faible dissipation de puissance, quelques dizaines de mW
- commutation très rapide

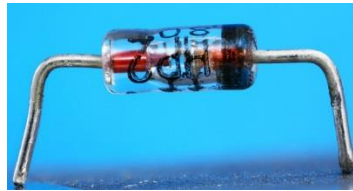


Figure I.25. Diode Schottky

#### I.4.2 Transistors

Le transistor est l'élément de base de l'électronique moderne. Il existe trois catégories de transistors : les transistors bipolaires, les transistors à effet de champ à jonction (ou JFET) et les transistors MOS.

Les transistors sont capables de travailler sur des plages de puissances très variées (de quelques milli-watts à plusieurs centaines de watts), et sur des plages de fréquences aussi très variées (de quelques hertz à plusieurs giga-hertz), selon le modèle. On s'intéresse aux transistors bipolaires.

##### I.4.2.1 Transistors bipolaires

Le transistor bipolaire est un composant électronique conçu à partir de l'association de deux jonctions PN montées en sens inverse. Suivant l'orientation de ces deux jonctions, on obtient deux types de transistors :

- ✓ Les transistors PNP.
- ✓ Les transistors NPN.

Les figures I.26 et I.27 qui suite, présentent le symbole électrique et un exemple réel des deux types de transistors bipolaires successivement.



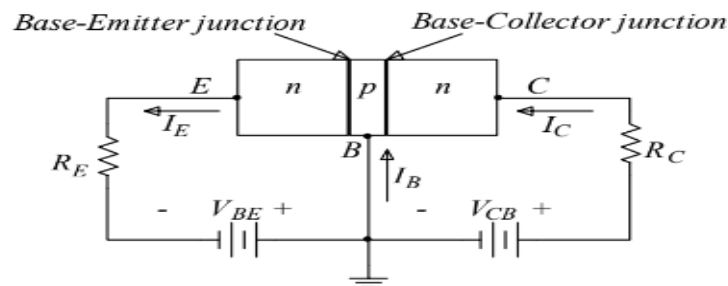
**Figure I.26.** Symbole électrique d'un transistor bipolaire : (a) transistor NPN, (b) transistor PNP

Le transistor possède trois bornes : l'émetteur (E) ; la base (B) et le collecteur (C).



**Figure I.27.** Modèles de transistor : (a) transistor BC548C (type PNP), (b) transistor BC558B (type NPN)

Considérons la structure de transistor NPN illustrée sur la figure I.28 :



**Figure I.28.** Tensions de polarisation du transistor NPN

Le courant traversant la jonction B-E est lié à la tension B-E comme suit [9] :

$$I_E = I_S(e^{V_{BE}/V_T} - 1) \quad (\text{I.8})$$

Le courant du collecteur et le courant de base sont liés par :

$$I_C = \beta * I_B \quad (\text{I.9})$$

En appliquant la loi de Kirchhoff on obtient :

$$I_E = I_C + I_B \quad (\text{I.10})$$

Donc à partir des équations (I.9) et (I.10) la relation entre l'émetteur et la base les courants sont :

$$I_E = (1 + \beta)I_B \quad (\text{I.11})$$

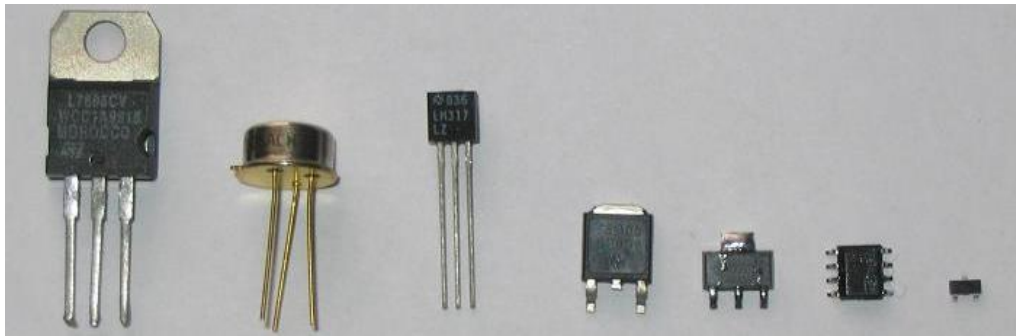
Et d'une manière équivalente :

$$I_C = \frac{\beta}{\beta+1} I_E \quad (\text{I.12})$$

La fraction  $\frac{\beta}{\beta+1}$  est appelé  $\alpha$ .

### I.4.3 Régulateurs

Un régulateur de tension est un élément qui permet de stabiliser une tension à une valeur fixe, et qui est nécessaire pour les montages électroniques qui ont besoin d'une tension qui ne fluctue pas. Un régulateur de tension peut être composé d'un ensemble de composants classiques (résistances, diodes zener et transistor par exemple), mais il peut aussi être de type "intégré" et contenir tout ce qu'il faut dans un seul et même boîtier, cela pour faciliter son usage.



**Figure I.29.** Régulateurs de tensions linéaires

#### I.4.3.1 Régulateur fixe

Les régulateurs fixes sont appelés ainsi parce qu'ils ont été conçus pour délivrer une tension continue d'une valeur donnée, qui ne peut pas être modifiée sans artifice. Les plus courants sont sans aucun doute ceux de la série LM78xx (ou uA78xx) et LM79xx (ou uA79xx) [10].

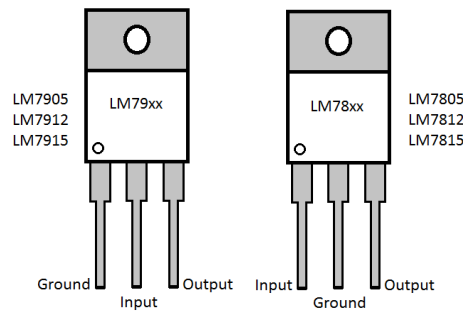
LM = préfixe utilisé par le fabricant. Il peut aussi s'agir de uA, ou MC.

78 = signifie qu'il s'agit d'un régulateur positif

79 = signifie qu'il s'agit d'un régulateur négatif

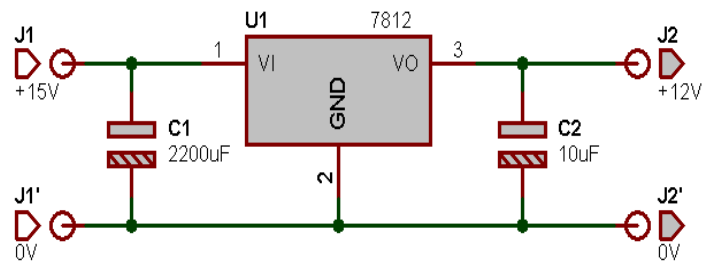
xx = tension de sortie fixe (5V, 6V, 9V, 10V, 12V, 15V, 18V, 24V).

La figure suivante montre les deux types de régulateurs avec différentes tensions de sortie.



**Figure I.30.** Régulateur de tension fixe LM79xx et LM78xx

La figure I.36 présentée un exemple d'utilisation d'un tel régulateur de type 7812:

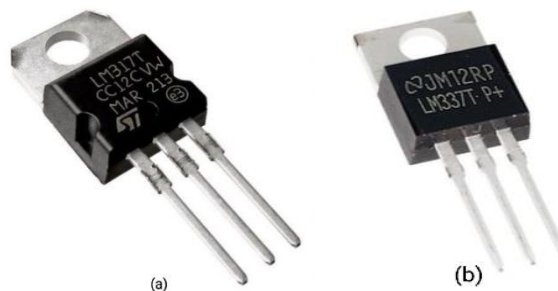


**Figure I.31.** Exemple d'utilisation avec un régulateur de type 7812

Où un condensateur a été ajouté à l'entrée du régulateur, et un second à sa sortie.

### I.4.3.2 Régulateur ajustable

Les régulateurs ajustables ont été conçus afin de pouvoir fournir une tension de sortie pouvant prendre une valeur quelconque dans une plage bien déterminée, et dont la valeur peut être décidée facilement. La plupart du temps, la tension de sortie d'un régulateur de tension ajustable est déterminée par la valeur de deux résistances additionnelles. Le schéma ci-dessous montre un exemple de réalisation basé sur un LM317T (le LM317T est un régulateur positif, le LM337T est son "complémentaire" en négatif).



**Figure I.32.** Régulateur de tension ajustable (a) LM317T (b) LM337T



Tout comme le régulateur fixe, le régulateur ajustable possède une broche d'entrée et une broche de sortie. La différence réside dans l'emploi de la troisième broche, qui n'est plus une connexion de masse, mais une broche de référence. C'est sur cette broche que l'on va "jouer" pour faire sortir au régulateur la tension désirée. La tension de sortie minimale est de 1,25V.

## **I.5 Conclusion**

Dans ce chapitre nous décrivons, d'une manière générale, des définitions sur les composants électroniques, ces dernières sont utilisées essentiellement dans les circuits de conversion d'énergie comme les redresseurs, les hacheurs et les régulateurs de tension.

Essentiellement, un circuit, quel que soit son type actif ou passif, est un système formé de conducteurs et de composants, qui permet la circulation du courant électrique. Tous deux remplissent la fonction de base de la commande et la régulation de la circulation des courants ou la création des tensions à ces bornes.

La plupart des composants ne peuvent fonctionner indépendamment. Ils sont liés les uns aux autres de manière précise afin de répondre à un schéma bien précis en fonction de la destination.

# ***CHAPITRE II***

## ***Etude théorique des convertisseurs AC-DC et DC-DC***

## II.1 Introduction

Les convertisseurs de puissance sont des dispositifs électroniques capables de modifier la tension et/ou la fréquence de l'onde électrique. Puisque on a deux types de l'électricité (continue et alternative), on peut distinguer, parmi les quatre convertisseurs, ces deux types des convertisseurs de puissance :

Les redresseurs : sont des convertisseurs alternatif-continu (AC-DC), ils peuvent être utilisés pour charger les batteries, alimenter les moteurs à courant continu, etc.

Les hacheurs : sont des convertisseurs continu-continu (DC-DC), ils peuvent être utilisés par exemple, pour commander les moteurs à courant continu (vitesse variable), ils sont aussi utilisés dans l'alimentation à découpage,

Ce chapitre est consacré à l'étude théorique des convertisseurs d'énergie alternative-continue (AC-DC) et aussi continu-continu (DC-DC). Il est divisé en deux parties, la première partie sur les convertisseurs (AC-DC), également connus sous le nom de redresseurs, comme les redresseurs à diodes avec transformateur et aussi sans transformateur. La deuxième partie sur les convertisseurs (DC-DC) comme les hacheurs et les régulateurs de tension, cela d'une manière efficace.

## II.2 Partie I : Convertisseur Alternatif-continu (Redresseur)

### II.2.1 Principe de fonctionnement de l'alimentation linéaire

Une alimentation linéaire est un dispositif à base d'électronique de puissance qui fournit à un dispositif électrotechnique une ou plusieurs tensions continues parfaitement stabilisées et maintenues constantes malgré les fluctuations de la source (le réseau) et de la charge.

Une alimentation linéaire est utilisée pour transférer l'alimentation d'une source AC à une charge DC (LED, chargeur, etc.). La plupart de ces alimentations convertissent une tension alternative par exemple, de (220V-230V) en une tension continue plus basse comme 12V, 9V ou 5V. Ce système est composé d'un transformateur, d'un redresseur, d'un filtre et d'un régulateur (Figure II.1).

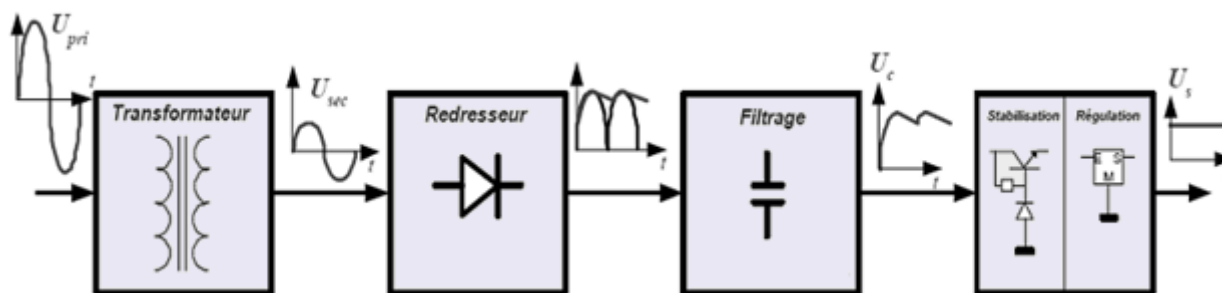


Figure II.1 Schéma fonctionnel d'une alimentation linéaire [11]

## II.2.2 Décomposition d'une alimentation linéaire

Le transformateur réduit la tension d'entrée, le redresseur convertit la tension alternative en une tension continue, le filtre capacitif stocke l'énergie pour lisser la tension de sortie du redresseur, le régulateur stabilise la tension de sortie.

### II.2.2.1 Redressement

Les redresseurs sont les convertisseurs de l'électronique de puissance qui assurent la conversion d'énergie alternative/continue (AC/DC). Ils sont alimentés par une source de tension alternative. Ils permettent d'alimenter, en courant continu, le récepteur branché à leur sortie. Le classement des redresseurs dépend essentiellement de la nature de la source génératrice : tension alternative monophasée ou triphasée, un type de redresseur : non commandé (à diodes) ou commandé (à thyristors). [12]

Ils peuvent être à base des montages redresseurs simple alternance, double ou en pont.

#### II.2.2.1.1 redressement non commandé simple alternance

L'opération de redressement simple ou mono alternance consiste à éliminer la partie non désirée de la tension par l'utilisation d'une diode (généralement de type 1N4007) en série avec chaque tension (en réalité le redressement consiste de façon absolue à rendre le courant de sortie du circuit unidirectionnel). La figure suivante montre le point de fonctionnement d'un tel redresseur, la charge étant une résistance ; l'entrée est un signal sinusoïdal, il a l'expression suivante :

$$V(\theta) = V_M \sin(\theta) \quad (\text{II.1})$$

Avec :  $\theta = \omega t$  et  $\omega = 2\pi f$  est la pulsation de la fréquence.

$V_M$  : Valeur efficace de la tension.

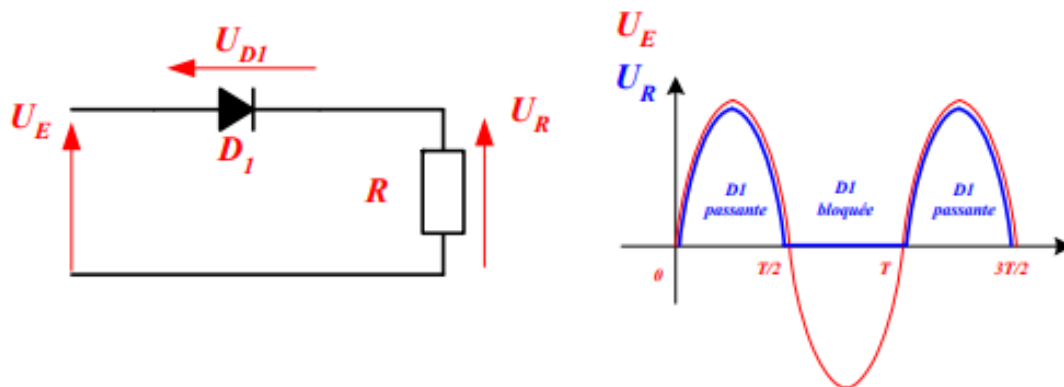


Figure II.2 Tension de sortie d'un redresseur simple alternance

- ✓ Si  $0 < \theta < \pi$ , la diode D est passante.

$$\begin{cases} V_r(\theta) = V(\theta) \\ I_r(\theta) = \frac{V_r}{R} = \frac{V_M}{R} \sin(\theta) \\ V_d = 0 \end{cases} \quad (\text{II.2})$$

$V_r$  : Tension aux bornes de la charge

$I_r$  : Courant qui y passe successivement,

$V_d$  : Tension aux bornes de la diode.

- ✓ Si  $\pi < \theta < 2\pi$ , la diode D est bloquée.

$$\begin{cases} V_r(\theta) = 0 \\ I_r(\theta) = 0 \\ V_d = V(\theta) \end{cases} \quad (\text{II.3})$$

La valeur moyenne de la tension redressée  $V_{r\text{moy}}$  et de courant de sortie  $I_{r\text{moy}}$  est :

$$V_{r\text{moy}} = \frac{1}{T} \int_0^T V(\theta) d\theta \quad (\text{II.4})$$

À partir des équations (II.1) et (II.4)

$$V_{r\text{moy}} = \frac{1}{T} \int_0^T V_M \sin(\theta) d\theta \quad (\text{II.5})$$

Donc :

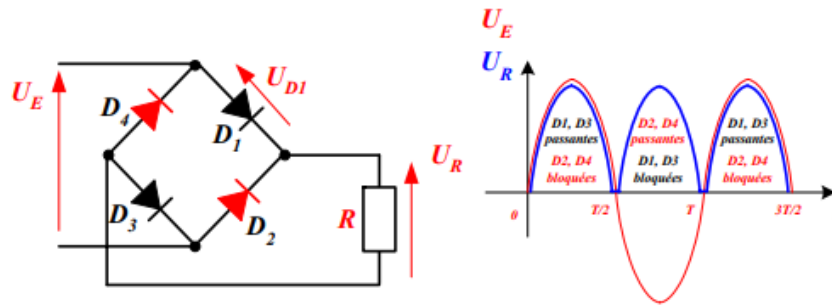
$$\begin{cases} V_{rmoy} = \frac{V_M}{\pi} \\ I_{rmoy} = \frac{V_M}{\pi R} \end{cases} \quad (\text{II.6})$$

La valeur  $V_{eff}$  efficace de la tension de sortie :

$$V_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V(\omega t)^2 dt} = \frac{V_M}{2} \quad (\text{II.7})$$

### II.2.2.1.2 redressement non commandé double alternance

La figure II.3 représente le redresseur en pont (pont de Graetz), cela pour faire un redressement double alternance. Lors de l'alternance positive de la tension d'entrée  $V_e$ , seules les diodes  $D_1$  et  $D_3$ , ayant une tension d'anode supérieure à  $V_d$ , conduisent. Les diodes  $D_2$  et  $D_4$  sont bloquées. Pour l'alternance négative, ce sont les diodes  $D_2$  et  $D_4$  qui conduisent.



**Figure II.3** Tension de sortie d'un redresseur double alternance

- ✓ Si  $0 < \theta < \pi$ , les diodes  $D_1, D_3$  est passante et les diodes  $D_2, D_4$  bloquées.

$$\begin{cases} V_r(\theta) = V(\theta) = V_M \sin(\theta) \\ I_r(\theta) = \frac{V_r(\theta)}{R} = \frac{V_M}{R} \sin(\theta) \end{cases} \quad (\text{II.8})$$

- ✓ Si  $\pi < \theta < 2\pi$ , les diodes  $D_1, D_3$  est bloquée et les diodes  $D_2, D_4$  est passante.

$$\begin{cases} V_r(\theta) = -V(\theta) = -V_M \sin(\theta) \\ I_r(\theta) = \frac{V_r(\theta)}{R} = -\frac{V_M}{R} \sin(\theta) \end{cases} \quad (\text{II.9})$$

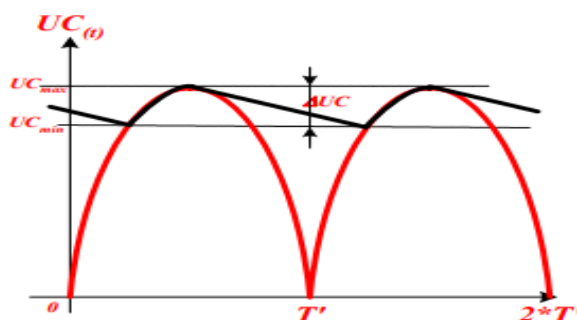
La valeur moyenne  $V_{rmoy}$  et valeur  $V_{eff}$  efficace de la tension de sortie :

$$V_{rmoy} = \frac{1}{T} \int_0^T V_M \sin(\omega t) dt = \frac{2V_M}{\pi} \quad (\text{II.10})$$

$$V_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V(\omega t)^2 dt} = \frac{V_M}{\sqrt{2}} \quad (\text{II.11})$$

### II.2.2.2 Filtrage

Le filtrage est de rendre l'allure de la tension simple ou double alternance, issue du redressement, en une tension aussi continue que possible. La technique de filtrage, la plus facile, est de brancher un condensateur aux bornes de la charge (en parallèle avec la charge). Le condensateur joue un rôle de réservoir d'énergie qui la restitue en partie durant la demi-période pendant laquelle le redresseur ne conduit pas.



**Figure II.4** Allure de la tension filtrée  $UC$ .

Après filtrage, la tension aux bornes du condensateur varie entre une valeur maximale  $UC_{max}$  et une valeur minimale  $UC_{min}$ .

$UC_{max}$  : Tension max de sortie du redresseur.

$UC_{min}$  : Tension minimum nécessaire au fonctionnement de stabilisation ou régulation.

Sa valeur moyenne peut être considérée comme égale à :

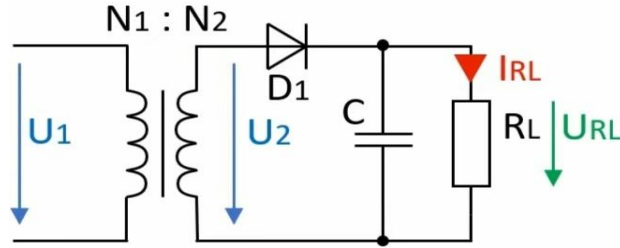
$$UC_{moy} = \frac{UC_{max} + UC_{min}}{2} \quad (\text{II.12})$$

L'ondulation autour de cette valeur moyenne est :

$$\Delta UC = UC_{max} - UC_{min} \quad (\text{II.13})$$

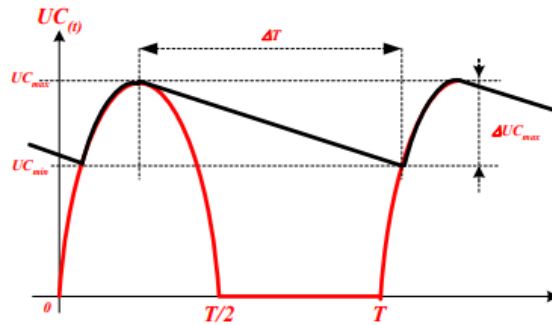
➤ Pour un redresseur simple alternance (figure II.5) :

Le filtrage par condensateur est essentiel pour lisser le courant continu résultant du redressement du courant alternatif. Après le redressement, le condensateur se charge pendant la période où la tension de sortie est supérieure à la tension du condensateur, et se décharge lentement pendant la période où la tension de sortie est inférieure à la tension du condensateur. Cela aide à réduire les fluctuations de tension et à produire une tension continue plus stable en sortie. La taille du condensateur et d'autres paramètres de conception déterminent l'efficacité du filtrage.



**Figure II.5** Filtrage d'une tension redressée simple alternance.

La figure II.6, montre la tension redressée après l'addition d'un condensateur en parallèle avec la charge.



**Figure II.6** Allure de la tension filtrée UC simple alternance

✓ Si  $\omega t \geq \omega t_0 \geq 0$  :

La diode commence à conduire, donc  $V_D = 0$ . Dans ce cas le condensateur a commencé de charger jusqu'à la valeur max de la tension source  $V_S(\omega t)$  si cette dernière commence à diminuer, le condensateur se décharge lentement se forme d'un exponentiel et non pas d'une sinusoïde.

Le courant total s'annule à l'instant  $\omega t_1$  Alors :  $\omega t_0 \leq \omega t \leq \omega t_1$

$$V_R(\omega t) = V_C(\omega t) = V_{CH}(\omega t) = V_S(\omega t) = V\sqrt{2} \sin(\omega t)$$

$$i(\omega t) = i_R(\omega t) + i_C(\omega t) \tag{II.14}$$

$$i(\omega t) = \frac{V_R(\omega t)}{R} + C\omega \frac{\partial V_{CH}(\omega t)}{\partial \omega t} \tag{II.15}$$

$$i(\omega t) = \frac{V\sqrt{2}}{R} \cdot \sin(\omega t) + C\omega \cdot V \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(\omega t) \tag{II.16}$$

✓ Si  $\omega t > \omega t_1$  ,

Le condensateur se décharge dans la résistance, elle se décharge jusqu'à la deuxième augmentation de la tension de source, c.-à-d. à l'instant  $\omega t = (2\pi + \omega t_0)$ .

Alors :  $\omega t_1 \leq \omega t \leq 2\pi + \omega t_0$

$$\begin{cases} i(\omega t) = 0 \\ i_R(\omega t) = -i_C(\omega t) \\ V_R(\omega t) = -V_C(\omega t) \end{cases} \tag{II.17}$$

$$Ri_R(\omega t) = -\frac{1}{C\omega} \int i_R(\omega t) d\omega t \tag{II.18}$$



$$\frac{\partial i_R(\omega t)}{i_R(\omega t)} = -\frac{1}{RC\omega} d\omega t \quad (\text{II.19})$$

$$i_R(\omega t) = A \cdot e^{\frac{-1}{RC\omega}(\omega t - \omega t_1)} \quad (\text{II.20})$$

Pour calculer la constante A, On a :

$$i_R(\omega t_1) = \frac{V\sqrt{2}}{R} \sin(\omega t_1) \quad (\text{II.21})$$

$$i_R(\omega t_1) = A \cdot e^{\frac{-1}{RC\omega}(\omega t_1 - \omega t_1)} \quad (\text{II.22})$$

D'où :

$$A = \frac{V\sqrt{2}}{R} \sin(\omega t_1) \quad (\text{II.23})$$

$$i_R(\omega t) = \left( \frac{V\sqrt{2}}{R} \sin(\omega t_1) \right) \cdot e^{\frac{-1}{RC\omega}(\omega t - \omega t_1)} \quad (\text{II.24})$$

Dans ce cas :

$$i_C(\omega t) = -i_R(\omega t) = \left( \frac{-V\sqrt{2}}{R} \sin(\omega t_1) \right) \cdot e^{\frac{-1}{RC\omega}(\omega t - \omega t_1)} \quad (\text{II.25})$$

$$V_R(\omega t) = R i_R(\omega t) = (V\sqrt{2} \sin(\omega t_1)) e^{\frac{-1}{RC\omega}(\omega t - \omega t_1)} \quad (\text{II.26})$$

$$V_C(\omega t) = -(V\sqrt{2} \sin(\omega t_1)) e^{\frac{-1}{RC\omega}(\omega t - \omega t_1)} \quad (\text{II.27})$$

$$[i(\omega t_1) = 0] \rightarrow [\omega t_1 = -\arctg(RC\omega)] \quad (\text{II.28})$$

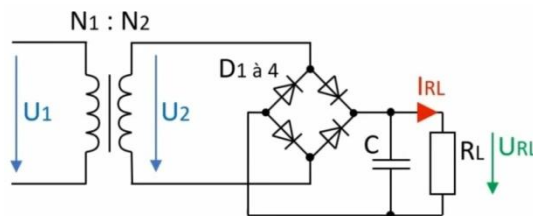
$\omega t_0 = ?$

$$V_{CH}(\omega t_0) = V_{CH}(2\pi + \omega t_0) \quad (\text{II.29})$$

$$\sin(\omega t_0) = \sin(\omega t_1) e^{\frac{-1}{RC\omega}(2\pi + \omega t_0 - \omega t_1)} \quad (\text{II.30})$$

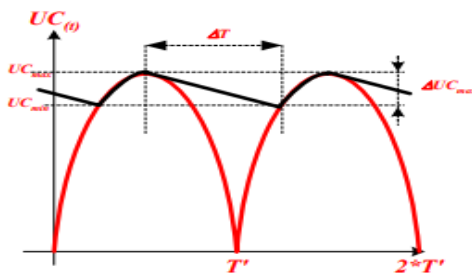
➤ Pour un redresseur double alternance :

Le filtrage est similaire à celui d'un redresseur simple alternance, en ajoute un condensateur en parallèle à la charge (figure II.7).



**Figure II.7** Filtrage d'une tension redressée double alternance.

La figure II.8, montre la tension redressée après l'ajoute d'un condensateur en parallèle avec la charge, la tension redressée sera deux ondes par période, le condensateur se charge avec l'augmentation de la tension d'entrée, quand la tension atteint sa valeur maximale, le condensateur sera déchargée exponentiellement est non pas sinusoidalement.



**Figure II.8** Allure de la tension filtrée UC double alternance

### II.2.2.2.1 Détermination de la capacité de filtrage

Dans les deux cas de redressement ; le condensateur se décharge pendant le temps  $\Delta T$ , de plus la tension à ses bornes est égale à  $\Delta UC$ .

Pendant la charge du condensateur, la tension filtrée passe de la tension  $UC_{min}$  à  $UC_{max}$  donc :

$$Q = C \times \Delta UC \quad (II.31)$$

Cette charge va être restituée à la résistance R pendant le temps de décharge  $\Delta T$  soit :

$$Q = I_{cmoy} \times \Delta T \quad (II.32)$$

$$\text{Avec : } I_{cmoy} = \frac{U_{cmoy}}{R}$$

Si on néglige le temps de charge devant le temps de décharge, alors  $\Delta T = T$ . On peut écrire donc :

$$C = \frac{I_{cmoy} \cdot \Delta T}{\Delta UC} \quad (II.33)$$

$I_c$  : Le courant maximum de l'alimentation.

Avec :

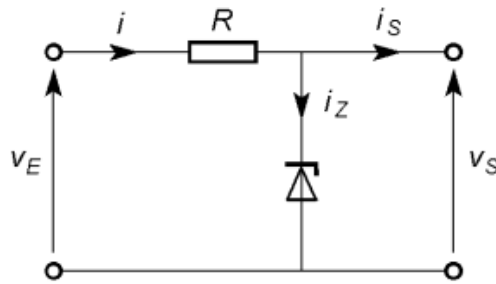
- ✓  $\Delta T = 80\%$  de T pour un redressement simple alternance.
- ✓  $\Delta T = 40\%$  de T pour un redressement double alternance.

### II.2.2.3 Stabilisation de tension (régulateur de tension)

Un régulateur de tension est un élément qui permet de stabiliser une tension à une valeur fixe, et qui est nécessaire pour les montages électroniques qui ont besoin d'une tension qui ne fluctue pas. Un régulateur de tension peut être composé d'un ensemble de composants classiques (résistances, diodes zener et transistor par exemple), mais il peut aussi être de type "intégré" et contenir tout ce qu'il faut dans un seul et même boîtier, pour faciliter son usage.

#### II.2.2.3.1 Stabilisation de tension par diode zener

Le circuit de stabilisation le plus simple comporte une diode Zener et une résistance (figure II.9)



**Figure II.9** Stabilisateur parallèle à diode Zener.

Si la diode est correctement polarisée, c'est-à-dire que le point de fonctionnement se situe dans la zone de stabilisation, la tension de sortie est pratiquement constante et égale à la tension de Zener :

$$v_S = V_Z \quad (\text{II.34})$$

Pour cela, il faut d'abord que la tension d'entrée soit supérieure au seuil de conduction de la diode Zener. En second lieu, il est nécessaire que le courant dans la diode soit supérieur au minimum requis  $I_{Zm}$  pour avoir une conduction suffisante (point de fonctionnement au-delà du coude de la caractéristique), et bien sûr qu'il soit inférieur au maximum autorisé par la dissipation du composant. La résistance  $R$  est soumise à la chute de tension entre l'entrée et la sortie et fixe-le courant en conséquence [6] :

$$i = \frac{v_E - v_S}{R} \quad (\text{II.35})$$

### II.2.2.3.1.1 Choix des composants

On choisit tout d'abord la tension de Zener pour avoir la valeur souhaitée de la tension de sortie du stabilisateur. Comme la tension n'est pas rigoureusement indépendante du courant, il faut prendre dans la notice la valeur  $V_Z$  correspondant à un courant  $I_Z$  voisin du courant moyen parcourant la diode dans le montage. La résistance  $R$  doit être inférieure à une certaine limite pour permettre une bonne conduction de la diode Zener ( $i_Z \geq I_{Zm}$ ) dans tous les cas. La situation la plus défavorable se rencontre lorsque la tension d'entrée est minimale et que le courant de sortie est maximal [6] :

$$R \leq \frac{v_{E \min} - V_Z}{i_{S \max} + I_{Zm}} \quad (\text{II.36})$$

Il faut ensuite respecter la puissance maximale de la diode Zener. Le cas le plus défavorable se présente dans un fonctionnement à vide avec la tension d'entrée maximale :

$$P_Z \leq P_{ZM} \quad (\text{II.37})$$

$$P_Z = V_Z \frac{v_{E \max} - V_Z}{R} \quad (\text{II.38})$$

Pour terminer, on doit chiffrer la puissance maximale dissipée dans la résistance afin de définir complètement ce composant :  $P_R \leq P_{RM}$

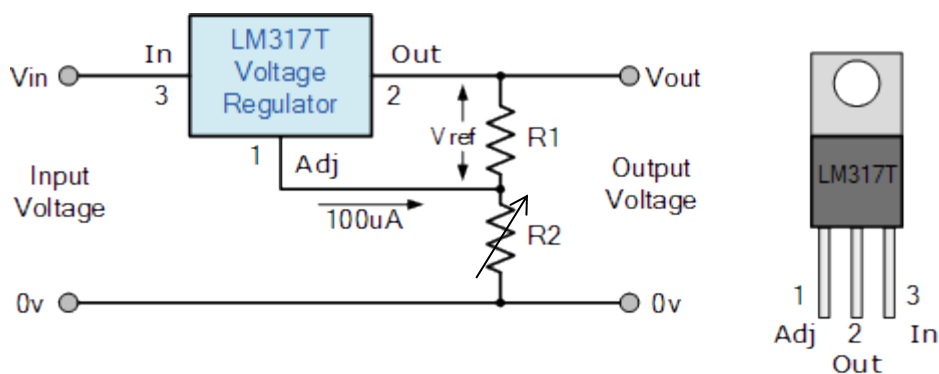
$$P_R = \frac{(v_{E \max} - V_Z)^2}{R} \quad (\text{II.39})$$

### II.2.2.3.2 Stabilisation de tension par le régulateur LM317

Le circuit LM317, peut fonctionner avec la tension de sortie réglée à n'importe quel réglage sur la plage de tension de 1,2V à 37V. [13]

Il ne nécessite que deux résistances externes pour régler la tension de sortie. L'appareil présente une ligne typique régulation de 0,01% et régulation de charge typique de 0,1%. Il comprend la limitation de courant et la surcharge thermique. La protection contre les surcharges reste fonctionnelle même si la borne ADJ est déconnectée (voire la figure II.10).

La figure II.10, montre comment régler la tension de sortie réglée d'un LM317T.



**Figure II.10** Connexion du régulateur de tension réglable LM317T. [14]

Les résistances R1 et R2 règlent la sortie sur n'importe quelle tension souhaitée sur la plage de réglage (1,2 V à 37 V). La tension de sortie  $V_0$  est calculé comme indiqué dans l'équation II.40.

$I_{ADJ}$  est généralement de 50-100  $\mu\text{A}$  et négligeable dans la plupart des applications.

$$V_{out} = V_{ref} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{ADJ} R_2 \quad (\text{II.40})$$

Avec :  $V_{ref} = 1.25$

## II.3 Partie II : Convertisseur continu-continu (Hacheur)

### II.3.1 Définition d'un hacheur

Un hacheur est un convertisseur de puissance DC-DC qui permet de modifier la valeur de la tension d'une source continue en une autre tension continue d'une valeur moyenne réglable.

Le principe consiste à découper la source de la tension continue avec une fréquence élevée via des interrupteurs commandés. Dans le cas idéal, les interrupteurs commandés ne consomment aucune puissance active, c'est la raison pour laquelle les hacheurs ont un bon rendement [15].

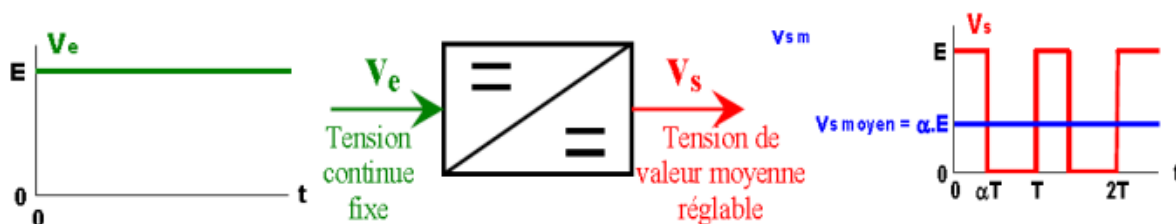


Figure II.11 Principe de base d'un hacheur.

Il existe trois types de convertisseurs dc-dc :

- ✓ Un hacheur série ou dévolteur (Buck)
- ✓ Un hacheur parallèle ou survolteur (Boost).
- ✓ Un hacheur série-parallèle ou dévolteur-survolteur (Buck-Boost).

### II.3.2 Types des hacheurs

#### II.3.2.1 Hacheur série (Buck)

Un convertisseur Buck est un convertisseur DC-DC qui convertit une tension continue en une autre tension continue d'une valeur plus faible que celle d'entrée. Le schéma générale d'un hacheur série est donné dans la figure ci-dessous.

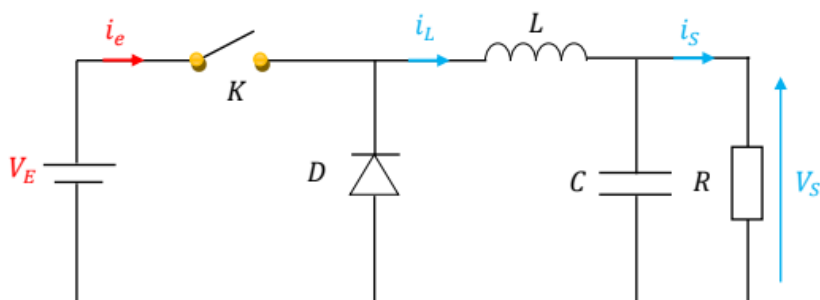


Figure II.12 Schéma d'un hacheur série

L'interrupteur K peut être remplacé par un transistor MOSFET, thyristor etc, puisque le courant est toujours positif et que les commutations doivent être commandées (au blocage et à l'amorçage). C'est un convertisseur qui donne en sortie une tension plus petite que celle de l'entrée [16].

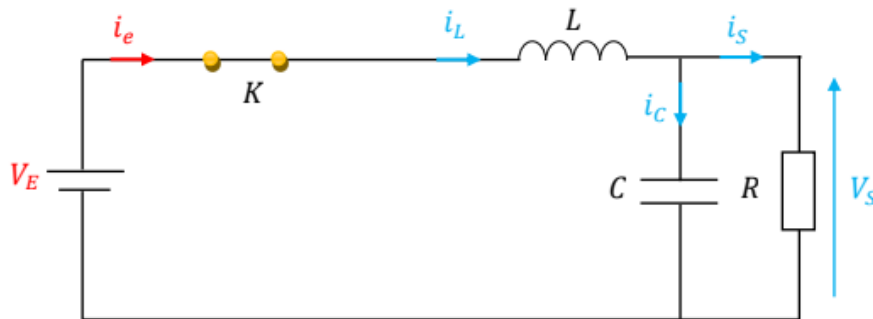
La charge est constituée par la résistance R. Les éléments L et C forment un filtre dont le but est de limiter l'ondulation résultante du découpage sur la tension et le courant de sortie.

Le fonctionnement du circuit hacheur Buck peut se diviser en deux configurations selon l'état de l'interrupteur K : l'état passant quand l'interrupteur est fermé et l'état bloqué quand l'interrupteur est ouvert.

✓ Pour  $0 < t < \alpha T$  : l'interrupteur K est fermé,

La source  $V_E$  fournit de l'énergie à la charge et à l'inductance cette phase dure de 0 à  $\alpha T$ , avec  $\alpha$  compris entre 0 et 1,  $\alpha$  étant le rapport cyclique. Un courant circule dans le circuit, mais aucun courant ne passe pas dans la diode D puisqu'elle est polarisée en inverse.

Le courant  $i_L$  augmente linéairement avec un taux d'accroissement imposé par l'inductance L.



**Figure II.13** Schéma d'un hacheur série :  $0 < t < \alpha T$

En appliquant la loi de Kirchhoff au circuit, on obtient les équations suivantes :

$$V_E = V_L + V_S = L \frac{di_L}{dt} + V_S \quad (\text{II.41})$$

$$L \frac{di}{dt} = V_E - V_S \quad (\text{II.42})$$

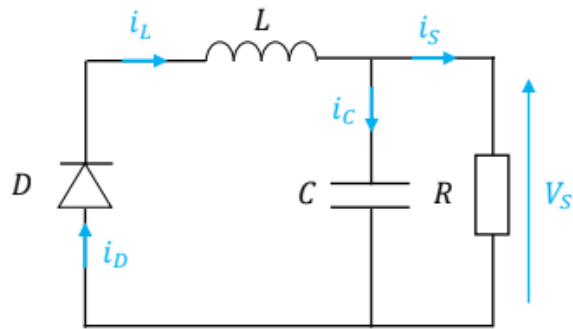
$$i_L = i_C + i_S = C \frac{dV_C}{dt} + \frac{V_S}{R} \quad (\text{II.43})$$

$$C \frac{dV_C}{dt} = i_L - \frac{V_S}{R} \quad (\text{II.44})$$

✓ Pour  $\alpha T < t < T$  : l'interrupteur K est ouvert.

La diode devient passante car l'énergie emmagasinée dans l'inductance commande la circulation du courant dans la diode de roue libre cette phase dure de  $\alpha T$  à T [17]

Durant cet intervalle le courant de l'inductance  $i_L$  diminue (l'énergie accumulée dans l'inductance L est transférée à la capacité et la charge).



**Figure II.14** Schéma d'un hacheur série :  $\alpha T < t < T$

En appliquant la loi de Kirchhoff, on obtient les équations suivantes :

$$L \frac{di_L}{dt} = -V_S \quad (\text{II.45})$$

$$C \frac{dV_C}{dt} = i_L - \frac{V_S}{R} \quad (\text{II.46})$$

On peut obtenir un seul modèle rassemblant les deux cas (l'interrupteur K est fermé et Ouvert) :

$$L \frac{di_L}{dt} = KV_E - V_S \quad (\text{II.47})$$

$$C \frac{dV_C}{dt} = i_L - \frac{V_S}{R} \quad (\text{II.48})$$

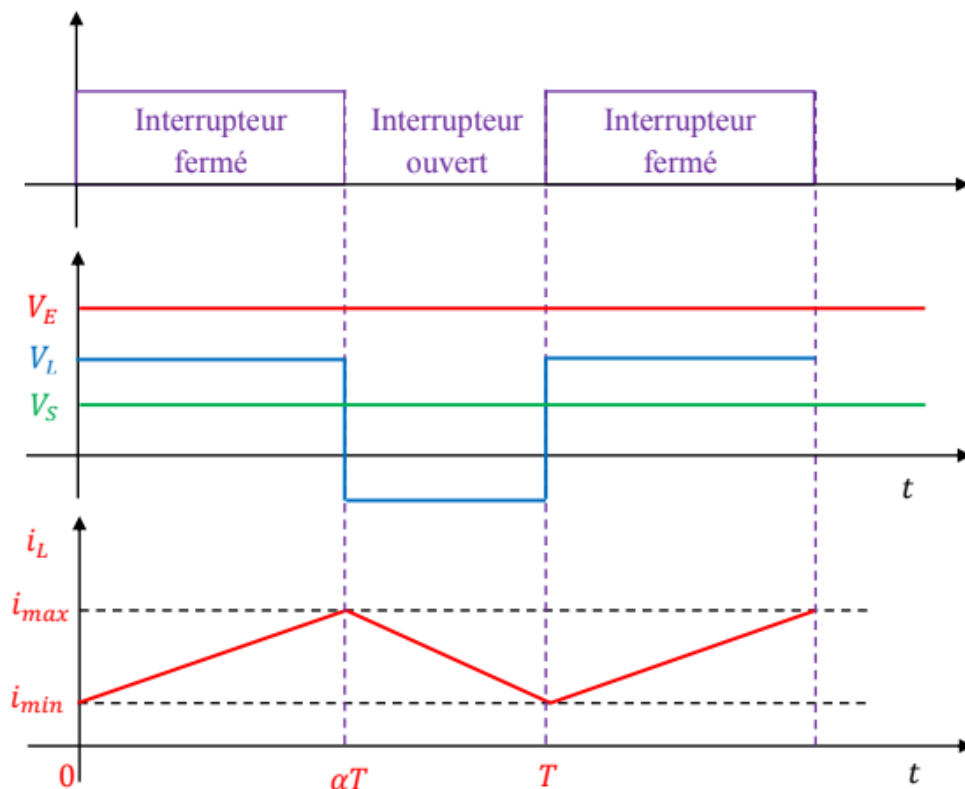
Le modèle mathématique du convertisseur Buck est décrit par les équations suivantes :

$$\begin{cases} \frac{di_L}{dt} = K \frac{1}{L} V_E - \frac{1}{L} V_S \\ \frac{dV_C}{dt} = \frac{1}{C} i_L - \frac{V_S}{RC} \end{cases} \quad (\text{II.49})$$

La valeur de tension moyenne :

$$V_S = \alpha \cdot V_E \quad (\text{II.50})$$

Les formes d'ondes de courants et de tensions de convertisseur Buck sont présentées sur la figure suivante :

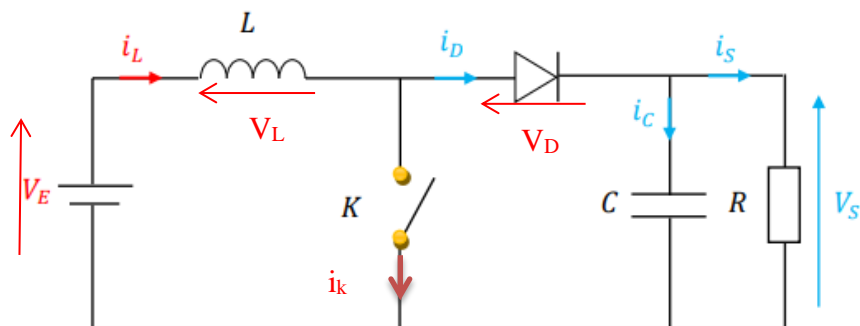


**Figure II.15** Forme d'ondes des grandeurs d'un Hacheur série (Buck) [18]

### II.3.2.2 Hacheur parallèle (Boost)

Le hacheur parallèle ou survolteur (Boost) est un convertisseur statique réglant le transfert d'énergie entre une générateur de courant continu est un récepteur de tension continue. Les rôles de générateur et de récepteur sont inversés entre la source de tension et la source de courant par rapport au hacheur série.

Le schéma général d'un hacheur parallèle est donné dans la figure ci-dessous.



**Figure II.16** Schéma de principe du hacheur Boost

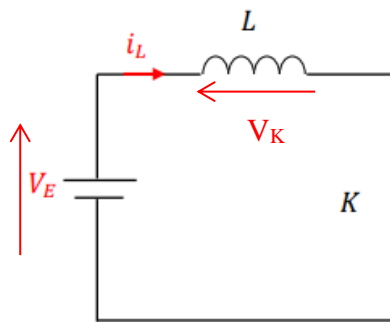
Selon l'état de l'interrupteur commandé (K), nous avons deux phases de fonctionnement :



- La première phase de fonctionnement (K fermé), Permet de stocker de l'énergie dans la bobine, pendant ce temps la tension est maintenue constante dans la charge grâce au condensateur.
- La seconde phase de fonctionnement (K ouvert) décharge la bobine en série avec la source de tension dans la charge lui offrant ainsi une tension supérieure à E.

✓ Pour  $0 < t < \alpha T$  : l'interrupteur K est fermé,

L'interrupteur est fermé (K= 1) où le courant est à l'instant initial, la diode est polarisée en inverse ( $V_D = -V_{DC}$ ). Dans ce cas le bus continu est isolé de la source. Pendant cette durée, le courant  $i_L$  croît Progressivement, ce qui permet à l'inductance de stocker de l'énergie.



**Figure II.17** Circuits équivalents de Boost quand K est fermé

En appliquant la loi de Kirchhoff, on obtient les équations suivantes :

$$\begin{cases} i_L = i_k \\ i_c = 0 \end{cases} \quad (\text{II.51})$$

$$V_E - V_L - V_K = 0 \Rightarrow V_L = V_E \quad (\text{II.52})$$

$$L \frac{di_L}{dt} = V_E \Rightarrow di_L = \frac{V_E}{L} dt \quad (\text{II.53})$$

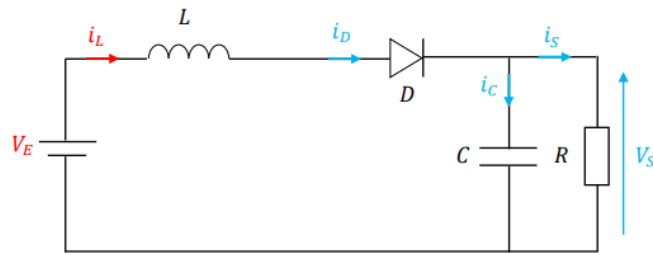
Par intégration on obtient :

$$\int_0^t di_L = \int_0^t \frac{V_E}{L} dt \Rightarrow i_L(t) = \frac{V_E}{L} \cdot t + I_{min} \quad (\text{II.54})$$

L'intensité  $i_L(t)$  croît linéairement.

✓ Pour  $\alpha T < t < T$  : l'interrupteur K est ouvert,

L'interrupteur est ouvert (K=0), la diode D devient passante forcement par le courant  $i_L$  qui diminue car l'énergie accumulée dans l'inductance sera transférée à la capacité et la charge.



**Figure II.18** Circuits équivalents de Boost quand K est ouvert

En appliquant la loi de Kirchhoff, on obtient les équations suivantes :

$$\begin{cases} V_D = 0 \\ V_K = V_S \\ i_L = i_C \end{cases} \quad (\text{II.55})$$

$$V_E - V_L - V_K - V_S = 0 \Rightarrow V_L = V_E - V_S \quad (\text{II.56})$$

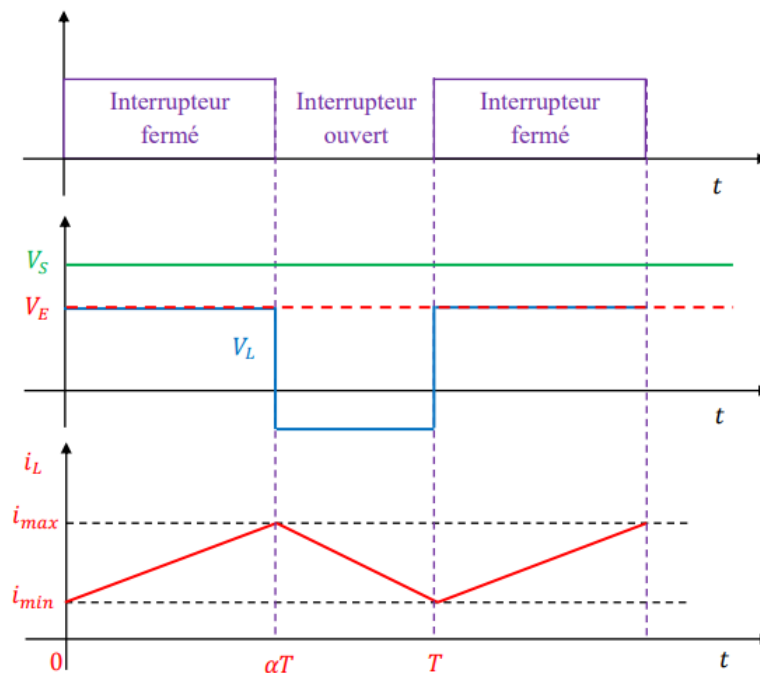
$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_E - V_S}{L} \Rightarrow di_L = \frac{V_E - V_S}{L} dt \quad (\text{II.57})$$

Par intégration on obtient :

$$\int_{\alpha T}^t di_L = \int_{\alpha T}^t \frac{V_E - V_S}{L} dt \Rightarrow i_L(t) = \frac{V_E - V_S}{L} \cdot (t - \alpha T) + I_{max} \quad (\text{II.58})$$

Le courant  $i_L(t)$  décroît linéairement de  $I_{max}$  à  $I_{min}$  (puisque  $V_E < V_S$ ).

Les formes d'ondes de courants et de tensions de convertisseur Boost sont présentées sur la figure suivante :



**Figure II.19** Forme d'ondes des grandeurs d'un Hacheur parallèle (Boost). [18]

La valeur moyenne de la tension de sortie :

$$V_s = \frac{1}{1-\alpha} V_E \quad (\text{II.59})$$

L'ondulation de courant dans l'inductance et l'ondulation de la tension de sortie :

$$\Delta i_L = \frac{\alpha V_E}{L.f} \quad (\text{II.60})$$

$$\Delta V_s = \frac{\alpha i_L}{c.f} = \frac{\alpha V_E}{(1-\alpha)R*c*f} \quad (\text{II.61})$$

Le courant moyen traversant l'inductance a pour valeur :

$$I_L = \frac{I_s}{1-\alpha} \quad (\text{II.62})$$

Les contraintes sur l'interrupteur commandé et la diode sont les mêmes [19] :

- En tension :  $V_{k,max} = [V_{D,max}] = V_{s,max} = \frac{V_E}{1-\alpha} + \frac{\Delta V_s}{2}$  (II.63)

- En courant :  $i_{k,max} = i_{L,max} = \frac{I_s}{1-\alpha} + \frac{\Delta i_L}{2}$  (II.64)

Les deux hacheurs, série qui est abaisseur et parallèle qui est élévateur, peuvent être réalisés par des circuits intégrés, on décrit dans ce qui suite deux exemple de telles circuits :

### II.3.3 Circuit intégrée NE555

Le circuit NE555 (plus couramment nommé 555) est un circuit intégré utilisé pour la temporisation ou en mode multivibrateur. Le circuit intégré NE555 peut être considéré comme un temporisateur universel de 0.1 Hz à 200 KHz. il peut fonctionner selon les modes : monostable, bistable ou astable.

#### II.3.3.1 Fonctionnement en mode astable

La configuration astable permet d'utiliser le NE555 comme oscillateur. Deux résistances et un condensateur permettent de modifier la fréquence d'oscillations ainsi que le rapport cyclique.

L'arrangement des composants est tel que présenté par le schéma ci-dessous :

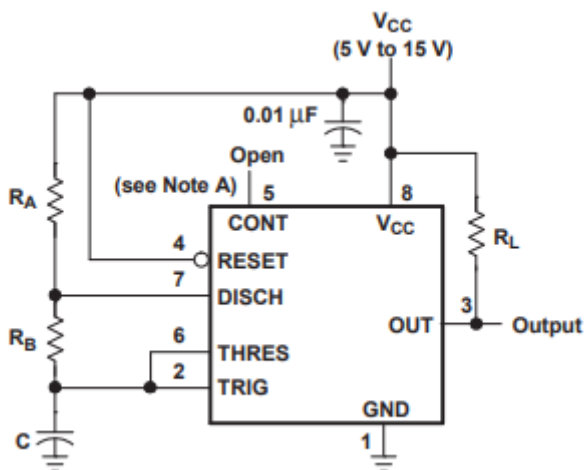


Figure II.20 Circuit de fonctionnement de l’astable [20]

Le condensateur C se charge à travers  $R_A$  et  $R_B$ , puis décharge par  $R_B$  seulement. Par conséquent, le cycle de service est contrôlé par les valeurs de  $R_A$  et  $R_B$ . Cette connexion astable entraîne la charge et la décharge du condensateur C entre le niveau de tension seuil ( $0,67 \cdot V_{CC}$ ) et le niveau de tension de déclenchement ( $0,33 \cdot V_{CC}$ ).

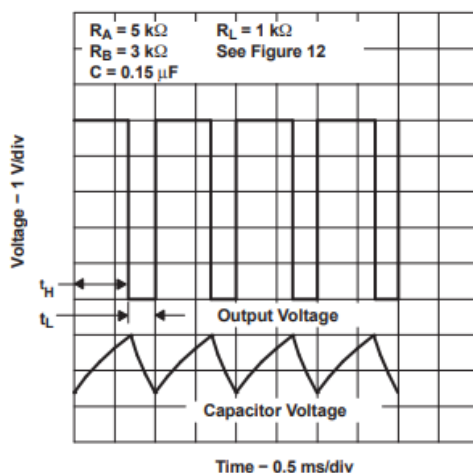


Figure II.21 Formes d’onde Astable typiques[20]

La figure II.21 montre les formes d’onde typiques générées pendant le fonctionnement de l’astable. La durée de haut niveau de sortie  $T_H$  et la durée de bas niveau  $T_L$  peuvent être calculées comme suit :

$$T_H = 0.693(R_A + R_B)C \tag{II.65}$$

$$T_L = 0.693R_B C \tag{II.66}$$

Voici d'autres relations utiles :

- Période

$$T = T_H + T_L = 0.693(R_A + 2R_B)C \quad (\text{II.67})$$

- Fréquence

$$f = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B)C} \quad (\text{II.68})$$

- Cycle d'utilisation du conducteur de sortie

$$\frac{T_L}{T_H + T_L} = \frac{R_B}{R_A + 2R_B} \quad (\text{II.69})$$

- Cycle d'utilisation de la forme d'onde de sortie

$$\frac{T_H}{T_H + T_L} = \alpha = 1 - \frac{R_B}{R_A + 2R_B} \quad (\text{II.70})$$

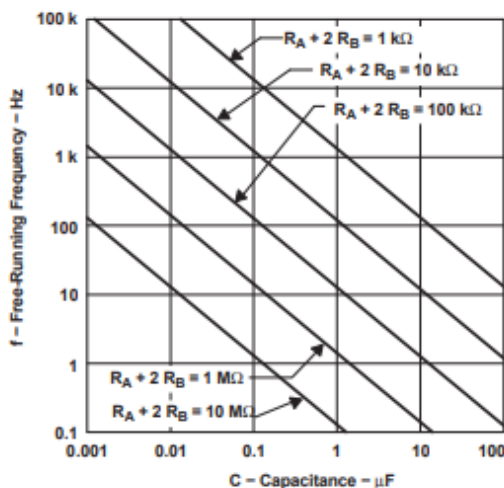


Figure II.22 Fréquence de fonctionnement libre

### II.3.4 Circuit intégré MC34063

Le MC34063A est un circuit de contrôle monolithique contenant les fonctions principales requises pour les convertisseurs DC-DC. Ce circuit a été spécialement conçu pour être incorporé dans des applications abaisseurs, éleveurs et inverseurs de tension avec un nombre minimum de composants externes (Reportez-vous aux notes d'application AN920A/D et AN954/D pour des informations de conception supplémentaires [21]).

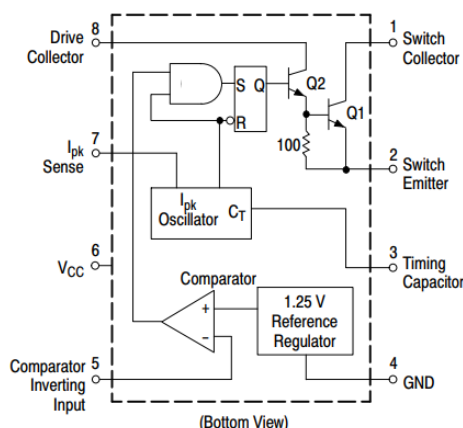


Figure II.23 Diagramme schématique représentatif de MC34036

Le MC34063A il fonctionnement de 3V à 40V d'entrée en fréquence jusqu'à 100kHz, sa caractéristiques ; faible courant de veille, limitation de courant, courant de commutation de sortie à 1,5 A, la tension de sortie réglable est le référence de précision 2 %.

	BUCK	BOOST
$t_{ON}/t_{OFF}$	$\frac{V_{out} + V_F}{V_{in(min)} - V_{sat} - V_{out}}$	$\frac{V_{out} + V_F - V_{in(min)}}{V_{in(min)} - V_{sat}}$
$t_{ON} + t_{OFF}$	$\frac{1}{f}$	$\frac{1}{f}$
$t_{OFF}$	$\frac{t_{ON} + t_{OFF}}{\frac{t_{ON}}{t_{OFF}} + 1}$	$\frac{t_{ON} + t_{OFF}}{\frac{t_{ON}}{t_{OFF}} + 1}$
$t_{ON}$	$(t_{ON} + t_{OFF}) - t_{OFF}$	$(t_{ON} + t_{OFF}) - t_{OFF}$
$C_T$	$(4 \times 10^{-5})t_{ON}$	$(4 \times 10^{-5})t_{ON}$
$I_{PK(SWITCHE)}$	$2I_{out(max)}$	$2I_{out(max)} \left( \frac{t_{ON}}{t_{OFF}} + 1 \right)$
$R_{SC}$	$0.3/I_{PK(SWITCHE)}$	$0.3/I_{PK(SWITCHE)}$
$L_{MIN}$	$\frac{V_{in(min)} - V_{sat} - V_{out}}{I_{PK(SWITCHE)}}$	$\left( \frac{V_{in(min)} - V_{sat}}{I_{PK(SWITCHE)}} \right) t_{ON(max)}$
$C_0$	$\frac{I_{PK(SWITCHE)} \times (t_{ON} + t_{OFF})}{8V_{ripple(pp)}}$	$9 \frac{I_{out} t_{ON}}{V_{ripple(pp)}}$

Tableau II.1 Tableau de formule de conception [21].

Vsat = Tension de saturation du commutateur de sortie.

VF = Chute de tension directe du redresseur de sortie

Vin = Tension d'entrée nominale.

$V_{out}$  = Tension de sortie souhaitée,

$V_{ripple}$  (pp) = Tension d'ondulation de sortie crête à crête souhaitée

#### **II.4 Conclusion**

Ce chapitre présente l'étude théorique des convertisseurs d'énergie alternative-continue (AC-DC) et continu-continu (DC-DC).

Les convertisseurs AC-DC sont des dispositifs électroniques qui transforment le courant alternatif (AC) en courant continu (DC). Leur fonctionnement repose sur plusieurs principes et composants clés, pour le redressement ont utilisé de diodes pour convertir le courant AC en DC (Cela peut se faire par redressement simple alternance ou double alternance). Le filtrage est basé sur des condensateurs pour lisser les ondulations et obtenir une tension DC plus stable. La régulation dépend aux régulateurs de tension et les diodes zener pour maintenir une sortie DC plus stable.

Les convertisseurs DC-DC sont des circuits électroniques qui transforment une tension DC en une autre tension DC différente. Ils se divisent en hacheur série (Buck) qui est un abaisseur de tension, hacheur parallèle (Boost) qui est un élévateur de tension et hacheur série-parallèle.

Les circuits intégrés jouent un rôle crucial dans la conception et le contrôle des convertisseurs de tension. Ils peuvent être utilisés pour régulation, de commutation et de protection dans les convertisseurs.

***CHAPITRE III***  
***Simulation des***  
***convertisseurs AC-DC et***  
***DC-DC***



### III.1 Introduction

La simulation est un outil très important pour bien saisir le fonctionnement des périphériques avant l'implémentation en réel. Avant de commencer un projet, il faut tout d'abord le simuler et vérifier qu'il fonctionne en bon état.

L'ingénieur de développement dans le domaine électronique, est souvent assez démuné lors de l'approche des problèmes relatifs à l'électronique analogique, alors qu'une pré-étude par simulation (Le logiciel ISIS de Proteus Professional par exemple) permettrait dans la plupart des cas de valider un principe, un schéma.

Ce chapitre se compose de deux parties ; Simulation des convertisseurs AC/DC et DC/DC, pour objectifs de présenter les principes de la simulation analogique sur la base de nombreux exemples pratiques.

### III.2 Logiciel Proteus Professional

Proteus Professional est une suite logicielle destinée à l'électronique. Développé par la société Labcenter Electronics, les logiciels inclus dans Proteus Professional permettent la CAO (Construction Assistée par Ordinateur) dans le domaine électronique. Deux logiciels principaux composent cette suite logicielle : (ISIS, ARES, PROSPICE) et VSM. Cette suite logicielle est très connue dans le domaine de l'électronique.

Le logiciel ISIS de Proteus Professional est principalement connu pour éditer des schémas électriques. Par ailleurs, le logiciel permet également de simuler ces schémas ce qui permet de déceler certaines erreurs dès l'étape de conception. Indirectement, les circuits électriques conçus grâce à ce logiciel peuvent être utilisés dans des documentations car le logiciel permet de contrôler la majorité de l'aspect graphique des circuits.



Figure III.1 Logiciel Proteus Professional

La figure III.2 représente l'interface graphique de ce logiciel, le logiciel comporte une grande fenêtre permettant de tracer et lier les différentes composantes électroniques, il possède une grosse bibliothèque interne, qui contient les noms réels des composantes électroniques et aussi, les noms de ses sociétés, un volet à droite de la fenêtre présente des entrées rapide aux circuits électronique et porte logique sans oublier les fenêtres et les interfaces de simulation comme le montre à gauche de la figure suivante. L'interface à la possibilité de chercher les composantes avec toute liberté, il existe aussi la partie d'exécution qui se situe à la basse cotée droite de la fenêtre.

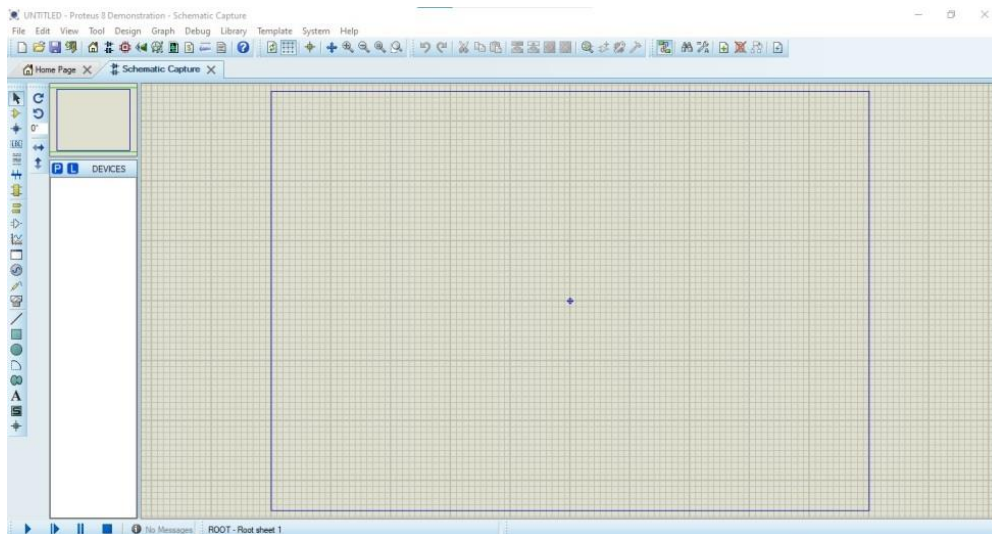


Figure III.2 Interface graphique de logiciel ISIS

### III.3 Partie de simulation AC/DC

#### III.3.1 Alimentation linéaire stabilisée par diode zener

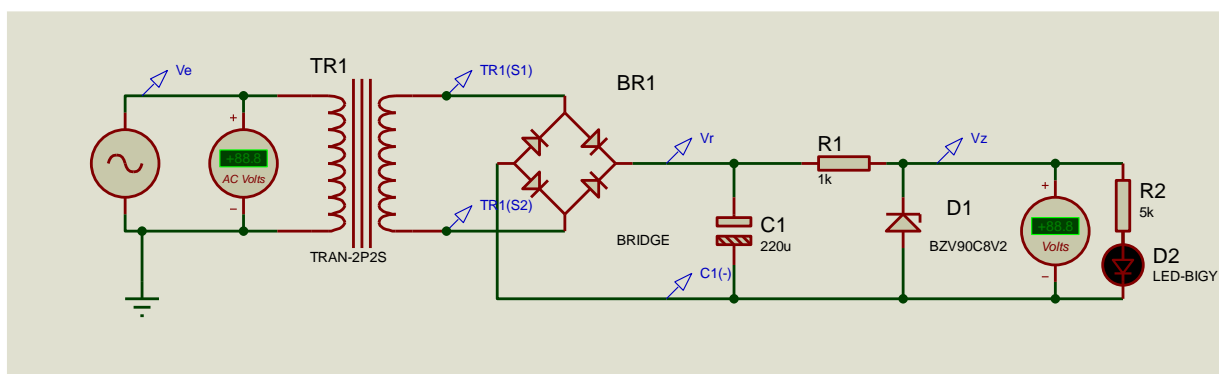


Figure III.3 Modèle de simulation d'une alimentation stabilisée par une diode zener.

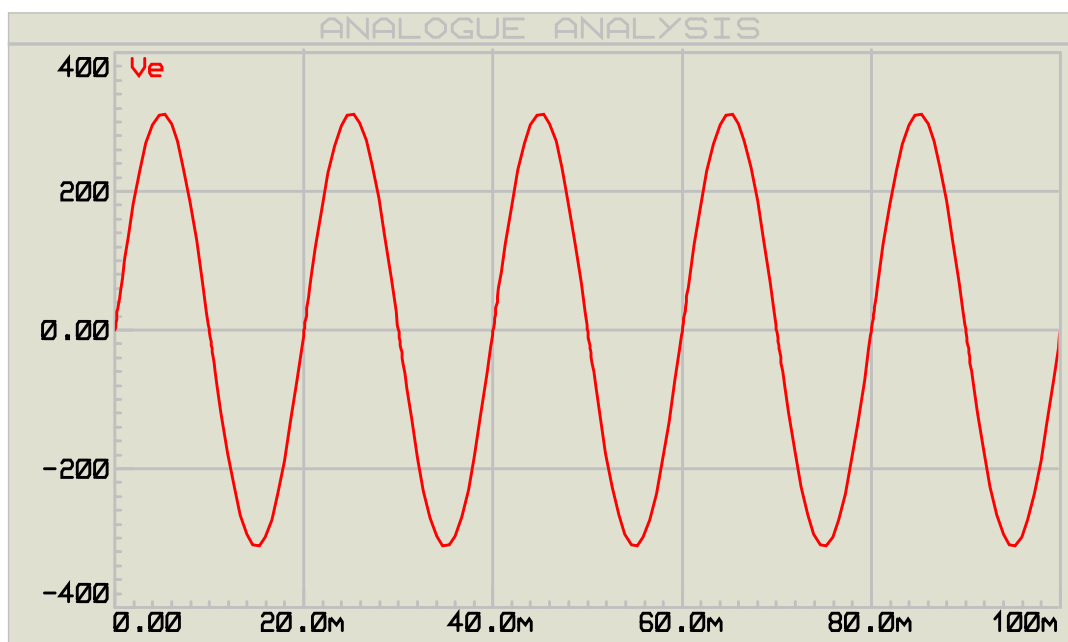
Ce schéma présente un exemple de circuit de régulation de tension, incluant un transformateur, un pont de diodes pour le redressement, un filtrage, et une régulation de tension avec une diode Zener pour obtenir une tension de sortie régulée.

Les principaux composants et leur fonctionnement c'est le suit :

- ✓ TR1 : Transformateur abaisser la tension AC de 220V à une tension plus basse adaptée de 12V.
- ✓ BR1 : Pont de diodes de redressement qui redressée la tension alternatif AC en une tension continue DC pulsante.
- ✓ C1 : Condensateur de 220 uF filtrée la tension continue redressée pour réduire les ondulations.
- ✓ R1 : Résistance de 1k ohm utilisé pour limiter le courant à travers la diode zener.
- ✓ D7 : Diode zener de 8.2V réglé la tension filtrée pour fournir une tension de sortie stable.

Après la simulation ont obtenu les résultats ci-dessus.

### III.3.1.1 Tension d'entrée



**Figure III.4** Tension d'entrée

La figure III.4 représente l'allure de la tension d'entrée.

- La forme d'onde est sinusoïdale, c'est-à-dire une courbe douce et périodique oscillant de manière régulière entre ses valeur maximale +311V et minimale -311V.
- La tension crête à crête sera d'environ 311V car la tension nominale est 220V.
- La fréquence standard est 50 Hz.

### III.3.1.2 Tension secondaire de transformateur :

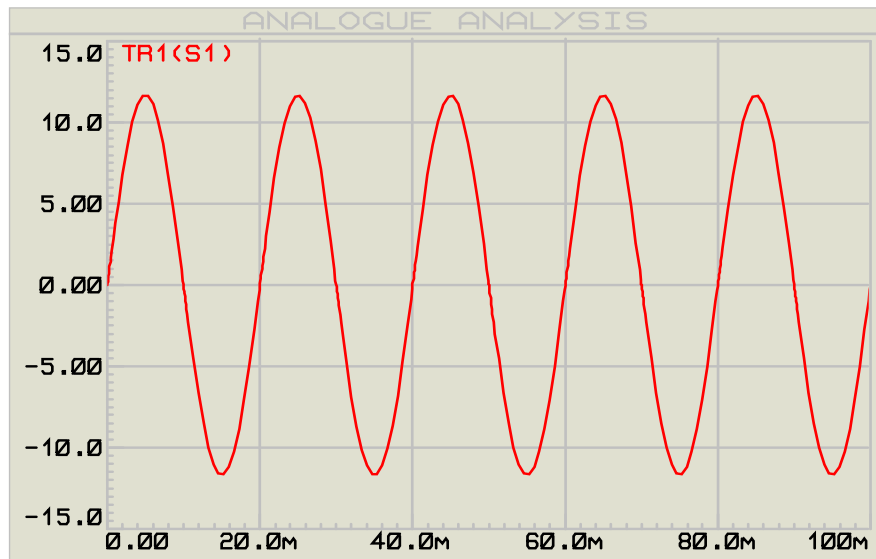


Figure III.5 Tension secondaire de transformateur

La figure III.5 représente l'allure de la tension secondaire de transformateur.

- La forme d'onde est sinusoïdale avec une chute de tension, oscillant de entre sa valeur maximale +12V et minimale -12V.

### III.3.1.3 Tension redressée

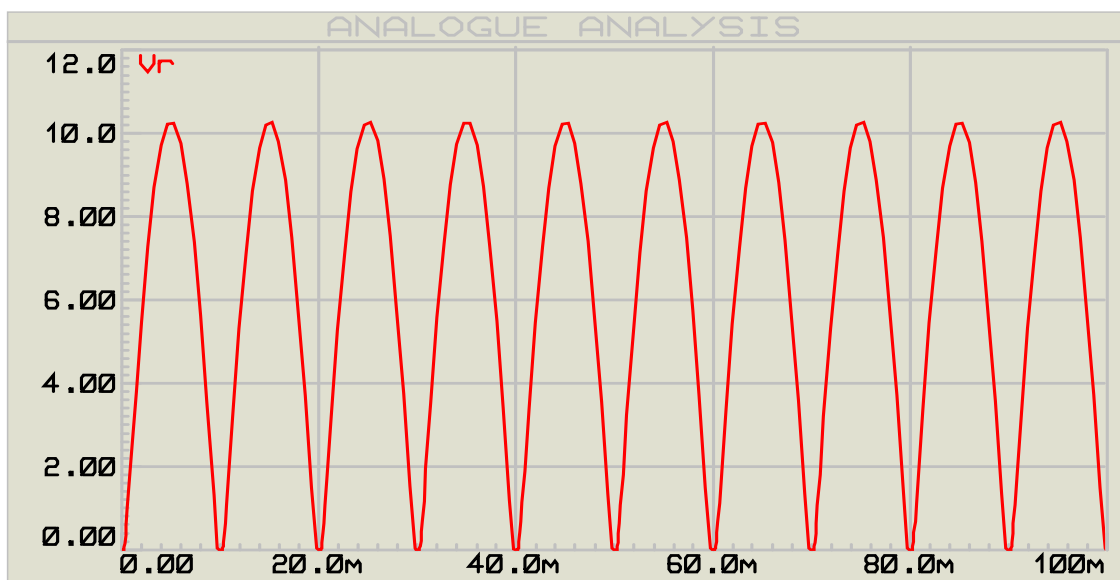


Figure III.6 Tension redressée.

La figure III.6 représente l'allure de la tension redressée.

- La tension redressée est de type double alternance.
- la valeur maximale de la tension redressée est l'environ de 10V.

### III.3.1.4 Tension filtrée aux bornes de condensateur (C1)

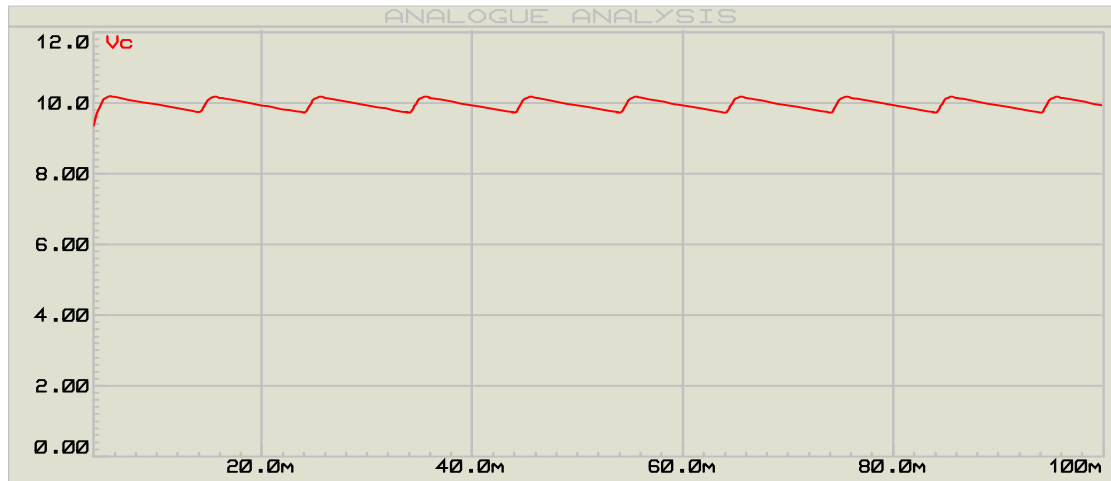


Figure III.7 Tension filtrée aux bornes de condensateur (C1)

La figure III.7 représente l'allure de la tension filtrée.

Lorsqu'une tension redressée passe par un condensateur de filtrage, son allure change significativement. Le condensateur se charge rapidement aux pics de la tension redressée par contre entre les pics se décharge lentement à travers la charge. Cette action de charge et de décharge réduit les ondulations et fournit une tension plus stable et lisse.

C'est ta dire la tension résultante, on peut dire, biens filtrée, moins d'ondulation, l'effet de lissage apparait bien.

### III.3.1.5 Tension stabilisé :

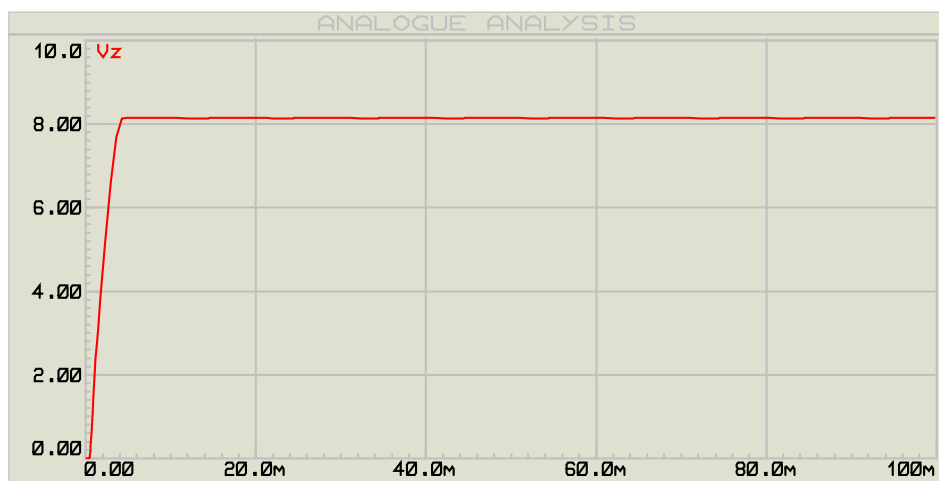


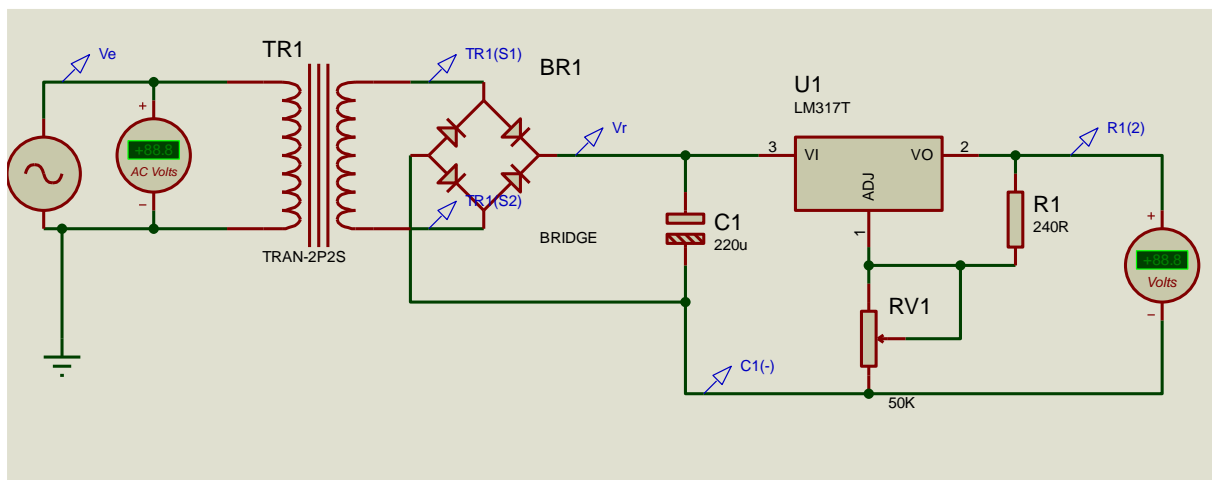
Figure III.8 Tension stabilisée

La figure III.8 représente l'allure de la tension stabilisée.

Lorsque la tension filtrée dépasse la tension zener  $V_Z = 8.2V$ , la diode zener conduit en sens inverse, maintenant ainsi une tension de sortie stable ; elle se maintient la tension constante en se comportant comme un court-circuit dès que la tension atteint la valeur zener.

Si la tension d'entrée tombe en dessous de la tension zener, la diode cesse de conduire, mais la tension de sortie reste proche de la tension zener grâce à l'énergie stockée dans le condensateur de filtrage. C'est-à-dire La tension stabilisée est maintenue constante à la valeur de la tension  $V_Z$ .

### III.3.2 Alimentation linéaire stabilisée par régulateur LM317T



**Figure III.9** Modèle de simulation d'une alimentation stabilisée par régulateur LM317T.

Ce schéma présenté un autre exemple de circuit de régulation de tension, incluant les même composants de schéma précédent un transformateur, un circuit de redressement et le condensateur de filtrage, Mais en remplacé la diode zener par un régulateur LM317T pour obtenir une tension de sortie régulée et stable.

Après la simulation ont obtenu les résultats ci-dessus.

### III.3.2.1 Tension d'entrée :

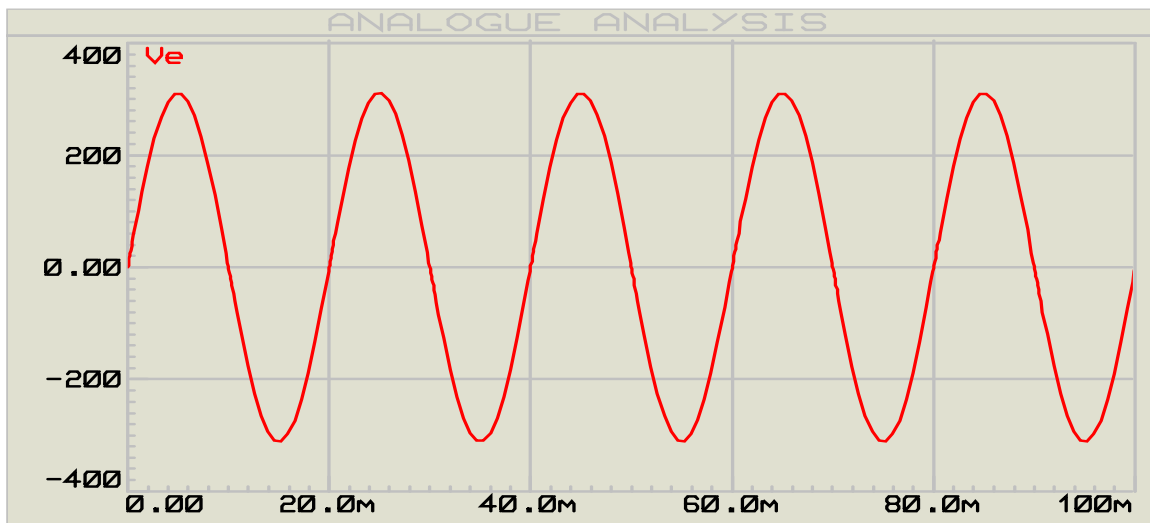


Figure III.10 Tension d'entrée

La figure III.10 représente l'allure de la tension d'entrée,

- La forme d'onde est sinusoïdale, c'est-à-dire une courbe douce et périodique oscillant de manière régulière entre ses valeur maximale +311V et minimale -311V.
- La tension crête à crête sera d'environ 311V car la tension nominale est 220V.
- La fréquence standard est 50 Hz.

### III.3.2.2 Tension secondaire de transformateur

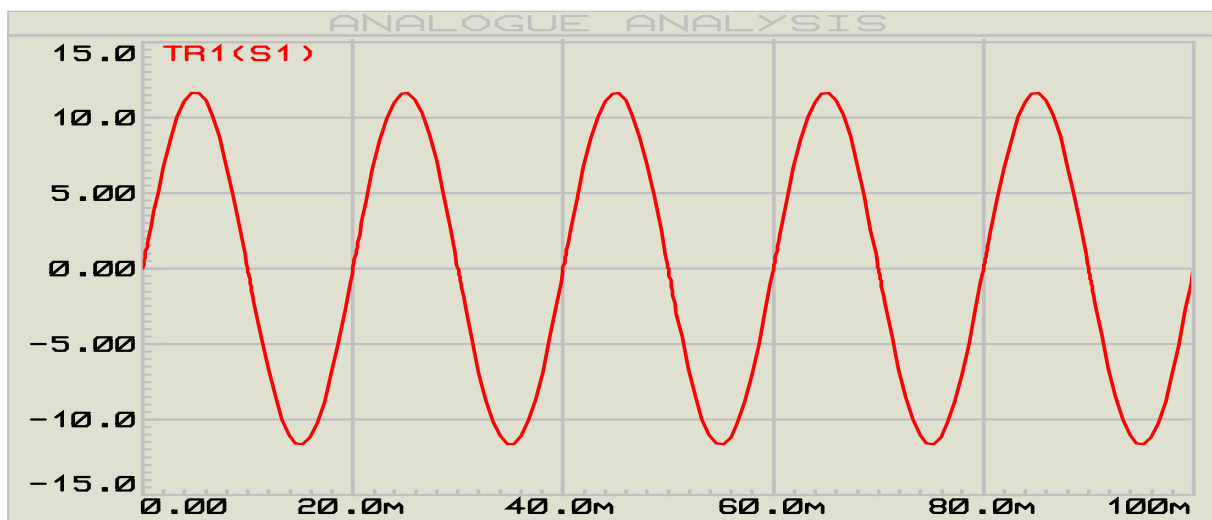


Figure III.11 Tension secondaire de transformateur

La figure III.11 représente l'allure de la tension secondaire de transformateur.

- La forme d'onde est sinusoïdale avec une chute de tension, oscillant de entre sa valeur maximale +12V et minimale -12V.

### III.3.2.3 Tension redressée

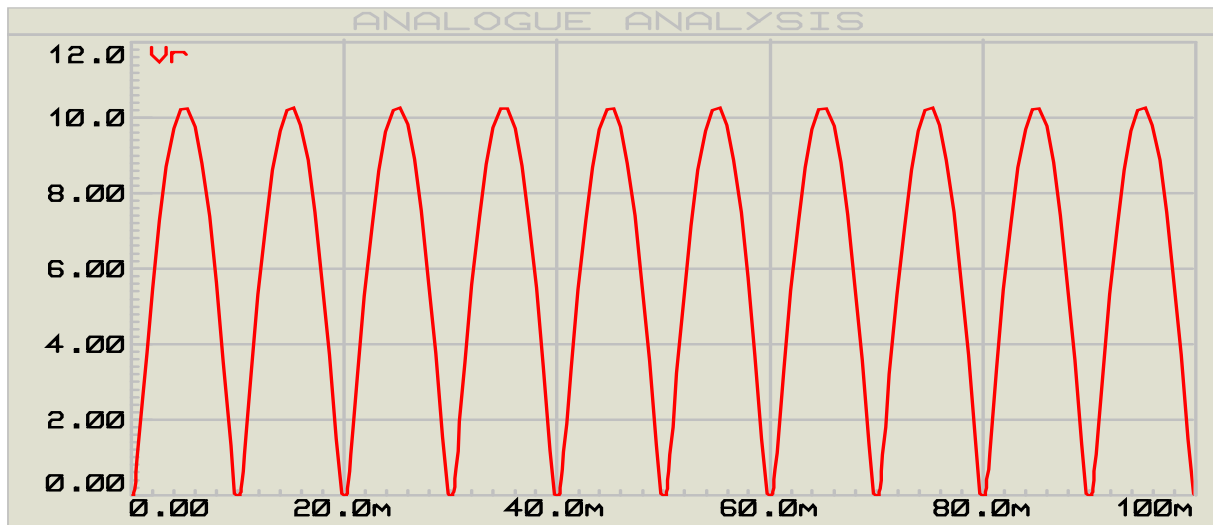


Figure III.12 Tension redressée.

La figure III.12 représente l'allure de la tension redressée.

- La tension redressée est de type double alternance.
- La valeur maximale de la tension redressée est l'environ de 10V

### III.3.2.4 Tension filtrée aux bornes de condensateur (C1)

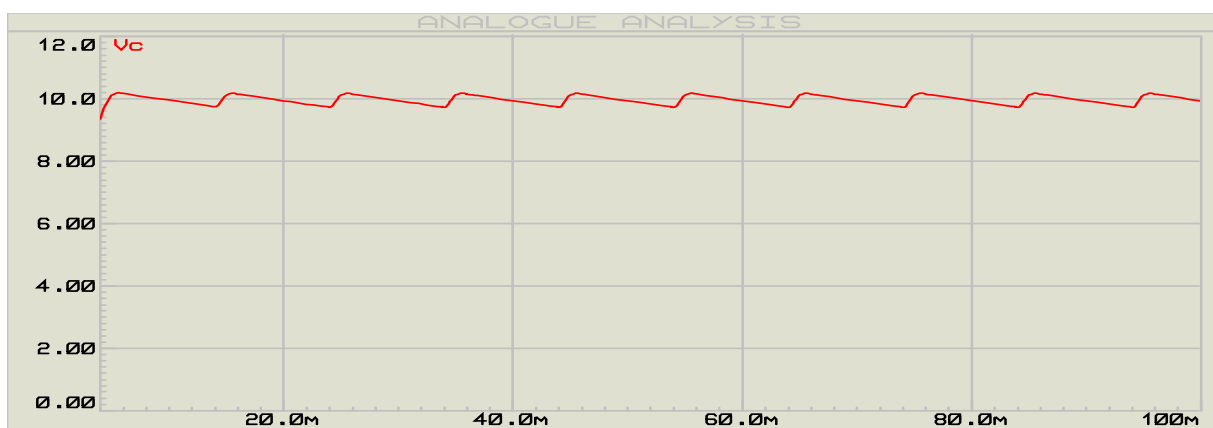


Figure III.13 Tension filtrée aux bornes de condensateur (C1)

La figure III.13 représente l'allure de la tension filtrée.

Lorsqu'une tension redressée passe par un condensateur de filtrage, son allure change significativement. Le condensateur se charge rapidement aux pics de la tension redressée par



contre entre les pics se décharge lentement à travers la charge. Cette action de charge et de décharge réduit les ondulations et fournit une tension plus stable et lisse.

C'est à dire la tension résultante, on peut dire, bien filtrée, moins d'ondulation, l'effet de lissage apparaît bien.

### III.3.2.5 Tension stabilisée :

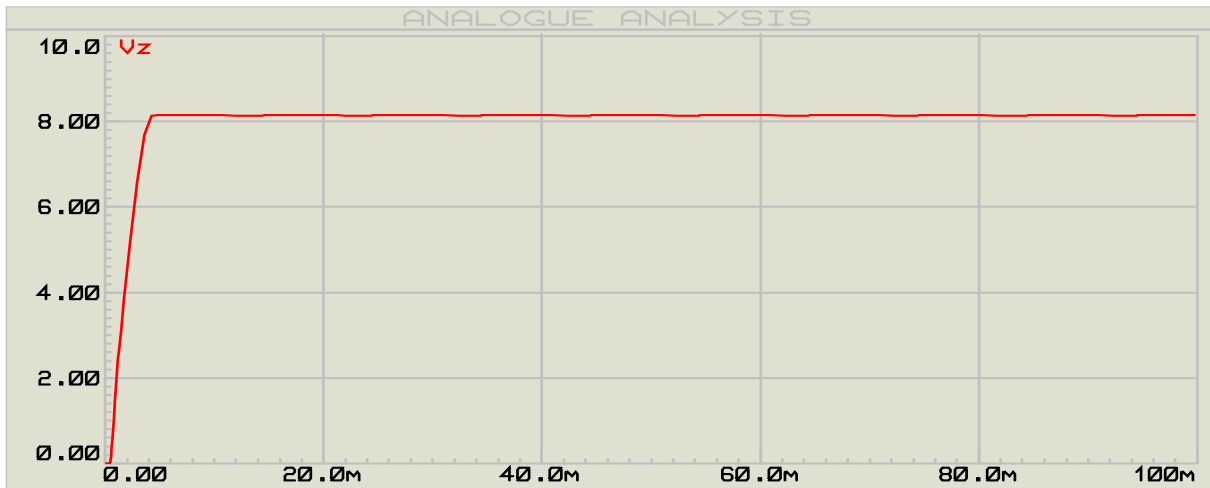


Figure III.14 Tension stabilisée

La figure III.14 représente l'allure de la tension stabilisée.

L'ajout de le régulateur LM317T permettra d'obtenir une tension continue très stable, lisse et régulée. Si la tension filtrée est fluctue, la tension régulée reste constante, à condition que la tension filtrée soit suffisamment élevée pour permettre la régulation. Cela signifie que les ondulations et les variations présentes dans la tension filtrée sont atténuées ou éliminées dans la tension régulée.

### III.3.3 Alimentation capacitive sans redressement

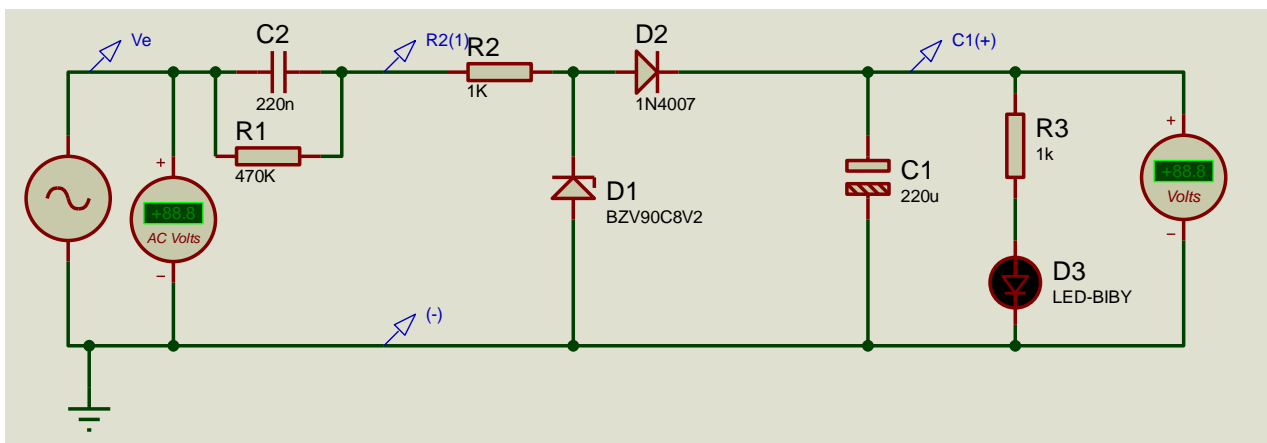


Figure III.15 Modèle de simulation d'une alimentation capacitive sans redressement

Le schéma III.15 présenté montre un circuit de redressement, filtrage et régulation de tension utilisant une diode Zener pour obtenir une tension de sortie stable de 8V DC à partir d'une entrée AC de 230V. Voici une description détaillée des composants et du fonctionnement du circuit.

- Résistance (R1) de 470 k $\Omega$  utilisé pour limiter le courant traversant la diode zener
- Résistance (R2) de 1 k $\Omega$  utilisé pour limiter le courant et ajuster la tension,
- Condensateur (C2) de 220 nF utilisé pour éliminer les bruits hauts fréquence,
- Diode zener (D1) régule la tension en maintenant une tension de 8.2V à ses bornes lorsqu'elle est polarisée en inverse,
- Diode 1N4007 (D2) redresse la tension AC en une tension pulsée DC en ne laissant passer que les parties positives de la sinusoïde,
- Condensateur (C1) de 220 uF filtre la tension redressée en lissant les ondulations pour fournir une tension DC plus stable.

Après la simulation ont obtenu les résultats ci-dessus.

### III.3.3.1 Tension d'entrée

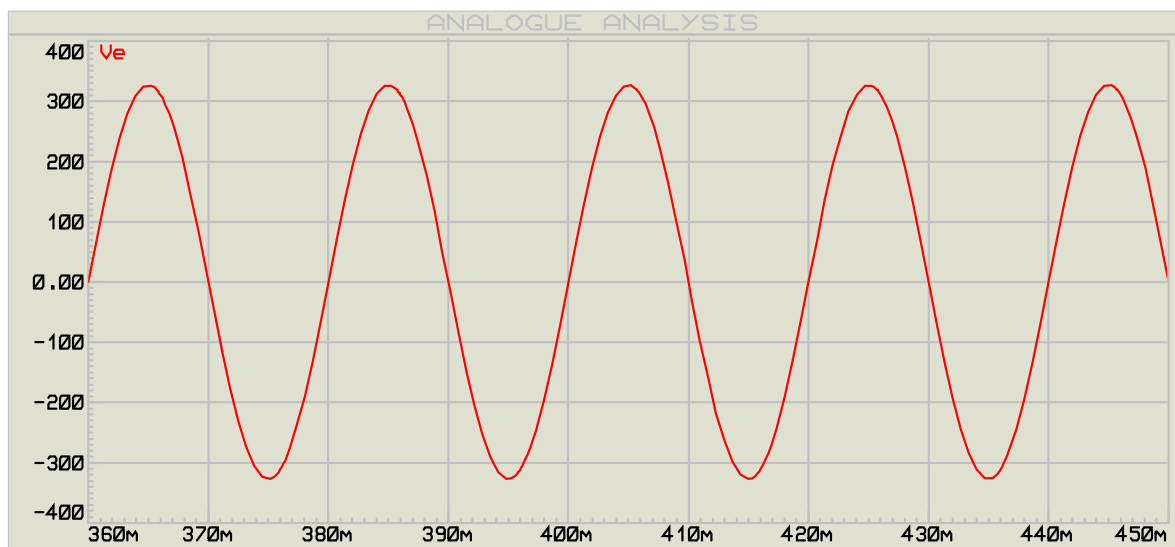


Figure III.16 Tension d'entrée

La figure III.16 représente l'allure de la tension d'entrée,

- La forme d'onde est sinusoïdale, c'est-à-dire une courbe douce et périodique oscillant de manière régulière entre ses valeur maximale +327V et minimale -327V.
- La tension crête à crête sera d'environ 327V car la tension nominale est 230V.

- La fréquence standard est 50 Hz.

### III.3.3.2 Tension aux bornes du condensateur (C2)

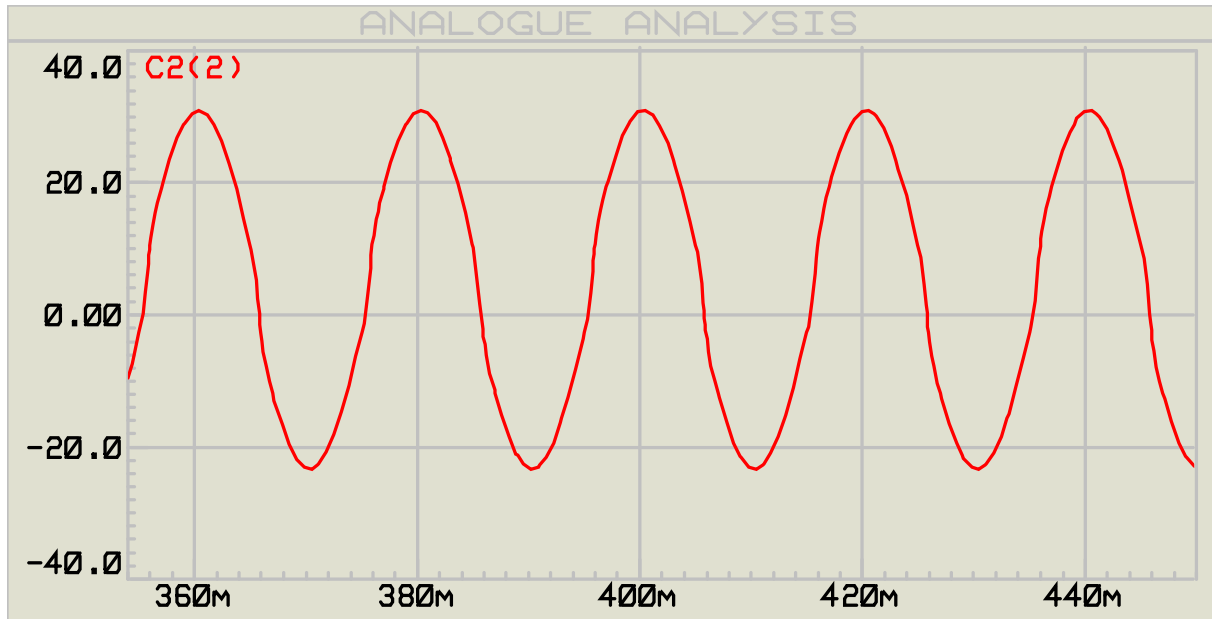


Figure III.17 Tension aux bornes du condensateur(C2)

La figure III.17 montre la tension aux bornes du condensateur C2.

- Le condensateur C2 est dimensionné pour avoir une tension proche de celle du secteur à ses bornes.
- La tension maximale est d'environ 30V et sa forme d'onde est sinusoïdale.

### III.3.3.3 Tension de sortie

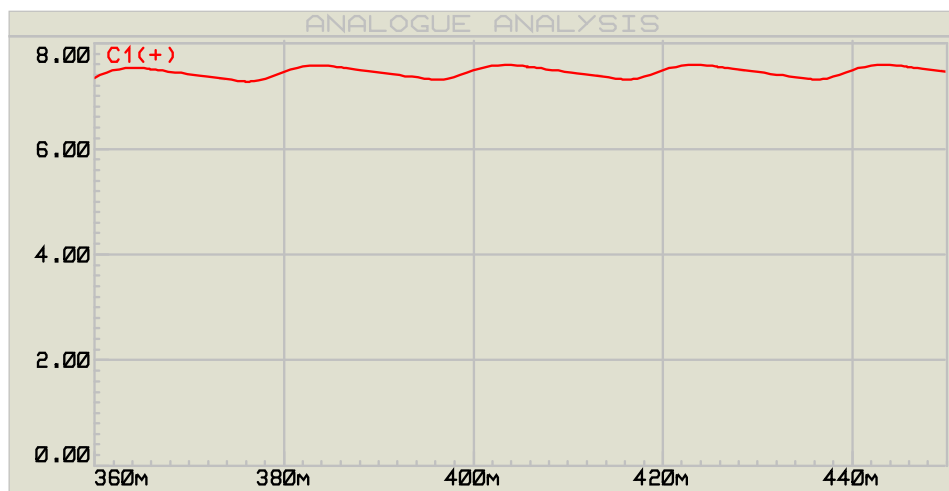


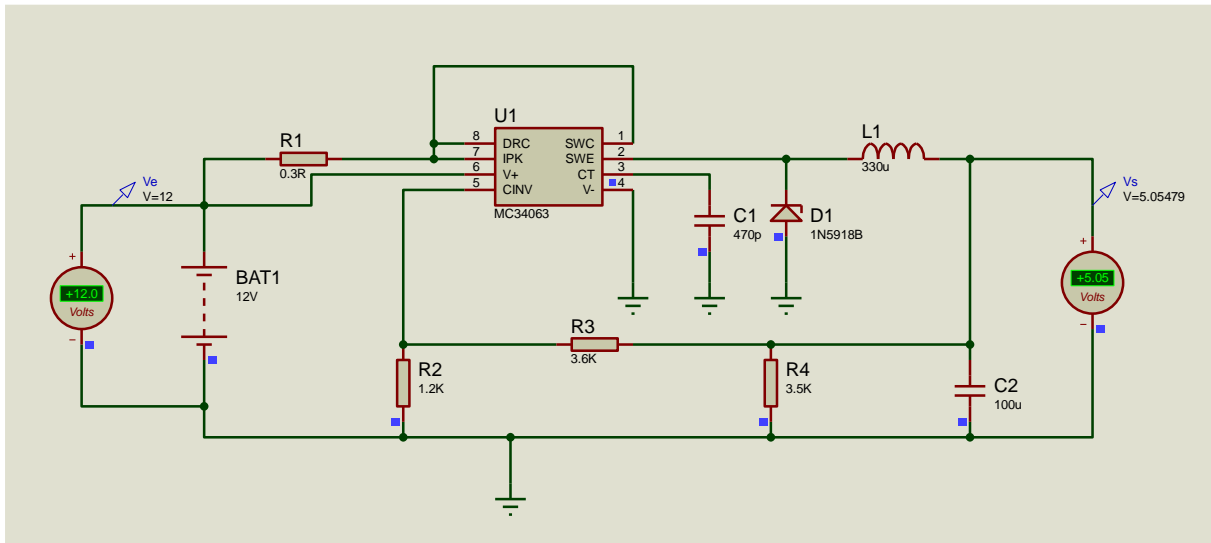
Figure III.18 Tension de sortie

La figure III.18 montre la tension de sortie.

Le condensateur 1 filtrée la tension de sortie, on obtient une tension quasi-stable en sortie.

### III.4 Partie de simulation DC/DC

#### III.4.1 Hacheur serie (Abaisseur) avec MC34063

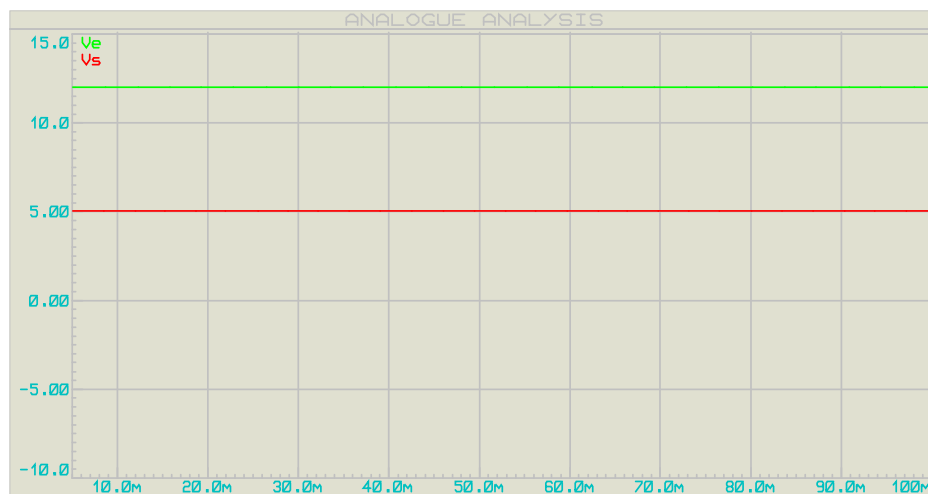


**Figure III.19** Modèle de simulation d'une Hacheur buck avec MC34063

Nous réalisons le circuit situé dans la figure III.19 en Proteus, c'est un convertisseur buck utilisant le régulateur MC34063 pour abaisser une tension d'entrée de 12V à une tension de sortie de 5V stable .

Le circuit contient une source d'alimentation BAT1 de 12V fournit la tension d'entrée ( $V_e$ ), Résistance R1 connectée en série avec la source d'alimentation, Circuit intégré U1(MC34063), Condensateur C1 connecté entre la broche 3 (CT)du mc34063 et la masse, Inductance L1 de 330  $\mu$ H, Diode Schottky D1, les résistances R2 R3 R4 ajustent la rétroaction pour stabiliser la sortie à 5 V, C2 placé à la sortie du circuit pour lisser la tension de sortie et réduire les ondulations. Le voltmètre indique une tension de sortie de 5V.

Après la simulation ont obtenu les résultats ci-dessus.

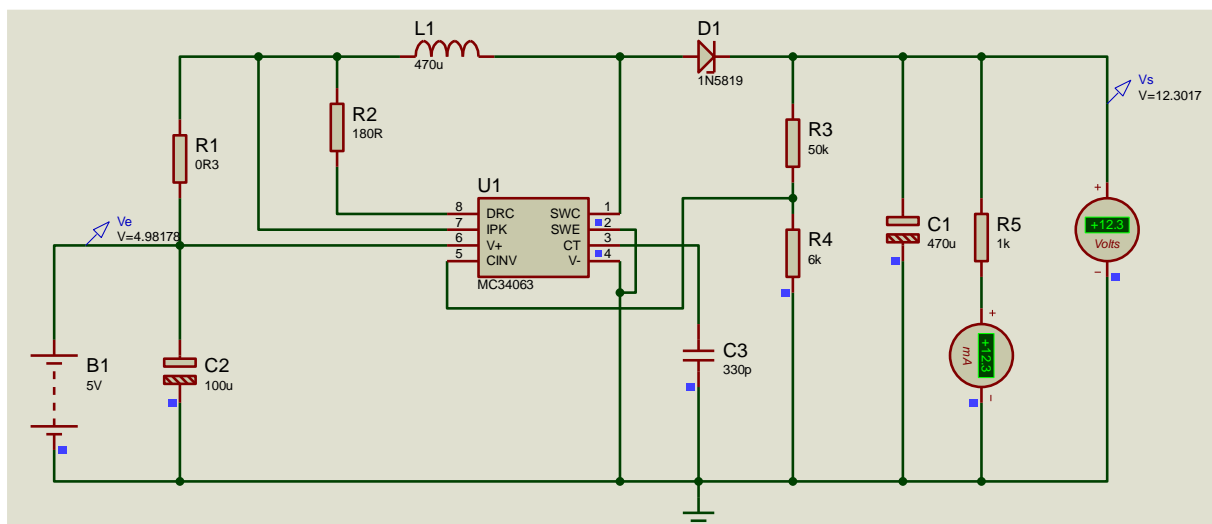


**Figure III.20** Tension d'entrée ( $V_e$ ) et tension de sortie ( $V_s$ )

La figure présente la tension d'entrée ( $V_e$ ) et la tension de sortie ( $V_s$ ) ;

- La courbe verte ( $V_e$ ) indique la tension d'entrée à une valeur constante de 12V pendant toute la période mesurée .Cela montre que la source d'alimentation fournie est stable et n'a pas de variations significatives
- La courbe rouge ( $V_s$ ) représente la tension de sortie à une valeur constante de 5 V .Ceci indique que le régulateur MC43063 fonctionne correctement pour abaisser la tension de 12V à 5V
- Il n'y a pas de variations ou d'ondulations dans la courbe rouge, ce qui témoigne de l'efficacité du filtrage et de la régulation pour obtenir une sortie stable et propre.

### III.4.2 Hacheur parallèle (élevateur) avec MC34063



**Figure III.21** Modèle de simulation d'une Hacheur boost avec MC34036

La figure III.21 représente un schéma de circuit pour un convertisseur boost utilisant le MC34063.

Le circuit contient une source d'alimentation B1 de 5V fournit la tension d'entrée ( $V_e$ ) de 4.99 V, Résistance R1 connecté à la source de tension d'entrée, Condensateur C2 (100uF) connecté en parallèle avec la source de tension d'entrée, Inductance L1 de 470uH, Le circuit intégré central U1(MC34063) qui control le convertisseur boost, diode D1 (1N5819) une diode Schottky placée permettant le passage du courant en une seule direction pour assurer l'élévation de la tension, les résistance de rétroaction R2, R3, R4, R5 pour ajuster la tension de sortie et assurer la stabilité.

Après la simulation ont obtenu les résultats ci-dessus.

- La courbe verte ( $V_e$ ) montre la tension d'entrée. Elle est stable à environ 5V, correspondant à la tension d'entrée spécifiée de 4,99 V.
- La courbe rouge ( $V_s$ ) montre la tension de sortie. Elle est stable à une tension d'environ 12,3 V.
- La tension d'entrée et de sortie reste constante pendant toute la durée.
- Le circuit fait passer la tension d'entrée de 5V à une tension de sortie stable d'environ 12,3 V, ce qui témoigne d'un bon fonctionnement du convertisseur boost.

Ces résultats montrent que le circuit de convertisseur boost avec le MC34063 fonctionne efficacement pour élever la tension d'entrée de 5V à une tension de sortie stable de 12.3V.

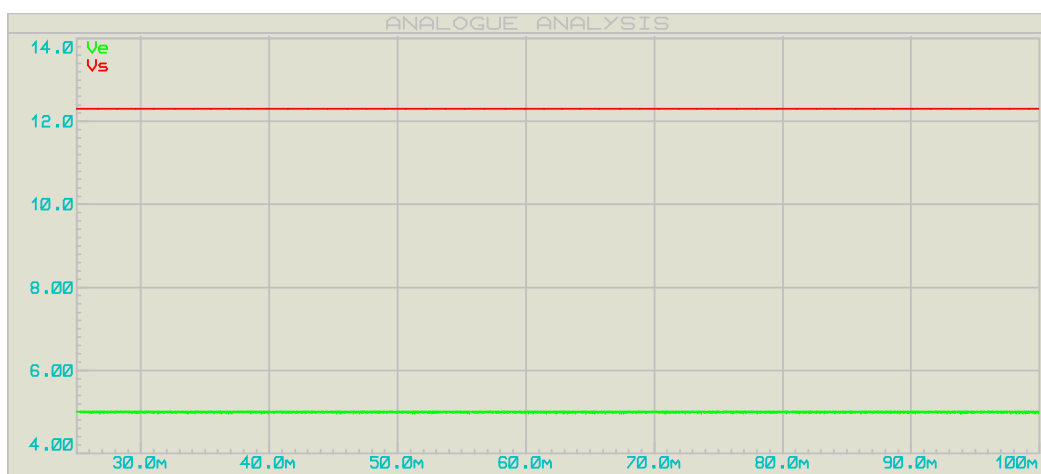


Figure III.22 Tension d'entrée ( $V_e$ ) et tension de sortie ( $V_s$ )

### III.4.3 Circuit intégrée NE555

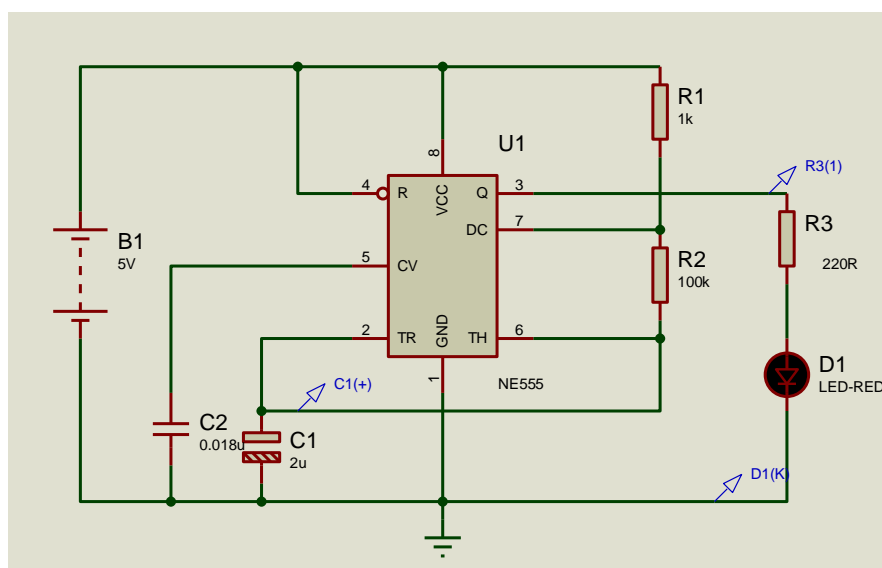


Figure III.23 Modèle de simulation d'un circuit intégrée NE555

La figure III.23 représente un circuit de clignotement de LED utilisant le circuit intégré NE555 astable, le circuit contient :

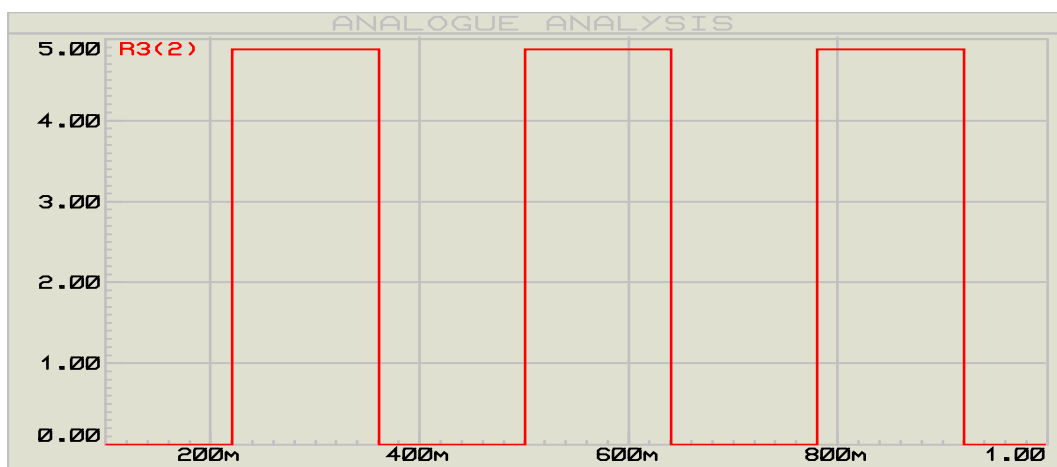
- Une source d'alimentation B1 de 5 V
- Circuit intégré NE555 astable,
- Résistance R1=1k et R2=100 k,
- Résistance R3 pour limite le courant traversant la LED pour la protéger
- Un condensateur C1=2 $\mu$ F
- LED D1 qui va clignoter

Lorsque le circuit est alimenté, le NE555 commence à osciller qui générant un signal d'onde carrée à sa sortie (broche 3).

Le condensateur C1 se charge et se décharge à travers les résistances R1 et R2, créant une variation périodique de la tension à la broche 3.

La sortie de la broche 3 pilote la LED à travers la résistance de limitation de courant R3, provoquant le clignotement de la LED.

Après la simulation ont obtenu les résultats ci-dessus.



**Figure III.24** Tension de sortie NE555

- Le graphique montre une tension de sortie de type signal carré
- Le signal passe périodiquement de 0V à 5V et revient à 0V
- Une période complète du signal dur environ 400ms

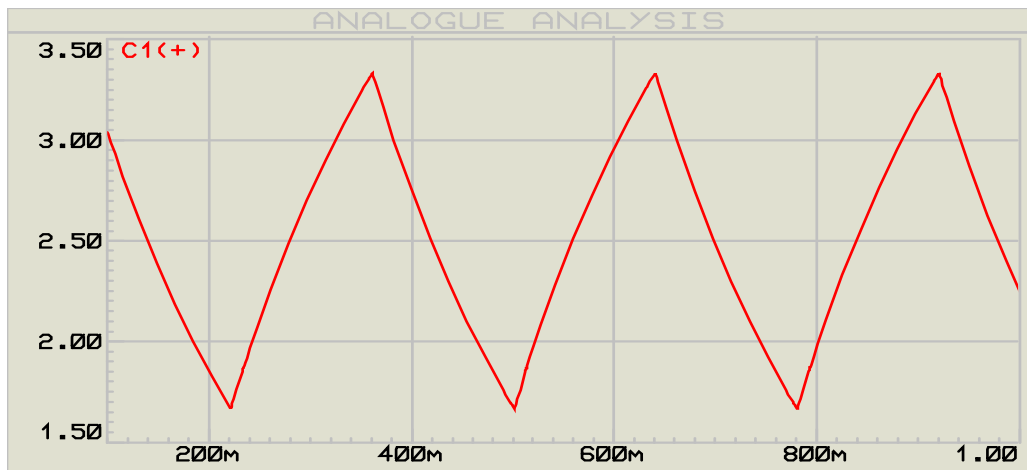


Figure III.25 Tension aux bornes de condensateur C1

- la tension aux bornes C1 augmente et diminue régulièrement et la charge et la décharge se répètent périodiquement
- Le condensateur se charge jusqu'à environ 3.5 V, puis se décharge à 1.7V

#### III.4.4 Régulateur de tension série à diode zener

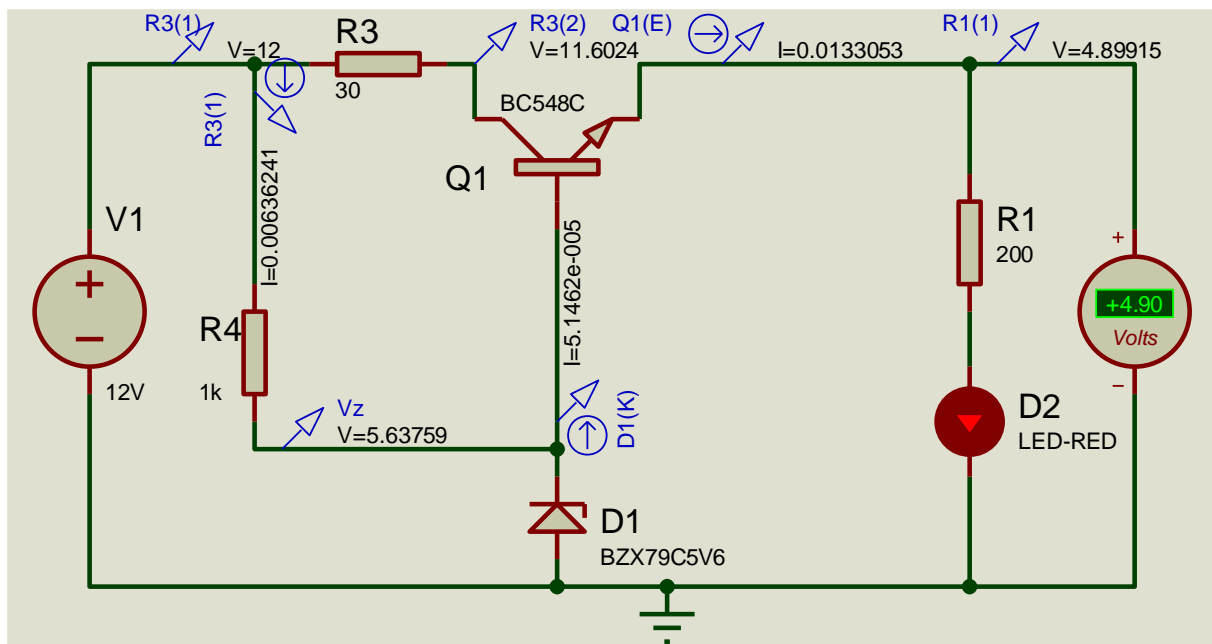


Figure III.26 Modèle de simulation d'un régulateur de tension série à diode zener

La figure représente un régulateur de tension série à diode zener, le circuit contient : Une source d'alimentation V1 fournit 12V au circuit, Résistance R3 de 30Ω connectée en série avec le collecteur du transistor Q1 pour limiter le courant traversant le transistor, Résistance R4 de 1KΩ connectée à la base du transistor Q1 pour limiter le courant de base,



Résistance R1 de  $1K\Omega$  en série avec LED D2, Transistor Q1 (BC548C) de type NPN, Diode zener avec une tension de zener de 5.6V et LED-RED qui s'allume lorsque le transistor Q1.

Après la simulation ont obtenu les résultats suivants

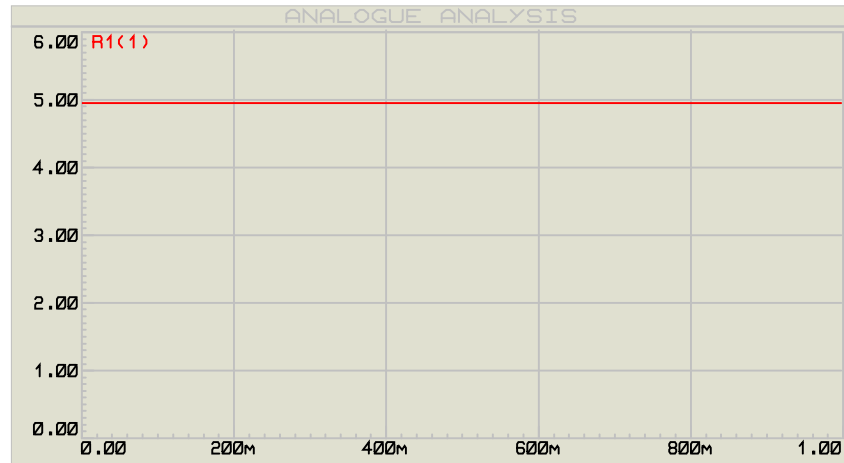


Figure III.27 Tension de sortie de régulateur à diode zener

- La tension de sortie est à l'environ de 5V ( $V_s = 4.95V$ )

### III.4.5 Régulateur de tension série à deux transistors

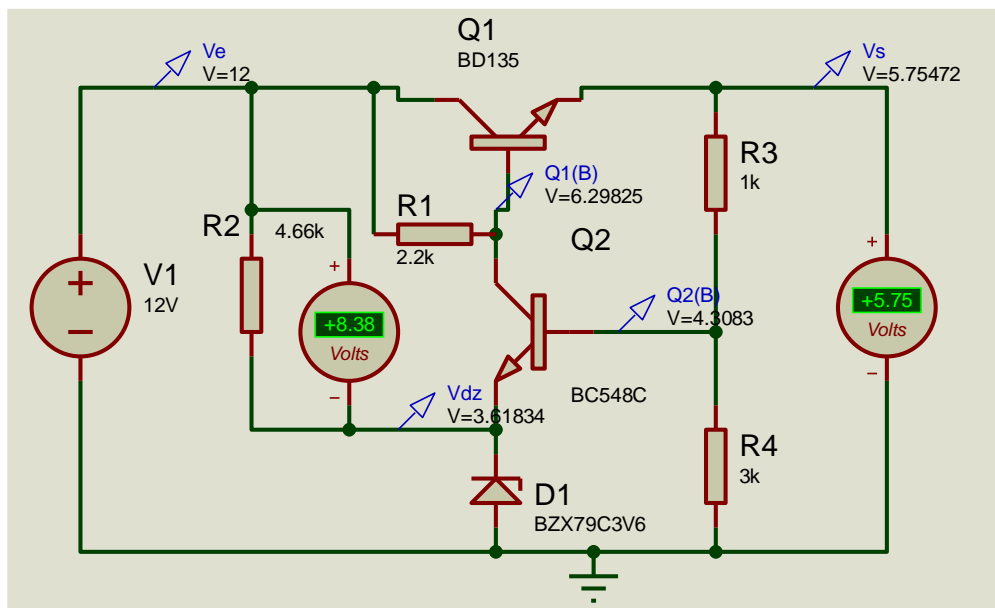


Figure III.28 Modèle de simulation d'un régulateur de tension série à deux transistors

La figure montre un régulateur de tension série à deux transistors de type NPN, le circuit contient : Une source d'alimentation V1 fournit 12V, Résistance R1 de  $2.2k\Omega$ , Résistance R2 de  $4.66k\Omega$ , Résistance R3 de  $1k\Omega$ , Résistance R4 de  $3k\Omega$ , Deux transistor de type NPN : Q1 (BD135) et Q2 (BC548C) et une diode zener D1 avec une tension de zener de 3.6V

Les tensions mesuré est :

- Tension à la base de Q1 de 6.29V
- Tension à la base de Q2 de 4.30V
- Tension de sortie de 5.75V

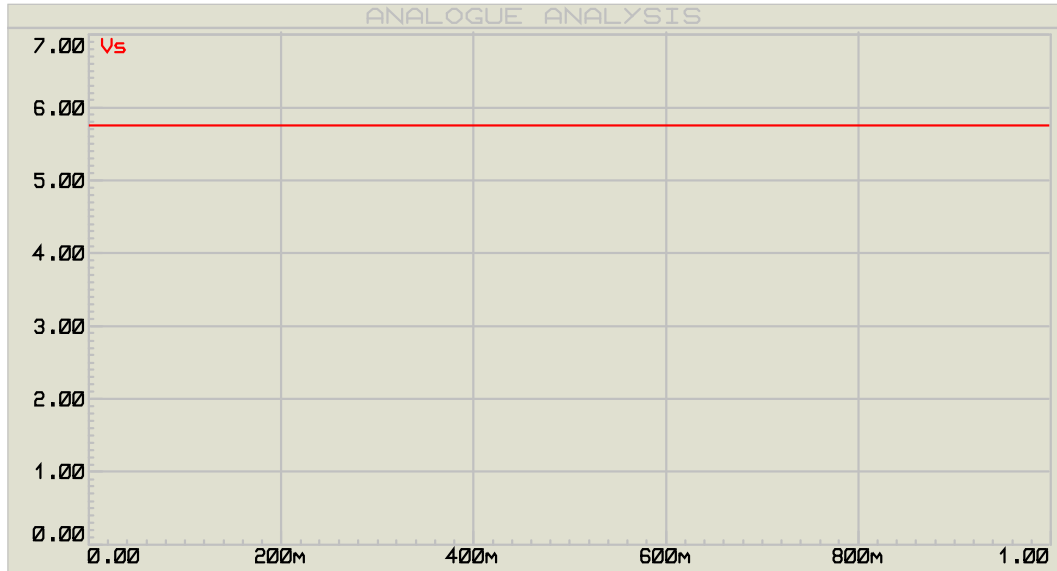


Figure III.29 Tension de sortie de Régulateur à deux transistors

### III.4.6 Régulateur série avec tension de sortie réglable

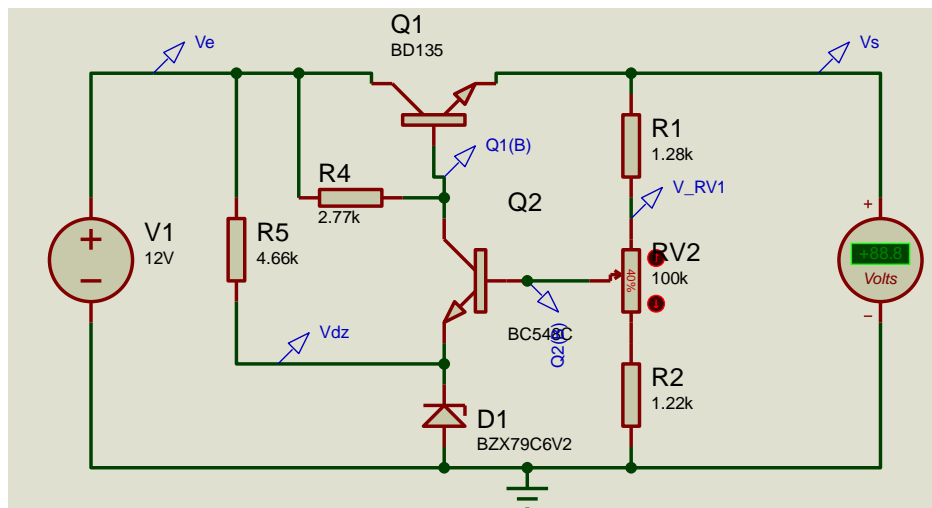


Figure III.30 Modèle de simulation d'un Régulateur série avec tension de sortie réglable

On ajoute un potentiomètre (RV2) de 100 K $\Omega$  dans le circuit pour permettant de régler la tension de sortie du régulateur.

D'après la simulations, avec la variations de potentiomètre on obtenue les résultats ci-dessous.

Si  $RV2(10\%) = 10k\Omega$

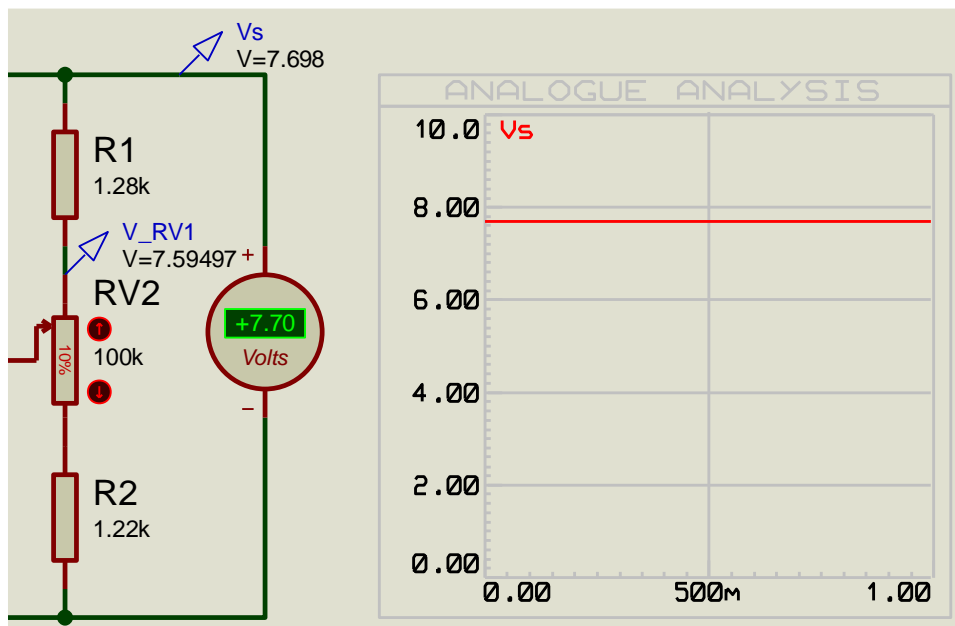


Figure III.31 Tension de sortie ( $RV2=10K\Omega$ )

- La tension de sortie  $V_s = 7.70V$

Si  $RV2(30\%) = 30k\Omega$

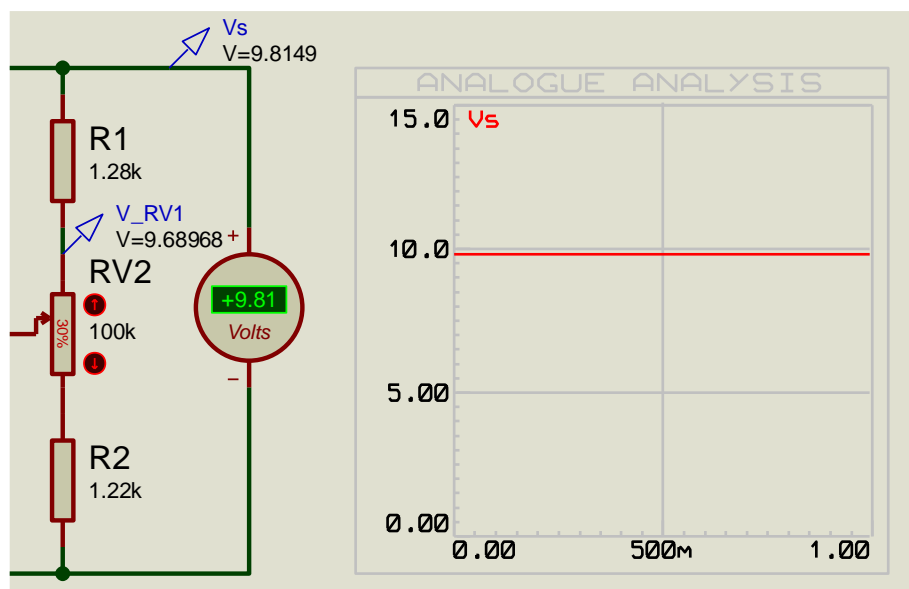


Figure III.32 Tension de sortie ( $RV2=30K\Omega$ )

- La tension de sortie  $V_s = 9.81V$

Si  $RV2(50\%) = 50k\Omega$

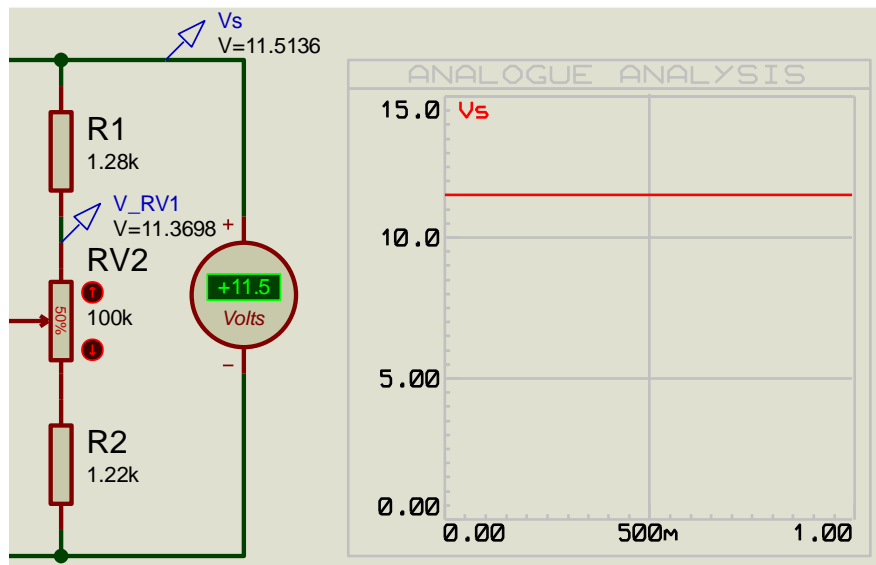


Figure III.33 Tension de sortie ( $RV2=50K\Omega$ )

- La tension de sortie  $V_s = 11.50V$

### III.5 Conclusion

Les différents circuits d'alimentation électrique analysés et simulés dans ce chapitre mettent en évidence diverses techniques de régulation et de stabilisation de la tension. Les principales conclusions des simulations incluent :

- L'utilisation d'un régulateur LM317T dans le montage de l'alimentation linéaire a permis de fournir une tension de sortie stable, démontrant la capacité du régulateur à maintenir une tension constante malgré les fluctuations de la tension d'entrée filtrée.
- Les simulations d'une alimentation basée sur une diode Zener ont montré une stabilisation efficace de la tension à 8,2V. La diode Zener a maintenu une tension de sortie constante en conduisant en sens inverse une fois que la tension d'entrée a dépassé la tension Zener, démontrant une performance fiable dans des conditions d'entrée variables.
- Le montage d'une alimentation capacitive, utilisant une diode Zener, a atteint une sortie stable de 8V DC à partir d'une entrée AC de 230V. Cette configuration a efficacement filtré et régulé la tension d'entrée, fournissant une sortie DC stable comme indiqué par les simulations.

- Le circuit convertisseur Buck utilisant un régulateur MC34063 a efficacement réduit la tension d'entrée de 12V à une sortie stable de 5V. Cela a été prouvé par la courbe de tension de sortie stable sans variations significatives ou ondulations.
- Le montage du convertisseur Boost a démontré la capacité d'élever la tension d'entrée de 5V à une sortie stable de 12,3V. Ce montage a montré une conversion de tension efficace, indiquant le bon fonctionnement du régulateur MC34063 en configuration Boost.

# ***CHAPITRE IV***

## ***Réalisation pratique des convertisseurs AC-DC et DC-DC***

## IV.1 Introduction

Ce chapitre est dédié à l'analyse et visualisation des signaux produits par différents convertisseurs (redresseurs, hacheurs et régulateurs) en utilisant un oscilloscope. L'objectif principal est de comprendre la nature des signaux générés, d'analyser leurs caractéristiques et d'évaluer les performances des convertisseurs dans diverses conditions. L'analyse des signaux des convertisseurs à l'aide d'un oscilloscope offre une compréhension approfondie de leurs performances et de leurs comportements en conditions réelles. Cette partie permettra non seulement de valider les concepts théoriques, mais aussi d'identifier les défis pratiques et les opportunités d'amélioration dans l'utilisation des convertisseurs.

## IV.2 Oscilloscope

Un oscilloscope est un instrument de test et de mesure qui mesure rapidement la tension dans le temps. Il enregistre la tension à travers certains points d'un circuit et affiche la tension en fonction du temps sur un écran. Il permet d'observer les variations temporelles des signaux. La courbe de rendu d'un oscilloscope est appelée oscillogramme.

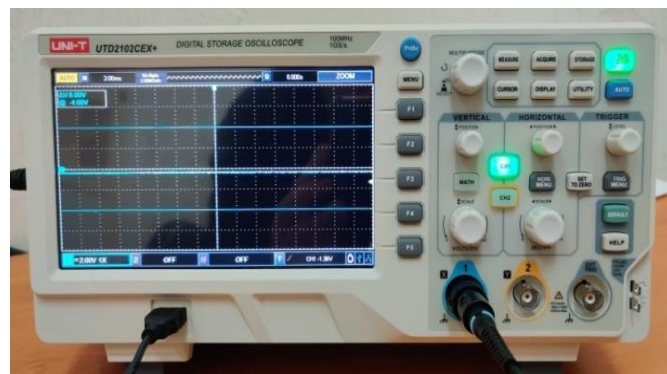


Figure IV.1 vue générale d'un oscilloscope

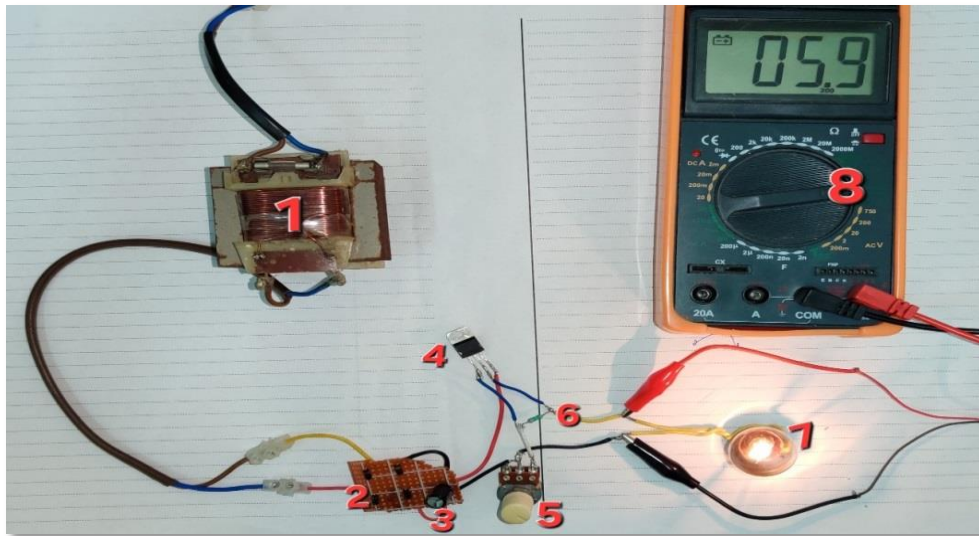
## IV.3 Partie de pratique

Cette partie est dédiée à l'analyse des ondes produites par différents convertisseurs (redresseurs, hacheurs) et régulateurs en utilisant un oscilloscope. Les exemples que nous avons réalisés sont les suivants :

- Convertisseur AC/DC stabilisée par LM317T.
- Convertisseur AC/DC stabilisée par diode Zener.
- Hacheur abaisseur (BUCK) avec MC34063.
- Hacheur élévateur (BOOST) avec MC34063.
- Hacheur abaisseur avec le circuit intégrée NE555

### IV.3.1 Convertisseur AC/DC stabilisée par LM317T

On réalise le montage électrique de la figure IV.2, ce montage est constitué d'un transformateur abaisseur de tension (1), suivi d'un pont de quatre diodes qui est le pont de Graetz (2), sa tension de sortie est filtrée par un condensateur (3), la tension filtrée est stabilisée par le régulateur LM317T (4), ce dernier est ajustée par un potentiomètre (5), la résistance (6) est nécessaire elle limite le courant, on mesure la tension aux bornes d'une charge (7) à l'aide d'un voltmètre (8).



**Figure IV.2** Montage complet d'un convertisseur 220V à 5.9V stabilisée par LM317T

Les valeurs des éléments de circuit de montage sont données dans le tableau suivant :

1	Transformateur 220V/12V
2	Pont à diodes de type 1N4007
3	Condensateur de filtrage 220 $\mu$ F-35V
4	Régulateur de tension type LM317T
5	Résistance variable 50k $\Omega$
6	Résistance 1.5k $\Omega$
7	Lampe (Led de 3w)
8	Voltmètre

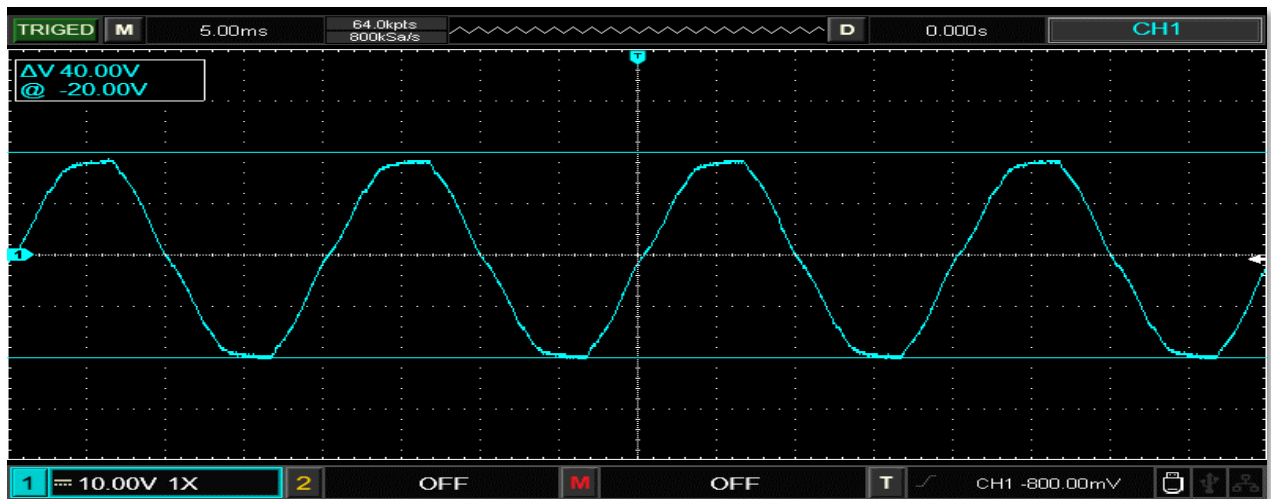
**Tableau IV.1** Composants du circuit de montage réalisé

Suite à la réalisation de cet exemple, voici les résultats que nous avons obtenus :

#### IV.3.1.1 Tension secondaire de transformateur

La figure IV.3 représente la tension secondaire de transformateur :





**Figure IV.3** Tension d'entrée.

Voici l'analyse et l'interprétation des résultats observés :

- ✓ La forme d'onde est un signal sinusoïdal périodique
- ✓ La sinusoïde semble relativement pure sans distorsion majeure, ce qui indique que le transformateur fonctionne correctement sans saturation du noyau ou autres anomalies.

All parameters						MENU		
Voltage	Max	19.20V	Min	-20.80V	High	18.40V	Low	-19.60V
	Ampl	38.00V	Pk-Pk	40.00V	Middle	-800.00mV	Mean	-800.00mV
	CycMean	-400.00mV	RMS	14.00V	CycRMS	13.60V		

**Tableau IV.2** Mesures de la tension d'entrée

D'après les résultats situés au tableau IV.2 :

- ✓ L'amplitude de la tension est de 38.00 V.
- ✓ La tension maximale est de 19.20 V et la tension minimale est de -20.80 V.
- ✓ La tension cyclique moyenne (CycMean) est de -400 mV
- ✓ La valeur efficace (RMS) de la tension est de 14 V.

#### IV.3.1.2 Tension redressée

L'allure de la tension redressée avant filtrage est représentée sur la figure IV.4.

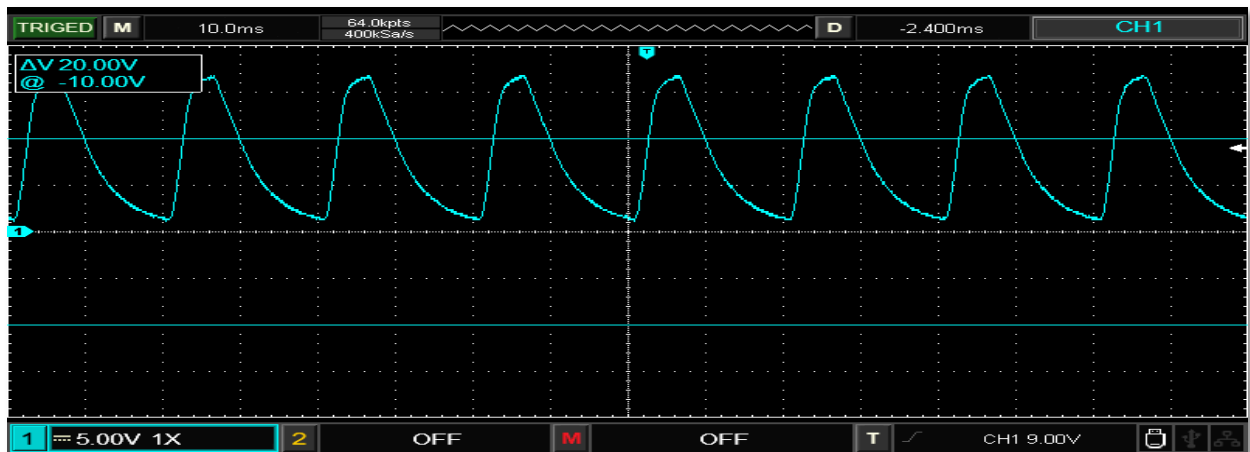


Figure IV.4 Tension redressée

Voici l'analyse et l'interprétation des résultats observés :

- ✓ Le signal a une forme d'onde sinusoïdale modifiée avec des transitions nettes, indiquant probablement un circuit avec une certaine distorsion ou non-linéarité.

All parameters						MENU		
Voltage	Max	17.20V	Min	1.00V	High	16.60V	Low	1.80V
	Ampl	14.80V	Pk-Pk	16.20V	Middle	9.20V	Mean	8.00V
	CycMean	8.00V	RMS	9.60V	CycRMS	9.60V		

Tableau IV.3 Mesures de la tension redressée

D'après les résultats situés au tableau IV.3 :

- ✓ L'amplitude de la tension est de 14.80V.
- ✓ La tension maximale est de 17.20 V et la tension minimale est de 1V, Cela confirme une amplitude crête à crête (Pk-Pk) de 16.20V.
- ✓ La tension cyclique moyenne (CycMean) est de 8V.
- ✓ La valeur efficace (RMS) de la tension et le cycle de la valeur efficace (CycRMS) sont identiques 9.60V, ce qui suggère une régularité du signal sur les cycles.

#### IV.3.1.3 Tension filtrée :

Cette figure représente la tension filtrée par le condensateur.

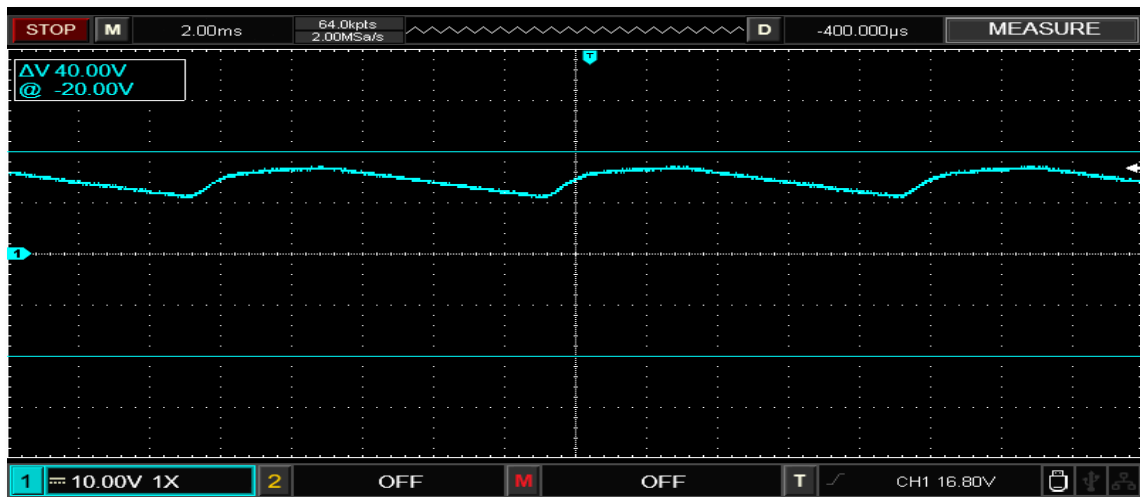


Figure IV.5 Tension filtrée aux bornes de condensateur.

Les résultats de mesure sont dans le tableau ci-dessous.

All parameters							MENU	
Voltage	Max	17.60V	Min	11.20V	High	16.40V	Low	12.40V
	Ampl	4.00V	Pk-Pk	6.40V	Middle	14.40V	Mean	14.80V
	CycMean	--XX--	RMS	15.20V	CycRMS	--XX--		

Tableau IV.4 Mesures de la tension filtrée

D'après la figure IV.7 et le Tableau IV.4 :

- ✓ L'amplitude de la tension est de 4V indique la différence entre le niveau haut moyen de 16.40V et le niveau bas moyen de 12.40V.
- ✓ La tension maximale est de 17.60 V et la tension minimale est de 11.20V, cela confirme une amplitude crête à crête (Pk-Pk) de 6.40V.
- ✓ La valeur efficace (RMS) de la tension est de 15.20V.

#### IV.3.1.4 Tension stabilisée par régulateur LM317T :

Après filtrage de la tension de sortie, grâce au régulateur LM317T, on donne l'allure de la tension équilibrée sur la figure suivante :

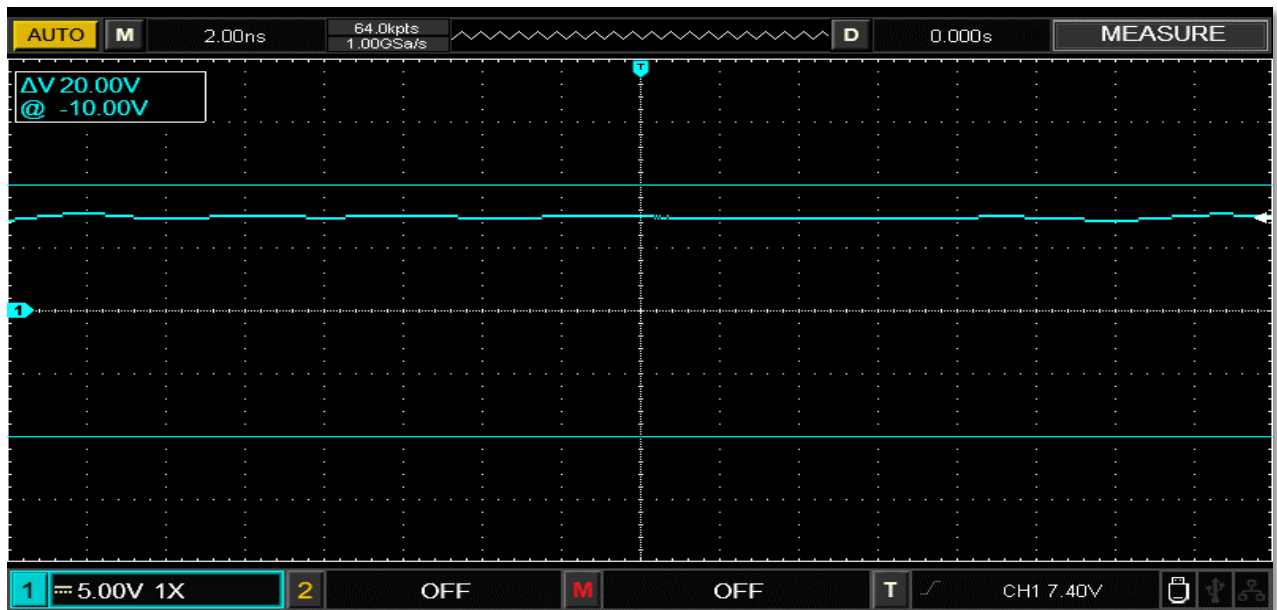


Figure IV.6 Tension stabilisée

Les résultats de mesure de la tension de sortie régulée sont donnés sur le Tableau IV.5

All parameters					MENU			
Voltage	Max	7.80V	Min	7.20V	High	7.40V	Low	7.20V
	Ampl	200.00mV	Pk-Pk	600.00mV	Middle	7.20V	Mean	7.40V
	CycMean	--XX--	RMS	7.40V	CycRMS	--XX--		

Tableau IV.5 Mesures de tension stabilisée

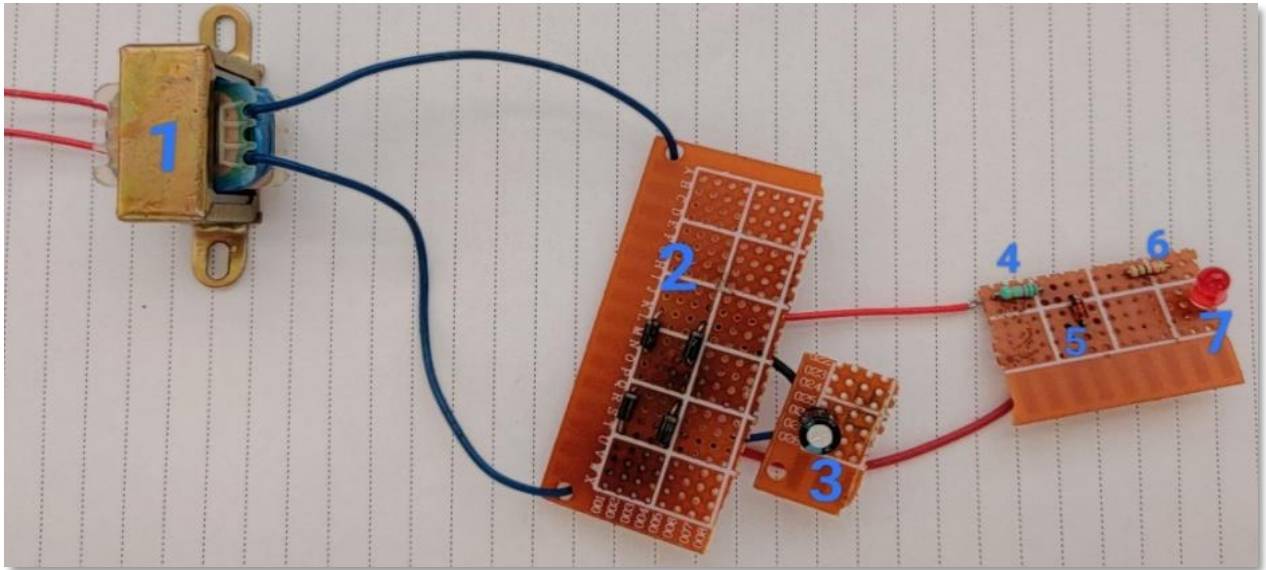
D'après les mesures données au tableau IV.5 :

- ✓ L'amplitude de la tension est de 200mV.
- ✓ La tension maximale est de 7.80V et la tension minimale est de 7.20V, le signal oscille entre ces deux valeurs et confirme une amplitude crête à crête (Pk-Pk) de 600mV.
- ✓ La valeur efficace (RMS) de la tension est de 7.40V, alors le signal observé est relativement stable avec des variations mineures.

### IV.3.2 Tension stabilisée par diode Zener

La figure IV.7 représente le deuxième montage réalisé, le montage possède les mêmes composants à l'entrée que ceux de premier montage, c.-à-d. la transformation (1), le redressement (2) et le filtrage de la tension de sortie (3), on ajoute en série une résistance (4) qui limite le courant de sortie, la régulation de la tension de sortie se fait maintenant par l'introduction de diode zener (5)

en parallèle avec la charge, cette dernière, cette fois, étant un LED rouge (7) en série avec une résistante (6) de protection de LED.



**Figure IV.7** Montage complet d'un convertisseur 230V à 5V stabilisée par diode zener

Le tableau suivant indique les valeurs des éléments de circuit de montage :

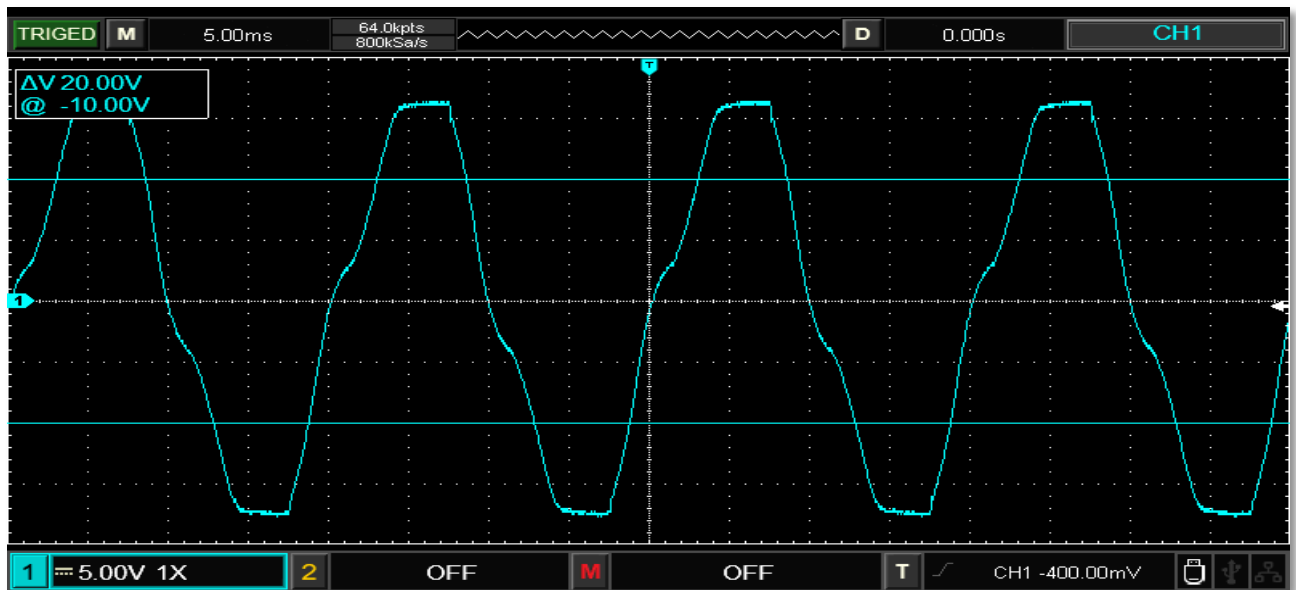
1	Transformateur 220V/12V
2	Pont à diodes 1N4007
3	Condensateur de filtrage 220 $\mu$ F-35V
4	Résistance 1.5k $\Omega$
5	Diode zener (8.2 V)
6	Résistance 1k $\Omega$
7	LED rouge

**Tableau IV.6** Composants du circuit électrique stabilisé par diode zener

Les résultats que nous avons obtenus après avoir réalisé ce montage sont les suivants :

#### IV.3.2.1 Tension au secondaire de transformateur

La figure IV.8 représente la tension secondaire de transformateur :



**Figure IV.8** Tension d'entrée

Cette figure représente aussi la tension d'entrée au redresseur. Voici l'analyse et l'interprétation des résultats observés :

- ✓ La forme d'onde est un signal périodique.

All parameters					MENU			
Voltage	Max	16.80V	Min	-17.80V	High	16.40V	Low	-17.40V
	Ampl	33.80V	Pk-Pk	34.60V	Middle	-600.00mV	Mean	-400.00mV
	CycMean	-200.00mV	RMS	12.20V	CycRMS	12.20V		

**Tableau IV.7** Mesures de la tension d'entrée

D'après les résultats situés au tableau IV.7 :

- ✓ L'amplitude de la tension est de 33.80 V.
- ✓ La tension maximale est de 16.80 V et la tension minimale est de -17.80 V, cela confirme une amplitude crête à crête (Pk-Pk) de 34.60V.
- ✓ La tension cyclique moyenne (CycMean) est de -200mV
- ✓ La valeur efficace (RMS) et la tension cyclique efficace (CycRMS) sont identiques 12.2V.

#### IV.3.2.2 Tension redressée

La figure ci-dessous représente le chronogramme de la tension redressée :

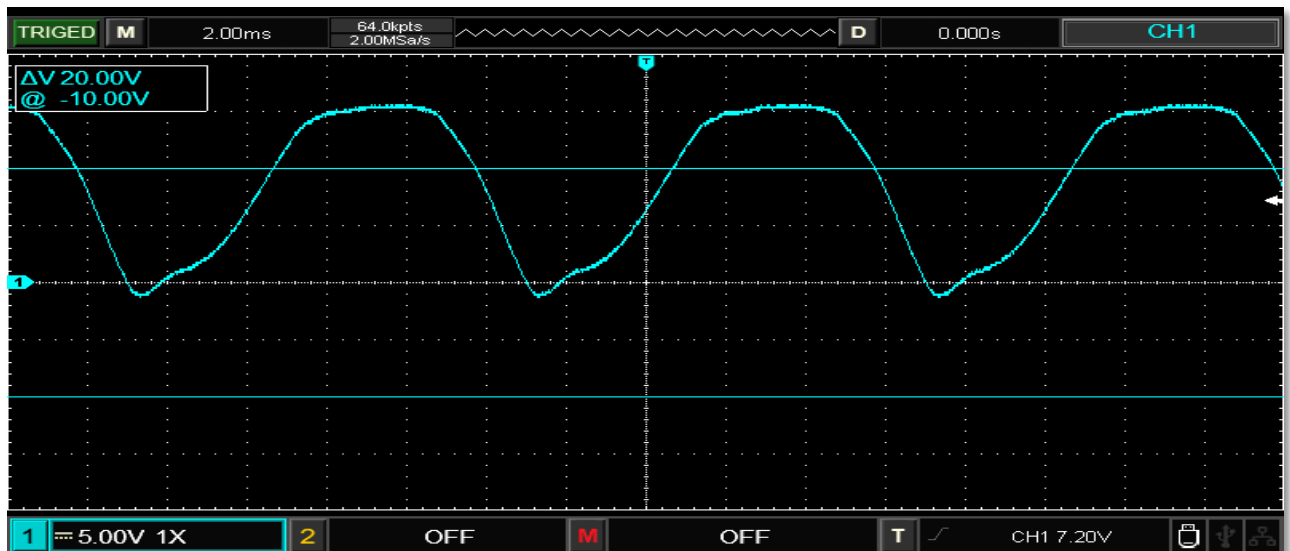


Figure IV.9 Tension redressée

Voici l'analyse et l'interprétation des résultats observés :

- ✓ La forme d'onde ressemble à une sinusoïde, mais avec des distorsions visibles.

All parameters		MENU						
Voltage	Max	16.00V	Min	-1.40V	High	15.40V	Low	-1.00V
	Ampl	16.40V	Pk-Pk	17.40V	Middle	7.20V	Mean	9.20V
	CycMean	8.80V	RMS	10.80V	CycRMS	10.60V		

Tableau IV.8 Mesures de la tension redressée

D'après les résultats situés au tableau IV.8 :

- ✓ L'amplitude de la tension est de 16.4V indique la différence entre les niveaux hauts et bas typiques du signal.
- ✓ La tension maximale est de 16V et la tension minimale est de -1.4V, cela confirme une amplitude crête à crête (Pk-Pk) de 17.40V.
- ✓ La tension cyclique moyenne (CycMean) est de 8.8V.
- ✓ La valeur efficace (RMS) de la tension est de 10.8V.
- ✓ La tension cyclique efficace (CycRMS) est 10.60V.

#### IV.3.2.3 Tension filtrée :

La figure ci-après représente la tension filtrée par le condensateur :

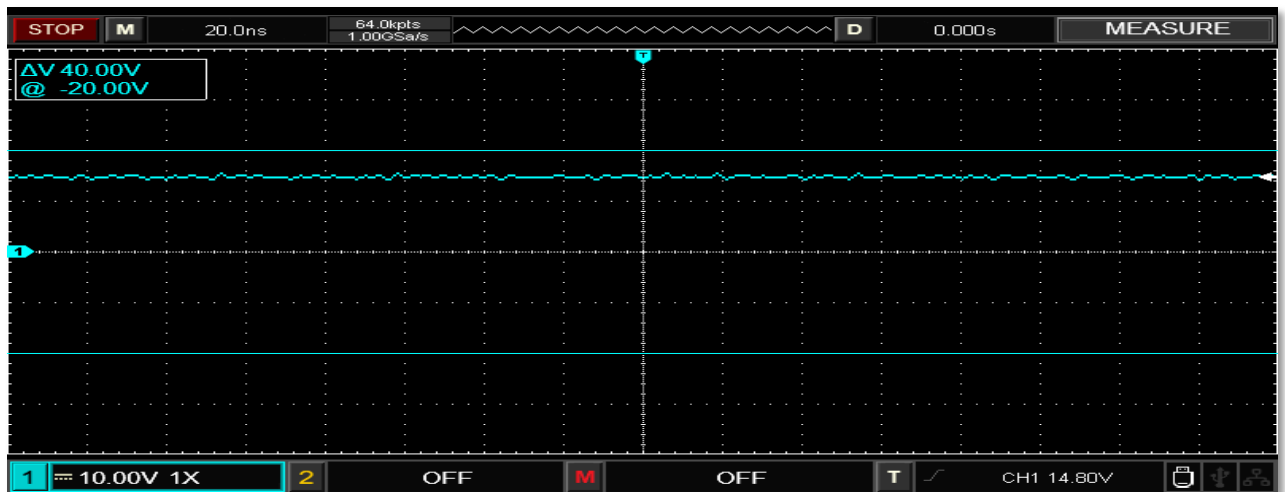


Figure IV.10 Tension filtrée

Les résultats de mesure par oscilloscope sont donnés sur le tableau IV.9 :

All parameters						MENU		
Voltage	Max	15.40V	Min	14.40V	High	15.00V	Low	14.60V
	Ampl	400.00mV	Pk-Pk	1.00V	Middle	14.80V	Mean	15.00V
	CycMean	--XX--	RMS	15.00V	CycRMS	--XX--		

Tableau IV.9 Mesures de la tension filtrée

D'après la figure IV.10 et le Tableau IV.9 :

- ✓ L'amplitude de la tension est de 400mV.
- ✓ La tension maximale est de 15.40 V et la tension minimale est de -14.40 V.
- ✓ La valeur efficace (RMS) de la tension est de 14 V.

#### IV.3.2.4 Tension stabilisée

Après l'ajoute à la tension de sortie une diode zener, on donne l'allure de la tension régulée sur la figure suivante :



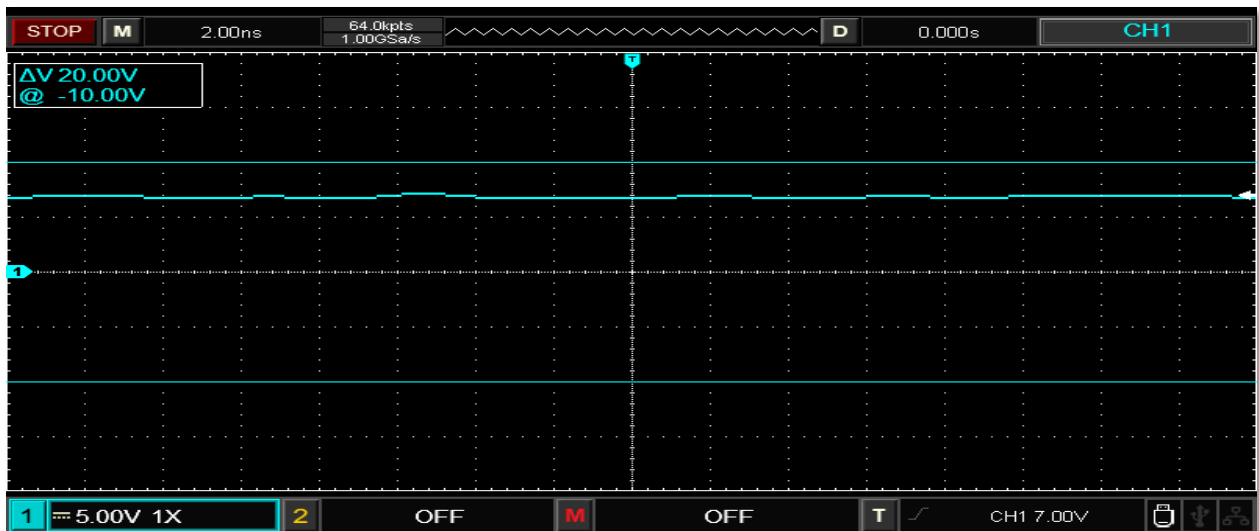


Figure IV.11 Tension stabilisée

Le tableau suivante représente les paramètres de la tension de sortie régulée par la diode zener :

All parameters				
Voltage	Max	7.20V	Min	6.80V
	Ampl	80.00mV	Pk-Pk	400.00mV
	CycMean	--XX--	RMS	6.96V
	High	6.96V	Low	6.88V
	Middle	6.88V	Mean	6.96V
	CycRMS	--XX--		

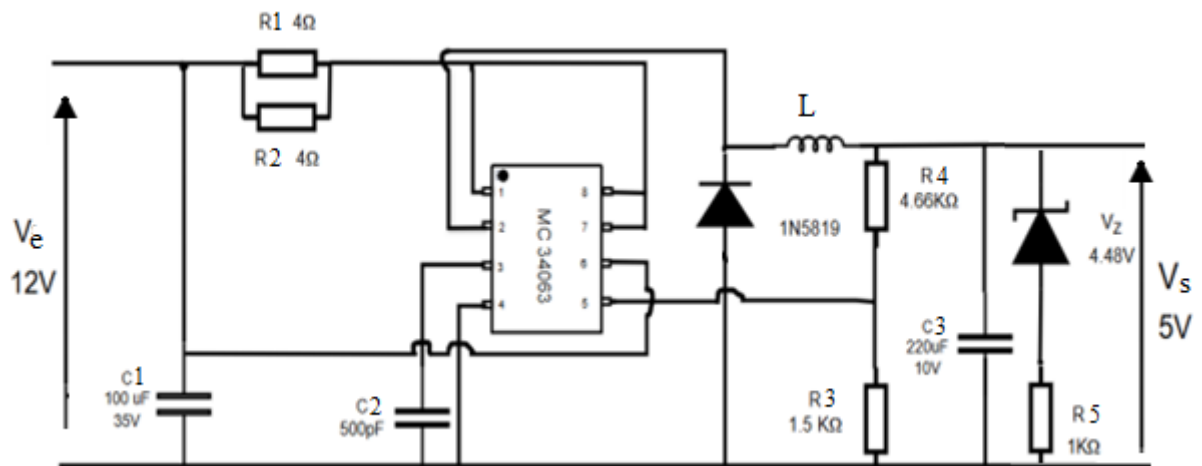
Tableau IV.10 Mesures de la tension stabilisée

D'après les mesures données au tableau IV.10 :

- ✓ L'amplitude de la tension est de 80.00mV.
- ✓ La tension maximale est de 7.20V et la tension minimale est de 6.80V.
- ✓ La valeur efficace (RMS) de la tension est de 6.96V.

### IV.3.3 Hacheur abaisseur (BUCK) avec MC34063

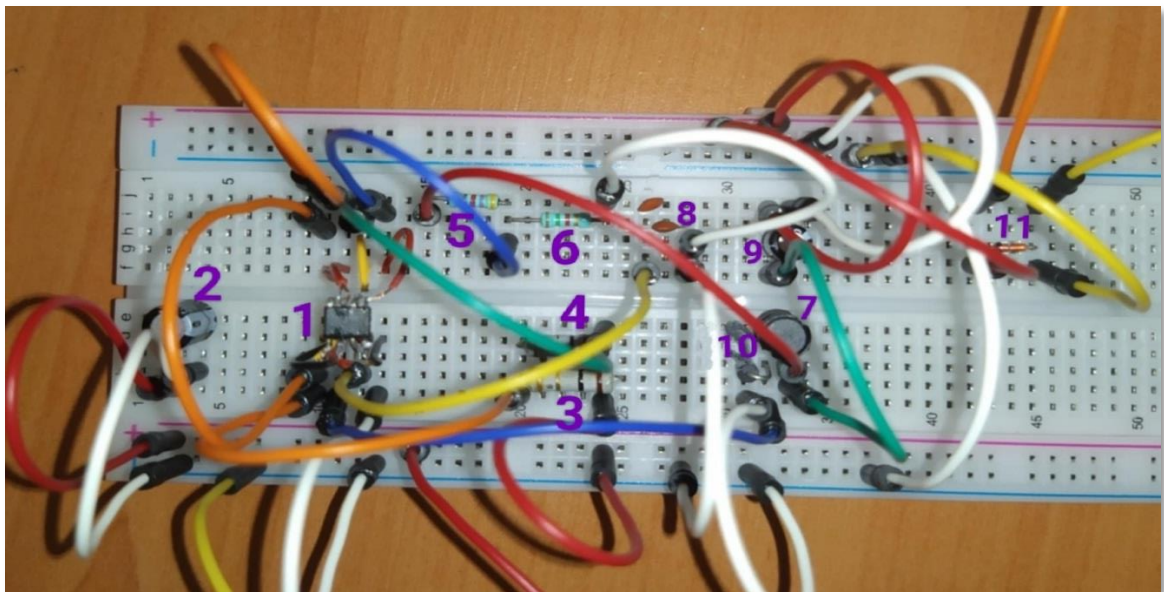
La figure IV.12 représente un schéma complet d'un hacheur abaisseur de tension (Buck) basé sur le circuit intégré MC34063, cette dernière s'accompagne toujours par la résistance équivalente ( $R1/R2$ ) puis les deux résistances  $R3$  et  $R4$ , aussi le condensateur  $C2$ , les deux condensateurs  $C1$  et  $C3$  sont utilisés pour le filtrage des tensions d'entrée et de sortie successivement, la diode zener réglé la tension de sortie souhaitée.



**Figure IV.12** Schéma d'un hacheur abaisseur (Buck) avec MC34063

### IV.3.3.2 Réalisation pratique

La figure ci-dessous représente le montage du hacheur abaisseur de tension (Buck) basé sur le circuit intégré MC34063.



**Figure IV.13** Réalisation pratique d'un hacheur BUCK

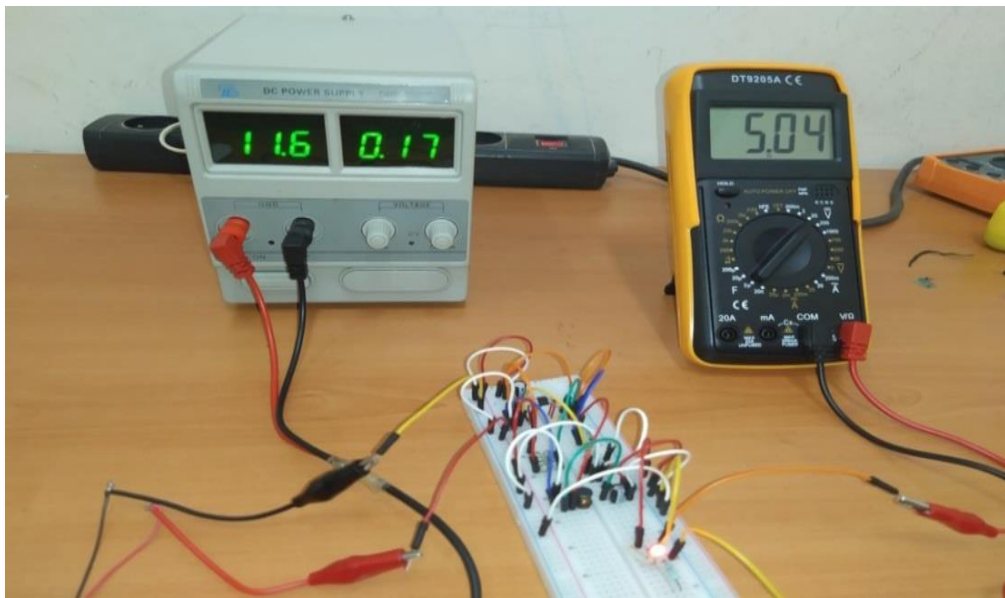
Les composants des circuits utilisés sont situés dans le tableau suivant :

1	Circuit intégré MC34063
2	Condensateur 100 $\mu$ F 35V
3	Résistance 4 $\Omega$
4	Résistance 4 $\Omega$
5	Résistance 4.66 k $\Omega$
6	Résistance 1.5 k $\Omega$
7	Inductance 220 $\mu$ H
8	Condensateur 500Pf
9	Condensateur 220 $\mu$ F 10V
10	Diode 1N5819
11	Diode zener 4.48V

**Tableau IV.11** Principeux composants de fonctionnement d'un hacheur BUCK

Après la réalisation du montage, ont obtenu les résultats suivants :

- ✓ L'alimentation montre une tension de 11.6V, légèrement inférieure aux 12V spécifiés au le schéma fonctionnelle (Figure IV.20) avec un courant de 170 mA.
- ✓ Le multimètre affiche une valeur de 5.04 V, ce qui est proche de la sortie attendue de 5 V.



**Figure IV.14** Résultats de réalisation d'un hacheur BUCK

Cela indique que le hacheur Buck fonctionne correctement et abaisse la tension comme prévu.

### IV.3.4 Hacheur élévateur (BOOST) avec MC34063

#### IV.3.4.1 Schéma fonctionnelle

La figure ci-dessus montre un hacheur BOOST par l'utilisation de circuit intégré MC34063.

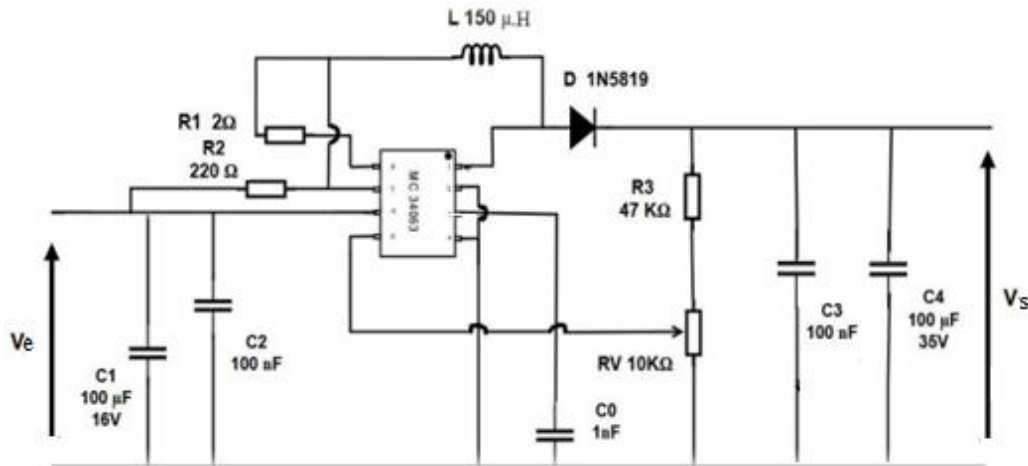


Figure IV.15 Schéma fonctionnelle d'un hacheur BOOST avec MC34063

#### IV.3.4.2 Réalisation pratique

La figure ci-dessous montre un hacheur élévateur de tension basé sur le circuit MC34036.

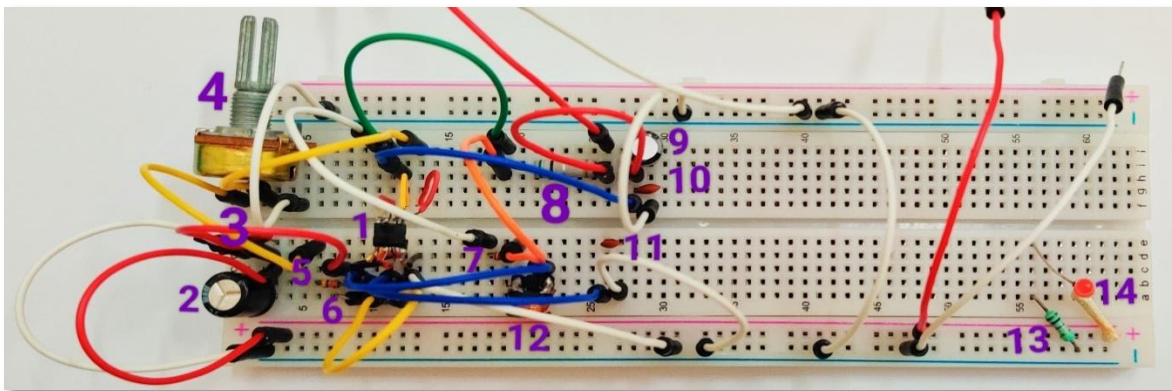


Figure IV.16 Réalisation pratique d'un hacheur BOOST

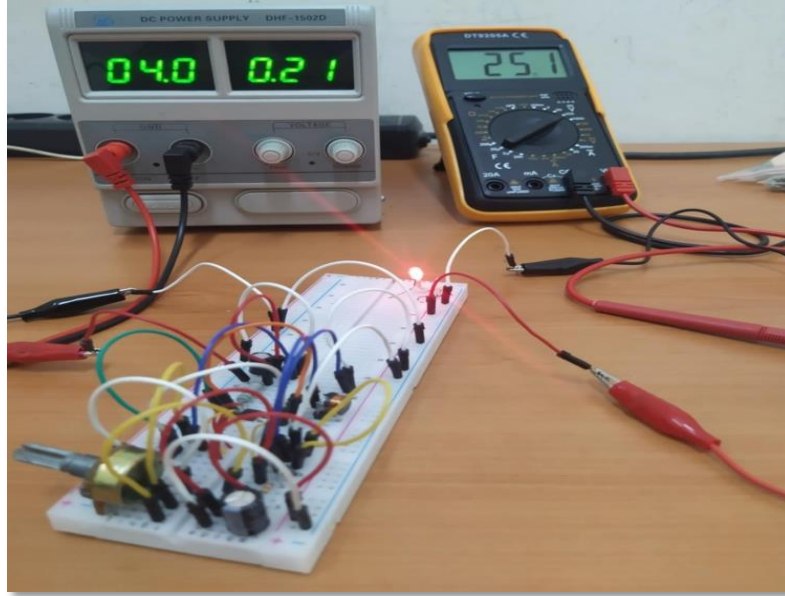
Les composants des circuits utilisés sont situés dans le tableau suivant :

1	Circuit MC34063	6	Diode 1N5819	11	Condensateur 100nf
2	Condensateur 100µF 16V	7	Résistance 220 Ω	12	Inductance 150µH
3	Condensateur 100 nF	8	Résistance 2 Ω	13	Résistance 2Ω
4	Potentiomètre 10 kΩ	9	Condensateur 100µF 35V	14	LED (Rouge)
5	Résistance 47 kΩ	10	Condensateur 100nf		

Tableau IV.12 Principaux composants de fonctionnement d'un hacheur BOOST

Après la réalisation du montage, ont obtenu les résultats suivants :

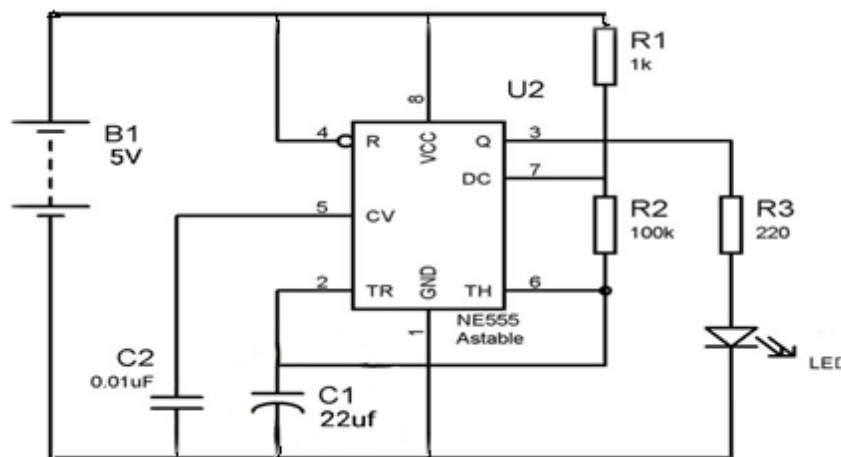
- ✓ L'alimentation DC est réglée à 4.0 V, fournissant 0.21 A au circuit.
- ✓ Le multimètre affiche une tension de sortie de 25.1 V



**Figure IV.17** Résultats de réalisation d'un hacheur BOOST

#### IV.3.5 Circuit intégrée NE555

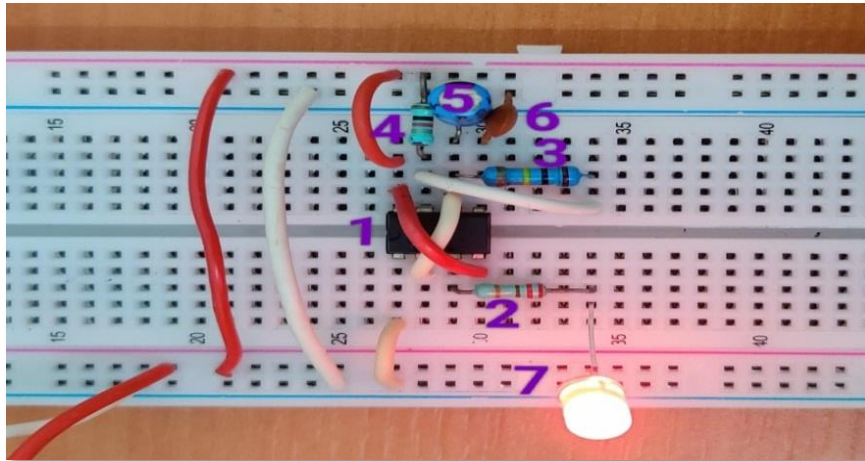
La figure IV.18 représente un schéma complet d'un hacheur abaisseur de tension (Buck) basé sur le circuit intégré NE555, cette dernière s'accompagne toujours par les deux résistances R1, R2 et le condensateur C1, le condensateur C1 se charge à travers les deux résistances puis se décharge à travers la résistance R2, la tension de sortie était le pin numéro trois qui alimente la charge (R3 en série avec un LED).



**Figure IV.18** Schéma fonctionnelle d'un circuit intégré NE555

### IV.3.5.1 Réalisation pratique

La figure IV.19 montre le montage réalisé d'un hacheur abaisseur de tension, le circuit intégré NE555 est attaché toujours par le condensateur (5) qui se charge et se décharge à travers les deux résistances (3) et (4) dans le mode astable, la capacité en céramique (6), qui attaché au pin 5 de circuit intégré, peut être omise.



**Figure IV.19** Réalisation pratique d'un circuit intégrée NE555

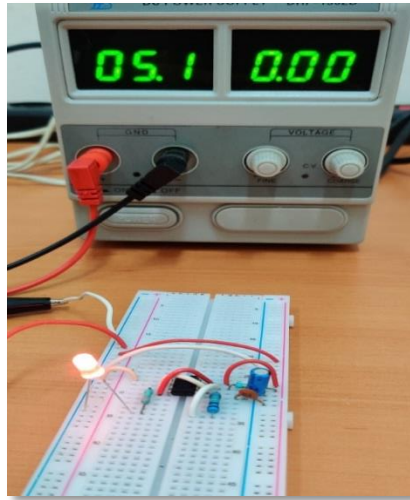
Les types des éléments constitutifs de montage et ses valeurs sont donnés au tableau IV.13 :

1	Circuit intégrée NE555	5	Condensateur 22 $\mu$ F
2	Résistance 220 $\Omega$	6	Condensateur 0.01 $\mu$ F
3	Résistance 100 k $\Omega$	7	LED (Rouge)
4	Résistance 1 k $\Omega$		

**Tableau IV.13** Principeux composants de fonctionnement d'un circuit intégrée NE555

### IV.3.5.2 Résultats de la Réalisation

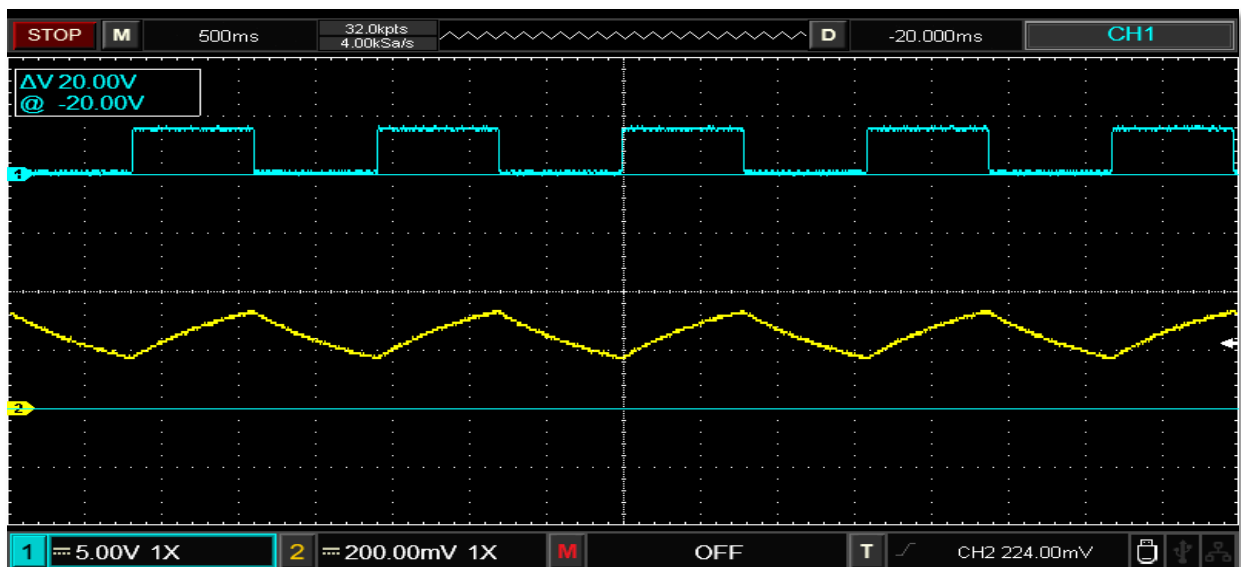
Après la réalisation de montage, ont obtenu les résultats suivants :



**Figure IV.20** Résultats de réalisation d'un circuit intégrée NE555

D'après le montage pratique du circuit NE555, la figure IV.20 montre des résultats suivants :

- La source d'alimentation affiche une tension de 5.1 V
- Le montage sur la plaquette montre que les composants (résistances, condensateurs, NE555) sont correctement connectés
- La LED est clignotée.



**Figure IV.21** Tension de sortie et tension du condensateur C1

La figure IV.21 montre les formes d'onde pour le circuit NE555 en mode astable :

**Sonde 1 :**

- La forme d'onde carrée, cette onde représente la sortie du NE555
- La tension oscille entre 0V et environ 5V
- Le NE555 fonctionne en mode astable avec une fréquence de sortie 628.66mHZ

- Les paramètres indiquent : la valeur minimale -200mV et Max 4.60V, amplitude 3.80V, période 1.59ms, la valeur efficace 2.80V et la fréquence 628.66mHZ

All parameters								
Voltage	Max	4.60V	Min	-200.00mV	High	4.00V	Low	200.00mV
	Ampl	3.80V	Pk-Pk	4.80V	Middle	2.00V	Mean	2.00V
	CycMean	2.00V	RMS	2.80V	CycRMS	2.80V		
	Period	1.59s	Freq	628.66mHz	Rise	250.00µs	Fall	250.00µs

Tableau IV.14 Mesures correspond à la tension de sortie.

Sonde 2 :

- La forme d'onde est triangulaire
- La trace jaune montre la charge et la décharge du condensateur C1
- Les paramètres indiquent : la valeur Min -200mV et Max 352mV, amplitude 104mV, période 1.59ms la valeur efficace 256mV et la fréquence 628.37mHZ

All parameters								
Voltage	Max	352.00mV	Min	168.00mV	High	320.00mV	Low	216.00mV
	Ampl	104.00mV	Pk-Pk	184.00mV	Middle	264.00mV	Mean	256.00mV
	CycMean	256.00mV	RMS	256.00mV	CycRMS	256.00mV		
	Period	1.59s	Freq	628.37mHz	Rise	298.50ms	Fall	290.75ms

Tableau IV.15 Mesures correspond à la tension aux bornes du condensateur C1

On passe dans ce qui suite aux régulateurs série de tension :

IV.3.6 Régulateurs de tension série à diode zener

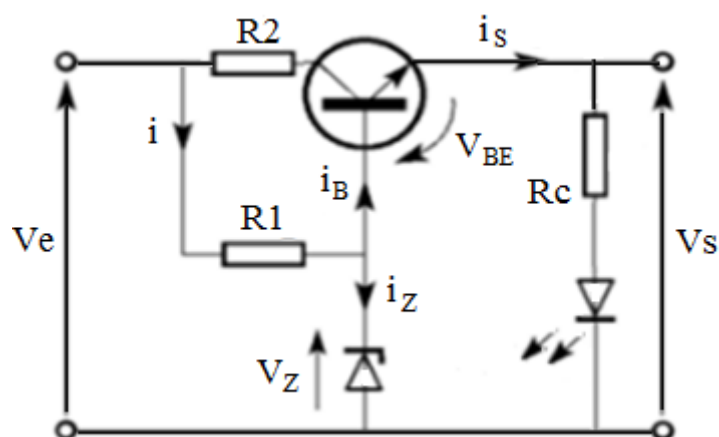


Figure IV.22 Régulateur de tension série à diode zener



La figure ci-dessus montre un régulateur série de tension à diode zener avec des principaux composants :

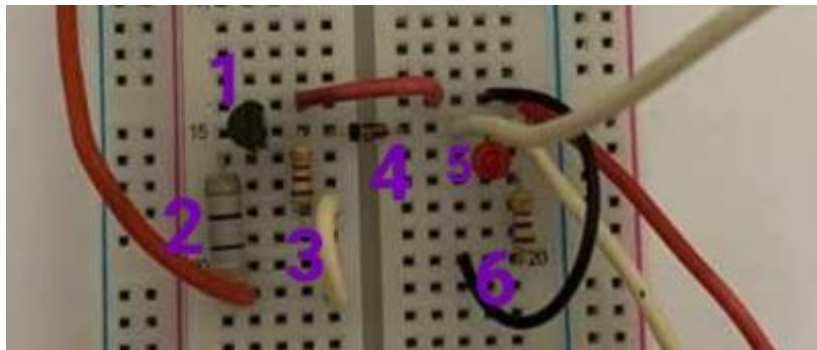
- ✓ Résistances :  $R_1 = 1\text{k}\Omega$ ,  $R_2 = 30\Omega$ ,  $R_c = 1\text{k}\Omega$
- ✓ Diode zener :  $V_z = 5.7\text{V}$
- ✓ Transistor : BC548 type NPN,  $\beta = 275$ ,  $V_{be} = 0.7\text{V}$

#### IV.3.6.1 Tension de sortie théorique

La tension de sortie est :  $V_s = V_z - V_{be} = 5.7 - 0.7 = 5\text{V}$

#### IV.3.6.2 Réalisation pratique

Le schéma de régulateur de la figure IV.22 a été réalisé en pratique, la figure IV.23 représente son montage pratique, il consiste à un transistor NPN qui le BC548C, la résistance (2) est mette pour limité le courant de collecteur, la résistance (3) est nécessaire pour protéger la diode zener (4), la charge étant un LED (5) en série avec une résistance (6), les deux sont met en parallèle de la tension de sortie faisant un indicateur de charge :



**Figure IV.23** Réalisation pratique d'un régulateur de tension série à diode zener

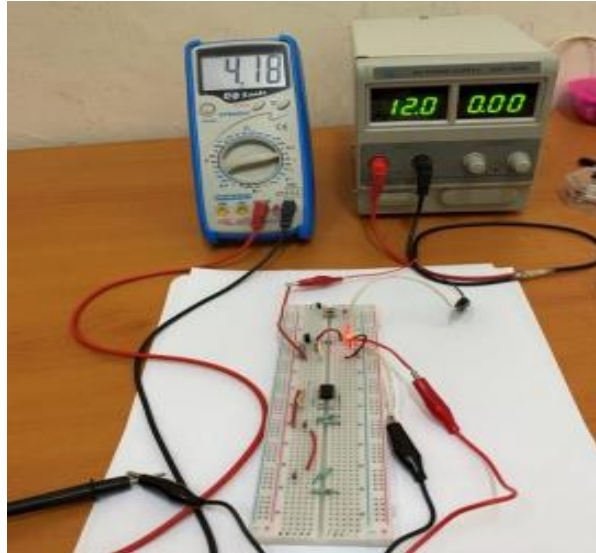
Les éléments de circuit électrique sont donnés au tableau suivant :

1	Transistor BC548	4	Diode zener de $V_z = 5.7\text{V}$
2	Résistance $30\Omega$	5	LED
3	Résistance $1\text{k}\Omega$	6	Résistance $1\text{k}\Omega$

**Tableau IV.16** Principeux composants d'un régulateur de tension série à diode zener

#### IV.3.6.4 Résultats de la réalisation

Les tensions d'entrée et de sortie sont celles dans la figure IV.24.



**Figure IV.24** Résultats de réalisation d'un régulateur de tension série à diode zener

Les valeurs des tensions d'entrée et de sortie sont :

- La tension d'entrée  $V_e = 12V$
- La tension mesurée à la sortie  $V_s = 4.18V$

Le tableau suivant, représente une comparaison entre les résultats de l'étude théorique, de simulation et de la pratique.

	Théorique	Simulation	Pratique
Tension de sortie	5V	4.9V	4.18V

**Tableau IV.17** Comparaison entre les différents résultats obtenus

- La simulation donne une tension de sortie proche à la tension de sortie calculée (théorique)
- La tension mesurée dans la partie pratique est 4.18V, suggérant des pertes réelles ou tolérances des composants.

### IV.3.7 Régulateurs de tension série à deux transistors

Le schéma d'un tel régulateur est illustré dans la figure IV.25, la tension de sortie est liée premièrement aux deux résistances  $R_a$  et  $R_b$  qui peuvent être ajustables, puis les tensions de zener et la tension  $V_{BE}$  de transistor attaché à diode zener.

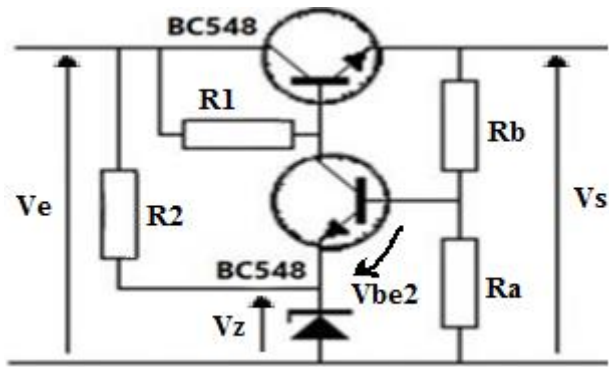


Figure IV.25 Régulateur de tension série à deux transistors

#### IV.3.7.1 Valeur théorique de la tension de sortie

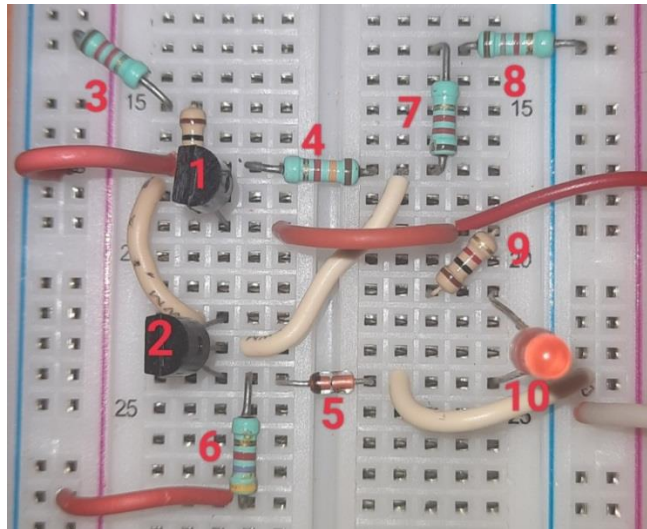
Il est facile de trouver l'expression de la tension de sortie à partir de diviseur de tension (Ra et Rb), après certain développement, on trouve :

$$V_s = \left( 1 + \left( \frac{R_b}{R_a} \right) \right) (V_z + V_{be})$$

D'où, la valeur théorique de la tension de sortie sera:  $V_s=5.74V$

#### IV.3.7.2 Réalisation pratique

Le schéma de régulateur à deux transistors de la figure IV.25 a été réalisé en pratique, le montage d'un tel régulateur est illustré dans la figure IV.26, la base de transistor (1) est connecté directement au collecteur de transistor (2), les résistances Ra qui est (4) et Rb qui est (7) en série avec (8) composent un diviseur de tension, ces deux résistances sont connectées au base de transistor (2), la diode zener (5) est connectée entre l'émetteur de transistor (2) et la masse, la tension de sortie est indiquée par un LED qui est (10) en série avec la résistance (9).



**Figure IV.26** Réalisation pratique d'un régulateur de tension série à deux transistors

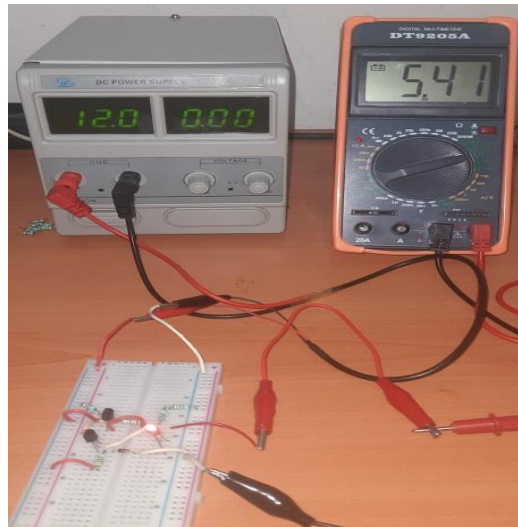
Les composants de circuit de montage de la figure ci-dessus sont indiqués sur le tableau IV.18 :

1	Transistor BC548	6	Résistance de $4.7k\Omega$
2	Transistor BC548	7	Résistance de $2k\Omega$
3	Résistance de $2.2k\Omega$ ( $1k\Omega + 1.2k\Omega$ )	8	Résistance de $1k\Omega$
4	Résistance de $1.2k\Omega$	9	Résistance de $1k\Omega$
5	Diode zener de 3.4v	10	LED (rouge)

**Tableau IV.18** Principeux composants d'un régulateur de tension série à deux transistors

#### IV.3.7.4 Résultats de la réalisation pratique

La figure suivante représente les valeurs des tensions d'entrée fournie par le générateur de tension continue et de sortie mesurée par un voltmètre, la tension mesurée à la sortie est  $V_s = 5.41V$



**Figure IV.27** Résultats de réalisation d'un régulateur de tension série à deux transistors

Le tableau suivant, représente les résultats de l'étude théorique, de simulations et de partie pratique.

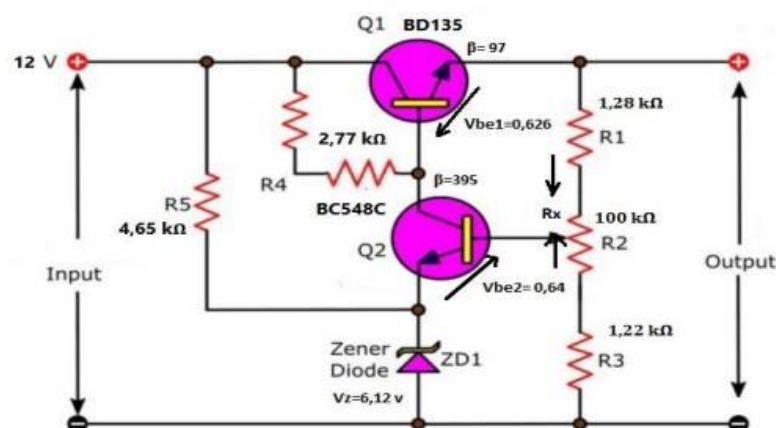
	Théorique	Simulation	Pratique
Tension de sortie	5.74V	5.75V	5.41V

**Tableau IV.19** Comparaison entre les trois résultats

- La simulation donne une tension de sortie proche à la tension de sortie calculée (théorique)
- La tension mesurée dans la partie pratique est 5.41V, suggérant des pertes réelles ou tolérances des composants.

### IV.3.8 Régulateur série avec de tension de sortie réglable

#### IV.3.8.1 Schéma de réalisation



**Figure IV.28** Régulateur de tension série avec potentiomètre (tension de sortie réglable)

#### IV.3.8.2 Expression théorique de la tension de sortie

$$V_{smin} = (V_z + V_{BE2}) \left( 1 + \frac{R_1 + R_x}{R_3 + R_2} \right)$$

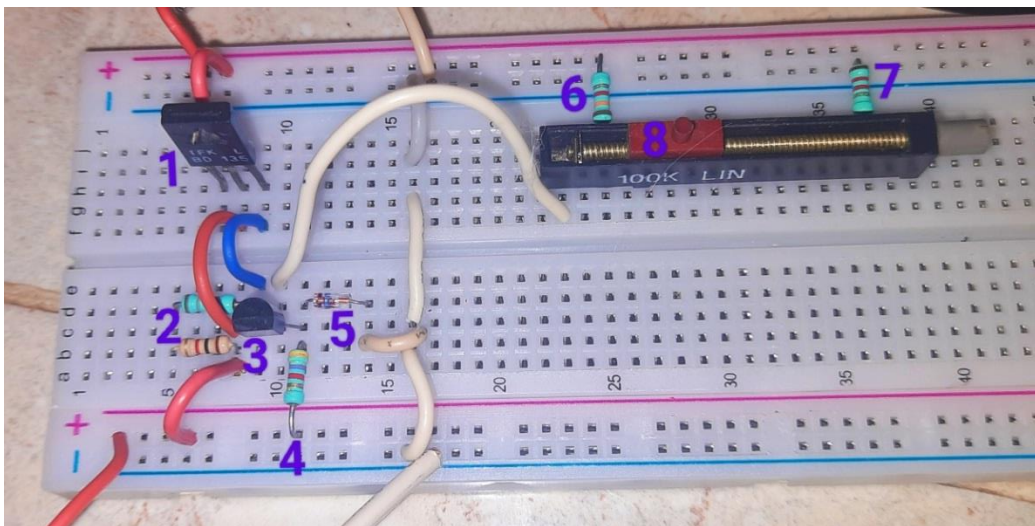
$$V_{smax} = (V_z + V_{BE2}) \left(1 + \frac{R_1 + R_2}{R_3}\right)$$

Les résultats théoriques sont :

- $V_{smin} = 6.87V$
- $V_{smax} = 567.95V$

### IV.3.8.3 Réalisation pratique

La figure IV.29 représente le montage pratique de régulateur série de tension, la tension de sortie de ce montage est peut ajustée par la résistance linéaire (8), cette dernière est posée dans les résistances constitutives de diviseur de tension, par la résistance (6) et (7), le broche ajustable de la résistance (8) est connecté au base de transistor (3). Dans ce montage, en remplace le transistor BC548C par celui de moyenne puissance qui est le BD135, il est indiqué sur l'image ci-dessous par (1), ce remplacement se fait afin que la charge support plus de courant.



**Figure IV.29** Régulateur de tension série avec potentiomètre

On indique sur le tableau IV.20, les éléments de circuit de montage avec ses valeurs :

1	Transistor BC548C	5	Diode zener de 6.12V
2	Résistance de 2,77 k $\Omega$	6	Résistance de 1,28 k $\Omega$
3	Transistor BD135	7	Résistance de 1,22 k $\Omega$
4	Résistance de 4,65 k $\Omega$	8	Résistance variable de 100 k $\Omega$

**Tableau IV.20** Composants du régulateur de tension série avec potentiomètre

Après la réalisation du circuit avec la variation de potentiomètre en obtenu les résultats suivants :

- Pour  $R_x = 10k\Omega$



Figure IV.30 Résultats pour  $R_x = 10k\Omega$

La tension de sortie est :  $V_s = 7.48$  V

- Pour  $R_x = 30k\Omega$

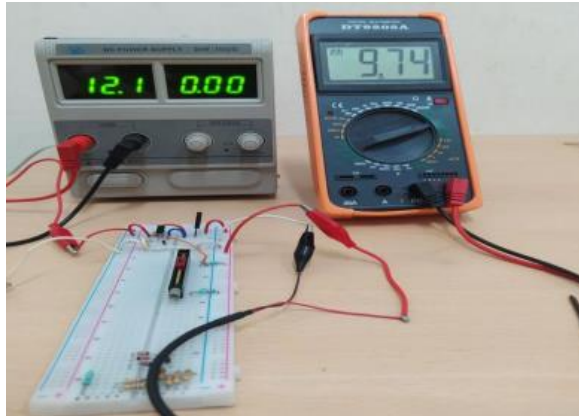


Figure IV.31 Résultats pour  $R_x = 30k\Omega$

La tension de sortie est:  $V_s = 9.74$  V

- Pour  $R_x = 50k\Omega$



Figure IV.32 Résultats pour  $R_x = 50k\Omega$

La tension de sortie est :  $V_s = 11.5$  V.

Le tableau suivant, représente les résultats de l'étude théorique, de simulations et de partie pratique.

$R_x$		$10k\Omega$	$30k\Omega$	$50k\Omega$
<b>Tension de sortie</b>	<b>Théorique</b>	7.63V	9.77V	13.58V
	<b>Simulation</b>	7.70V	9.81V	11.50V
	<b>Pratique</b>	7.48V	9.74V	11.50V

**Tableau IV.21** Comparaison entre tous les résultats obtenus

- $R_x = 10k\Omega$ 
  - La simulation donne une tension 7.70V proche à la tension calculée 7.63V.
  - La tension mesurée dans la partie pratique est 5.41V, suggérant des pertes réelles ou tolérances des composants.
- $R_x = 30k\Omega$ 
  - La simulation donne une tension 9.81V proche à la tension calculé 9.77V et à la tension mesurée 9.74V
- $R_x = 50k\Omega$ 
  - La simulation donne une tension 11.5V proche à la tension mesurée dans la partie pratique 11.5V.

#### IV.4 Conclusion

L'étude menée dans ce chapitre sur l'analyse des signaux produits par différents convertisseurs à l'aide d'un oscilloscope a permis de valider les concepts théoriques.

Les principales conclusions tirées de cette étude sont :

- L'utilisation de l'oscilloscope a confirmé la validité des modèles théoriques des convertisseurs analysés. Les formes d'ondes observées correspondaient aux prévisions théoriques.
- Ces convertisseurs ont montré une bonne stabilité de la tension de sortie en concordance avec les valeurs théoriques attendues, confirmant l'efficacité de la régulateur LM317T et de la diode Zener pour la régulation de la tension.
- Le hacheur Buck prouvant son efficacité dans l'abaissement de la tension et le hacheur Boost a réussi à élever la tension comme prévu.
- La réalisation et la conception des régulateurs série de tension est facile, elle ne nécessite que quelques composants n'ont pas coûteux.
- Le problème majeur des régulateurs est la chaleur qui influée sur la stabilisateur d'un ou des transistors utilisés.



# *Conclusion générale*

## **Conclusion générale**

Le travail traité dans ce mémoire porte sur la simulation et la réalisation des convertisseurs d'énergie alternative et continue en énergie continue.

Le premier chapitre a été consacré aux généralités sur les composants électroniques, où nous avons présenté leur classification ainsi que l'analyse du fonctionnement de chaque composant. Cette étude nous a aidés à comprendre le fonctionnement et le rôle de ces composants dans les circuits électrique.

Le deuxième chapitre est dédié à l'étude théorique l'analyse du principe de fonctionnement des convertisseurs d'énergie alternatif-continu AC-DC et continu-continu DC-DC en se basant sur les schémas de montages et les formes d'ondes de tension et de courant.

Le troisième chapitre a été consacré à la simulation et à l'analyse des ondes produites par différents convertisseurs ainsi que les résultats de simulation obtenus par le logiciel Proteus.

Dans le dernier chapitre nous avons traité par la réalisation pratique des convertisseurs AC-DC et DC-DC déjà simulée dans le chapitre précédent, et on a présenté les résultats expérimentaux issus des essais effectués sur notre convertisseur, et afin d'approuver la conformité des caractéristiques de ce derniers avec celles obtenus par la simulation.

Tous les convertisseurs d'énergie alternatif-continu AC-DC et continu-continu DC-DC on des avantages et des inconvénients, les convertisseurs AC-DC basés sur le transformateur ont des pertes fer sous forme de chaleur, les convertisseurs AC-DC basés sur les capacités ont l'inconvénient major qui le risque de court-circuit entre la tension d'entrée alternative et de sortie continue.

Une étude précieuse des deux convertisseurs AC-DC et DC-DC, permet de réaliser des circuits pour l'alimentation à découpage (SMPS).

Les hacheurs quelle que soit son type, possède beaucoup de composantes électroniques nécessaires pour produire le rapport cyclique, l'inconvénient major est le courant de sortie qui est faible, il est préférable d'ajouter un amplificateur de courant à la sortie pour augmenter l'intensité de courant, par exemple pour le bonne fonctionnement d'un moteur à courant continu (MCC).

Les régulateurs de tension possèdent moins de composantes électriques et à faible coût, son inconvénient major est la chaleur, le gain de tension  $\beta$  des transistors se varié selon la température de milieu qui influé proportionnel sur la tension  $V_{be}$  de transistor, qui rentre le transistor dans la zone de saturation, cela influe directement sur le bonne fonctionnement de régulateur.

Ils existent autre circuits intégrés utilisés comme des hacheurs, comme les circuits XL1509, SP85063M,... qui fixe la tension de sortie avec précision élevé, parfois les circuits intégrés possèdent plusieurs circuits à l'intérieur, c.-à-d. plusieurs sorties régulés, comme le circuit NE556.

Il est possible d'augmenter ou d'ajuster la tension de sortie d'un régulateur série de tension, par l'ajoute d'une diode en série avec une diode zener, cela pour augmenter la tension de référence.

Il est possible de protéger la tension de sortie de régulateur série de tension à deux transistors, par l'ajoute de troisième transistor attaché entre les deux transistors, car le court-circuit entre les bornes de la charge devient une masse pour le troisième transistor.

On propose de remplacer la diode zener par le régulateur TL431, cela pour augmenter la précision de la tension à la base de transistor pour le régulateur de tension.

Pour améliorer le bon fonctionnement des convertisseurs, il faut faire des études approfondies sur les court-circuities, aussi pour protéger confortement les circuits intégrés contre les décharges brusques des capacités.

Il est possible de combiner les convertisseurs AC-DC avec les régulateurs de tension et les hacheurs, cela pour augmenter la précision de la tension de sortie continue à travers le hacheur puis le régulateur et vice-versa.

# *Bibliographie*

## Références

- [1] **Lakhdar Toumi Abdellah & Badaoui Yacine**, Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master académique, " Etude et conception d'un convertisseur DC-DC Boost ", 2017-2018, Université Ibn Khaldoun de Tiaret
- [2] **G. Séguier, F. Labrique, P. Delarue**, « Electronique de puissance, structures, commandes, applications », Dunod, 2015
- [3] **Pierre Mayé**, " Aide-Mémoire Composants électroniques", édition 4, Dunod, 2007.
- [4] **KONE Siriky Y**, « Electronique des Composants », 2017
- [5] **FRANCISCO CAMACHO**, « Le condensateur dans tous ses schéma », 2014
- [6] **Pierre Mayé**, « Les Alimentation Electroniques, Alimentation linéaires et découpage, Piles et Accumulateurs, Récolte D'énergie », édition 3, Dunod, 2018.
- [7] **Tony Archambeau**, 2006, <http://www.elektronique.fr/cours/composant-diode.php>
- [8] Web site de société FARNELL <https://fr.farnell.com/capacitor-types-and-performance>
- [9] **DAVID CORY & MANOS CHANIOTAKIS**, « Introduction to Electronics, Signals, and Measurement », 2006
- [10] **GHEZRI Zineddine & HAICHA Mokhtar**, mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master En Electronique Spécialité Instrumentation électronique, Thème << Etude et réalisation d'une alimentation stabilisée de laboratoire 0-30V et 2mA-3A >> .Soutenu, le 13 / 06 / 2017 par Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen – Faculté de TECHNOLOGIE
- [11] **Philippe Letenneur**, « Les Alimentations Electriques », STS Granville, 2003-2004.
- [12] **Michel PINARD**, « Convertisseurs et électronique de puissance, commande, description, mis en œuvre », 2007 ;
- [13] **Robert L. Boylestad & Louis Nashelsky**, Electronic devices and circuit theory, edition 9, 2006,
- [14] Group ASPENCORE <https://www.electronics-tutorials.ws/blog/variable-voltage-power-supply.html>
- [15] **F.Chahinaz & Ch.Tahani**, « commande d'un convertisseur dc/dc par un micro controleur », mémoire de master, Université Larbi Tébessi – Tébessa, 2021

- [16] **H.Sahraoui**, « modélisation et commande des convertisseurs DC-DC utilisés dans les systèmes photovoltaïques (théorie et expérimentation) », thèse de doctorat, Université de Batna 2, 2016.
- [17] **CHOUIKHI Wassila Faiza**, « Réalisation d'une commande Buck-Boost pour PV », Mémoire de master, Département de Génie électrique et électronique (GEE), Faculté de technologie, Université AboubakrBelkaid –Tlemcen.
- [18] **S.Ghandour**, « conception de convertisseurs dc/dc à base de mems », thèse de doctorat, université de Grenoble, 2011.
- [19] **HUANG BIN Deaportee**, « Convertisseur continu- continu A rapport de transformation élevé pour application pile à combustible », Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine, Département de Génie électrique, Mai 2009.
- [20] web site de société TEXAS INSTRUMENTS <https://www.ti.com/product/NE555>
- [21] web site de société ONSEMI <https://www.onsemi.com/products/power-management/dc-dc-power-conversion/converters/MC34063A>.

## Résumé :

L'étude présentée dans ce mémoire concerne la modélisation, le contrôle et la conception des convertisseurs AC-DC et convertisseurs DC-DC. Le travail a été divisé en trois parties : dans la première appuyée sur l'étude théorique de fonctionnement de ces convertisseurs. Ensuite nous nous sommes appuyés sur l'étude théorique pour l'incarner et le simuler sur le programme PROTEUS. Enfin, nous faire des réalisations pratiques des redresseurs, hacheurs et régulateurs. L'objectif est de développer des expérimentations permettant de commander, contrôler et régulée la tension de sortie, et nous avons obtenu des résultats similaires pour l'étude théorique et la simulation.

**Mots clé :** convertisseurs AC-DC, convertisseurs DC-DC, PROTEUS, redresseurs, hacheurs, régulateurs.

## Abstract:

The study presented in this dissertation concerns the modeling, control and design of AC-DC converters and DC-DC converters. The work was divided into three parts: in the first based on the theoretical study of the operation of these converters. Then we relied on the theoretical study to embody and simulate it on the PROTEUS program. Finally, we make practical realizations of rectifiers, choppers and regulators. The objective is to develop experiments to command, control and regulate the output voltage, and we obtained similar results for the simulation, with high efficiency.

**Keywords:** AC-DC converters, DC-DC converters, PROTEUS program, rectifiers, choppers, regulators

## ملخص :

الدراسة المقدمة في هذه الأطروحة تتعلق بنمذجة ومراقبة وتصميم محولات متناوبة -مستمرة ومحولات مستمرة -مستمرة. وقد تم تقسيم العمل إلى ثلاثة أجزاء: الأول يعتمد على الدراسة النظرية لتشغيل هذه المحولات. ومن ثم اعتمدنا على الدراسة النظرية لتجسيدها ومحاكاتها على برنامج البروتوز. أخيراً، قمنا بإجراء تحقيقات عملية للمقومات والمروحيات والمنظمات. الهدف هو تطوير تجارب للتحكم في جهد الخرج والتحكم فيه وتنظيمه، وقد حصلنا على نتائج مماثلة للدراسة النظرية والمحاكاة بكفاءة عالية.

**الكلمات المفتاحية :** محولات متناوبة - مستمرة، ومحولات مستمرة - مستمرة، برنامج البروتوز، للمقومات، المروحيات المنظمات