

## II.1. Introduction

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, ou pour alimenter une charge continue [11], [14].

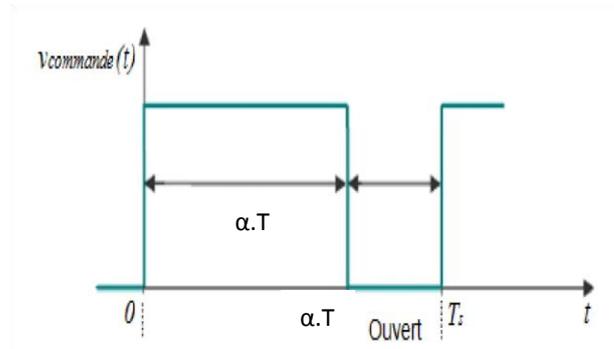


Fig. II.1 : Tension de commande du commutateur durant une période de commutation.

## II.2. Les types des convertisseurs DC-DC

Il y a un plusieurs topologies des convertisseurs DC-DC. Elles sont classées par catégorie, selon que la topologie isolée ou non isolée. Les topologies isolées emploient un transformateur d'isolement fonctionnant à haute fréquence. Elles sont très employées souvent dans les alimentations à découpage. Les topologies les plus connues dans la majorité des applications sont le Fly back, en demi-point et en pont complet. Dans les applications photovoltaïques (PV), les systèmes de couplage avec le réseau électrique emploient souvent ces types de topologies quand l'isolement électrique est préféré pour des raisons de sûreté [14].

Les topologies non isolées ne comportent pas de transformateurs d'isolement. Elles sont généralement utilisées dans l'entraînement des moteurs à courant continu.

- Abaisseurs (Buck).
- Élévateurs (Boost).
- Élévateurs - Abaisseurs (Buck-Boost).

La topologie Buck est employée pour les faibles tensions. Dans les applications PV, le convertisseur Buck est habituellement employé come chargeur de batteries et dans des systèmes de pompage de l'eau.

La topologie Boost est employée pour augmenter la tension. Les systèmes de production de l'énergie emploient un convertisseur Boost pour augmenter la tension de sortie au niveau de service avant

l'étage de l'onduleur. Puis, il y a des topologies capables d'augmenter et de diminuer la tension tel que le Buck-Boost, le Cuk, et le Sepic.

Le tableau II.1 résume les principaux rapports de transformation en fonction du rapport cyclique pour les différentes structures de convertisseurs statiques avec et sans isolement galvanique. Où  $\alpha$  désigne le rapport cyclique du convertisseur et  $K$  le rapport de transformation du transformateur d'isolement [15].

### II.2.1. Hacheur dévolteur (Buck)

Le convertisseur dévolteur a pour rôle principal de convertir la tension d'entrée en une tension de sortie inférieure.

La figure (III.2) présente son circuit idéal.

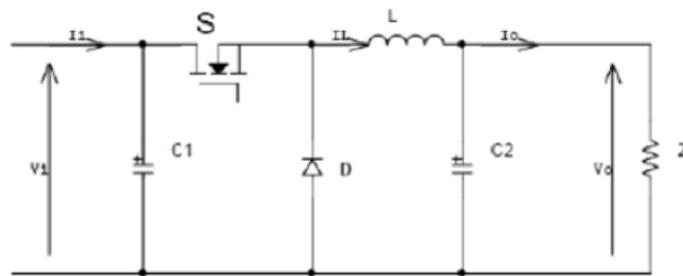


Fig. II.2 : Circuit idéal du convertisseur dévolteur (Buck)

Commutation T. Pendant le temps de fermeture ( $t \in [0, \alpha.T]$ ), la diode se bloque et un courant circule dans la charge à travers l'inductance, cette dernière se charge alors d'énergie. Dès que le commutateur s'ouvre ( $t \in [\alpha.T, T]$ ), la source et la charge ne sont plus en contact, la diode se sature et l'inductance libère une énergie à la charge avec une diminution du courant  $I_L$ .

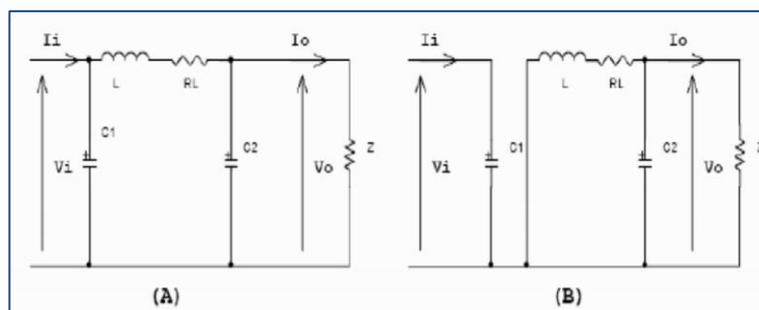


Fig. II.3 : Circuits équivalents du convertisseur Buck pendant une période de commutation(A) et (B).

(A) : pendant le temps de fermeture ( $t \in [0, \alpha .T]$ )

(B) : pendant le temps d'ouverture ( $t \in [\alpha .T, T]$ )

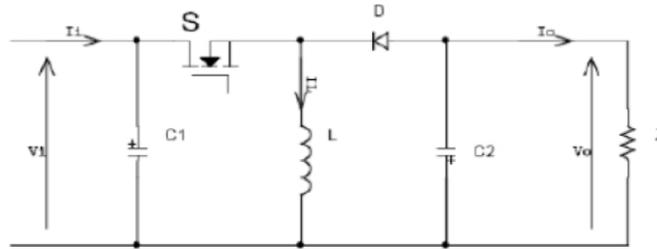
Le rapport de conversion d'un hacheur est le rapport entre la tension d'entrée  $V_i$  et la tension de sortie  $V_o$ . Pour un hacheur dévolteur, il est donné sous la forme suivante :

Donc le convertisseur Buck est un abaisseur de tension.

$$v(\alpha) = \frac{V_0}{V_i} = \alpha$$

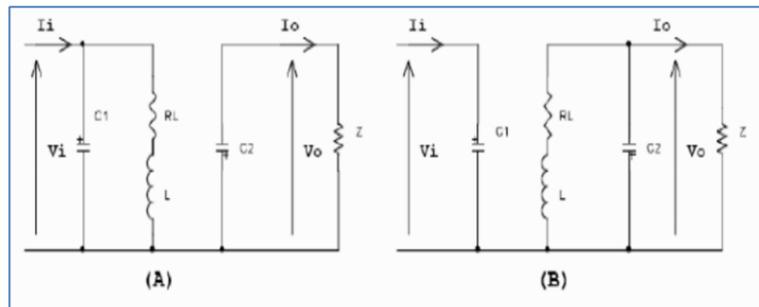
**II.2.2. Hacheur dévolteur-survolteur (Buck-Boost)**

Le convertisseur dévolteur-survolteur (ou Buck-Boost) combine les propriétés des deux hacheurs déjà étudiés. Il peut être employé pour transformer idéalement n'importe quelle tension continue d'entrée en n'importe quelle tension continue de sortie [15]. La figure (II.4) illustre son circuit idéal.



**Fig. II.4 : Circuit idéal du convertisseur dévolteur- survolteur (Buck-Boost)**

La figure (II.5) explique le fonctionnement du convertisseur Buck-Boost durant une période de commutation T. Pendant le temps de fermeture ( $t \in [0, \alpha . T]$ ), la tension de la source est appliquée à l'inductance qui se charge d'énergie. Durant la période d'ouverture ( $t \in [\alpha . T, T]$ ), la tension de l'inductance se trouve appliquée à la charge R et son courant circule dans le sens inverse des aiguilles d'une montre à travers la diode D. Ainsi, la tension de sortie V0 du convertisseur sera négative.



**Fig. II.5 : Circuits équivalents du convertisseur Buck-Boost pendant une période de commutation (A) et (B).**

(A) pendant le temps de fermeture ( $t \in [0, \alpha . T]$ )

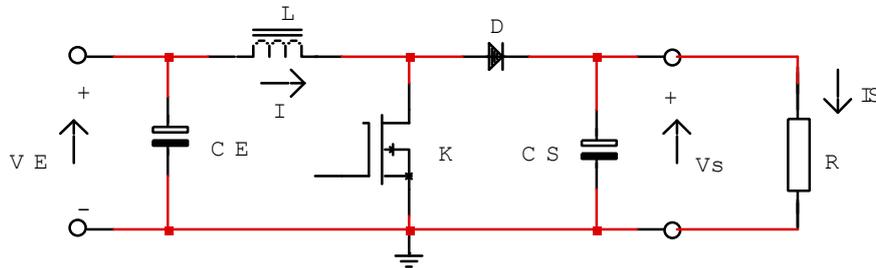
(B) : pendant le temps d'ouverture ( $t \in [\alpha . T, T]$ )

Le rapport de conversion d'un hacheur Buck-Boost est une relation non linéaire, il est donné par l'expression suivante :

$$v(\alpha) = \frac{V_0}{V_i} = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

**II.2.3. Hacheur survolteur(BOOST)**

Le convertisseur Boost est connu par le nom d'élévateur de tension peut être représenté par le circuit de la figure (II.6)



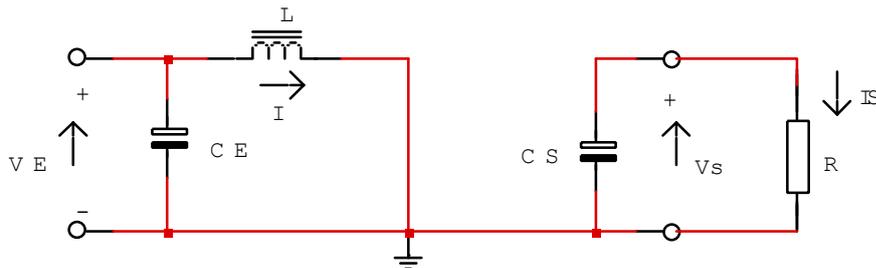
**Fig. II.6 : Schéma d'un convertisseur Boost**

C'est un convertisseur direct DC–DC. La source d'entrée est de type courant continu (inductance en série avec une source de tension) et la charge de sortie est de type tension continue condensateur(C) en parallèle avec la charge résistive(R). L'interrupteur K1 peut être remplacé par MOSFAT puisque le courant est toujours positif et que les commutations doivent être commandées (au blocage et à l'amorçage). [12]

**II.2.3.1. Fonctionnement**

Phase 1 :  $(0 < t < \alpha T)$

L'interrupteur K est fermé, la diode D est bloquée. Représenter dans la figure(II.7) : [12]



**Fig. II.7 : schéma d'un convertisseur Boost (K fermé)**

On a :

$$V_e = L \frac{di}{dt} \quad \text{d' où} \quad i(t) = I_m + \frac{V_e}{L} t$$

A l'instant  $t = \alpha T$  le courant dans l'inductance atteint la valeur crête :

$$I M = I_m + \frac{V_e}{L} \alpha T \tag{II.1}$$

Phase 2 :  $(\alpha T < t < T)$

A  $t = \alpha T$  on ouvre l'interrupteur K. La diode D devient conductrice, Représenter dans la figure(II.9) :

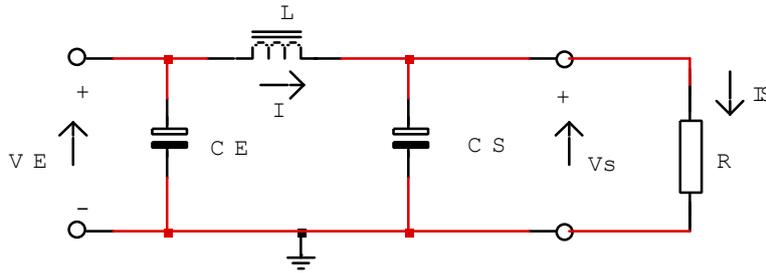


Fig. II.8 : schéma d'un convertisseur boost (K ouvert)

$$V_e - V_s = L \frac{di}{dt} \quad \text{où} \quad V_s - V_e = -L \frac{di}{dt}$$

$$i(t) = I_M + L \frac{V_s - V_e}{L} (t - \alpha T)$$

A l'instant  $t = T$  le courant dans l'inductance atteint sa valeur minimale :

$$I_m = I_M + \frac{V_s - V_e}{L} (1 - \alpha) T \quad (\text{II.2})$$

Soit  $\Delta I$  l'ondulation du courant dans l'inductance :  $\Delta I = I_M - I_m$

De l'équation (1) on tire :

$$\Delta I = I_M - I_m = \frac{V_e}{L} \alpha T$$

Et de l'équation (2) :

$$\Delta I = I_M - I_m = \frac{V_s - V_e}{L} (1 - \alpha) T$$

En combinant ces deux relations, on peut établir l'expression de la tension de sortie :

$$V_s = \frac{V_e}{(1 - \alpha)} \quad (\text{II.3})$$

On constate que la tension de sortie du convertisseur ne dépend que de la tension d'entrée et du rapport cyclique  $\alpha$ . Celui-ci étant toujours compris entre 0 et 1, le convertisseur est toujours élévateur de tension.

On notera que la tension de sortie est théoriquement indépendante de la charge. Dans la pratique, la boucle de régulation ne devra donc compenser que les variations de la tension d'entrée et les imperfections des composants réels.

La stratégie de régulation qui semble la plus évidente est la modulation de largeur d'impulsion (MLI) à fréquence fixe et rapport cyclique  $\alpha$  variable. [12]

### II.2.3.2. Courant moyen d'entrée

Tous les éléments étant supposés parfaits, le rendement théorique de ce convertisseur est égal à 1. On peut donc écrire :

$$V_S I_S = V_E I_E$$

En combinant avec l'équation (3), on établit l'expression du courant d'entrée :

$$I_E = \frac{I_S}{(1-\alpha)} \quad (\text{II.4})$$

### II.2.3.3. Limite de fonctionnement en conduction continue

Lorsque le courant de sortie  $I_S$  diminue, par exemple par augmentation de la résistance  $R$ , le circuit peut passer en conduction discontinue (le courant s'annule au cours de la période).

On montre que l'expression de la tension de sortie s'écrit alors :

$$V_S = V_E \left\{ \frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{RT}{2L} \alpha^2} \right\} \quad (\text{II.5})$$

On remarque la tension de sortie n'est plus indépendante de la charge et de la fréquence. Il est donc important de connaître la limite de fonctionnement en conduction continue.

La valeur moyenne du courant traversant la diode (donc transitant vers la charge durant la phase 2) est égale au courant de sortie  $I_S$ .

$$I_S = \frac{1}{T} \int_0^T I_D dt = \frac{1}{T} \int_{\alpha T}^T \left[ I_M + L \frac{V_S - V_E}{L} (t - \alpha T) \right] dt \quad (\text{II.6})$$

La limite de conduction continue étant atteinte pour  $I_M = 0$ , on tire de l'équation (1) :

$$I_M = \frac{V_E}{L} \alpha t \quad (\text{II.7})$$

En portant cette expression dans l'équation précédente, on détermine l'expression de la valeur minimale du courant de sortie permettant de rester en conduction continue [12].

$$I_{S \min} = \frac{(1-\alpha)}{2} \Delta I \quad (\text{II.8})$$

Le rapport de conversion d'un hacheur Boost est donné sous la forme suivante :

$$v(\alpha) = \frac{V_0}{V_i} = \frac{1}{1-\alpha}$$

Donc le convertisseur Boost est un élévateur de tension.

II.2.3.4. Les ondulations

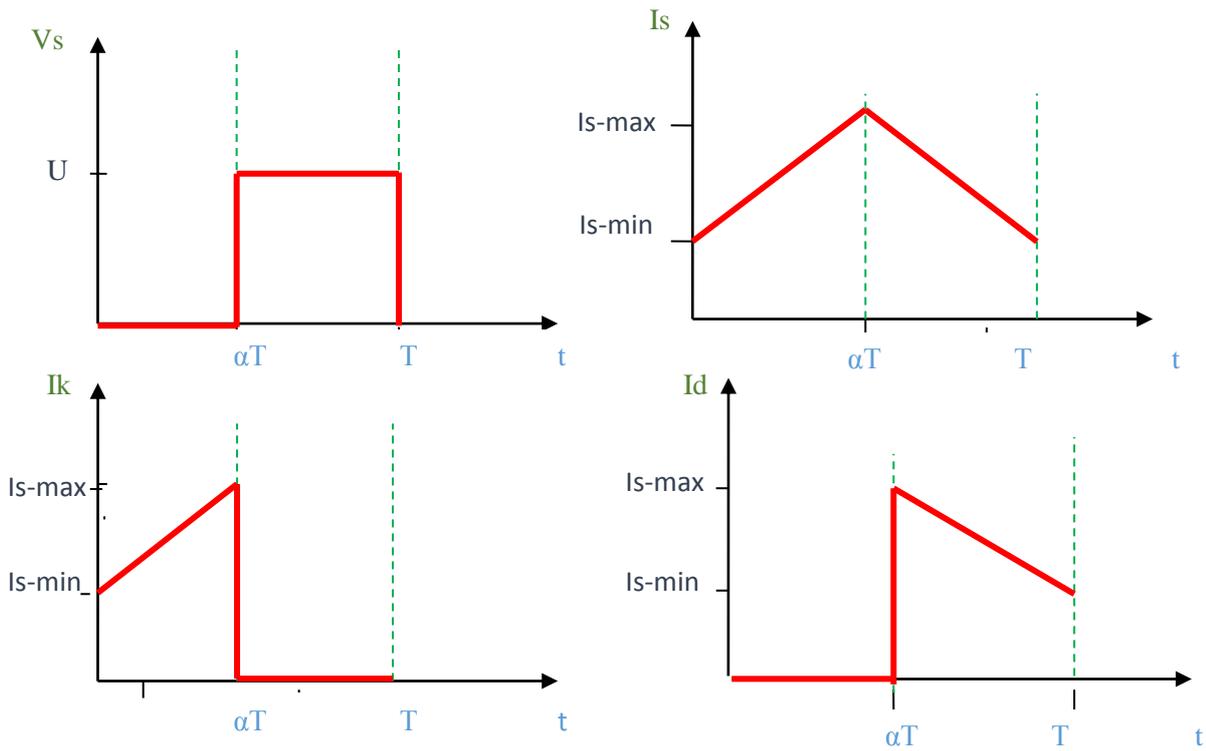


Fig. II.9 : schéma des ondes

Tableau II.1 : Rapports de transformation des principaux convertisseurs DC-DC

Convertisseur	Rapport de transformation en fonction de ( $\alpha$ )	Isolement galvanique
Buck	$\alpha$	Non
Boost	$\frac{1}{1 - \alpha}$	Non
Buck-Boost	$\frac{\alpha}{1 - \alpha}$	Non
Cuk	$\frac{\alpha}{1 - \alpha}$	Non
Sepic	$\frac{-\alpha}{1 - \alpha}$	Non
Flyback	$\frac{K\alpha}{1 - \alpha}$	Oui
Puch-puul	$K\alpha$	Oui
Forward	$K\alpha$	Oui

### **II.2.3.5. Avantage de convertisseur BOOST**

Le convertisseur Boost est le plus approprié aux systèmes photovoltaïques avec le suiveur du point de puissance maximale (MPPT) puisque le convertisseur fonctionne au mode de courant continu extrayant autant de puissance que possible à partir des cellules solaires. Par conséquent le rendement énergétique du convertisseur Boost peut être plus grand que d'autres convertisseurs. Le convertisseur Boost est généralement employé pour obtenir une tension plus élevée de sortie [13].

### **II.3. Conclusion**

Nous avons présenté les caractéristiques électriques des convertisseurs statiques (convertisseur DC-DC) et en distingue trois modèle d'un convertisseur statique continu\_continu (Buck, Boost, Buck-Boost).

On basé sur le fonctionnement d'un hacheur Boost pour obtenir une tension élevé, nous constatons que la tension de sortie peut être, ajusté en jouant sur la valeur du rapport cyclique.