



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de génie électrique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies
Électromécanique
Électromécanique

Réf. :

Présenté et soutenu par :
Bacha Marouane et Derradji Belloum Anes

Le : lundi 27 juin 2022

Étude et réalisation des convertisseurs DC-DC de type Boost et Buck

Jury :

Mr. Megherbi Ahmed Chaouki	M.C.A	Université de Biskra	Président
Mr. Amrani Ishaq	M.C.A	Université de Biskra	Encadreur
Mme. Guergazi Aicha	M.C.A	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2021/2022

Dédicace

Nous dédions ce modeste mémoire de Master :

À nos très chers parents pour leur soutien moral et

Financier et pour leurs encouragements

À toute nos familles : BACHA & DERRADJI BELLOUM

À nos sœurs et nos frères

À tous nos amis et collègues.

Remerciements

Avant tous, Nous remercions Allah de nous avoir donné le courage et la patience pour réaliser ce travail.

Nous tenons tout d'abord à remercier vivement nos encadreur de mémoire monsieur Amrani Ishaq, qui a manifesté sa disponibilité entière pour nous aider, nous orienter, aussi pour sa confiance et son compréhension qu'il nous a toujours prouvée.

Nos remerciements s'adressent également aux membres de jury, le professeur Megherbi Ahmed Chaouki et madame Guergazi Aicha pour leur présence et pour le temps qu'ils ont bien voulu consacrer pour l'évaluation de ce travail.

Nos vifs remerciements s'adressent également à tous les membres de nos familles notamment nos parents pour leur aide et pour leur soutien précieux.

Nous remercions tous nos collègues et toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin, directement ou indirectement à l'aboutissement de ce travail, nous les remercions tous.

Liste des tableaux

Tableau II.1 : Caractéristiques de diode "1N4007 HY"	25
Tableau II.2 : Caractéristiques de de transistor-Mosfet "IRF830N"	26

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1 : Principe de base d'un hacheur.....	3
Figure I.2 : Schéma de base d'un convertisseur Boost.	5
Figure I.3 : Formes d'ondes des courants et tensions du convertisseur Boost.	5
Figure I.4 : Circuit équivalent du Boost quand l'interrupteur est fermé	6
Figure I.5 : Circuit équivalent du Boost quand l'interrupteur est ouvert	6
Figure I.6 : Schéma de base d'un convertisseur Buck.	8
Figure I.7 : Formes d'ondes des courants et tensions du convertisseur Buck.	9
Figure I.8 : Circuit équivalent du Buck quand l'interrupteur est fermé.	9
Figure I.9 : Circuit équivalent du Buck quand l'interrupteur est ouvert.	10
Figure I.10 : Schéma de base d'un convertisseur Buck-Boost.	12
Figure I.11 : Formes d'ondes des courants et tensions du convertisseur Buck-Boost.....	12
Figure I.12 : Circuit équivalent du Buck-Boost quand l'interrupteur est fermé.....	12
Figure I.13 : Circuit équivalent du Buck-Boost quand l'interrupteur est ouvert.....	13
Figure I.14 : Schéma de base d'un convertisseur Cuk.....	15
Figure I.15 : Formes d'ondes des courants et tensions du convertisseur Cuk.....	15
Figure I.16 : Circuit équivalent du cuk quand l'interrupteur est fermé.....	15
Figure I.17 : Circuit équivalent du Cuk quand l'interrupteur est ouvert.....	16
Figure I.18 : Schéma de base d'un convertisseur Buck-Boost non inverseur.....	17

Chapitre II

Figure II.1 : Carte Arduino UNO.....	21
Figure II.2 : Utiliser MATLAB pour communiquer avec la carte Arduino.	21
Figure II.3 : La diode.....	24

Figure II.4 : Diagramme puissance-fréquence des composants.....	25
Figure II.5 : Symbole de transistor –MOSFET "IRF830N"	26
Figure II.6 : Schéma de base d'un convertisseur Boost.	27
Figure II.7 : Tensions et Courants du hacheur Boost.	28
Figure II.8 : Schéma de base d'un convertisseur Buck.....	29
Figure II.9 : Tensions et Courants du hacheur BUCK.....	30
Figure II.10 : Le montage du hacheur Boost.....	31
Figure II.11 : Tension de sortie du hacheur Boost.....	31
Figure II.12 : Le montage du hacheur Buck.....	32
Figure II.13 : Tension de sortie du hacheur Buck.....	32

Chapitre III

Figure III.1 : Correcteur PID.	36
Figure III.2 : Schéma d'un convertisseur Boost commandé par un régulateur PID. ...	37
Figure III.3 : Tension de sortie avec une source constante.	37
Figure III.4 : Schéma d'un convertisseur Boost commandé par un régulateur PID. ...	38
Figure III.5 : Tension de sortie avec perturbation de la source.	38
Figure III.6 : Plateforme de programmation ARDUINO.	39
Figure III.7 : Interface plateforme de programmation ARDUINO.	40
Figure III.8 : Barre de boutons Arduino.	40
Figure III.9 : Schéma d'un convertisseur Boost commandé par une carte Arduino. ...	42
Figure III.10 : Le montage du hacheur Boost	44
Figure III.11 : La tension de sortie (élevée) avec le signal de commande pour une tension d'entrée 5V.	44
Figure III.12 : La tension de sortie (élevée) avec le signal de commande pour une tension d'entrée 3V.....	45

Résumé

L'objectif de ce mémoire est basé essentiellement sur l'étude et réalisation d'un convertisseur DC-DC. L'objectif principal d'un convertisseur DC-DC est de maintenir une tension de sortie constante malgré les variations de tension d'entrée/source, de composants et de courant de charge.

Un simple contrôleur PID (proportionnel, intégral et dérivé) a été appliqué à un convertisseur Boost conventionnel et testé dans l'environnement MATLAB-Simulink pour une meilleure régulation de la tension. L'implémentation en boucle fermée proposée du convertisseur maintient une tension de sortie constante malgré les changements de tension d'entrée et réduit considérablement le dépassement, améliorant ainsi l'efficacité du convertisseur.

Mots clés : convertisseur DC-DC, convertisseur Boost, convertisseur Buck, régulateur PID, boucle fermée, Arduino.

ملخص

يستند الهدف من هذه المذكرة أساساً إلى دراسة نظرية وتطبيقية لمحول DC-DC ، الهدف الرئيسي لمحول DC-DC هو الحفاظ على جهد خرج ثابت على الرغم من الاختلافات في جهد الإدخال/المصدر والمكونات وتيار الحمل.

تم تطبيق متحكم من نوع PID (نسبية ومكاملة ومشتقة) على محول Boost التقليدي واختبارها في بيئة MATLAB-Simulink لتحقيق تنظيم محسن للجهد. يحافظ تنفيذ الحلقة المغلقة المقترحة للمحول على جهد إخراج ثابت على الرغم من التغيرات في جهد الإدخال ويقال بشكل كبير من التجاوز وبالتالي تحسين كفاءة المحول.

الكلمات المفتاحية: محول DC-DC، محول Boost، محول Buck، متحكم PID، تغذية مرتدة، حلقة مغلقة، أردوينو.

Abstract :

The objective of this manuscript is essentially based on the study and realization of a DC-DC converter. The main objective of a DC-DC converter is to maintain a constant output voltage despite variations in input/source voltage, components and load current.

A simple PID (Proportional, Integral and Derivative) controller has been applied to a conventional Boost converter and tested in MATLAB-Simulink environment achieving improved voltage regulation. The proposed closed loop implementation of the converter maintains constant output voltage despite changes in input voltage and significantly reduces overshoot thereby improving the efficiency of the converter.

Keywords: DC-DC converter, Boost converter, Buck converter, PID controller, Feedback, closed loop, Arduino.

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Les convertisseurs DC-DC	
1. Introduction.....	3
2. Les convertisseurs DC-DC (Hacheurs).....	3
3. Modes de fonctionnement du convertisseur statique	4
3.1. Modes de conduction continue (MCC).....	4
3.2. Modes de conduction discontinu (MCD).....	4
4. Les différents types des hacheurs	4
4.1. Convertisseur Boost	4
4.1.1. Principe de fonctionnement.....	4
4.1.2. Applications	7
4.2. Convertisseur Buck	8
4.2.1. Principe de fonctionnement.....	8
4.2.2. Applications	11
4.3. Convertisseur Buck-Boost	11
4.3.1. Principe de fonctionnement.....	11
4.3.2. Applications	14
4.4. Convertisseur Cuk	14
4.4.1. Principe de fonctionnement.....	14
4.4.2. Applications	16
4.5. Convertisseur Buck-Boost non inverseur	16
4.5.1. Principe de fonctionnement.....	17
4.5.2. Applications	17

5. Conclusion	18
Chapitre II : Simulation et réalisation	
1. Introduction	20
2. La carte Arduino UNO	20
3. MATLAB Arduino	21
4. Dimensionnement du hacheur	22
4.1 Dimensionnement du hacheur Boost	22
4.1.1 Cahier de charges	22
4.1.2. Détermination de la valeur d'inductance L	22
4.1.3. Détermination de la valeur de capacité C	23
4.2. Dimensionnement du hacheur Buck	23
4.2.1 Cahier de charges	23
4.2.2. Détermination de la valeur d'inductance L	23
4.2.3. Détermination de la valeur de capacité C	23
5. Cellule de commutation	24
6. Simulation sous Matlab/Simulink	27
6.1. Hacheur Boost	27
6.1.1. Schéma bloc	27
6.1.2. Résultats de simulation	27
6.2. Hacheur Buck	29
6.2.1. Schéma bloc	29
6.2.2. Résultats de simulation	29
7. Réalisation pratique	30
8. Conclusion	33

Chapitre III : Commande en boucle fermée

1. Introduction.....	35
2. Commande d'un hacheur Boost par un régulateur PID	35
2.1. Régulation PID	35
2.2. Principe général d'un régulateur PID	35
2.3. Simulation et résultats de simulation	36
2.3.1. Avec une source de tension constante	36
2.3.2. Avec une source de tension variable	37
3. Commande d'un hacheur Boost par une carte Arduino	39
3.1. Plateforme de programmation Arduino	39
3.2. Structure d'un programme	40
3.3. Réalisation pratique	41
4. Conclusion.....	45
Conclusion générale.....	47

Bibliographie

Introduction générale

Introduction générale

La révolution électronique dans le monde a conduit à l'émergence d'appareils électroniques, ces appareils ont besoin d'énergie électrique pour fonctionner, ce qui a conduit à la découverte du convertisseur, et en fournissant ce convertisseur le courant est disponible, ce qui donne à son tour une puissance de sortie.

Les convertisseurs DC/DC sont devenus des composants essentiels dans de nombreux domaines industriels au cours des dernières décennies grâce à leur rendement élevé ainsi qu'à leur poids et à leurs faibles coûts, ils ont été la meilleure alternative aux sources d'énergie traditionnelles.

Le convertisseur DC/DC convertit la tension directement de DC à DC.

Dans ce travail, on parle des hacheurs en général, et dans la conversation, on mentionne les applications et le principe de fonctionnement de chaque hacheur, et on se spécialise dans notre étude sur hacheur "Boost" et hacheur "Buck", où on étudie le dossier théorique pour chacun d'eux puis on met cette étude sous l'expérience entre le réel et la théorie où on compare les résultats réels avec les résultats théoriques puis juge de l'efficacité de ces deux hacheurs.

Afin de stabiliser la tension de sortie, quelle que soit la variation de la tension d'entrée, on utilise la commande en boucle fermée.

Notre mémoire est organisé comme suit:

Le premier chapitre : Présente une synthèse bibliographique sur les convertisseurs précisément, ce chapitre a concentré l'étude sur les hacheurs.

Le deuxième chapitre : Présente Une étude analytique est appliquée et a été présentée avec une discussion des résultats obtenus pour chacun hacheur "Boost" et "Buck".

Le troisième chapitre : Dans le dernier chapitre, une étude analytique est appliquée de deux types de commande en boucle fermée a été présentée sur un hacheur Boost.

Chapitre I

Les convertisseurs DC-DC

1. Introduction

Les convertisseurs de type DC-DC convertissent un niveau de tension électrique à un autre niveau par action de commutation. Ils sont populaires en raison de leurs petites tailles et l'efficacité par rapport aux régulateurs linéaires (diviseurs de tension). Les convertisseurs DC-DC ont un très grand domaine d'application. Ceux-ci sont largement utilisés dans les ordinateurs personnels, des périphériques informatiques et adaptateurs d'appareils électroniques pour fournir des tensions continues. [1]

La grande variété de topologie de circuits de convertisseurs varie entre une configuration à un interrupteur unique : abaisseur (Buck), élévateur (Boost) et abaisseur-élévateur (Buck-Boost) et des configurations complexes comportant deux ou quatre interrupteurs et qui emploient la commutation douce ou des techniques de résonance pour contrôler les pertes de commutation. [2]

2. Les convertisseurs DC-DC (Hacheurs)

Le hacheur est un convertisseur continue/continue permettant de convertir une énergie continue à un niveau donné de tension (ou de courant) en une énergie continue à un autre niveau de tension (ou de courant). Son utilisation s'avère nécessaire pour stocker l'énergie photovoltaïque dans des batteries, où pour alimenter une charge continue. Il se compose de condensateurs, d'inductance et de commutateurs. Dans le cas idéal, tous ces dispositifs ont un bon rendement, ils ne consomment aucune puissance active. [3]

Les hacheurs sont des convertisseurs continu qui procèdent par découpage d'une grandeur d'entrée continue, tension ou courant et dont la grandeur de sortie est également continue ou à faible ondulation. [3]

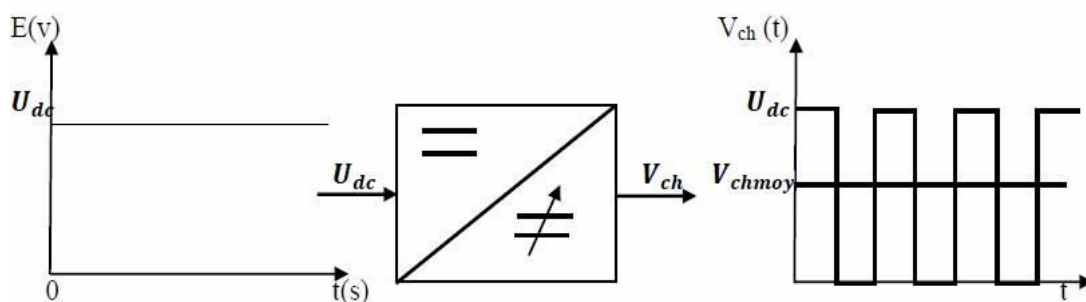


Figure I.1 : Principe de base d'un hacheur.

3. Modes de fonctionnement du convertisseur statique

Le convertisseur peut fonctionner suivant deux modes de fonctionnements dépendant de sa capacité de stockage d'énergie, de la période de commutation et de la charge. Ces deux modes sont :

3.1. Modes de conduction continue (MCC)

Dans ce cas, l'énergie emmagasinée dans l'inductance L est transférée partiellement. Le courant dans l'inductance ne s'annule pas sur une période de commutation.

3.2. Modes de conduction discontinu (MCD)

Dans ce cas, l'énergie emmagasinée dans l'inductance L est transférée totalement. Le courant dans l'inductance s'annule avant la fin d'une de commutation.

4. Les différents types des hacheurs

Il existe plusieurs types d'hacheurs, nous citons dans la partie suivante quelques types qui servent à notre étude.

4.1. Convertisseur Boost

Un convertisseur Boost, ou hacheur parallèle, est une alimentation à découpage qui convertit une tension continue en une autre tension continue de plus forte valeur. [4]

4.1.1. Principe de fonctionnement

Il est composé essentiellement d'un interrupteur K (exemple : transistor) et d'une diode D .

L'interrupteur K est commandé par un signal à modulation de largeur d'impulsion (MLI) de période de découpage fixe T_d et de rapport cyclique variable α .

Durant chaque période, K est fermé de l'instant 0 à αT_d et ouvert de αT_d à T_d .

Selon la présence et l'absence du courant dans l'inductance on peut répartir deux modes de fonctionnement, conduction discontinue ou conduction continue. On s'intéresse au second cas qui est le plus important.

La figure (I.2) présente le schéma de principe de ce convertisseur, et la figure (I.3) donne les intervalles de conduction de l'interrupteur et de la diode ainsi que les formes d'ondes des courants (à gauche) et tensions (à droite).

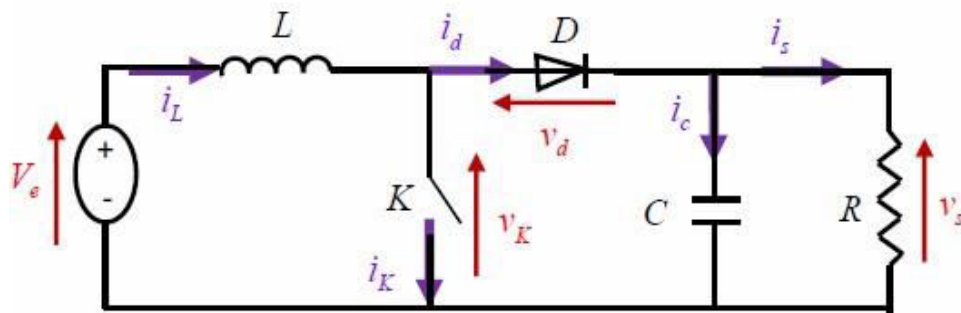


Figure I.2 : Schéma de base d'un convertisseur Boost.

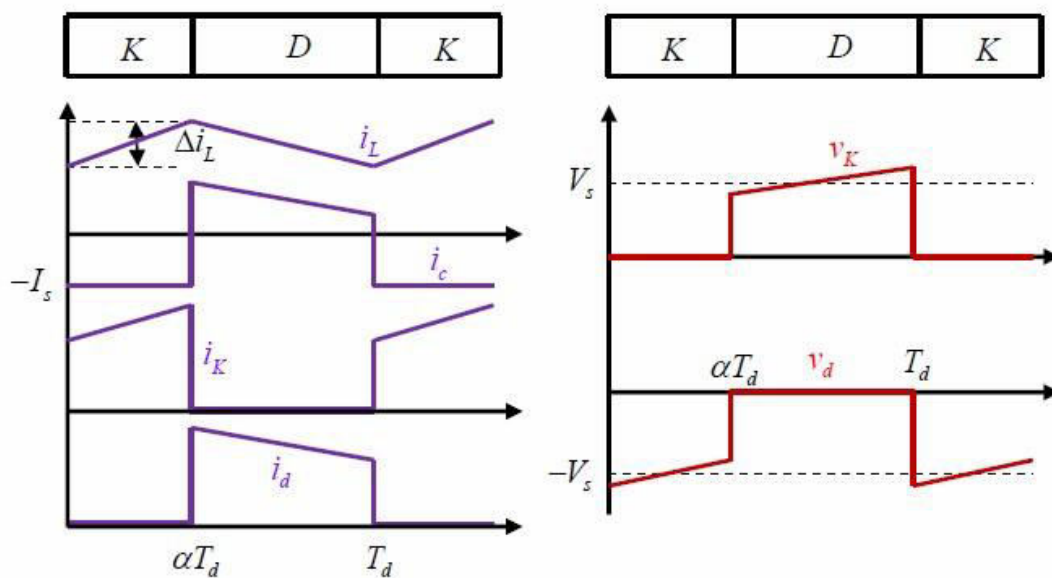


Figure I.3 : Formes d'ondes des courants et tensions du convertisseur Boost.

Lorsque K est fermée et D est ouvert durant l'intervalle $[0 \alpha T_d]$, le circuit électrique du convertisseur est présenté dans la figure (I.4) :

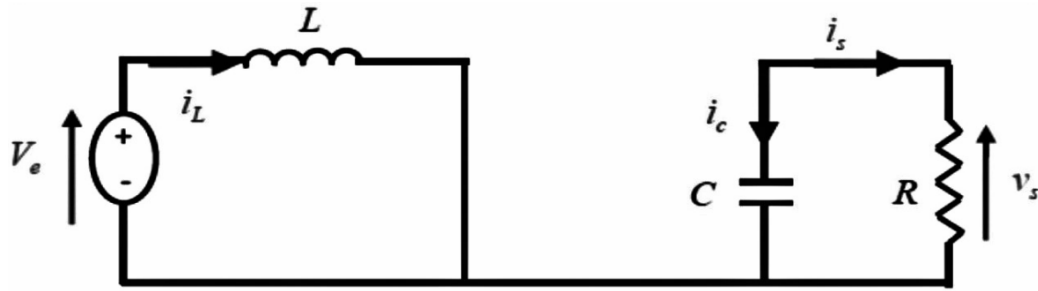


Figure I.4 : Circuit équivalent du Boost quand l'interrupteur est fermé.

$$V_e = L \frac{di_L}{dt} \quad (1.1)$$

$$i_L = I_{min} + \frac{V_e}{L} t \quad (1.2)$$

I_{min} représente la valeur minimale de courant dans l'inductance.

On a à l'instant $t = \alpha T_d$, le courant atteint sa valeur maximale dans l'inductance I_{max} suivant la formule I.3 :

$$I_{max} = I_{min} + \frac{V_e}{L} \alpha T_d \quad (1.3)$$

Lorsque K est ouvert et D est fermée durant l'intervalle $[\alpha T_d T_d]$, le circuit électrique devient alors, voire la figure I.5 :



Figure I.5 : Circuit équivalent du Boost quand l'interrupteur est ouvert.

On a les équations I.4 et I.5 comme suit :

$$L \frac{di_L}{dt} = V_e - V_s \quad (1.4)$$

$$i_L = I_{max} + \frac{V_e - V_s}{L} (t - \alpha T_d) \quad (1.5)$$

à l'instant $t = T_d$, le courant dans l'inductance revient à sa valeur minimale I_{min} :

$$I_{min} = I_{max} + \frac{V_e - V_s}{L} (1 - \alpha) T_d \quad (1.6)$$

Avec

$$\Delta i_L = I_{max} - I_{min} \quad (1.7)$$

Représente l'ondulation du courant dans l'inductance

Ceci dit, l'égalité des deux équations de l'ondulation de courant (I.3) et (I.6) donne la valeur moyenne de la tension de sortie V_s :

$$V_s = \frac{1}{1 - \alpha} V_e \quad (1.8)$$

D'après l'équation (I.7) on peut contrôler la valeur moyenne de la tension de sortie du convertisseur en faisant varier sa tension d'entrée ou son rapport cyclique. Celui-ci étant toujours compris entre 0 et 1, alors le montage fonctionne en élévateur de tension.

4.1.2. Applications

On utilise un convertisseur Boost quand on désire augmenter la tension disponible d'une source continue. Les dispositifs alimentés par batterie d'accumulateurs utilisent fréquemment plusieurs accumulateurs en série pour disposer d'un niveau de tension suffisamment élevé. La place disponible étant fréquemment limitée, il n'est pas forcément envisageable de disposer d'un nombre suffisant d'éléments. Un convertisseur Boost permet d'augmenter la tension apportée par les batteries et ainsi diminuer le nombre d'éléments nécessaires pour atteindre le niveau de tension désiré. Les véhicules hybrides mais aussi les dispositifs d'éclairage sont deux exemples typiques d'utilisation des convertisseurs Boost.

- Les convertisseurs Boost sont utilisés dans des applications de faible puissance comme les dispositifs d'éclairage portatifs. Une diode électroluminescente blanche nécessite une tension de 2,7 V à 3,6 V à peu près pour fonctionner, un convertisseur Boost permet d'augmenter la tension apportée par une pile de 1,5 V pour réaliser une lampe torche faible consommation.

- Les convertisseurs Boost peuvent aussi délivrer des tensions énormément plus élevées afin d'alimenter les tubes à cathode froide présents dans le rétro-éclairage des écrans à cristaux liquides ou les flash des appareils photo par exemple.
- Une automobile hybride comme la Toyota Prius utilise un moteur électrique, nécessitant une tension de 500 V. Sans convertisseur Boost, cette automobile devrait embarquer 417 éléments d'accumulateurs NiMH connectés en série pour alimenter ce moteur. Cependant, la Prius n'utilise que 168 éléments ainsi qu'un convertisseur boost pour passer la tension disponible de 202 à 500V. [4]

4.2. Convertisseur Buck

Un convertisseur Buck, ou hacheur série, est une alimentation à découpage qui convertit une tension continue en une autre tension continue de plus faible valeur. [2]

4.2.1. Principe de fonctionnement

On procède de la même manière dans l'étude du convertisseur Buck. La figure (I.6) illustre le principe de fonctionnement de ce convertisseur. Ainsi, la figure (I.6) donne les intervalles de conduction de l'interrupteur et de la diode ainsi que les formes d'ondes des courants (à gauche) et tensions (à droite).

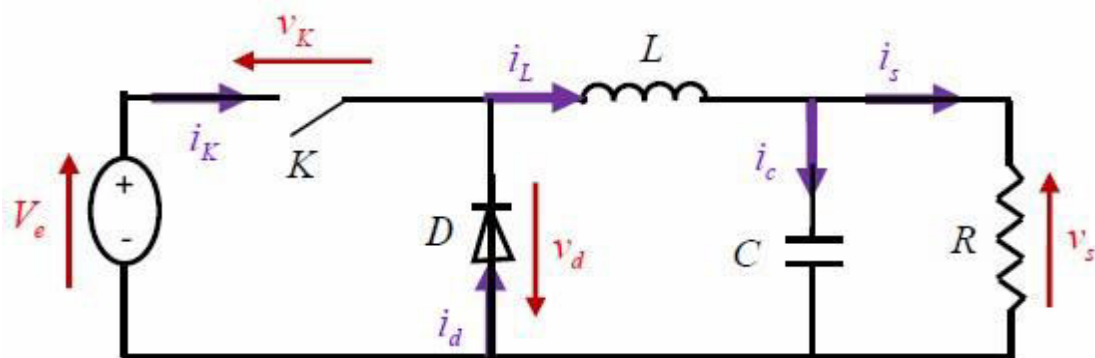


Figure I.6 : Schéma de base d'un convertisseur Buck.

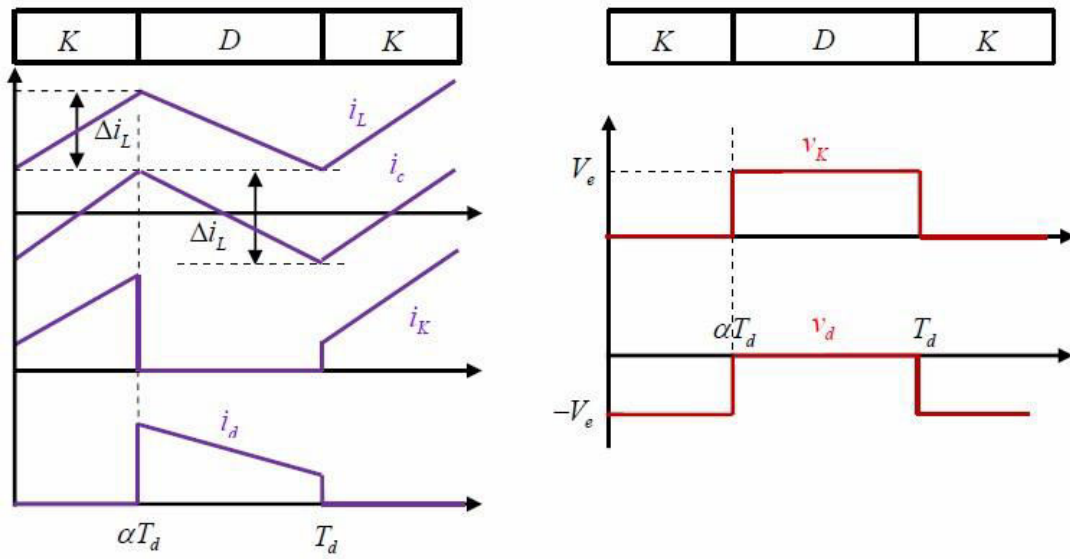


Figure I.7 : Formes d’ondes des courants et tensions du convertisseur Buck.

Lorsque K est fermée et D est ouvert durant l’intervalle $[0 \alpha T_d]$, le circuit électrique du convertisseur est présenté dans la figure (I.8) :

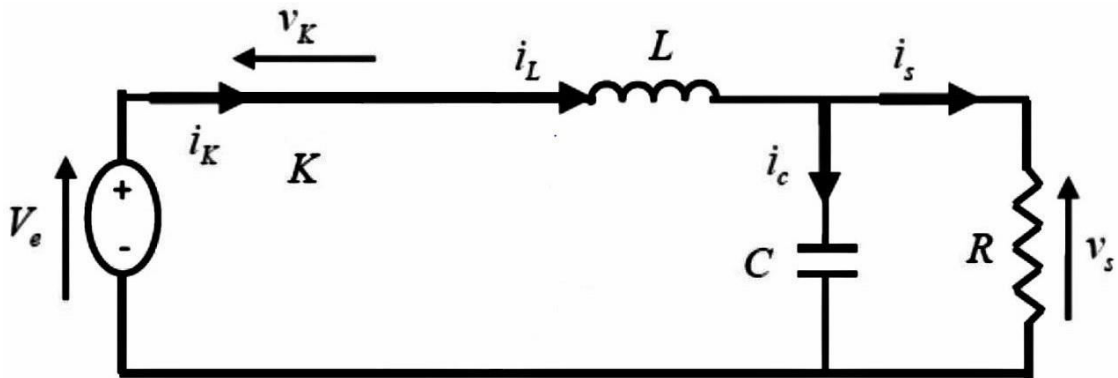


Figure I.8 : Circuit équivalent du Buck quand l’interrupteur est fermé.

On présente les équations I.8 et I.9 comme suit :

$$V_e = L \frac{di_L}{dt} + V_s \tag{1.9}$$

$$i_L = I_{min} + \frac{V_e - V_s}{L} t \tag{1.10}$$

À l’instant $t = \alpha T_d$, le courant atteint sa valeur maximale dans l’inductance I_{max}

$$I_{max} = I_{min} + \frac{V_e - V_s}{L} \alpha T_d \tag{1.11}$$

Lorsque K est ouvert et D est fermée durant l'intervalle $[\alpha T_d, T_d]$, le circuit électrique devient alors, voir la figure I.9 :

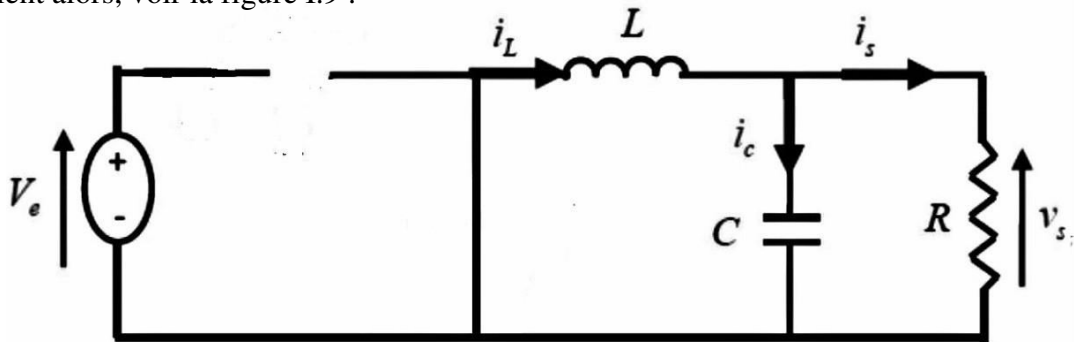


Figure I.9 : Circuit équivalent du Buck quand l'interrupteur est ouvert.

$$L \frac{di_L}{dt} = -V_s \quad (1.12)$$

$$i_L = I_{max} - \frac{V_s}{L} (1 - \alpha T_d) \quad (1.13)$$

à l'instant $t = T_d$, le courant dans l'inductance revient à sa valeur minimale I_{min} exprimé comme suit :

$$I_{min} = I_{max} - \frac{V_s}{L} (1 - \alpha) T_d \quad (1.14)$$

Avec

$$\Delta i_L = I_{max} - I_{min} \quad (1.15)$$

représente l'ondulation du courant dans l'inductance

L'égalité des deux équations de l'ondulation de courant (I.9) et (I.13) donne la valeur moyenne de la tension de sortie V_s :

$$V_s = \alpha V_e \quad (1.16)$$

En appliquant le principe de conservation de puissance entre l'entrée et la sortie du convertisseur, on peut établir la valeur moyenne du courant dans l'inductance :

$$i_L = i_s \quad (1.17)$$

Donc le convertisseur est abaisseur en tension.

4.2.2. Applications

Ce type de convertisseur est utilisé pour des applications que l'on peut classer en deux catégories

- Les applications visant à obtenir une tension continue fixe (et parfois régulée) à partir d'un générateur de tension continue supérieure.
- Conversion des 12-24V fournis par une batterie d'ordinateur portable vers les quelques Volts nécessaires au processeur.
- Conversion de la tension du secteur redressée en continu fixe.
- Les applications permettant d'obtenir une tension réglable mais toujours inférieure à celle présente à l'entrée.
- Variateur de tension continue.

Pour ces deux catégories d'application, on souhaite également que l'impédance interne du système ainsi créée soit faible - du même ordre de grandeur que celle du générateur qui alimente le dispositif - ce qui interdit l'usage d'un diviseur de tension dissipant sous forme de chaleur l'excès de tension et possédant un faible rendement ce qui est rédhibitoire pour les applications d'électronique de puissance.

4.3. Convertisseur Buck-Boost

Un convertisseur Buck-Boost contient une alimentation à découpage qui convertit une tension continue en une autre tension continue de plus faible ou plus grande valeur mais de polarité inverse. [2]

4.3.1. Principe de fonctionnement

La figure (I.10) présente le principe de fonctionnement de ce convertisseur, et la figure (I.11) illustre les intervalles de conduction de l'interrupteur et de la diode ainsi que les formes d'ondes des courants (à gauche) et des tensions (à droite).

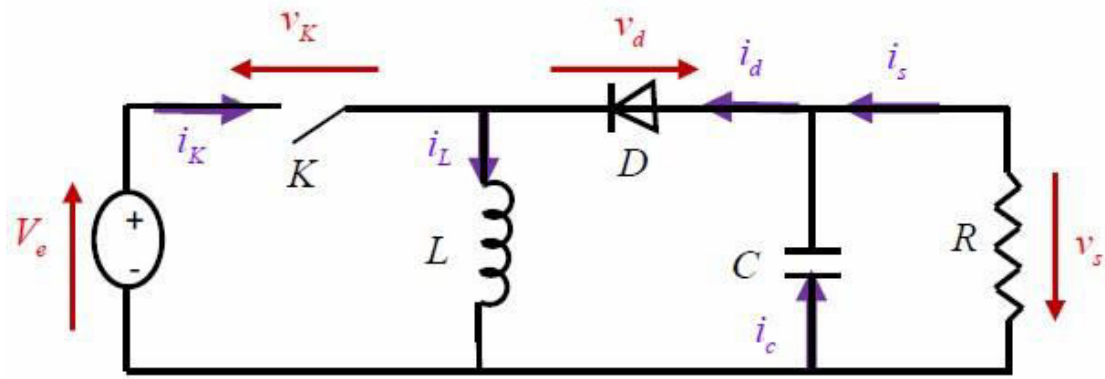


Figure I.10 : Schéma de base d'un convertisseur Buck-Boost.

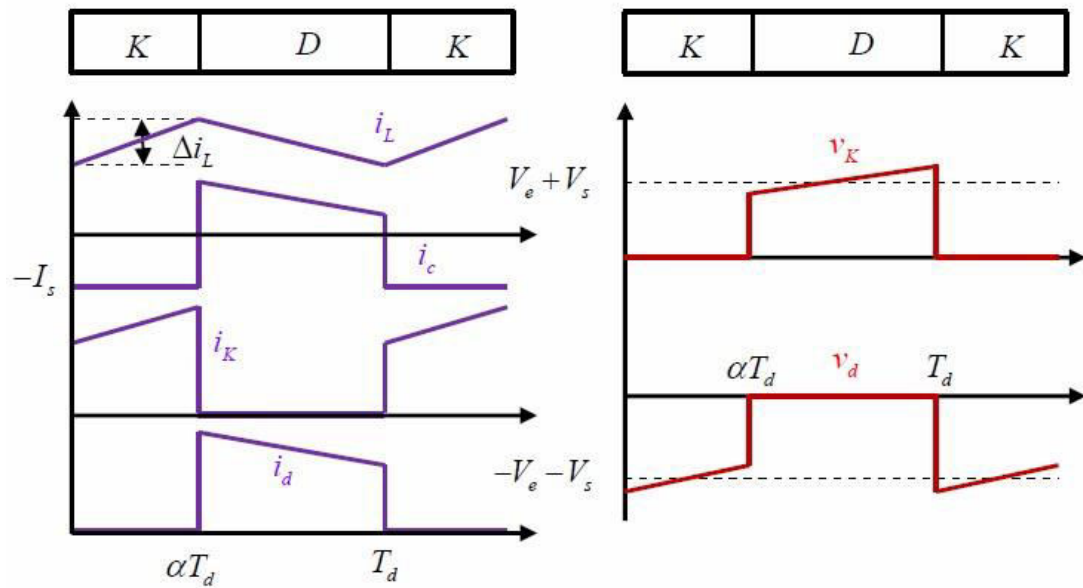


Figure I.11: Formes d'ondes des courants et tensions du convertisseur Buck-Boost

Lorsque K est fermée et D est ouvert durant l'intervalle $[0 \alpha T_d]$, le circuit électrique du convertisseur sera comme montré dans la figure (I.12) :

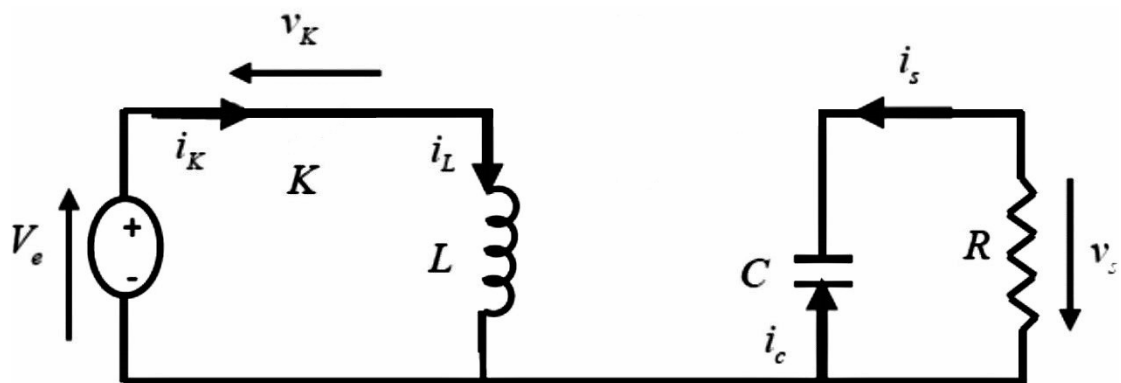


Figure I.12 : Circuit équivalent du Buck-Boost quand l'interrupteur est fermé.

On a les équations qui régissent le système comme suit :

$$V_e = L \frac{di_L}{dt} \quad (1.18)$$

$$i_L = I_{min} + \frac{V_e}{L} t \quad (1.19)$$

À l'instant $t = \alpha T_d$, le courant atteint sa valeur maximale dans l'inductance I_{max}

D'où :

$$I_{max} = I_{min} + \frac{V_e}{L} \alpha T_d \quad (1.20)$$

Lorsque K est ouvert et D est fermée durant l'intervalle $[\alpha T_d T_d]$, le circuit électrique devient (figure I.13) :

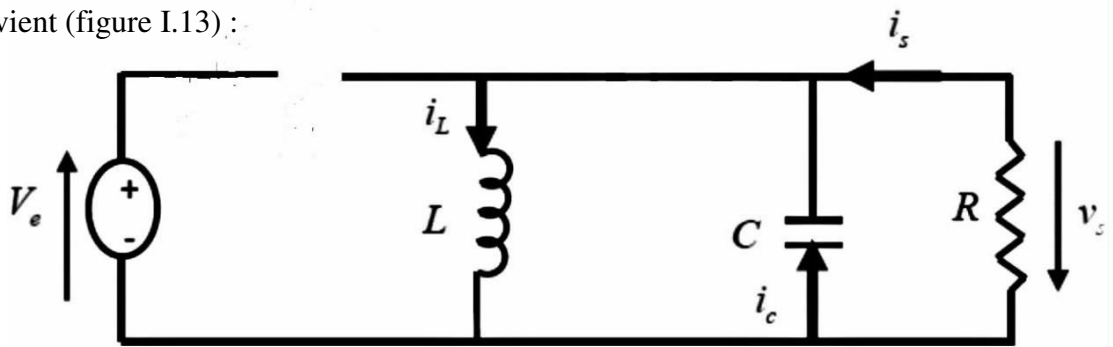


Figure I.13 : Circuit équivalent du Buck-Boost quand l'interrupteur est ouvert.

On prend maintenant les nouvelles équations :

$$V_s = L \frac{di_L}{dt} \quad (1.21)$$

$$i_L = I_{max} + \frac{V_e}{L} (t - \alpha T_d) \quad (1.22)$$

à l'instant $t = T_d$, le courant dans l'inductance revient à sa valeur minimale I_{min} comme suit:

$$I_{min} = I_{max} + \frac{V_s}{L} (1 - \alpha) T_d \quad (1.23)$$

Ainsi que l'ondulation du courant dans l'inductance est exprimée comme suit :

$$\Delta i_L = I_{max} - I_{min} \quad (1.24)$$

L'égalité des deux équations de l'ondulation de courant (I.18) et (I.21) donne la valeur moyenne de la tension de sortie V_s :

$$V_s = \frac{\alpha}{1-\alpha} V_e \quad (1.25)$$

En appliquant le principe de conservation de puissance entre l'entrée et la sortie du convertisseur, on peut établir la valeur moyenne du courant dans l'inductance comme suit:

$$i_L = \frac{i_s}{1-\alpha} \quad (1.26)$$

La tension de sortie du convertisseur Buck-Boost est négative par rapport à la tension d'entrée. Son amplitude peut être supérieure ou inférieure à celle de la tension d'entrée selon la valeur du rapport cyclique. C'est un abaisseur-élévateur-inverseur en tension. [4]

4.3.2. Applications

- Il est utilisé dans les alimentations auto-régulées.
- Il a de l'électronique grand public.
- Il est utilisé dans les systèmes d'alimentation par batterie.
- Applications de contrôle adaptatif.
- Applications d'amplificateur de puissance.

4.4. Convertisseur Cuk

Le convertisseur Cuk est nommé par le nom de son inventeur il peut délivrer une tension de sortie supérieur ou inférieur que celle de l'entrée, ce convertisseur utilise un condensateur pour le stockage il a une tension de sortie inversé par rapport à celle de l'entrée.

4.4.1. Principe de fonctionnement

La figure (I.14) présente le schéma de fonctionnement du convertisseur Cuk, et la figure (I.15) donne les intervalles de conduction de l'interrupteur et de la diode ainsi que les formes d'ondes des courants (à gauche) et des tensions (à droite).

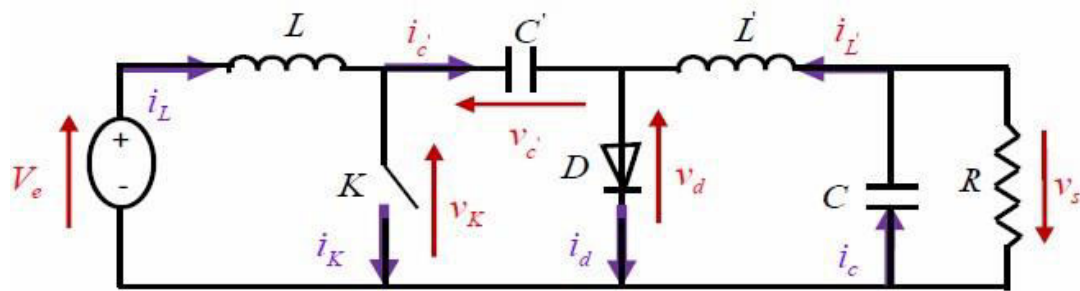


Figure I.14 : Schéma de base d'un convertisseur Cuk.

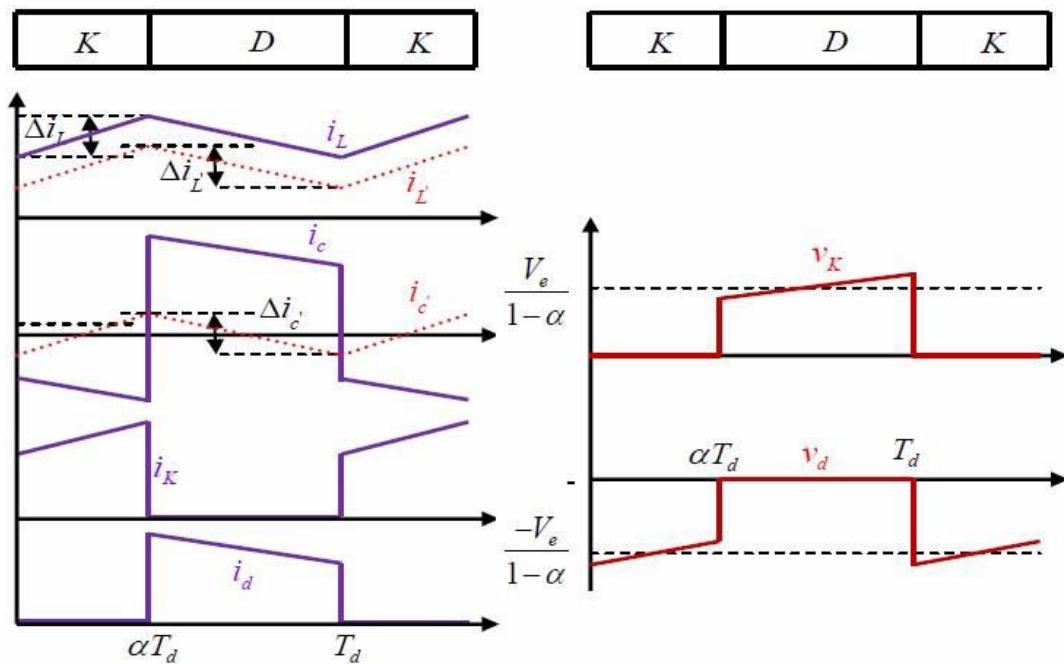


Figure I.15 : Formes d'ondes des courants et tensions du convertisseur Cuk.

Le circuit électrique du convertisseur est illustré dans la figure (I.16) dans le cas où K est fermé et D est ouvert durant l'intervalle $[0 \alpha T_d]$:

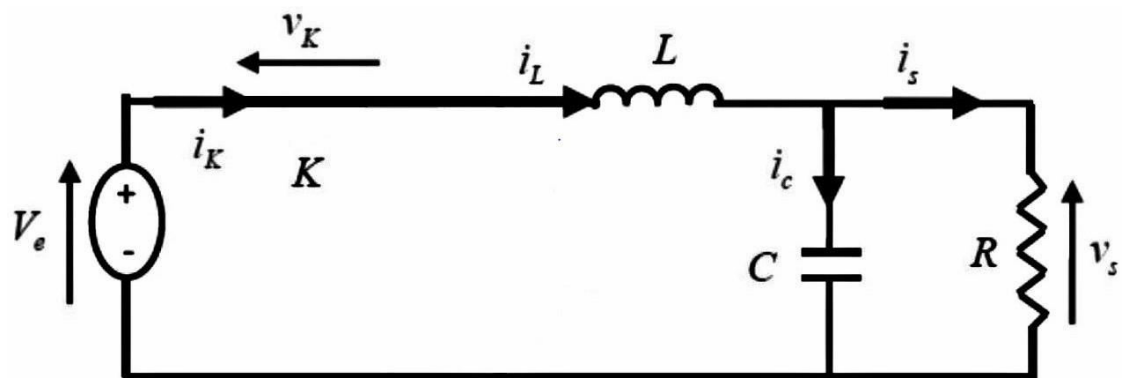


Figure I.16 : Circuit équivalent du Cuk quand l'interrupteur est fermé.

Dans le cas où K est ouvert et D est fermé durant l'intervalle $[\alpha T_d T_d]$, le circuit électrique devient figure (I.17) :

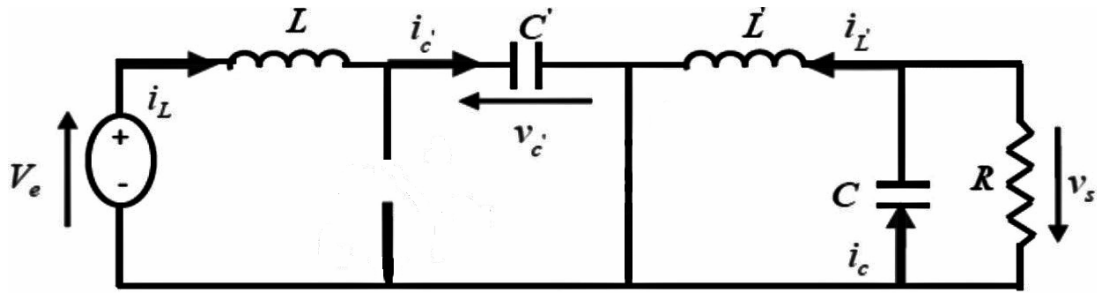


Figure I.17 : Circuit équivalent du Cuk quand l'interrupteur est ouvert.

La tension de sortie en valeur moyenne est donnée par :

$$V_s = \frac{\alpha V_e}{1-\alpha} \quad (1.27)$$

On remarque que le rapport de transformation est similaire à celui du Buck-Boost. De même, on peut dire que c'est un montage abaisseur-élevateur-inverseur en tension. La relation entre les valeurs moyennes des courants est donnée par :

$$i_L = \frac{\alpha}{1-\alpha} i_{L'} = \frac{\alpha}{1-\alpha} i_s \quad (1.28)$$

4.4.2. Applications

- Utilisation dans les systèmes renouvelables comme régulateur de tension dans la technologie solaire hybride où la tension d'entrée dépend du soleil et du vent. Il ajuste la tension de sortie selon les entrées dans une variation de l'intensité solaire et éolienne.
- Utilisation dans le système de gestion des batteries de la technologie des véhicules électriques.
- Utiliser lorsque la tension de sortie doit être inférieure ou supérieure à la tension d'entrée.
- Utilisation en mode veille basse continue et simultanée et surtout dans les niveaux de tension de sortie de polarité élevée et négative.

4.5. Convertisseur Buck-Boost non inverseur

Le convertisseur Buck-Boost non inverseur est intéressant pour sa capacité à produire une tension continue supérieure ou inférieure à la tension source.

4.5.1. Principe de fonctionnement

Un convertisseur Buck-Boost non inverseur, comme le montre la figure (I.18), est une combinaison d'un convertisseur abaisseur et d'un convertisseur élévateur avec deux commutateurs (S_1 et S_2), une inductance (L) et un condensateur (C). L'interrupteur supplémentaire et une diode résolvent le problème des anciens convertisseurs. De plus, le convertisseur Buck-Boost non inverseur peut être utilisé dans trois modes de fonctionnement distincts qui sont le mode Buck (seul S_1 est commuté dans une période de commutation et S_2 est ouvert), le mode Boost (seul S_2 est commuté dans une période de commutation période et S_1 est maintenu fermé), et le mode Buck-Boost (S_1 et S_2 sont commutés simultanément).

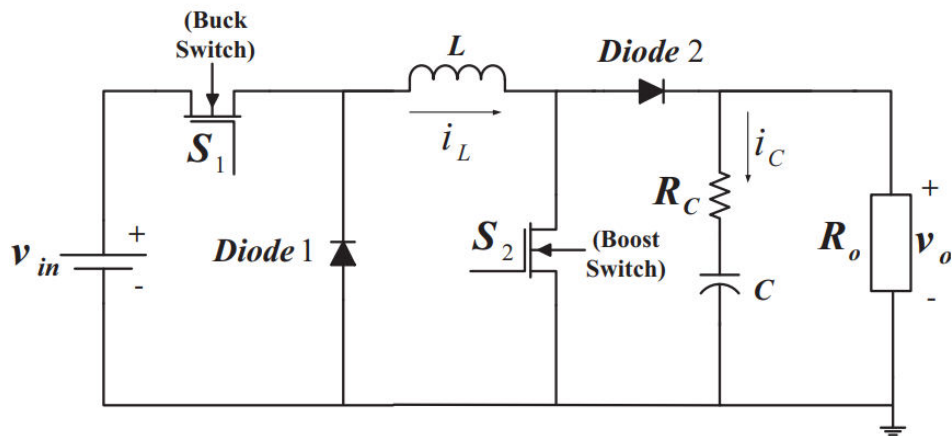


Figure I.18 : Schéma de base d'un convertisseur Buck-Boost non inverseur.

$$V_o = \frac{\alpha}{1-\alpha} V_{in} \quad (1.29)$$

4.5.2. Applications

Un convertisseur Buck-Boost non inverseur est l'une des topologies de convertisseurs non isolés les plus polyvalentes. Il est devenu de plus en plus populaire dans de nombreuses applications, notamment : les véhicules électriques, les micro-réseaux CC, les appareils électroniques portables alimentés par batterie (par exemple, les téléphones cellulaires et les ordinateurs portables), les circuits de correction du facteur de puissance, les systèmes photovoltaïques, etc.

5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté un aperçu général sur les différentes topologies et modes de fonctionnement des convertisseurs statiques (les hacheurs) ainsi que leurs applications.

Chapitre II

Simulation et réalisation

1. Introduction

Dans ce chapitre qui consacré à la réalisation d'un convertisseur Buck et un convertisseur Boost à base de la carte Arduino / Simulink. On va simuler le convertisseur à l'aide du logiciel Matlab/Simulink, après le dimensionnement des éléments de ces convertisseurs.

2. La carte Arduino UNO

Arduino est un circuit imprimé en matériel libre sur lequel se trouve un microcontrôleur qui peut être programmé pour analyser et produire des signaux électriques, de manière à effectuer des tâches très diverses. Le système Arduino donne la possibilité d'allier les performances de la programmation à celles de l'électronique. Plus précisément, pour programmer des systèmes électroniques. Le gros avantage de l'électronique programmée c'est qu'elle simplifie grandement les schémas électroniques et par conséquent, le coût de la réalisation, mais aussi la charge de travail à la conception d'une carte électronique. [5]

Arduino est utilisé dans beaucoup d'applications comme l'électrotechnique industrielle et embarquée ; le modélisme, la domotique mais aussi dans des domaines différents comme l'art contemporain et le pilotage d'un robot, commande des moteurs et faire des jeux de lumières, communiquer avec l'ordinateur, commander des appareils mobiles (modélisme). [6]

Le modèle UNO est une carte électronique basé sur le microcontrôleur ATMEL de référence ATmega328. L'ATmega328 est un microcontrôleur 8 bits de la famille AVR. La programmation peut être réalisée en langage C/C++. Le modèle UNO contient 14 entrées/sorties (dont 6 fournissent la sortie PWM), 6 entrées analogiques, un cristal à 16 MHz, une connexion USB, une prise jack d'alimentation, un en-tête ICSP et une fonction reset. [7]

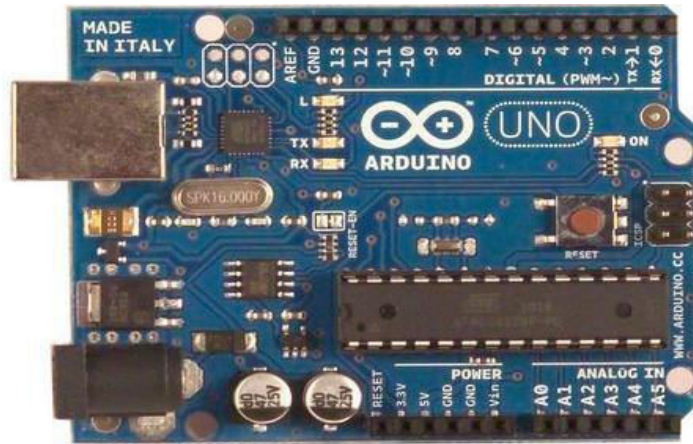


Figure II.1 : Carte Arduino UNO.

3. MATLAB Arduino

Avec Support Package MATLAB pour Arduino matériel, vous pouvez utiliser MATLAB pour communiquer de manière interactive avec une carte Arduino via un câble USB. Le package vous permet d'effectuer des tâches telles que :

- Acquérir des données de capteurs analogiques et numériques à partir de la carte Arduino ;
- Contrôler d'autres appareils avec sorties numériques et MLI ;
- Conduisez DC, moteurs pas à pas et des capteurs périphériques d'accès connectés via I2C ou SPI ;
- Construire des add-ons à l'interface avec les bibliothèques matérielles et logicielles supplémentaires.

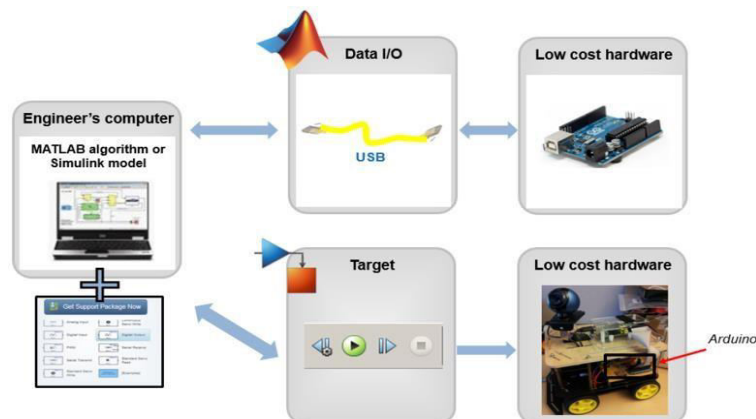


Figure II.2 : Utiliser MATLAB pour communiquer avec la carte Arduino.

Parce que MATLAB est un langage de haut niveau interprété, nous pouvons voir les résultats des instructions d'Entrée / Sortie immédiatement, sans compiler. MATLAB comprend des milliers de mathématiques intégrés, l'ingénierie et des fonctions graphiques que vous pouvez utiliser pour analyser et visualiser rapidement les données recueillies à partir de votre Arduino. [8]

Dans ce mémoire, nous avons utilisé MATLAB R2022a.

4. Dimensionnement du hacheur

Un dimensionnement « sizing » d'un système est la procédure de trouver les expressions donnant les valeurs des paramètres associés aux composants physiques constituant ce système et cela pour un cahier des charges bien déterminé. Pour un certain régime de fonctionnement et un certain point de fonctionnement, les valeurs numériques de ces paramètres seront déduites autour d'un cas d'application bien déterminée. [9]

4.1. Dimensionnement du hacheur Boost

4.1.1. Cahier de charges

Pour dimensionner un convertisseur Boost nous avons les paramètres suivants :

Puissance de la charge : $P = 0.576 \text{ W}$

Tension d'entrée : $V_i = 12 \text{ V}$

Tension de sortie : $V_o = 24 \text{ V}$

La valeur de la résistance de la charge : $R = 1 \text{ K}\Omega$

Fréquence de hachage : $f = 2.5 \text{ KHz}$

4.1.2. Détermination de la valeur d'inductance L

$$\alpha = \frac{V_o - V_i}{V_o} = \frac{24 - 12}{24} = 0.5 = 50\% \quad (1.30)$$

$$I_L = \frac{V_i}{(1 - D)^2 R} = \frac{12}{(1 - 0.5)^2 \times 1000} = 0.048 \text{ A} \quad (1.31)$$

$$\Delta I_L = 20\% I_L = 0.2 \times 0.048 = 9.6 \text{ mA} \quad (1.32)$$

$$L = \frac{\alpha V_i}{f \Delta I_L} = \frac{0.5 \times 12}{2500 \times 9.6 \times 10^{-3}} = 0.25 \text{ H} \quad (1.33)$$

4.1.3. Détermination de la valeur de capacité C

$$C = \frac{\alpha}{Rf \left(\frac{\Delta V}{V} \right)} = \frac{0.5}{1000 \times 2500 \times 0.04} = 5 \mu\text{F} \quad (1.34)$$

4.2. Dimensionnement du hacheur Buck

4.2.1. Cahier de charges

Pour dimensionner un convertisseur Buck nous avons les paramètres suivants :

Puissance de la charge : $P = 0.25 \text{ W}$

Tension d'entrée : $V_i = 48 \text{ V}$

Tension de sortie : $V_o = 5 \text{ V}$

La valeur de la résistance de la charge : $R = 100 \Omega$

Fréquence de hachage : $f = 40 \text{ KHz}$

4.2.2. Détermination de la valeur d'inductance L

$$V_o = R \cdot I_o \rightarrow I_o = \frac{V_o}{R} = \frac{5}{100} = 0.05 \text{ A} \quad (1.35)$$

$$\alpha = \frac{V_o}{V_i} = \frac{5}{48} = 0.1041 = 10.41\% \quad (1.36)$$

$$\Delta I = 20\% I_o = 0.2 \times 0.05 = 0.01 \text{ A} \quad (1.37)$$

$$L = \frac{V_o(1 - \alpha)}{f \Delta I} = \frac{5(1 - 0.1041)}{40 \times 10^3 \times 0.01} = 0.01 \text{ H} \quad (1.38)$$

4.2.3. Détermination de la valeur de capacité C

$$C = \frac{\Delta I}{\alpha f \Delta V} = \frac{0.01}{8 \times 40 \times 10^3 \times 0.02} = 1.56 \mu\text{F} \quad (1.39)$$

5. Cellule de commutation

La cellule de commutation est composée de deux interrupteurs :

- l'interrupteur **D** doit supporter une tension inverse et doit pouvoir conduire un courant positif. Son amorçage et son blocage peuvent être spontanés. Cet interrupteur sera donc une diode.
- l'interrupteur **K** doit supporter une tension positive et doit pouvoir conduire un courant positif. Les commutations de cet interrupteur doivent être commandées. Cet interrupteur pourra être de type transistor. [10]

► Choix de la diode D :

La diode utilisée doit être extrêmement rapide. Les pertes par recouvrements inverses sont générées par ses diodes, en conséquence, plus elles seront bonnes, moins il y aura de pertes.

Notre choix s'est porté sur des diodes de chez "1N4007 HY". Ce sont des diodes peu coûteuses et rapides. [11]

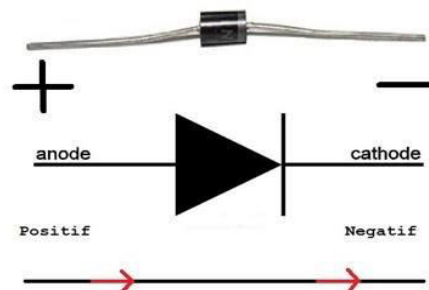


Figure II.3 : La diode.

Les principaux critères de choix pour une diode sont les suivants :

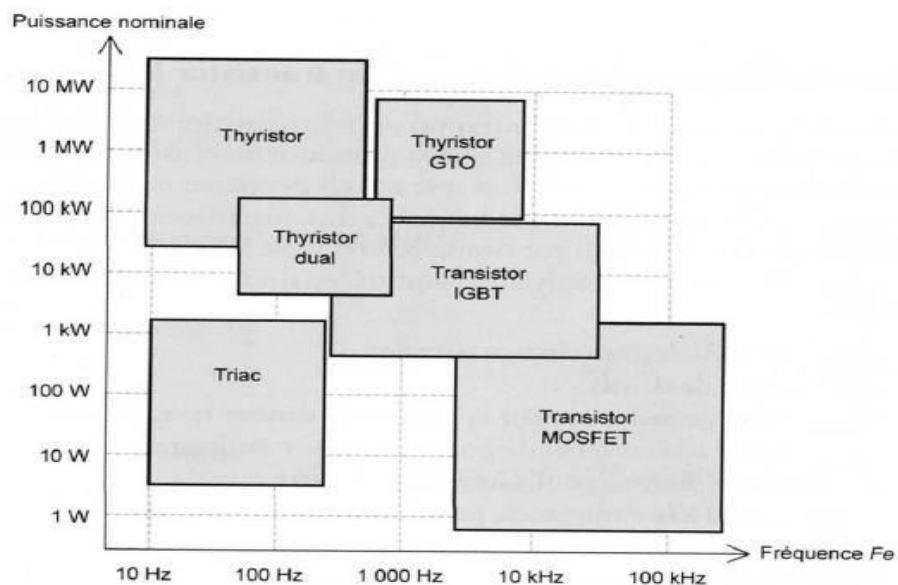
- Courant moyen $I_{F(AV)}$
- Courant crête I_{FSM}
- Tension inverse V_{RRM}

Tableau II.1 : Caractéristiques de diode "1N4007 HY".

Grandeurs	Valeur
$I_{F(AV)}$	1 A
I_{FSM}	30 A
V_{RRM}	1000 V

► **Choix de l'interrupteur K :**

Le tableau, présenté à la **figure (II.31)** permet de choisir le type de technologie à utiliser en fonction de la puissance nominale et la fréquence de découpage auxquelles est soumis le composant.

**Figure II.4 :** Diagramme puissance-fréquence des composants.

Cette figure nous montre que le transistor Mosfet est bien adapté pour le hacheur « Boost » basse/moyenne puissances fonctionnant avec une grande fréquence de commutation. C'est pourquoi, dans la suite de ce document, nous considérerons que l'interrupteur **K** est un **transistor-Mosfet "IRF830N"**.

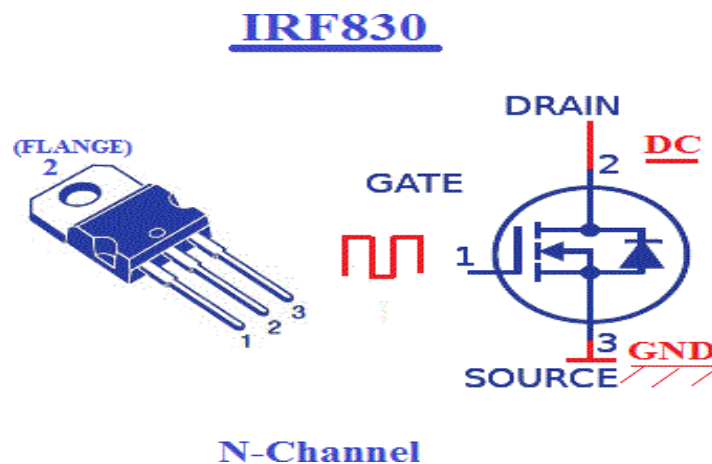


Figure II.5 : Symbole de transistor –MOSFET "IRF830N".

Les principaux critères de choix pour un **transistor-Mosfet** sont les suivants :

- V_{DSS} : Tension drain-source maximale ;
- I_{DS} : Courant de drain ;
- $R_{DS(on)}$: Résistance drain-source à l'état passant (pertes en conduction) ;
- $Q_{G(on)}$: Charge nécessaire sur la grille pour saturer le transistor ;
- $t_{d(on)}$: Retard à la commande pour saturer le transistor ;
- t_r : Temps de montée pour saturer le transistor ;
- $t_{d(off)}$: Retard à la commande pour bloquer le transistor ;
- t_f : Temps de descente pour bloquer le transistor. [10]

Tableau II.2 : Caractéristiques de de transistor-Mosfet "IRF830N".

Grandeurs	Valeur
V_{DSS}	500 V
I_{DS}	4.5 A
$R_{DS(on)}$	1.5 Ω
$Q_{G(on)}$	22 Nc
$t_{d(on)}$	11.5 ns
t_r	8 ns
$t_{d(off)}$	7 ns
t_f	8 ns

6. Simulation sous Matlab/Simulink

Les logiciels de simulation sont des outils puissants qui testent et évaluent l'exécution théorique des systèmes. Les conditions d'exécutions du dispositif à tester peuvent être facilement contrôlables. La simulation nous permet de passer de la conception du système théorique à la réalisation pratique avec plus d'assurance car les changements lors de la conception peuvent être fait facilement dans un système simulé, ceci nous permet d'expérimenter un ensemble large de variation et de choisir enfin la solution optimale. [12]

6.1. Hacheur Boost

Nous avons utilisé les valeurs précédentes pour simuler le hacheur « Boost » dans le Matlab.

6.1.1. Schéma bloc

Voici un schéma de circuit utilisé pour la simulation Matlab du convertisseur Boost.

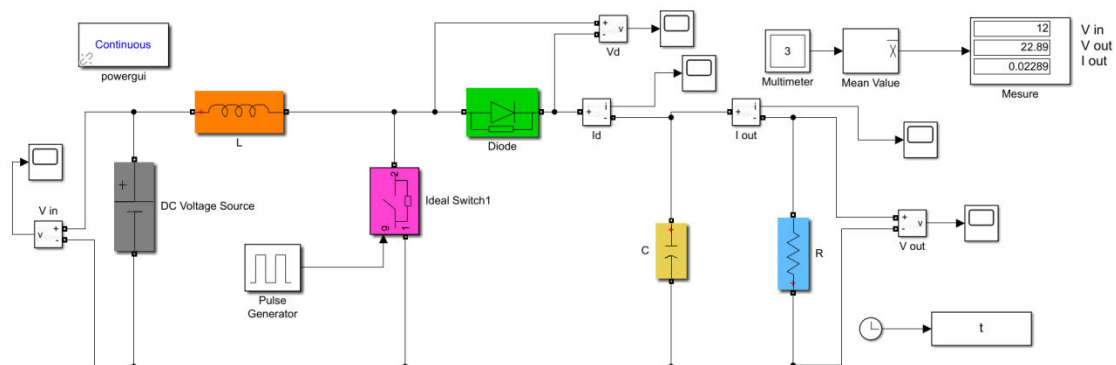
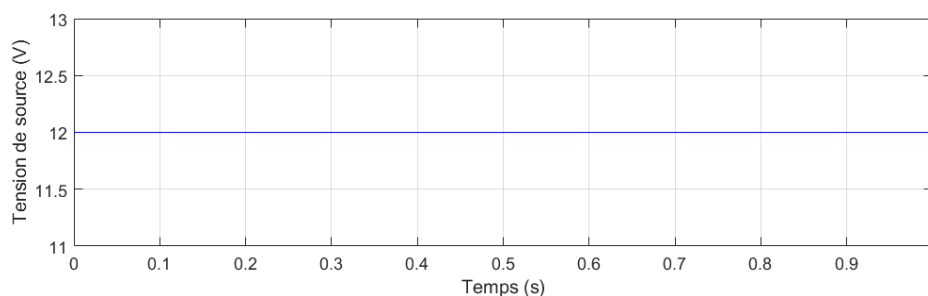


Figure II.6 : Schéma de base d'un convertisseur Boost.

6.1.2. Résultats de simulation

Les figures suivantes représentent les allures des paramètres : V_e , V_s , I_s , V_d et I_d .



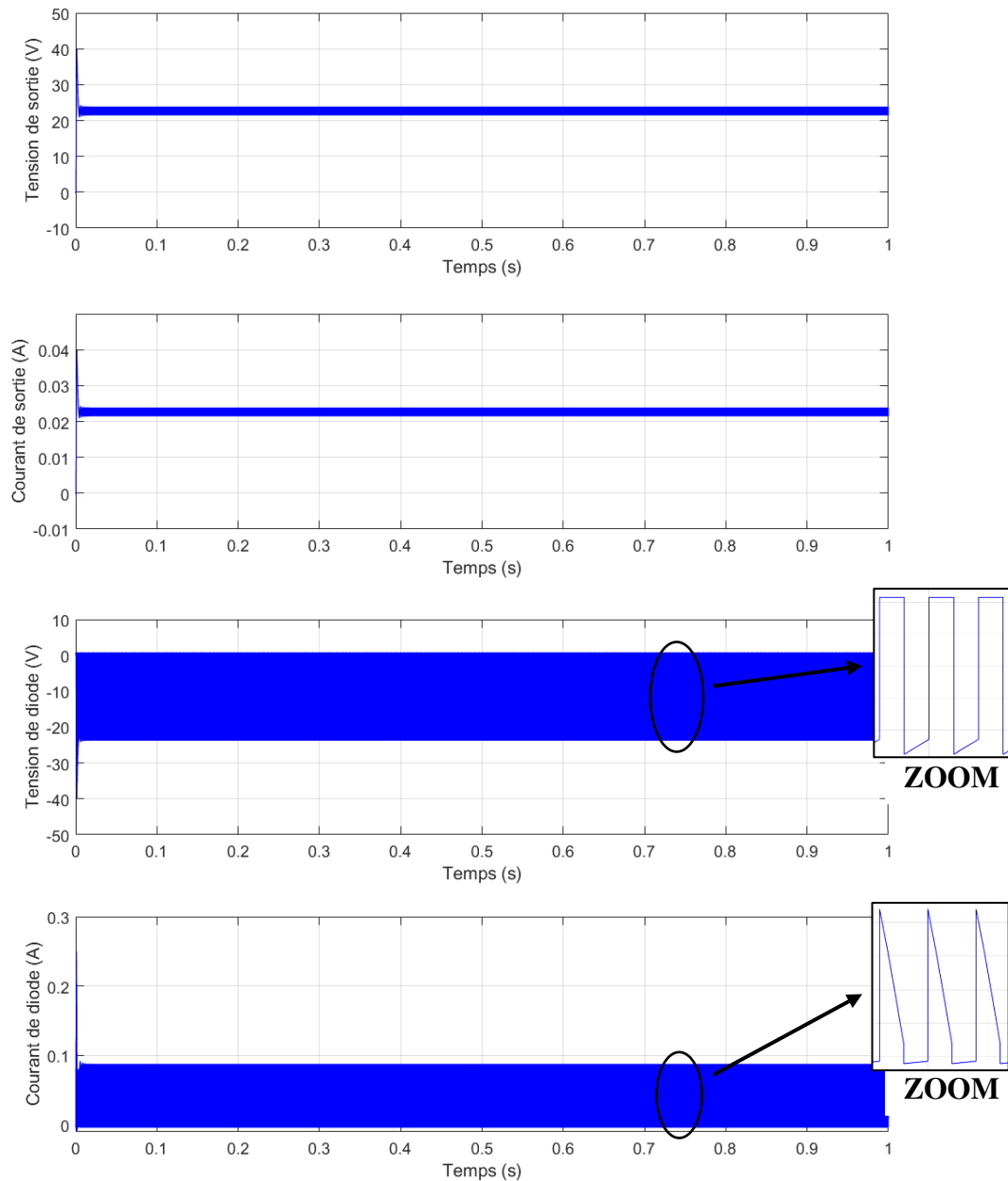


Figure II.7 : Tensions et Courants du hacheur Boost.

En imposant un rapport cyclique de 50%, une tension d'alimentation de 12V et une résistance de charge de 1000Ω , la tension de sortie atteint une valeur moyenne quasi-constante de 22V dans un temps de réponse 10ms.

Ceci est dû à l'influence des pertes dans les composants de puissances non prisent en compte lors du dimensionnement des convertisseurs.

6.2. Hacheur Buck

Nous avons utilisé les valeurs précédentes pour simuler le hacheur « Buck » dans le Matlab.

6.2.1. Schéma bloc

Voici un schéma de circuit utilisé pour la simulation Matlab du convertisseur Buck.

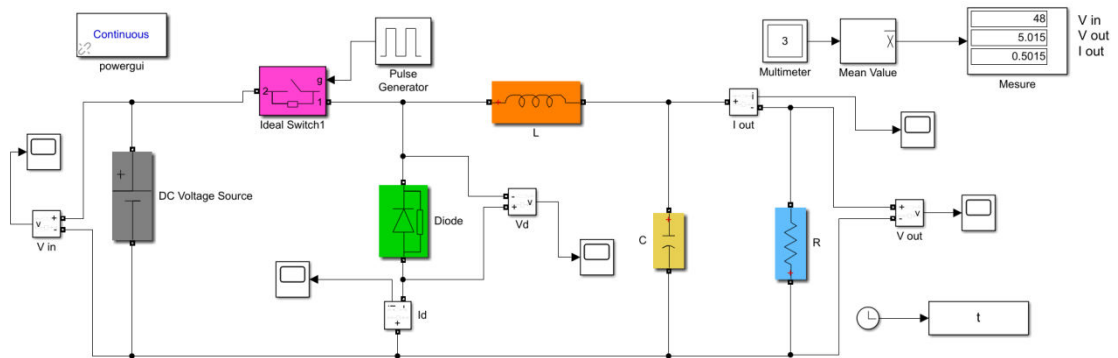
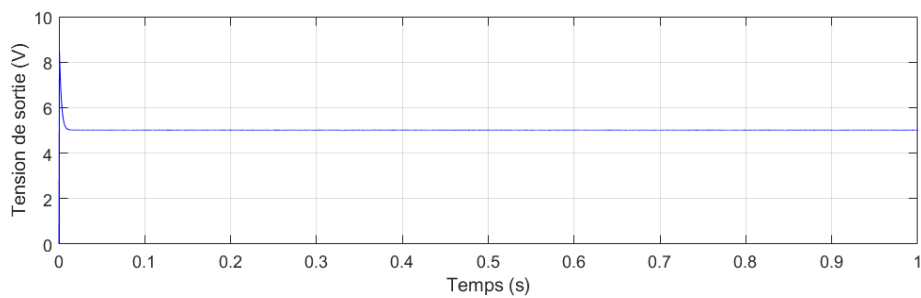
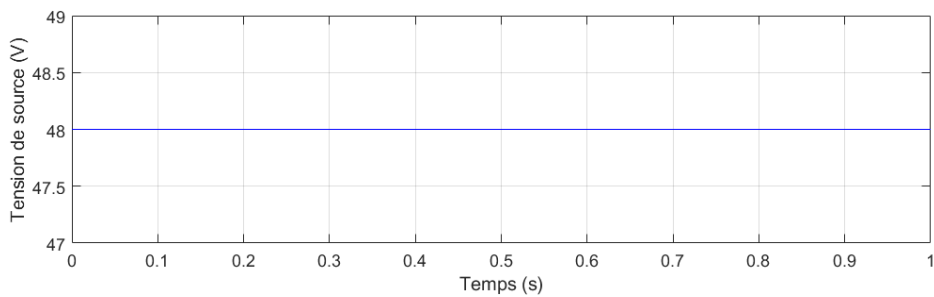


Figure II.8 : Schéma de base d'un convertisseur Buck.

6.2.2. Résultats de simulation

Les figures suivantes représentent les allures des paramètres : V_e , V_s , I_s , V_d et I_d .



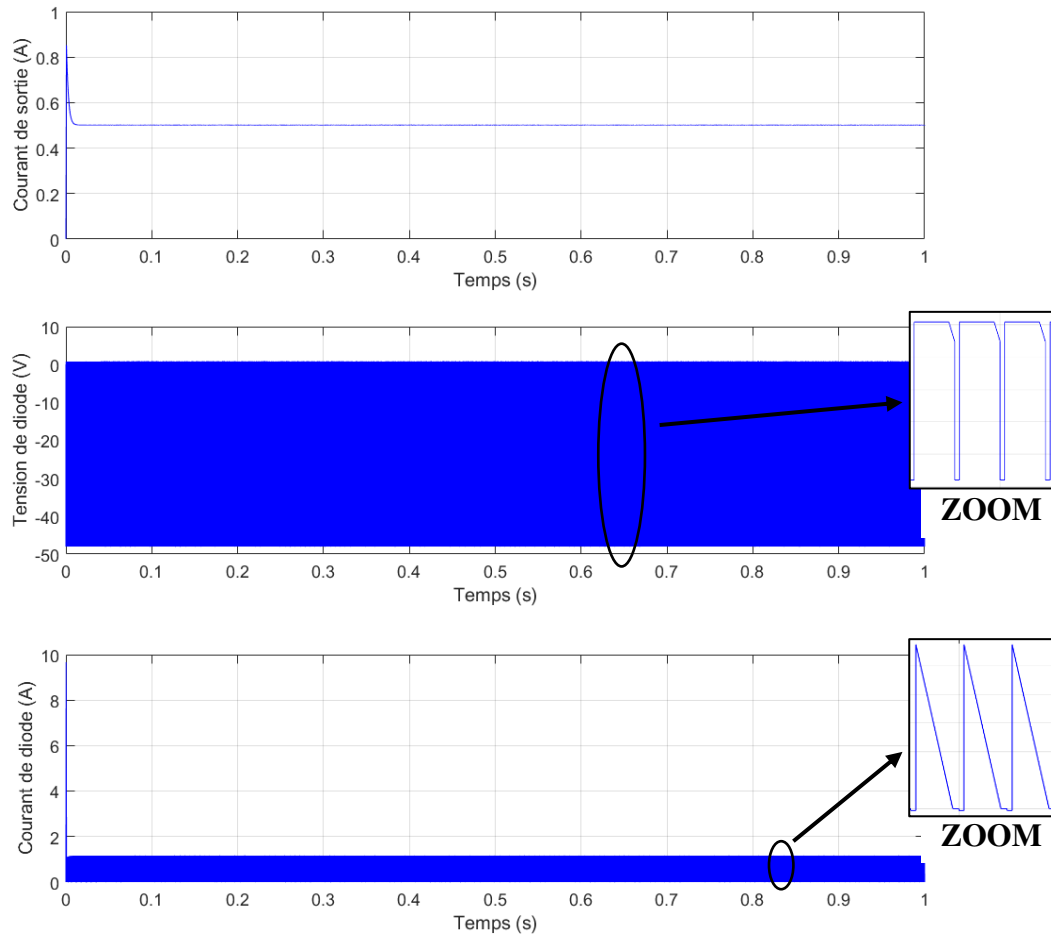


Figure II.9 : Tensions et Courants du hacheur BUCK.

En imposant un rapport cyclique de 10.41%, une tension d'alimentation de 48V et une résistance de charge de 10Ω , la tension de sortie atteint une valeur moyenne quasi-constante de 5V dans un temps de réponse 10ms.

7. Réalisation pratique

Les connections externes de la carte Arduino avec logiciel MATLAB\Simulink et hacheurs Boost et Buck sont représentées sur les figures suivantes :

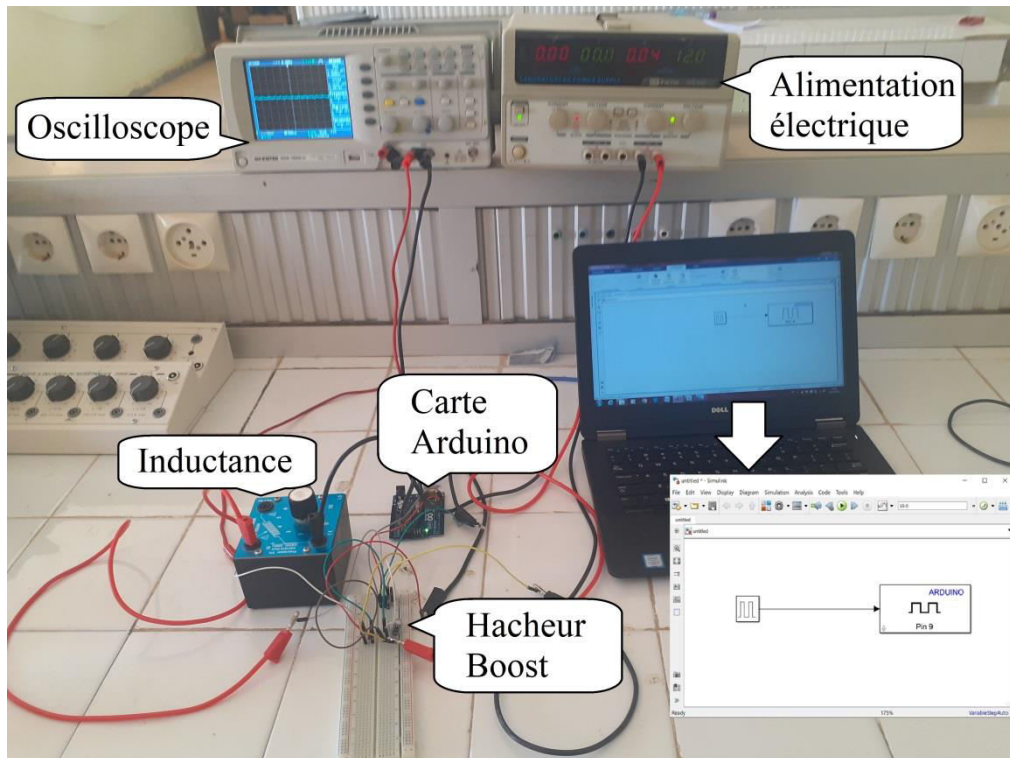


Figure II.10 : Le montage du hacheur Boost.

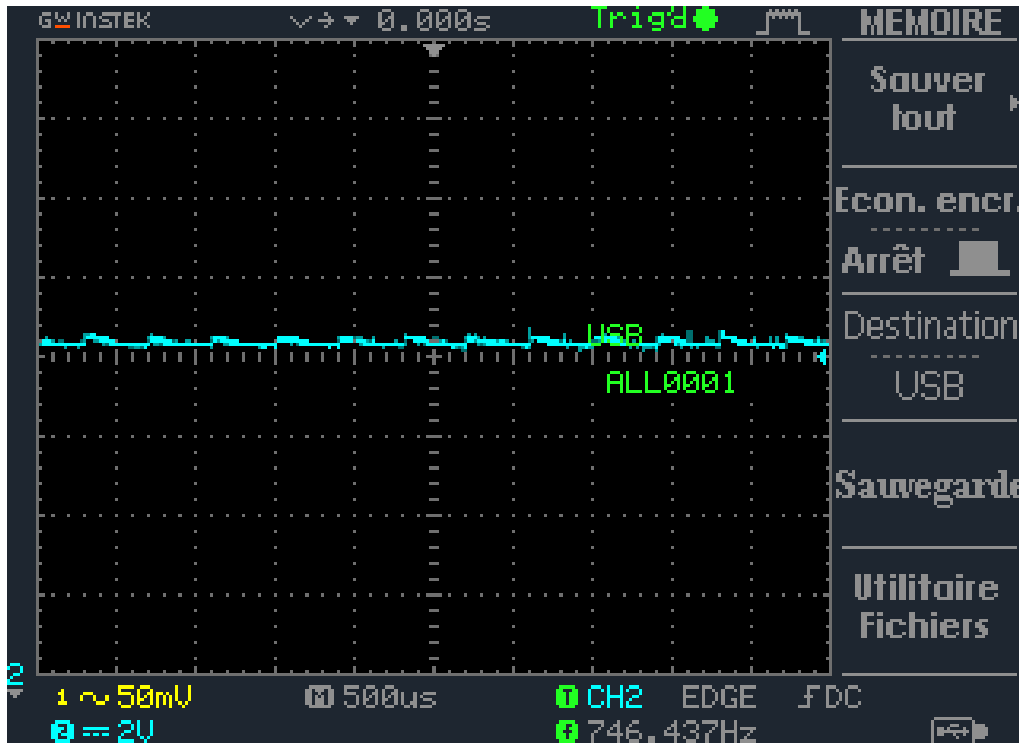


Figure II.11 : Tension de sortie du hacheur Boost.

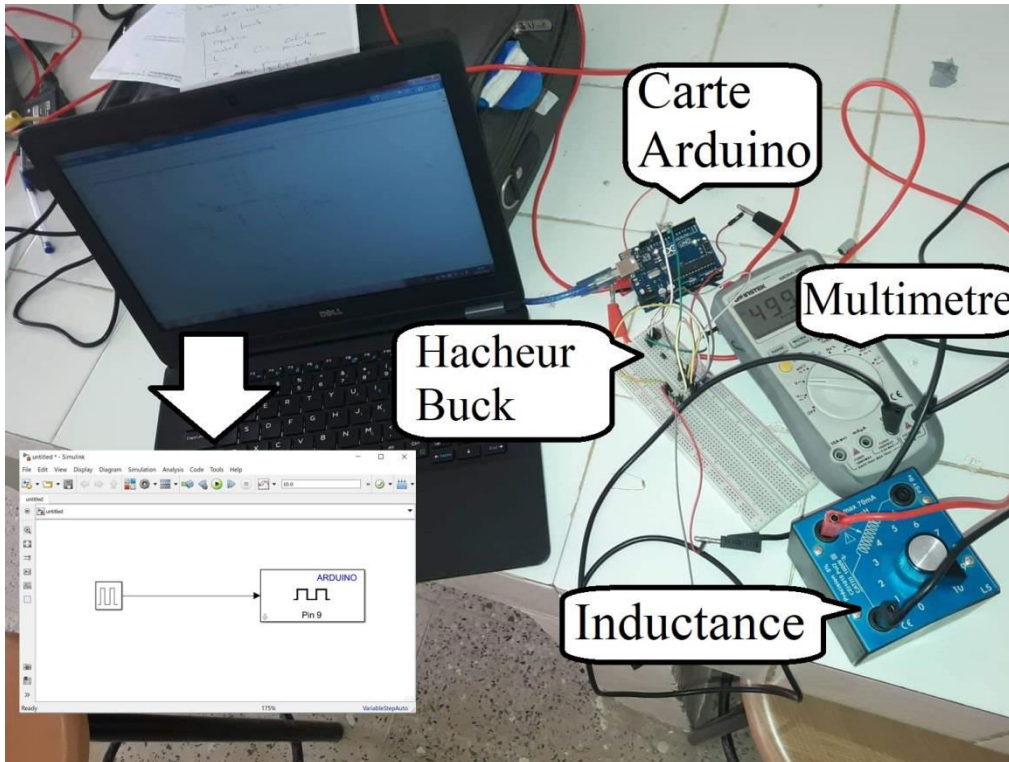


Figure II.12 : Le montage du hacheur Buck.

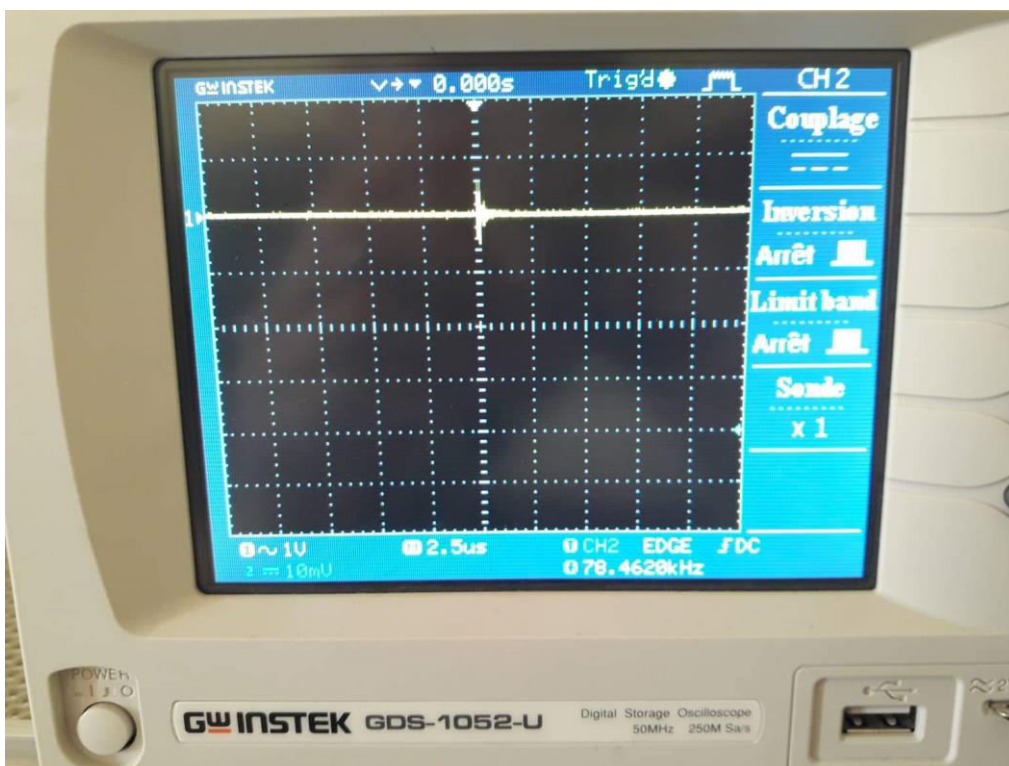


Figure II.13 : Tension de sortie du hacheur Buck.

La tension de sortie prend le régime permanent avec une valeur finale de 20.5V pour le hacheur Boost et 2V pour le hacheur Buck parce que les composants déterminés par le dimensionnement relativement différent par rapport à ceux utilisés sur le banc d'essais.

8. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les différentes notions qui entrent dans le dimensionnement, la simulation et la réalisation des convertisseurs Boost et Buck à l'aide d'une carte Arduino.

Chapitre III

Commande en boucle fermée

1. Introduction

Les contrôleurs classiques ne sont pas assez performants. C'est ainsi que, pour trouver une meilleure solution, on s'intéresse aux contrôleurs numériques.

Les contrôleurs numériques sont utilisés pour assurer et maintenir des performances optimales d'asservissement et de régulation dans les régimes de fonctionnement variables des systèmes.

Dans ce chapitre, on applique la commande en boucle fermée pour le contrôle de la tension de sortie du convertisseur Boost par un régulateur PID et par une carte Arduino.

2. Commande d'un hacheur Boost par un régulateur PID

2.1. Régulation PID

La commande PID se compose de trois termes P, I et D, d'où le 'P' correspond au terme proportionnel, 'I' pour terme intégral et 'D' pour le terme dérivé de la commande.

Les régulateurs PID sont probablement les plus largement utilisés dans le contrôle industriel, même les plus complexes systèmes de contrôle industriel peuvent comporter un réseau de contrôle dont le principal élément de contrôle est un module de contrôle PID.

Le régulateur PID est une simple implémentation de retour d'information (Feedback). Il a la capacité d'éliminer la compensation de l'état d'équilibre grâce à l'action intégrale, et il peut anticiper le futur grâce à une action dérivée. [13]

2.2. Principe général d'un régulateur PID

L'erreur observée est la différence entre la consigne et la mesure. Le PID permet trois actions en fonction de cette erreur :

- Une action Proportionnelle : l'erreur est multipliée par un gain K_p
- Une action Intégrale : l'erreur est intégrée sur un intervalle de temps s , puis multipliée par un gain K_i

- Une action Dérivée : l'erreur est dérivée suivant un temps s , puis multipliée par un gain K_d

Les actions dérivées et intégrales ne s'emploient jamais seules mais en combinaison avec l'action proportionnelle. [14]

Un régulateur PID peut être exprimé comme :

$$C(s) = \frac{K_D S^2 + K_P S + K_I}{S} \quad (1.40)$$

$$C(s) = K_P + \frac{K_I}{S} + K_D S \quad (1.41)$$

Où,

K_P : le gain proportionnel

K_I : le gain intégral

K_D : le gain dérivé

Voici un exemple d'un régulateur PID :

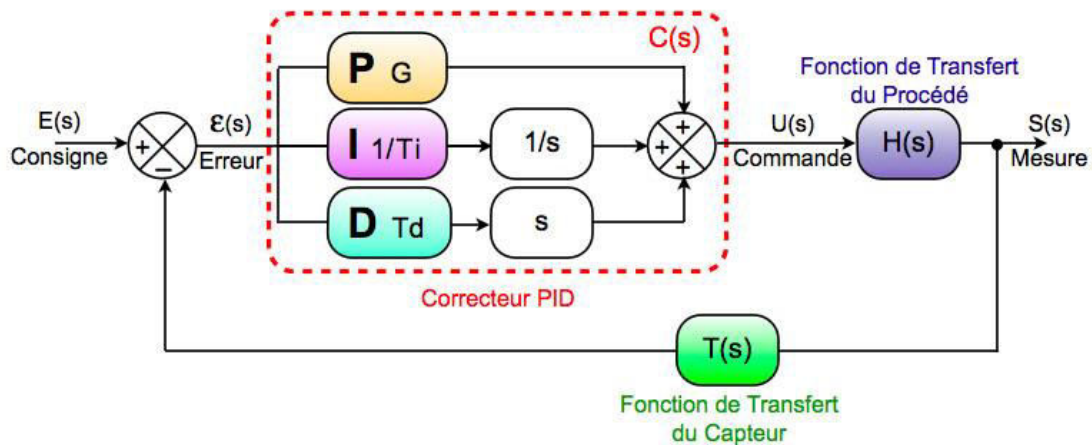


Figure III.1 : Correcteur PID.

2.3. Simulation et résultats de simulation

Le convertisseur Boost est simulé sous MATLAB/Simulink.

2.3.1. Avec une source de tension constante

Le schéma et le résultat de simulation sont présentés ci-dessous.

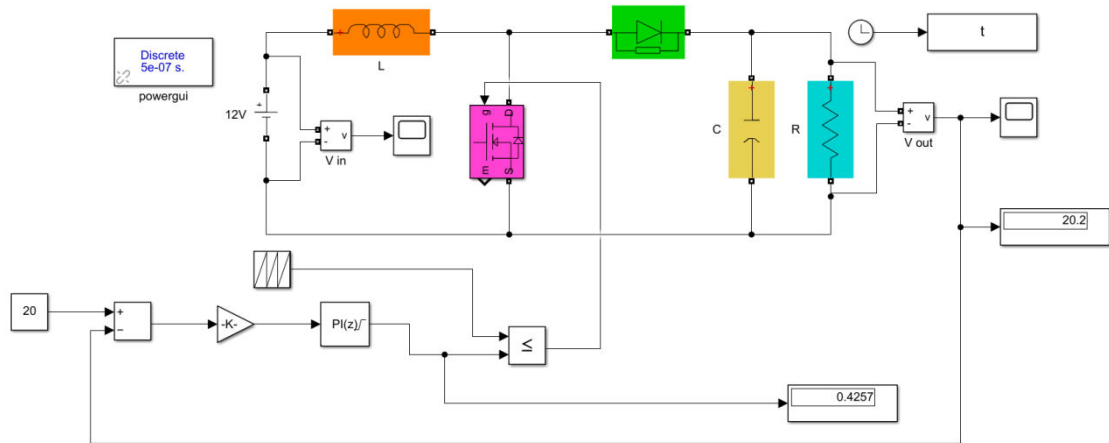


Figure III.2 : Schéma d'un convertisseur Boost commandé par un régulateur PID.

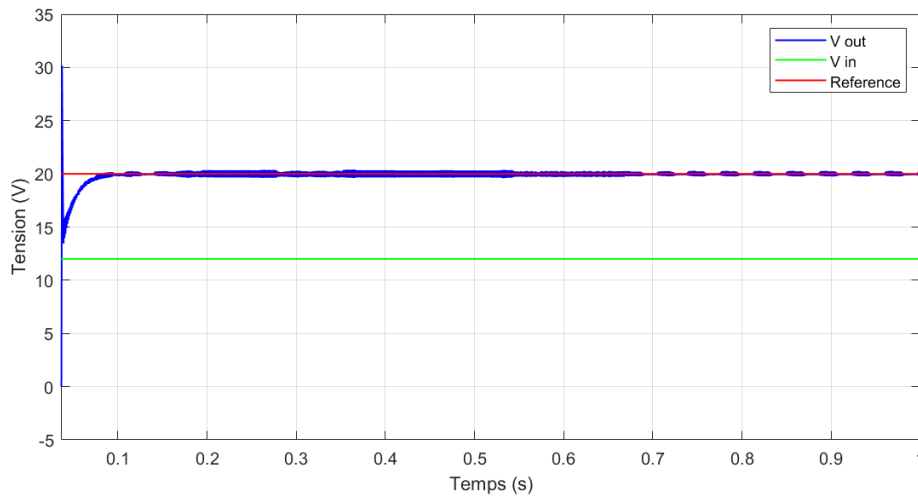


Figure III.3 : Tension de sortie avec une source constante.

La figure (III.3) illustre la réponse de la tension de sortie du convertisseur Boost contrôlé par le contrôleur Proportionnel Intégral dérivé P.I.D à une consigne de 20volts, la tension de sortie du convertisseur converge autour de la consigne à partir de $t = 0.08$ (s).

2.3.2. Avec une source de tension variable

Le schéma et le résultat de simulation sont présentés ci-dessous.

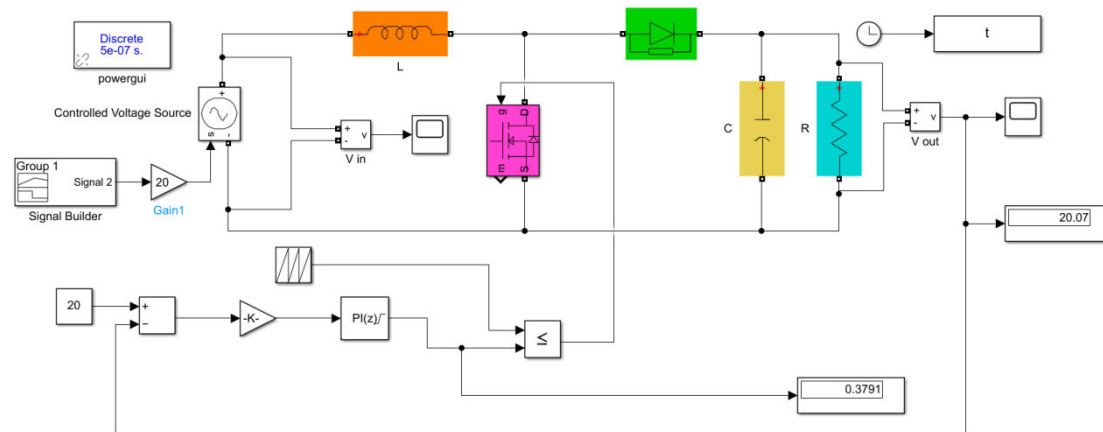


Figure III.4 : Schéma d'un convertisseur Boost commandé par un régulateur PID.

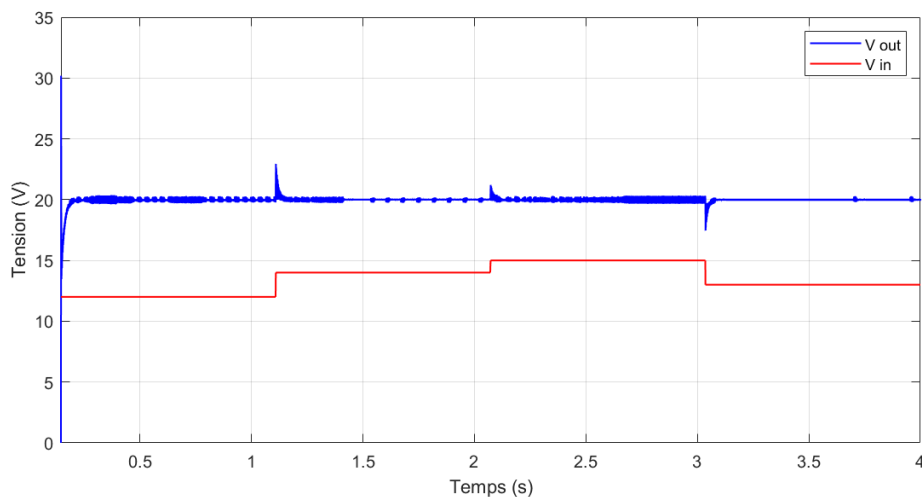


Figure III.5 : Tension de sortie avec perturbation de la source.

La figure (III.5) illustre la réponse de la tension de sortie du convertisseur Boost contrôlé par le contrôleur Proportionnel Intégral dérivé P.I.D à une consigne de 20volts et un changement de la tension d'entrée, la tension de sortie du convertisseur converge autour de la consigne à partir de $t = 0.08$ (s).

Le convertisseur Boost est initialement alimenté par 12 volts comme tension d'entrée, un changement de la tension d'entrée de 12 à 14 à 15 à 13 volts est appliqué à $t = 1$ (s), $t = 2$ (s) et $t = 3$ (s), comme on peut voir dans la figure (III.5), la réponse de la tension de sortie avec le contrôleur P.I.D reste pratiquement inchangée sauf qu'il y'a un dépassement durant 1 (s), 2 (s) et 3 (s), lors du changement brusque de la tension d'entrée.

3. Commande d'un hacheur Boost par une carte Arduino

Cette partie consiste à réaliser un circuit de commande d'un hacheur Boost à base d'une carte Arduino.

3.1. Plateforme de programmation Arduino [15]

L'interface de l'IDE Arduino est plutôt simple pour programmer l'Arduino ATMEGA328P, il offre une interface minimale et épurée pour développer un programme sur les cartes Arduino. Il est doté d'un éditeur de code avec coloration syntaxique et d'une barre d'outils rapide. Ce sont les deux éléments les plus importants de l'interface, c'est ceux que l'on utilise le plus souvent. On retrouve aussi une barre de menus, plus classique qui est utilisé pour accéder aux fonctions avancées de l'IDE. Enfin, une console affichant les résultats de la compilation du code source, des opérations sur la carte, etc.

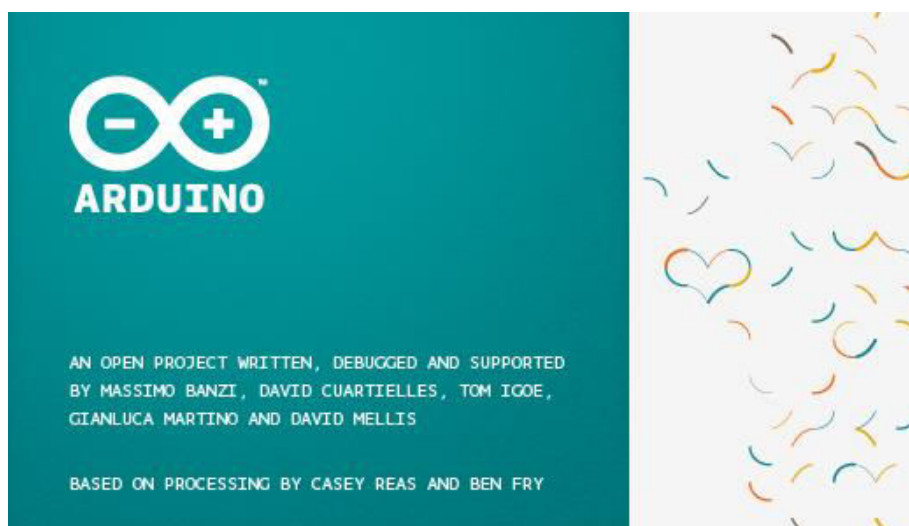


Figure III.6 : Plateforme de programmation ARDUINO.

Le langage Arduino est inspiré de plusieurs langages. On retrouve notamment des similarités avec le C, le C++, le Java et le Processing. Le langage impose une structure particulière typique de l'informatique embarquée.

La fonction « **Setup** » contiendra toutes les opérations nécessaires à la configuration de la carte (directions des entrées sorties, débits de communications série, etc.).

La fonction « **Loop** » elle, est exécutée en boucle après l'exécution de la fonction setup. Elle continuera de boucler tant que la carte n'est pas mise hors tension,

redémarrée (par le bouton reset). Cette boucle est absolument nécessaire sur les microcontrôleurs étant donné qu'ils n'ont pas de système d'exploitation.

En effet, si l'on omettait cette boucle, à la fin du code produit, il sera impossible de reprendre la main sur la carte Arduino qui exécuterait alors du code aléatoire.

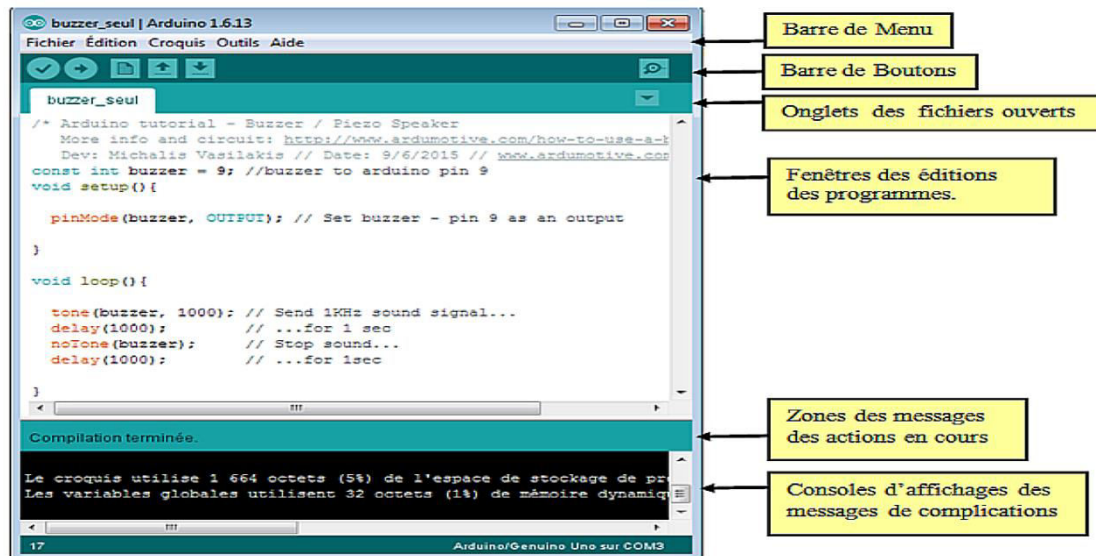


Figure III.7 : Interface plateforme de programmation ARDUINO..

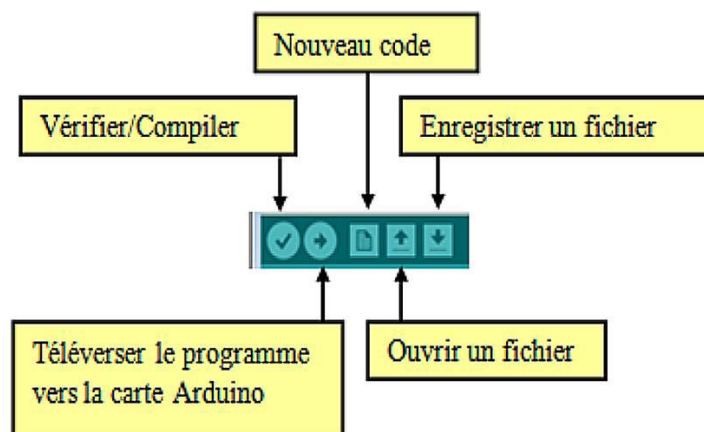


Figure III.8 : Barre de boutons Arduino.

3.2. Structure d'un programme [16]

Un programme utilisateur Arduino est une suite d'instructions élémentaires sous forme textuelle, lu ligne par ligne de haut vers le bas.

La structure minimale est constituée de trois phases consécutives :

1 - La définition des constantes et des variables :

Une déclaration (des variables, des constantes, indication de l'utilisation de bibliothèques etc...).

2 - La configuration des entrées et des sorties :

Un setup (= initialisation) cette partie n'est lue qu'une seule fois, elle comprend les fonctions devant être réalisées au démarrage (utilisation des broches en entrées ou en sortie, mise en marche etc...).

3 - La programmation des interactions et des comportements :

Une loop (boucle) : cette partie est lue en boucle ! C'est ici que les fonctions sont réalisées.

En plus de cette structure minimale, on peut ajouter :

- Des « sous-programmes » ou « routines » qui peuvent être appelées à tout moment dans la boucle, très pratiqué pour réaliser des morceaux de codes répétitifs.
- Des « callbacks », ce sont des fonctions qui sont rappelées automatiquement depuis une bibliothèque.

3.3. Réalisation pratique

Pour vérifier le système de contrôle proposé, un modèle matériel a été construit.

Une carte Arduino UNO est utilisée pour implémenter l'algorithme de commande en boucle fermée de la tension de sortie.

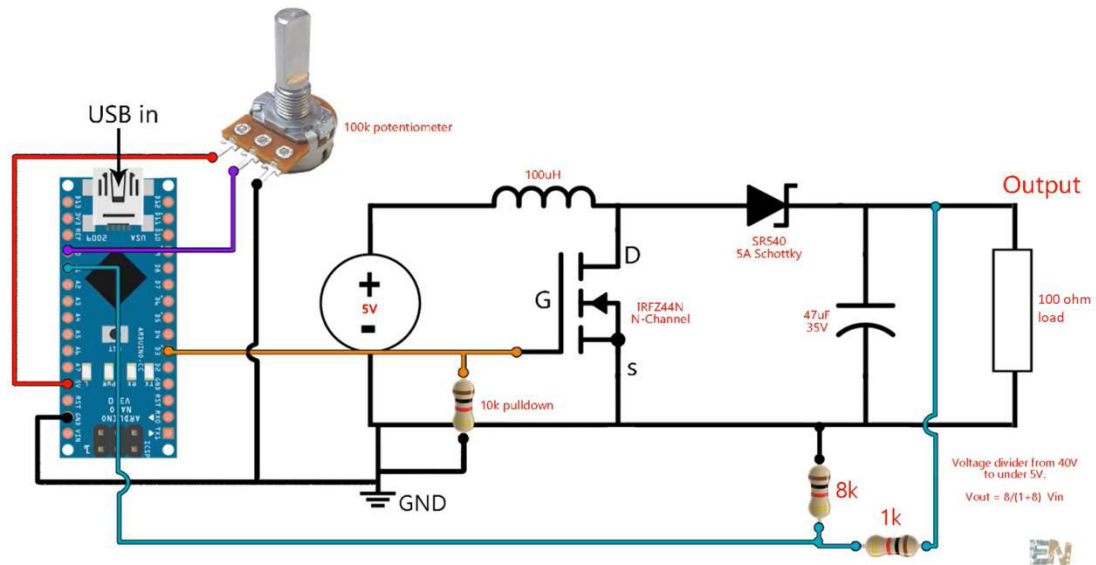


Figure III.9 : Schéma d'un convertisseur Boost commandé par une carte Arduino.

Le code de programmation de la carte Arduino :

```

int potentiometer = A0; //L'entrée de potentiomètre est A0

int feedback = A1;    //L'entrée de rétroaction est A1

int PWM = 3;         //Broche numérique D3 pour le signal MLI

int pwm = 0;        //Valeur initiale de largeur de signal MLI

void setup() {

  pinMode(potentiometer, INPUT);

  pinMode(feedback, INPUT);

  pinMode(PWM, OUTPUT);

  TCCR2B = TCCR2B & B11111000 | B00000001; // Broches 3 et 11 fréquence
  MLI de 31372,55 Hz

}

void loop() {

```

```
float voltage = analogRead(potentiometer); //On lit la valeur du potentiomètre, qui
est la valeur désirée
```

```
float output = analogRead(feedback); //On lit le rétroaction, qui est la valeur
réelle
```

```
//Si la valeur souhaitée est SUPÉRIEURE à la valeur réelle, nous augmentons la
largeur de MLI
```

```
if (voltage > output)
{
    pwm = pwm+1;
    pwm = constrain(pwm, 1, 254);
}
```

```
//Si la valeur désirée est INFÉRIEURE à la valeur réelle, nous décroissons la largeur
de MLI
```

```
if (voltage < output)
{
    pwm = pwm-1;
    pwm = constrain(pwm, 1, 254);
}
```

```
analogWrite(PWM,pwm); //Enfin, on crée le signal MLI
}
```

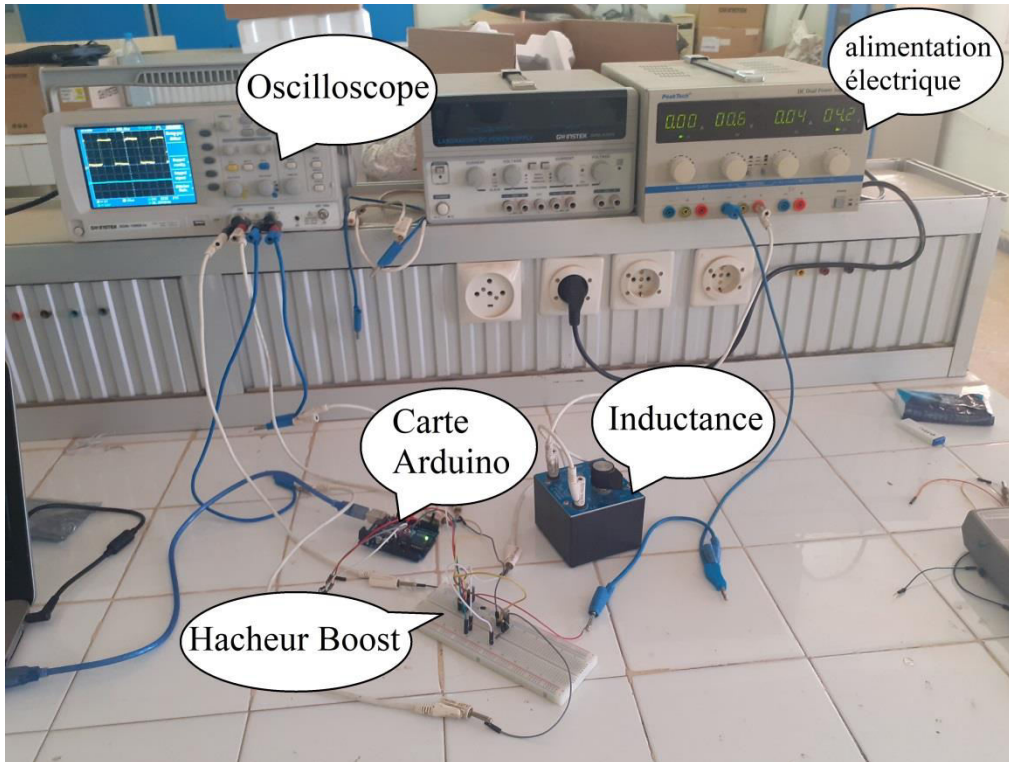


Figure III.10 : Le montage du hacheur Boost.

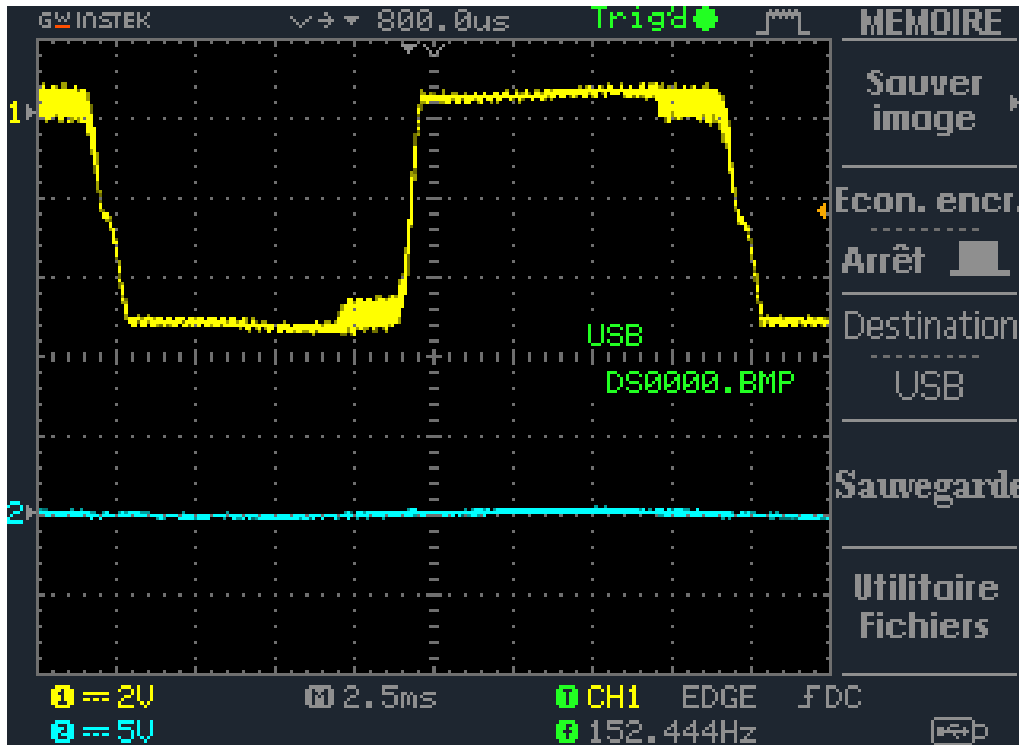


Figure II.11 : La tension de sortie (élevée) avec le signal de commande pour une tension d'entrée 5V.

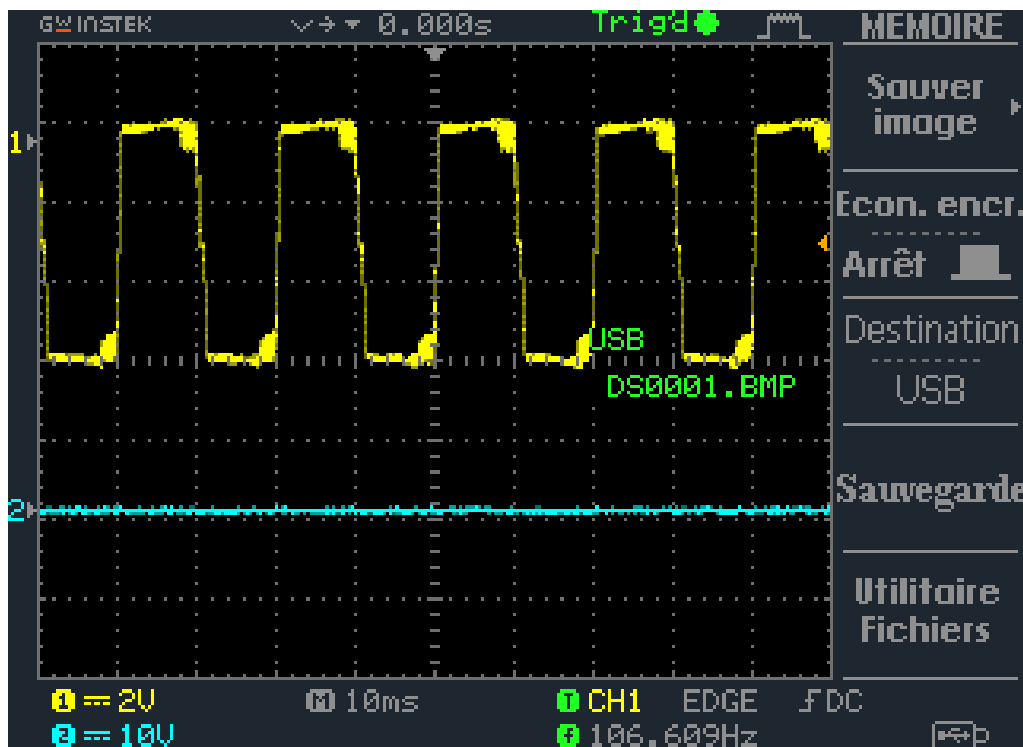


Figure III.12 : La tension de sortie (élevée) avec le signal de commande pour une tension d'entrée 3V.

A chaque fois qu'en variant le potentiomètre de la consigne, le rapport cyclique varie. On remarque que la tension de sortie reste constante à la tension désirée de 20V et ne varie pas avec la variation de la tension d'entrée. En outre, une réduction significative du dépassement a également été observée.

4. Conclusion

Cette commande en boucle fermée permet le convertisseur Boost de maintenir une tension de sortie constante.

Le convertisseur Boost proposé avec contrôleur PID offre une meilleure régulation de la tension, une réduction des dépassements et améliore les performances du convertisseur par rapport au convertisseur Boost classique.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le travail présenté dans ce mémoire vise à étudier les convertisseurs DC/DC.

En général, le travail de ces convertisseurs DC/DC est modifier le niveau de tension et réguler la tension.

L'étude a porté sur deux types de hacheurs: hacheur "Boost" et hacheur "Buck".

On a également essayé de mener des expériences sur hacheur "boost" et d'essayer de l'étudier et de mieux connaître le convertisseur DC/DC.

Dans le premier chapitre, on a parlé des hacheurs et de leurs types, ainsi que de leurs diverses utilisations et leurs principes de fonctionnements.

Dans le deuxième chapitre, on a parlé en particulier du hacheur élévateur et du hacheur abaisseur, en calculant chacun du capacité et de leur inductance, avec une représentation appliquée de la tension.

Dans le troisième chapitre, l'accent a été mis sur un hacheur, à savoir hacheur "boost", en expérimentant deux expériences sur ce convertisseur DC/DC, à savoir: "feedback" et "PID", il s'agit d'étudier la nature du changement de tension de sortie.

Les convertisseurs "boost" et "buck" sont simulés à l'aide de l'outil MATLAB/SIMULINK.

On a utilisé différentes valeurs pour les composants spéciaux (résistance, bobine, capacité, l'inductance), après cela on a enregistré les résultats réels et les résultats de simulation et pris des notes pour chacun d'eux.

Et à la fin, on peut dire que tous les hacheurs sont indispensables, en particulier hacheur "Boost", car il est présent dans presque tous les domaines de la vie, et on espère qu'il y aura des études sur son développement à l'avenir.

Bibliographie

- [1] : M.H. Rashid, Power Electronics Handbook, Academic Press, 2001, p. 220.
- [2] : M. Biswal, Master of Technology (Research), —control techniques for dc-dc buck converter with improved performance, National Institute of Technology , Rourkela, March 2011.
- [3] : Mohamed B. Debbat, Rochdi Bachir-Bouiadjra, Hafid A. Bouziane, Sliding mode control of two-level Boost DC-DC converter, 4th International Conference on Electrical Engineering IGEE, Boumerdes, December 13th -15th, 2015.
- [4] : http://www.electrosup.com/convertisseur_boost.php
- [5] : <http://projet.eu.org/pedago/sin/tutos/arduino.odt>
- [6] : www.arduinoHome.cc
- [7] : <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>
- [8] : B. Charaf Eddine, T.Abdel Kader « Étude et simulation d'un variateur de vitesse commande un moteur à courant continu », Mémoire de Master, Université Kasdi MerbahOuargla, 2016.
- [9] : B. W. Williams, "Power Electronics: Devices, Drivers, Applications and Passive Components", 2 Sub-Ed, Mcgraw-Hill, 1992.
- [10] : B. Issartel : « Conception d'un convertisseur DC/DC de type boost », Projet P10AB04, Centre universitaire des sciences et techniques (Polytech Clermont- Ferrand), France, 2010.
- [11] : EL M. Kamel « Dimensionnement d'un hacheur survolteur », Projet p09AB06, Centre universitaire des sciences et techniques (Polytech Clermont- Ferrand), France, 2009.
- [12] : B.Bayoub_D.Youcef « Simulation et réalisation d'un MPPT appliqué à un système de pompage » Mémoire de Projet de Fin d'Etudes: Electronique: Alger, Ecole Nationale Polytechnique, 2012.
- [13] : Ayeb Fakhreddine Conception et implémentation d'une commande PID numérique d'un moteur à courant continu, Mémoire Master Informatique Industrielle, Université Larbi Ben M'hidi d'Oum ElBouaghi, 2014.

[14] : AMANI Ahmed amine, «LE CONTROLE PID D'UN MOTEUR BRUSHLESS», Mémoire de Master Option Automatique et Informatique Industrielle :, Université de BADJI MOKHTAR ANNABA , 2019.

[15] hamochi hamid, « Conception & réalisation d'une centrale embarquée de la domotique « Smart Home », mémoire du projet de fin d'études, université Mohammed V, RABAT, 2015.

[16] BOT Khaled et Charif Ayache, « Système de sécurité anti-intrusion avec détecteur de mouvement et caméra suiveuse par une carte microcontrôleur Arduino », mémoire du projet de fin d'études, école supérieure des transmissions, ALGER, 2017.