

SOMMAIRE

Introduction

1. Cahier des charges

2. Généralités

2.1 Onduleurs DC / DC

2.2 Convertisseur abaisseur de type Buck

2.3 Convertisseur abaisseur /élevateur de type Buck-Boost

3. Prototype du Buck

3.1 Partie puissance de la carte

3.2 Partie commande de la carte

3.3. Relevés expérimentaux

Conclusion

Bibliographie

Annexes

Introduction

Les systèmes photovoltaïques sont utilisés depuis quelques années afin d'apporter une nouvelle alimentation en énergie sur de nombreuses applications, tout en préservant l'environnement. Cependant, ils ne sont vraiment apparus sur le marché que depuis quelques temps en raison de leur baisse de prix qui a ainsi permis d'avoir aujourd'hui l'essor qu'ils connaissent.

On a choisi de traiter ce sujet, en essayant de réaliser une alimentation pour une batterie de 12 volts par le biais de l'énergie solaire, pour découvrir une autre méthode de conversion d'énergie. Pour cela nous avons décidé de faire un convertisseur de tension continue-continue abaisseur élévateur de type BUCK-BOOST. Mais certains composants étant introuvables sur le marché, nous nous sommes vus contraints de ne réaliser un convertisseur abaisseur de type BUCK.

Nous exposerons donc dans une première partie, le cahier des charges qui nous a été délivré sur le fonctionnement pour la conversion d'énergie et sur les caractéristiques du panneau solaire que nous utiliserons. Puis dans un second temps nous montrerons quelques généralités sur la conversion DC-DC et sur l'étude du convertisseur de type BUCK-BOOST et de type BUCK. Enfin, nous ferons une description de notre prototype du convertisseur BUCK, en indiquant nos problèmes rencontrés, les modifications effectuées pour améliorer le montage et les quelques relevés montrant le bon fonctionnement de la carte.

1. Cahier des charges

1.1. Présentation du photovoltaïque

La conversion de la lumière en électricité a été découverte par le physicien Becquerel en 1839, mais il faudra attendre près d'un siècle pour que les scientifiques approfondissent et exploitent ce phénomène de la physique.

L'utilisation des cellules solaires débute dans les années quarante, dans le domaine spatial. Les recherches d'après-guerre ont permis d'améliorer leurs performances et leur taille, mais les gouvernements et les industriels n'investiront dans la technologie photovoltaïque que ses applications terrestres que dans les années 70, lors de la crise énergétique.

Les trois principaux usages des systèmes photovoltaïques sont pour environ :

- 5 % des petits appareils personnels,
- 15 % des systèmes raccordés à un réseau électrique,
- 80 % des alimentations des habitations, villages, équipements publics ou professionnels éloignés de tout réseau de distribution.

Pour notre étude, nous ne nous raccorderons pas au réseau électrique d'E.D.F., du fait du côté expérimental de notre montage. Ce sera alors une installation autonome constituée d'un générateur photovoltaïque (cf. figure 1), avec stockage de l'énergie dans une batterie qui nous fournira du courant alternatif afin d'alimenter notre téléviseur.

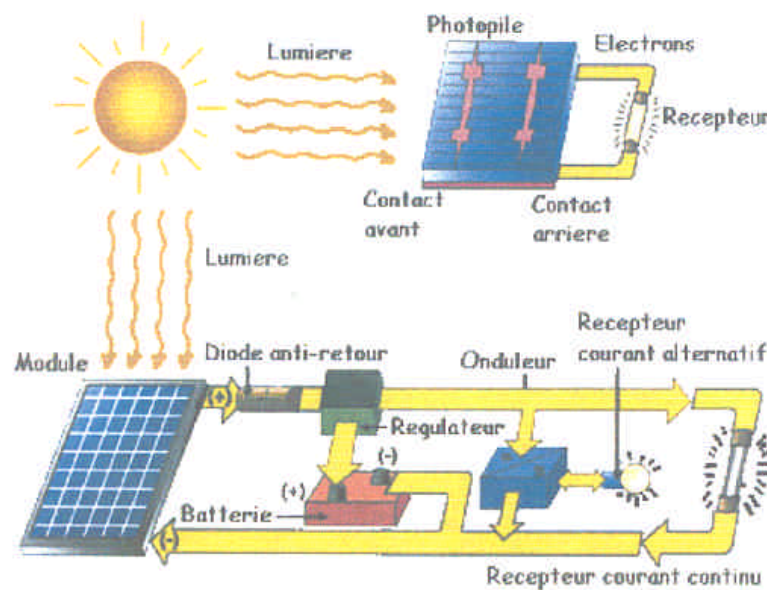


Figure 1 : Schéma de principe d'un générateur photovoltaïque autonome

Ainsi, les modules ou capteurs photovoltaïques, composés d'un ensemble de cellules connectées entre elles, transforment directement la lumière en électricité (ici, tension continue de 24 V). Ensuite, cette tension passe par un convertisseur abaisseur afin de fournir du 12 V continu à la batterie d'accumulateurs qui va stocker l'énergie pour la transmettre enfin à notre téléviseur par le biais d'un onduleur qui va convertir la tension continue en tension alternative, nécessaire pour le récepteur.

2. Généralités

2.1 Onduleurs DC/DC

Il existe deux types de variateurs de courant continu, l'abaisseur de tension qui est un convertisseur série et l'élevateur de tension qui lui est un convertisseur parallèle.

Ce sont des variateurs qui ont deux interrupteurs et qui ont le même schéma de fonctionnement :

- le premier interrupteur Q_1 permet de relier l'entrée à la sortie,
- le second interrupteur Q_2 court-circuite la source de courant quand Q_1 est ouvert.

Les états des deux interrupteurs doivent être complémentaires pour que la source de courant ne soit jamais en circuit ouvert et que la source de tension ne soit jamais court-circuitée.

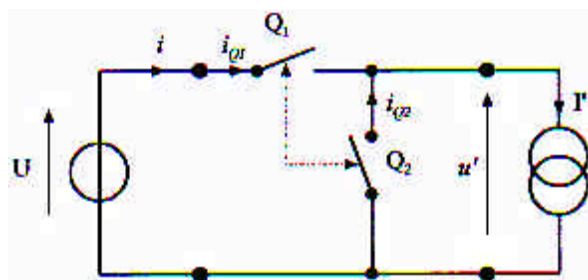
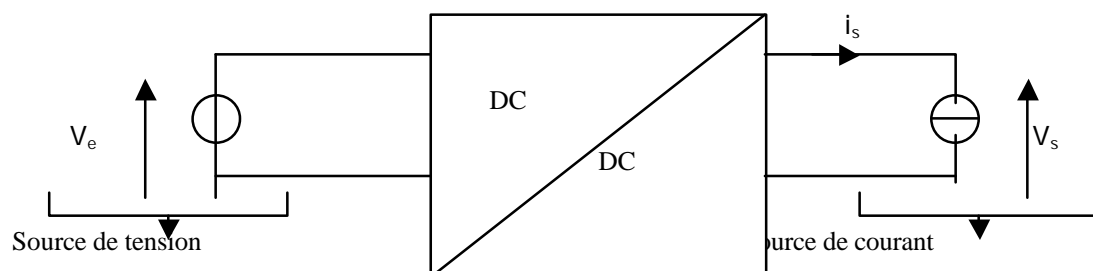


Figure 1. Représentation schématique d'un hacheur série.

Pour notre étude nous réaliserons un convertisseur série. Cet abaisseur de tension est un convertisseur direct :



On peut aussi avoir en alimentation une source de courant et prendre la source de tension comme charge. On ne peut pas avoir deux sources de même nature à l'entrée et à la sortie du convertisseur, car lors des commutations du convertisseur la charge et l'alimentation - pendant un court instant - se retrouvent directement connectées. Or nous savons que deux sources de même nature ne peuvent être reliées directement. Le hacheur série commande le débit d'une source de tension dans un récepteur de courant. Ce hacheur est constitué d'un interrupteur à ouverture et fermeture commandée - Q1 - entre la source et le récepteur, et d'un interrupteur à fermeture et ouverture spontanée - Q2 - en parallèle avec le récepteur.

2.2 Le convertisseur abaisseur de type Buck

Ce hacheur abaisseur est un convertisseur direct qui va nous permettre d'abaisser la tension fournie par le module photovoltaïque que (24 V) pour charger notre batterie en 12 V. Nous nous intéresserons plus particulièrement à la conduction continue du Buck.

Le principe de ce convertisseur est d'assurer la fluence d'énergie entre une source de tension continue du panneau solaire, et une source de courant continu de la batterie (cf. chapitre précédent).

2.2.1 Fonctionnement du Buck

La structure du hacheur Buck est constituée d'une seule cellule de commutation (cf. figure 3), avec deux états de fonctionnement.

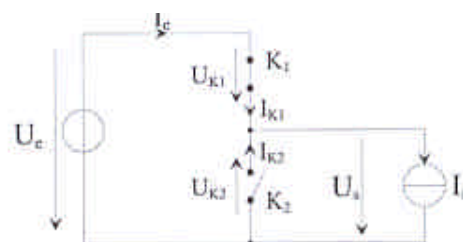


Figure 3. *constitution du hacheur abaisseur*

Ce hacheur possède ainsi deux états de fonctionnement par les mécanismes de ses interrupteurs :

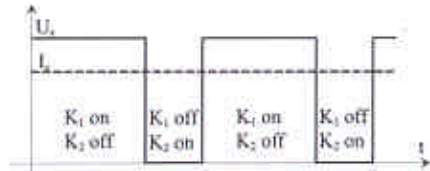
- lorsque K1 est passant et K2 est bloqué, on constate les conditions de fonctionnement suivantes ($T_{ON} = [0 ; \Delta T]$) :

$$\begin{cases} U_s = U_e & \text{grâce à} & U_{K2} = -U_e \\ I_e = I_s & \text{grâce à} & I_{K1} = I_s \end{cases}$$

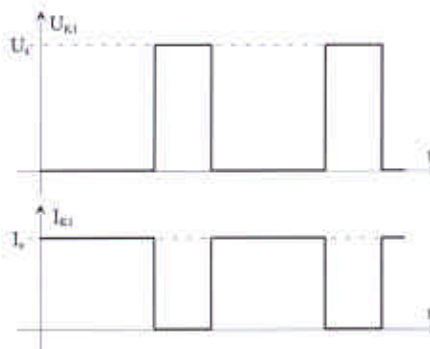
- lorsque K1 est bloqué et K2 est passant, on constate les conditions de fonctionnement suivantes ($T_{OFF} = [\alpha T ; T]$) :

$$\begin{cases} U_s = 0 & \text{grâce à} & U_{K1} = U_e \\ I_e = 0 & \text{grâce à} & I_{K2} = I_s \end{cases}$$

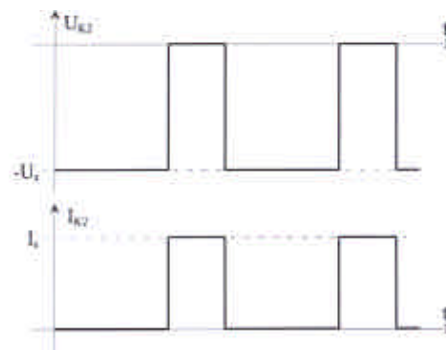
De ces états de commutation des interrupteurs K1 et K2, on en déduit leurs caractéristiques statiques (cf. figure 4).



Caractéristiques des grandeurs de sortie



Caractéristiques des grandeurs constituant l'interrupteur K1



Caractéristiques des grandeurs constituant l'interrupteur K2

Figure 4. Caractéristiques des grandeurs électriques du hacheur Buck

Nous pouvons résumer le fonctionnement du convertisseur un quadrant en deux points importants. D'une part, le hacheur Buck fonctionne en commutation naturelle, c'est à dire que l'amorçage commandé de K1 entraîne le blocage spontané de K2, et vice-versa. D'autre part, par l'étude de K1 et K2, on peut définir les natures de ces interrupteurs :

- ✓ l'interrupteur K1 doit pouvoir supporter une tension positive et conduire un courant positif. De plus, on doit pouvoir commander son amorçage et son blocage. On peut donc en déduire que K1 devra être de type transistor.
- ✓ l'interrupteur K2 doit pouvoir supporter une tension inverse et conduire un courant positif. De plus, ses commutations de blocage et d'amorçage doivent être spontanées par rapport à K2. On en déduit donc que K1 sera de type diode.

De cette étude en découle un schéma du convertisseur Buck (cf. figure 5).

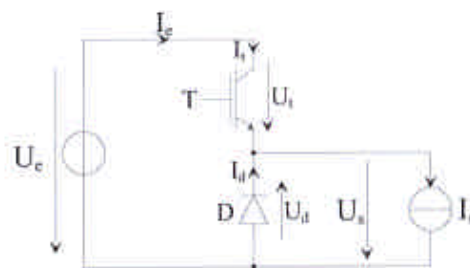


Figure 5. Schéma simplifié du hacheur Buck

Etant donné que l'on veut charger une batterie, on remplacera la source de courant continu par une charge R et un condensateur C , qui apparaîtront comme un récepteur de tension. A cela, il faut ajouter une inductance L en série, afin de rétablir le caractère de récepteur de courant vis-à-vis de la sortie du variateur de courant continu (cf. figure 6).

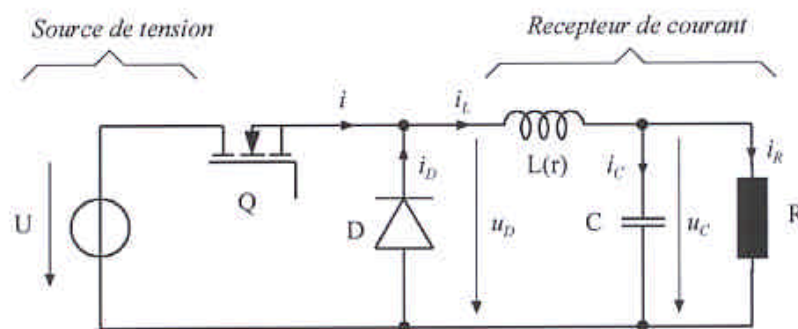
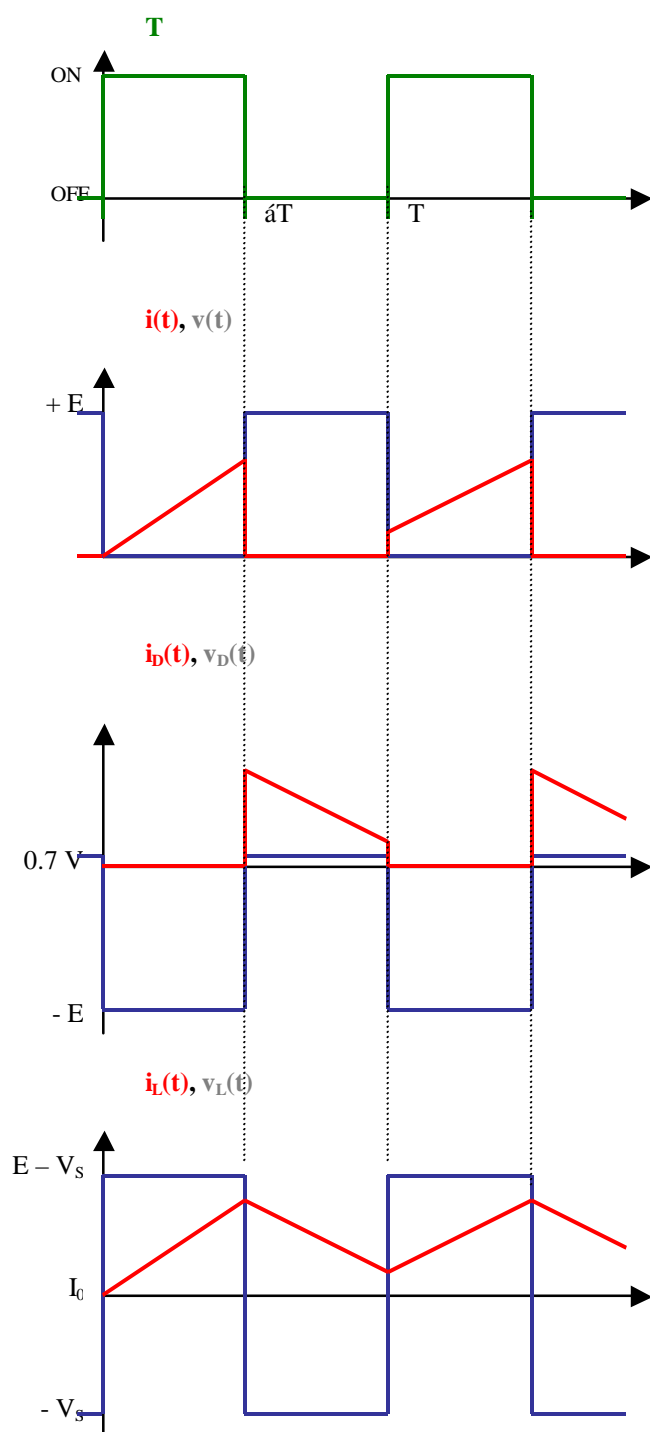


Figure 6. Schéma détaillé de l'alimentation abaisseuse de tension de type Buck

2.2.2. Relations fondamentales du Buck

Pour définir les relations fondamentales du hacheur abaisseur, il faut se référer aux formes d'ondes des courants et tensions dans le convertisseur, en prenant comme référence le signal de commande du transistor :



2.2.3. Etudes des courants caractéristiques du Buck

avec α : rapport cyclique de commutation, $\alpha = \alpha T / T$

➤ Courant moyen dans la charge

Pour $t \in [0; \alpha T]$, et sachant que l'ondulation de la tension aux bornes du condensateur est négligeable, on a : $i_C(t) = i_L(t) - i_R(t)$

Pour $t \in [\alpha T; T]$, on a : $i_C(t) = i_L(t) - i_R(t)$

De plus, en régime permanent, le courant moyen est nul, donc par conséquent, on a :

$$I_R = I_L$$

➤ Courant moyen fourni par la source de tension

Pour $t \in [0; \alpha T]$, on a : $i(t) = i_L(t)$

Pour $t \in [\alpha T; T]$, on a : $i(t) = 0$

Par conséquent, le courant moyen fourni par la source de tension vaut :

$$I = \alpha \cdot I_L = \alpha \cdot I_R$$

➤ Ondulation du courant dans l'inductance

Pour $t \in [0; \alpha T]$, le transistor conduit et la diode est bloquée, on a :

$$\ddot{\Delta} I_L = [(U \cdot T) / Z_L] \cdot (1 - \alpha) \cdot \alpha$$

Pour $t \in [\alpha T; T]$, le transistor est bloqué et la diode conduit, on a :

$$\ddot{\Delta} I_L = - [(U \cdot T) / Z_L] \cdot (1 - \alpha) \cdot \alpha$$

On en détermine donc l'ondulation de courant dans l'inductance suivante :

$$\ddot{\Delta} I_L = [(U \cdot T) / Z_L] \cdot (1 - \alpha) \cdot \alpha$$

➤ Conclusion

En conduction continue, l'alimentation abaisseur de tension est équivalente à un transformateur DC où le rapport du nombre de spires de celui-ci peut-être continuellement contrôlé électroniquement entre 0 et 1 par variation du rapport entre le temps d'enclenchement αT et la période de pulsation T .

Pour un temps d'enclenchement donné, la tension de sortie est très peu dépendante de la charge.

2.3. Convertisseur abaisseur élévateur BUCK-BOOST

Ce hacheur abaisseur/élévateur est un convertisseur direct qui va nous permettre de fournir une tension plus faible ou plus élevée pour charger notre batterie en 12 volts suivant la tension appliquée en son entrée. Cette variation de tension est dépendante de la valeur du rapport cyclique.

2.3.1. Fonctionnement du BUCK-BOOST

La structure du hacheur BUCK-BOOST est constituée d'une seule cellule de commutation (cf. figure 8), avec 2 états de fonctionnement complémentaires.

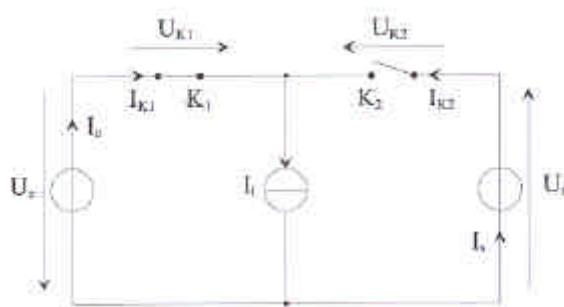


Figure 8 : constitution du hacheur élévateur abaisseur

Ces 2 états de fonctionnement sont gérés par le mécanisme de ces 2 interrupteurs K1 et K2 :

- lorsque K1 est passant et K2 bloqué pendant $T_{on} = [0 ; aT]$, les relations de fonctionnement sont les suivantes :

$$\begin{array}{ll} U_{K1} = 0 & U_{K2} = -U_e - U_s \\ I_{K1} = I_L & I_K = 0 \end{array}$$

- lorsque K1 est bloqué et K2 passant pendant $T_{off} = [aT ; T]$, les relations de fonctionnement sont les suivantes :

$$\begin{array}{ll} U_{K1} = U_e + U_s & U_{K2} = 0 \\ I_{K1} = 0 & I_{K2} = I_L \end{array}$$

De ces états de commutation des interrupteurs K1 et K2 on en déduit leur caractéristiques statiques (Cf figure 9) :

Figure 9 : caractéristiques statiques

Nous pouvons résumer le fonctionnement du convertisseur BUCK-BOOST en 3 points importants :

- le hacheur BUCK-BOOST fonctionne en commutation naturelle, c'est-à-dire que l'amorçage et le blocage commandés de K1 entraînent respectivement le blocage et l'amorçage spontané de K2. ;
- l'interrupteur K1 doit supporter une tension positive, doit pouvoir conduire un courant positif et toutes ses commutations doivent être commandées : cet interrupteur devra être un transistor. En revanche l'interrupteur K2 doit supporter une tension inverse, doit pouvoir conduire un courant positif et son amorçage et son blocage doivent être spontanés : ce sera donc une diode.
- On peut dimensionner les interrupteurs K1 et K2 : leur courant sera fixé par la source de courant I_L et leur tension n'est pas fixée par la valeur de l'une ou

l'autre des sources U_e et U_s comme le Buck mais par la somme de celles-ci. (K1 doit pouvoir bloquer une tension $U_e + U_s$ et K2, une tension $-U_e - U_s$).

De cette étude en découle le schéma du convertisseur BUCK-BOOST (Cf. figure 10) :

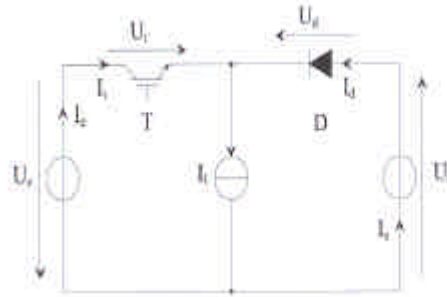


Figure 10 : schéma simplifié du hacheur BUCK-BOOST

Contrairement au hacheur BUCK, ce convertisseur est constitué de deux sources de tension et d'une source de courant :

- une source de tension U_e qui fournit de la puissance, elle représente donc notre panneau solaire ;
- une source de tension U_s qui est la charge et correspondra donc à notre batterie ;
- une source de courant I_L , où nous avons placé une inductance L dont la nature source de courant requise lui sera conférée par le caractère « inertie de courant » (commutation de T et de D).

On en déduit le schéma détaillé du convertisseur BUCK-BOOST (Cf. figure 11) :

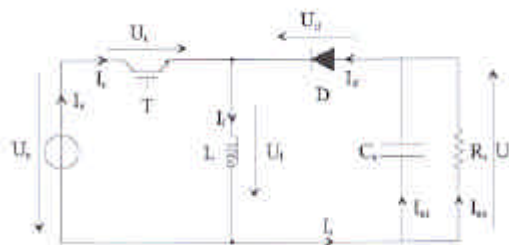
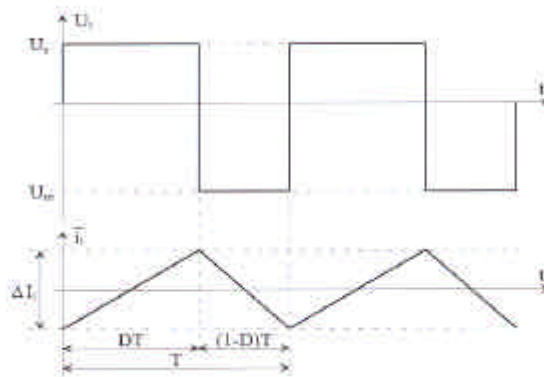


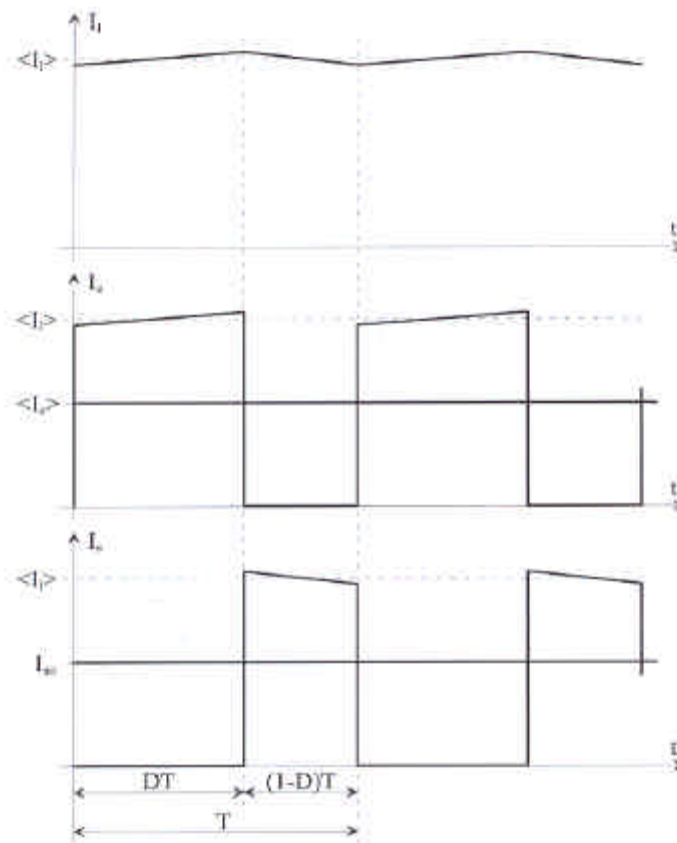
Figure 11 : schéma détaillé de l'alimentation abaisseuse élévatrice de tension.

2.3.2. Relations fondamentales du BUCK-BOOST

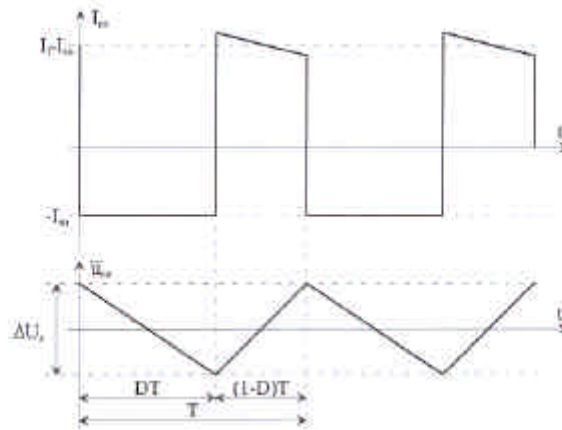
Pour définir les relations fondamentales du hacheur abaisseur élévateur, on se référera aux formes d'ondes des courants et tensions du convertisseur, dans sa nature élévatrice. Pour sont fonctionnement en abaisseur, ses formes d'ondes en seront voisines :



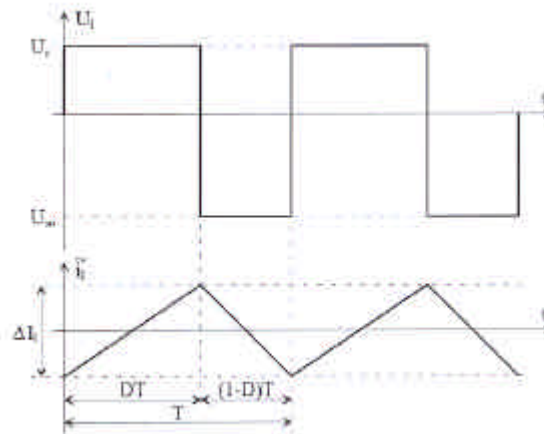
Tension U_1 aux bornes de l'inductance



Courant en sortie du convertisseur



Ondulation de la tension de sortie



Ondulation du courant dans l'inductance

2.3.3. Etudes des courant et tensions caractéristiques du BUCK

BOOST

❖ valeur moyenne U_{s0} de U_s

Pour $T = T_{on}$ on a $U_L = U_e$ et pour $T = T_{off}$ on a $U_L = -U_{s0}$.

Sachant que la tension moyenne aux bornes de l'inductance est nulle, on trouve :

$$U_{s0} = U_e \cdot (a/1-a)$$

❖ ondulation du courant IL

Pour $T = T_{on}$ le transistor est amorcé donc $U_L = U_e$, pour $T = T_{off}$ la diode est amorcée donc $U_L = -U_{s0}$

Pendant la phase T_{on} on a $U_L = L\Delta I_L/aT$, on en déduit

$$\Delta I_L = U_e * a / LF.$$

❖ Conclusion

En conduction continue la tension moyenne de sortie ne dépend que du rapport cyclique.

3. Prototype du Buck

...

si $P_f = 0$ $R_t = \dots$

Modification pouvant être apportée

...

Conclusion

...

Bibliographie

...

Annexes

...