



*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de*  
*la Recherche Scientifique*



**Université de L'ARBI Tébessa Tébessa**

**Institut Des Mines**

**Électromécanique minier**

**MEMOIRE DE MASTER MEMOIRE DE FIN D'ETUDES POUR L'OBTENTION DU**

**DIPLOME DE MASTER EN**

**Thème**

# **Modélisation et commandé d'un hacheur élevateur**

**Présenté par :**

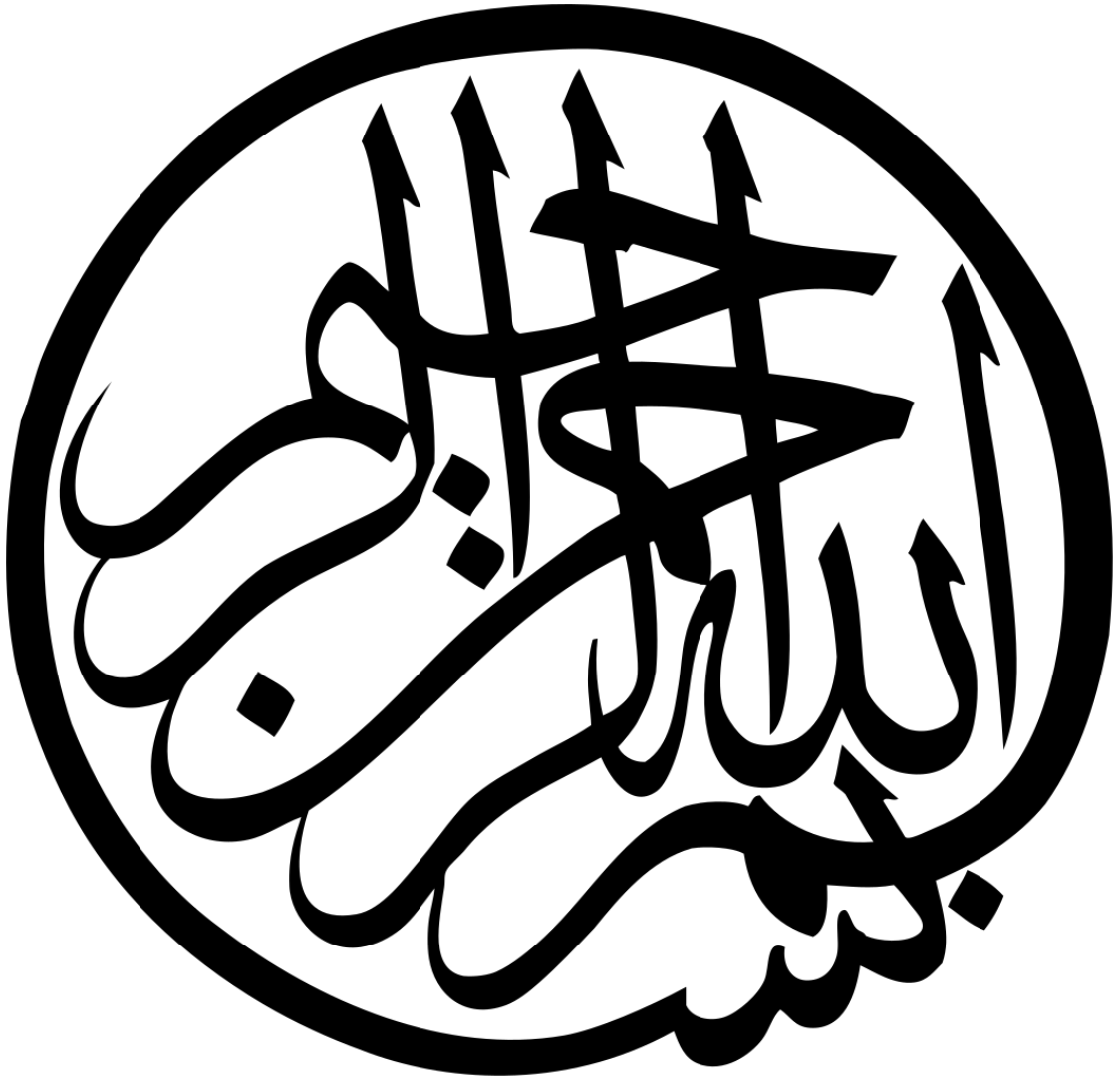
**DjéfafliaHichem**

**HattabHoussamEddine**

**Devant les jurys :**

<b>Président :</b>	<b>M. Houam Alla</b>	<b>MAA</b>	<b>Université Larbi Tébessi</b>
<b>Examineur</b>	<b>M. Attia Moussa</b>	<b>MAA</b>	<b>Université Larbi Tébessi</b>
<b>Rapporteur :</b>	<b>M. DaouadiRebah</b>	<b>MAA</b>	<b>Université Larbi Tébessi</b>

**Année universitaire 2019/2020**



---

# Remerciement

*Le plus grand remerciement à ALLAH, créateur de l'univers de nous avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur*

*Ce travail a été revu, rectifié et approuvé par notre promoteur Mr DAOUADI R, nous remercions d'abord pour nous avoir fait confiance, pour nous avoir encadré et dirigé, ensuite pour ses conseils précieux, ces orientations judicieuses et ces directives efficaces. Qu'il trouve ici l'expression de notre profonde gratitude et respect.*

*A Mr le président et Mr l'examineur, Qui nous ont fait l'honneur d'accepter la présidence et l'examen de notre mémoire. Hommages respectueux.*

*Enfin, je tiens à exprimer ma reconnaissance à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

---

---

## DÉDICACE

J'ai eu la chance de l'avoir dans ma vie pendant de nombreuses années, et je suis reconnaissant pour chacun d'entre eux. Elle m'a guidé à travers la vie avec compassion, sagesse et générosité, car ce sont ces choses qui résument qui elle est. Ce travail est absolument pour elle,

Ma Mère, Que Dieu Ait Pitié D'elle.

J'ai dédié ce mémoire à mon père, qui m'a encouragé à le faire  
Procéder

Mes frères. Ma sœur.

Ma famille et tous mes proches.

Et pour tous ceux qui me connaissent et qui dépendent de moi ... tout  
le monde mes amis.

---

# Sommaire

INTRODUCTION GENERALE .....	IX
<i>Chapitre I Généralité sur les hacheurs</i> .....	<i>1</i>
I.1. Introduction .....	1
I.2 Généralité sur les hacheurs. ....	1
I.2.1. Domaine d'utilisation des hacheurs.....	3
I.2.2. Types des hacheurs.....	3
I.2.2.1 Les hacheurs réversibles .....	3
I.2.2.2 Les hacheurs non réversibles.....	5
I.2.3. Analyse et choix du convertisseur .....	7
I.2.3.1. Avantage de convertisseur BOOST .....	8
I.2.4. Eléments constitutifs d'un hacheur .....	8
I.2.4.1. Généralité .....	8
I.2.4.2. Interrupteur commandable.....	8
I.3. Conclusion .....	12
<i>Chapitre Modélisation et dimensionnement</i> .....	<i>13</i>
II.1. Introduction.....	13
II.2. Description et hypothèses simplificatrices .....	13
II.2.1. Description de la structure .....	13
II.2.2. Hypothèses simplificatrices .....	14
II.3. Fonctionnement.....	15
II.4. Modélisation du hacheur élévateur « BOOST » .....	15
II.4.1. Expression généralisée d'une charge continue.....	15
II.4.2. Modélisation par analyse séquentielle.....	16
II.4.3. Performances statiques et dynamiques. ....	19
II.5. Dimensionnement du hacheur .....	24
II.5.1. Dimensionnement de l'inductance .....	26
II.5.2. Dimensionnement du condensateur de sortie.....	27
II.6. Conclusion .....	28
Chapitre III Simulation d'un hacheur élévateur .....	29
III.1. Introduction,.....	29
III.2. MODÉLISATION MATHÉMATIQUE DU SYSTÈME ÉTUDIÉ .....	29

III. 3. STRATÉGIE DE CONTRÔLE .....	30
III. 3.1. Modèle flou T-S du système PV .....	31
III.4. Résultats de la simulation .....	34
III.5. Conclusion .....	39
Conclusions Générales.....	40
Références Bibliographiques .....	41

---

## Liste des figures

Figure I.1 : schéma de principe du hacheur .....	2
Figure I.2: Schéma de principe d'un hacheur réversible en tension .....	4
Figure I.3: Schéma de principe d'un hacheur réversible en courant .....	4
Figure I.4: Schéma de principe d'un hacheur réversible en courant et en tension.....	4
Figure I.5: schéma réel du Convertisseur buck .....	5
Figure I.6: Convertisseur survolteur (boost).....	5
Figure I.7: Schéma Circuitélectrique de base du hacheur dévolteur-survolteur .....	6
FigureI.8 :Représentation générale des hacheurs non réversibles.....	7
Figure I.9 : zones approximatives(Courant/fréquence, tension/fréquence).....	9
FigureI.10 : Symbole des Transistors MOSFET .....	9
Figure I.11 : Symbole d'un Thyristor SCR.....	10
Figure I.12 : Symbole des Transistor bipolaire BJT de type NPN et PNP .....	10
Figure I.13 : Symbole d'un Transistor bipolaire à grille isolée IGBT.....	11
FigureII.1 : Schéma de base d'un hacheur de type BOOST.....	14
Figure II.2 : Le circuit La commutation Etat ON.....	16
Figure II.3 : Le circuit La commutation Etat OFF .....	17
FigureII.4 : l'hacheurboost.....	24
Figure II.5 : formes d'ondes du convertisseur boost.....	26
FigureIII.1: circuit équivalent de panneau PV .....	29
Figure III.2: Structure du système Structure du système photovoltaïque.....	31
Figure III.3:Bloc de stratégie de contrôle .....	31
Figure III.4: Profil de température.....	36
Figure III.5: Évolution de l'irradiation.....	37
Figure III.6: Évolution du courant PV.....	37
Figure Figure III.7: Suivi de la référence de tension .....	37
Figure III.8: évolution du cycle de service .....	38
Figure III.9: Puissance générée.....	38

---

## Liste des tableaux

---

Tableau I.1: <i>Rapports de transformation des principaux convertisseurs DC-DC</i> .....	6
Tableau I.2 . Rendement des quelques convertisseurs DC-DC.....	7
Tableau I.3 . Propriétés relatives des interrupteurs commandables.....	11
Tableau II.1: L'expression de la charge en modèle dynamique et point de fonctionnement....	16
Tableau II.2: Les performances statique d'un système.....	19
Tableau II.3: Les performances d'un système représenté par un modèle mathématique .....	22
Tableau III.1 : Tableau des valeurs numériques. ....	35
Tableau III.2: BASE DE DONNÉES FLOUE MPPT. ....	35



## Listes des Acronymes et Symboles

### Acronymes

CCM Continuous Conduction Mode

DCM Discontinuous Conduction Mode

DC / DC : conversion continue / continue

K : Interrupteur

$I_{max}$  : Courant maximale dans l'inductance

$I_{min}$  : Courant minimale dans l'inductance

PV : photovoltaïque

MPPT: maximum power point tracking

PPM: point de puissance maximal

P&O : perturbation et observation

### Symboles

$X_e$  : la valeur à l'équilibre de la grandeur  $x$

$d$  : Rapport cyclique.

$u$ : Etat logique de l'interrupteur(Ouvert/Fermé).

$f_{sw}$  : Fréquence de commutation.

$sw$  : Fréquence de commutation.

$t_{on}$  : Temps ce conduction de l'interrupteur.

$t_{off}$  : Temps ce blocage de l'interrupteur.

$T$  : Période de commutation.

$t_{ri}$  : Temps de monté de courant.

$t_{rv}$  : Temps de monté de tension.

$t_{fi}$  : Temps de descente de courant.

$t_{fv}$  : Temps de descente de tension.

ON : Etat de conduction.

OFF : Etat de blocage.

$V_q$  : Chute de tension directe de l'interrupteur commandable à l'état passant.

$\eta$ : Rendement.

$\rho_{IL}$ : Taux d'ondulation du courant.

$E_a$ : Force Contre électromotrice du moteur charge

$T_{em}$ : Couple électromagnétique

$K$ : Constante de conversion électromécanique liée au couple électromagnétique

$K'$ : Constante de conversion électromécanique liée au couple de charge.

$\Omega$ : Vitesse angulaire du moteur à courant continu.

$J$ : Moment d'inertie.

$f$ : Coefficient de frottement.

$T_u$ : Couple utile du moteur à courant continu.

$V_{gs}$ : Tension entre la grille et la source.

$V_{cc}$ : Tension d'alimentation de circuit de pilotage.

$R$ : Résistance fictive englobant la partie électrique et mécanique du moteur

$P$ : La puissance de l' hacheur

$V_1$ :La tension d'entrée

$V_2$ :La tension de sortie

$I_1$ :Le courant d'entré

$I_2$ :Le courant de sortie

$\Delta I_{Max}$ :L'ondulation du courant

$\Delta V_2$  L'ondulation de la tension

## INTRODUCTION GENERALE

---

### Introduction général

Dans les dernières années, un développement très important des énergies renouvelables s'est produit. Avec son potentiel inépuisable et sans aucun impact négatif sur l'environnement, l'énergie renouvelable est une technologie appropriée et accessible pour une croissance économique et développement durable ces sources d'énergie renouvelables sont: énergie solaire thermique énergie photovoltaïque énergie éolienne et énergie hydraulique

Un grand pourcentage d'énergie électrique d'énergie utilisée dans le monde provient de gisement de combustible fossile (charbon, pétrole, gaz) ou d'uranium, constitués au fil des âges et de l'évolution géologique Et ce sont des ressources non renouvelables et nocives pour l'environnement Cela a amené les spécialistes à penser à d'autres sources d'énergie qui sont infinies et ne constituent pas une menace pour l'environnement et ces sources d'énergie sont: énergie solaire thermique énergie photovoltaïque énergie éolienne et énergie hydraulique Ils sont appelés sources d'énergie renouvelables

Le soleil peut satisfaire tous nos besoins si nous apprenons à exploiter rationnellement l'énergie qu'il rayonne vers la terre. Il brille dans le ciel depuis presque 5 milliards d'années et les scientifiques ont calculé qu'il est à la moitié de son existence. Nous avons du mal à imaginer qu'au cours d'une année le soleil diffuse vers la terre quatre mille fois plus d'énergie que celle consommée par toute la population mondiale. Aujourd'hui il paraît insensé de ne pas en profiter car nous avons les moyens technologiques nécessaires.

L'énergie solaire photovoltaïque est une énergie électrique produite à partir du rayonnement solaire grâce à des panneaux photovoltaïques. L'énergie photovoltaïque se base sur l'effet photoélectrique pour créer un courant électrique. En fonction des technologies,

Pour que le module fournisse sa puissance maximale disponible il faut une adaptation permanente de la charge avec le générateur photovoltaïque Cette adaptation pourra être réalisée par l'insertion d'un convertisseur DC-DC contrôlé par un mécanisme de poursuite «Maximum Power Point Tracking» (MPPT).

Ce travail de mémoire est dédié à l'étude et à la réalisation d'un convertisseur DC-DC de type Boost :

- Le premier chapitre, nous allons présenter Généralité et les différents types des convertisseurs DC-DC.
- Dans le deuxième chapitre, nous allons présenter Modélisation et dimensionnement du convertisseur DC-DC.(hacheur élévateur ).
- Le dernier chapitre sera consacré pour la présentation Simulation et réalisation.
- Conclusion générale.

Dans le premier chapitre, nous présenterons un état de l'art sur les hacheurs comme convertisseurs DC-DC. Selon des critères de classement, nous citerons plusieurs types avec leurs domaines d'application.

Le deuxième chapitre est constitué de deux parties. Dans la première, nous abordons l'analyse du convertisseur DC-DC après la sélection de sa topologie parmi les structures déjà développées en utilisant le principe de commutation à haute fréquence. Après le choix d'une structure DC-DC de type Boost, nous modélisons ce convertisseur puis nous passons ensuite au dimensionnement du système DC-DC en calculant ses composants et ses grandeurs de sortie.

Dans Le dernier chapitre , nous développerons un comande flou basé sur les modèles flous de type Takagi-Sugeno pour commander convertisseur DC /DC de type boost

Enfin, ce travail sera clôturé par une conclusion générale à travers laquelle on expose les principaux résultats obtenus.

## TITRE CHAPITRE I : GENERALITE SUR LES HACHEURS

### I.1. Introduction :

Dans la seconde moitié du siècle dernier, l'électronique et l'électrotechnique ont développé une nouvelle technologie, l'électronique de puissance, parfois appelée à ses débuts l'électronique à courant fort.

La mise au point de semi-conducteurs, diodes, thyristors et transistors au silicium, permettant le contrôle des courants et des tensions importants a donné un essor considérable à cette nouvelle technique, au point d'en faire aujourd'hui une discipline de base du génie électrique [1].

Les systèmes chargés de manipuler l'énergie électrique sont les convertisseurs statiques qui permettent d'adapter de manière réversible l'énergie entre le réseau et la charge. Ces transformations apparaissent sous quatre formes les quelles sont associés quatre types de convertisseurs : les redresseurs, les hacheurs, les onduleurs et les gradateurs ou les cyclo-convertisseurs, les fonctions de base peuvent être utilisées seules ou associées entre elles pour adapter les modes de conversion aux besoins de l'utilisateur. [2] 20

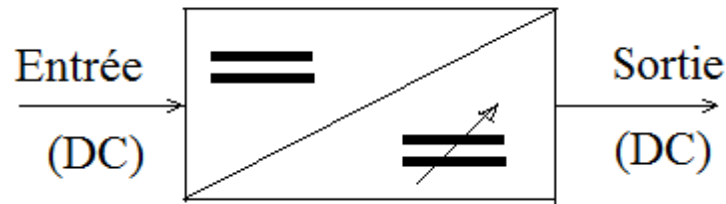
Les hacheurs sont des convertisseurs statiques continu-continu, permettant de générer une source de tension continue variable à partir d'une source de tension continue fixe. Ils se composent de condensateurs, d'inductance et d'interrupteurs statiques. Ils consomment moins de puissance. C'est pour cette raison que les hacheurs ont de très bons rendements. Le convertisseur est intrinsèquement un système non linéaire. Les techniques de commande qui peuvent être envisagées doivent aboutir à des correcteurs simples à implémenter, ce qui exige des structures simples à mettre en œuvre[3]

Nous présentons dans ce chapitre en premier lieu des généralités sur les hacheurs et plusqui est souvent utilisé dans le domaine de photovoltaïque pour charger les batteries ou pour la variation de vitesse des moteurs à courant continu

### I.2. Généralité sur les hacheurs

Un hacheur ou "chopper" est un convertisseur statique qui permet de transformer une tension continue de valeur fixe en une autre tension continue réglable. C'est l'équivalent du transformateur en alternatif.

La figure I.1 montre le schéma de principe du hacheur :



**Figure I.1** : schéma de principe du hacheur

Le hacheur permet la modulation de l'énergie entre une source et une charge continues. Cette source et cette charge peuvent être soit de nature capacitive (source de tension), soit de nature inductive (source de courant).

Il est constitué d'un interrupteur commandable qui peut être un transistor (pour des faibles puissances) ou un thyristor (pour grande puissance).

Le hacheur permet la modulation de l'énergie entre une source et une charge continues. Cette source et cette charge peuvent être soit de nature capacitive (source de tension), soit de nature inductive (source de courant).

Il est constitué d'un interrupteur commandable qui peut être un transistor (pour des faibles puissances) ou un thyristor (pour grande puissance).

Le rapport entre la durée ton de fermeture de l'interrupteur et la période de commutation T s'appelle le rapport cyclique « Duty Cycle ».

$$d = \text{ton} / T \text{ ou bien : } \text{ton} = d.T \text{ d'où : } \text{toff} = (1-d).T$$

Pour des raisons expérimentales, on donne toujours la fréquence de commutation  $f_{sw}$  « switchingfrequency » au lieu de la période de commutation.

Un hacheur est un abaisseur (dévolteur ou Buck) lorsque la tension de sortie est inférieure à celle d'entrée. L'inverse est un hacheur élévateur (survolteur ou Boost).

Selon le procédé de hachage (découpage), on peut faire varier la valeur moyenne de la tension de sortie de 3 manières:

1. Hacheur à fréquence fixe et à largeur d'impulsion variable PWM.
2. Hacheur à fréquence variable et à largeur d'impulsion fixe PFM.
3. Hacheur à fréquence et à largeur d'impulsion variable.

## I.2.1 Domaine d'utilisation des hacheurs

Un des gros domaines d'utilisation des hacheurs est la variation de vitesse du moteur à courant continu (MCC), Ils équipent par exemple la majorité des engins de moyenne traction, tels que ceux utilisés pour le métro. La première génération de TGV

(TGV Sud Est) est équipée d'ensembles hacheurs-moteurs à courant continu.

Leur utilisation permet le contrôle de la puissance électrique dans des circuits fonctionnant en courant continu avec une très grande souplesse et un rendement élevé.

On trouve aussi des hacheurs dans tous les équipements destinés à l'utilisation de l'énergie éolienne ou solaire. Ils permettent de rendre constante une tension d'entrée très versatile. Les hacheurs sont également utilisés dans l'alimentation des moteurs pas à pas.

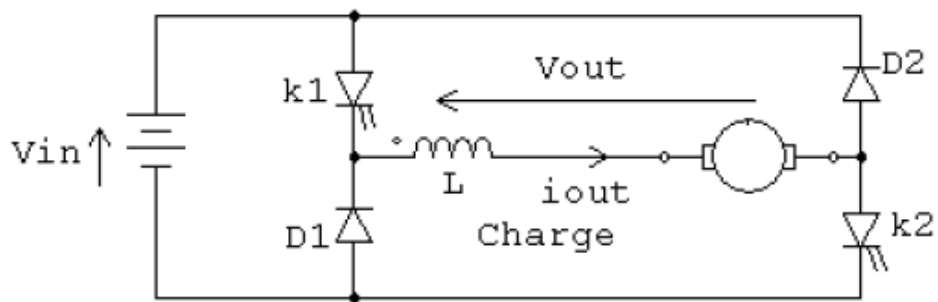
## I.2.2 Types des hacheurs

Du point de vue réversibilité des grandeurs de sortie, on distingue deux catégories des hacheurs : Réversibles et irréversibles. La réversibilité permet d'apporter certains avantages aux hacheurs. On cite par exemple, l'inversion du sens de rotation des moteurs électriques, le freinage par récupération, rechargement des batteries par récupération,...etc. [4]

**I.2.2.1 Les hacheurs réversibles :** Les hacheurs réversibles permettent l'inversion du courant ou de la tension. Ce type de comportement se rencontre usuellement dans les systèmes d'entraînements électriques. Ainsi, un moteur en sortie d'un hacheur représente une charge. Cependant, si on veut réaliser un freinage, le moteur va devenir une génératrice, ce qui va entraîner un renvoi d'énergie à la source (mieux qu'un simple freinage mécanique). [5]

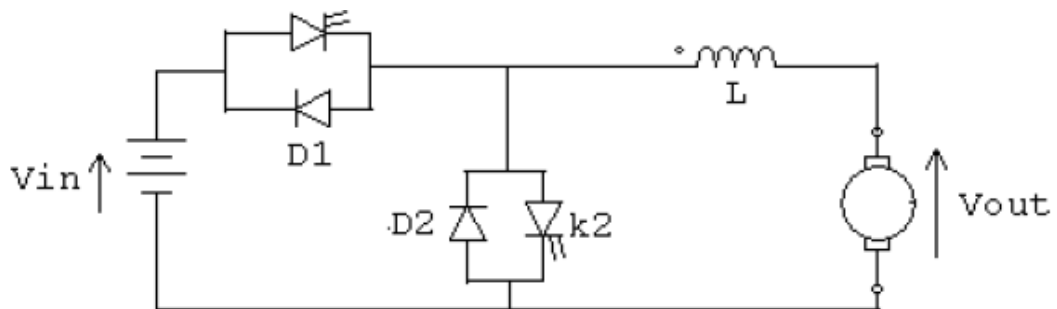
Dans cette catégorie, on distingue trois types :

- **hacheur réversible en tension** (deux quadrants) : C'est uniquement la tension appliquée à la charge qui peut prendre des valeurs positives ou négatives.



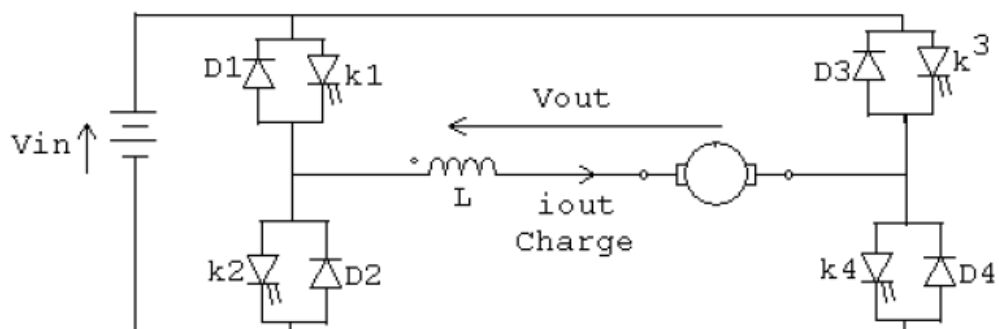
**Figure I.2:** Schéma de principe d'un hacheur réversible en tension

- **hacheur réversible en courant** (deux quadrants) : C'est uniquement le courant de charge qui peut prendre des valeurs positives ou négatives.



**Figure I.3:** Schéma de principe d'un hacheur réversible en courant

- **hacheur réversible en courant et en tension** (quatre quadrants) : Grâce à la structure quatre quadrants, la tension et le courant de charge peuvent les deux avoir des allures positives ou négatives.



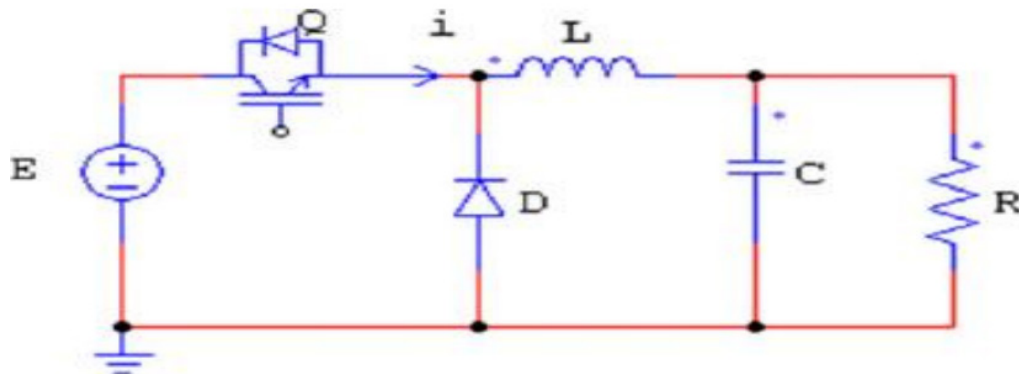
**Figure I.4 :** Schéma de principe d'un hacheur réversible en courant et en tension



**I.2.2.2 Les hacheurs non réversibles :** Les hacheurs non réversibles permettent un transfert unidirectionnel de l'énergie électrique (uniquement de la source vers la charge). [5] Dans cette catégorie et selon le type des sources de l'entrée et de la sortie, on distingue deux sous-catégories :

- **Le hacheur dévolteur**

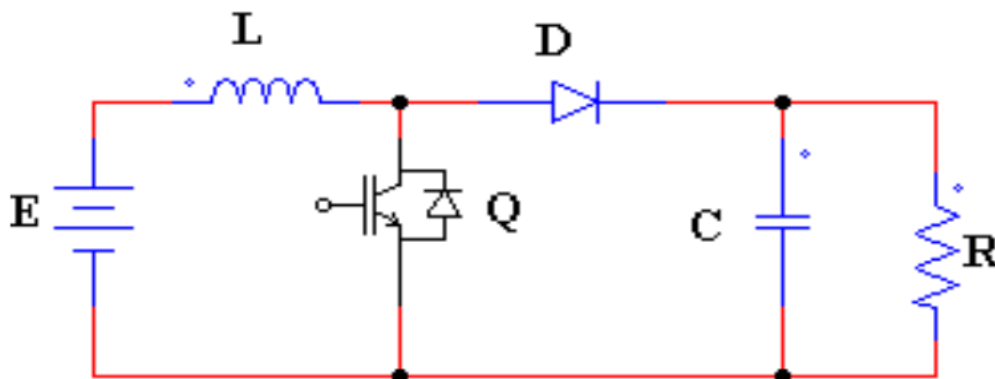
Le convertisseur dévolteur est également connu sous le nom de hacheur buck ou hacheur série. La figure I.5 présente le schéma de principe du convertisseur dévolteur. . Son application typique est de convertir sa tension d'entrée en une tension de sortie inférieure. [6]



**Figure I.5:** schéma réel du Convertisseur buck

- **Le hacheur survolteur**

Le hacheur survolteur est un convertisseur survolteur, connu aussi sous le nom de « boost » ou hacheur parallèle ; son schéma de principe de base est celui de la figure I.6. Son application typique est de convertir sa tension d'entrée en une tension de sortie supérieure. [7]

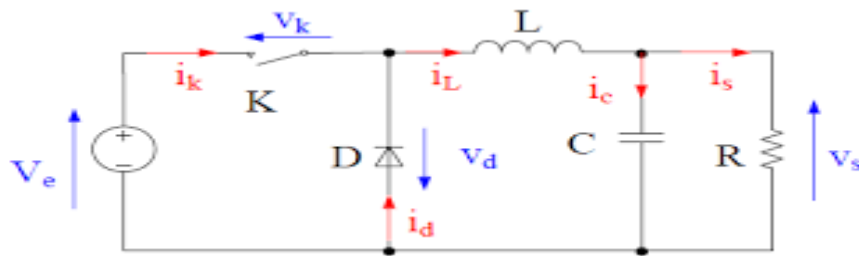


**Figure I.6:** Convertisseur survolteur (boost)

- **Le hacheur (Buck-Boost)**

La deuxième topologie de base du DC/DC est donnée par la figure I.7. Avec cet dispositif, nous pouvons augmenter ou diminuer la tension, en fonction du mode de commutation. Cependant, La tension de sortie est de signe opposé à la tension d'entrée. Tandis que, lorsque le thyristor est sur la position (on)

le courant dans l'inductance augmente, l'énergie est stockée ; et quand le commutateur se met sur la position (off) l'énergie stockée se transfère vers la charge via la diode.[8]



**Figure I.7:** Schéma Circuit électrique de base du hacheur dévolteur-survolteur

Le convertisseur d'énergie photovoltaïque choisi est un hacheur de type survolteur ou dévolteur ou dévolteur- survolteur selon les applications de la charge. Ce type de convertisseur est destiné à adapter à chaque instant l'impédance apparente de la charge à l'impédance du champ PV correspondant au point de puissance maximal

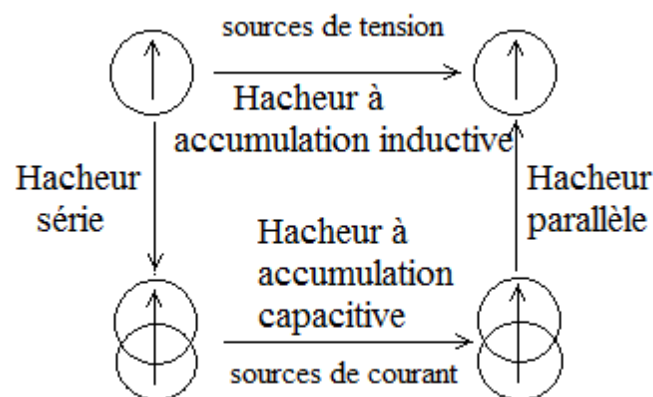
**Tableau I.1 :** Rapports de transformation des principaux convertisseurs DC-DC [9]

Convertisseur	Rapport de transformation en fonction de $\alpha$	Isolement galvanique
Buck	$\alpha$	<b>Non</b>
Boost	$1/1 - \alpha$	<b>Non</b>
Buck-Boost	$-\alpha / (1 - \alpha)$	<b>Non</b>

**Tableau I.2 : Rendement des quelques convertisseurs DC-DC [10]**

Convertisseur	Rendement du convertisseur (%)
Buck	93
Boost	92
Buck-Boost	92

Le schéma synoptique qui résume les liaisons entre une source entrée (alimentation) et une source de sortie (charge) que se soient des sources de courant ou de tension est représenté dans la figure ci-dessous

**Figure I.8:** Représentation générale des hacheurs non réversibles[11]

### I.2.3 Analyse et choix du convertisseur

Les panneaux solaires photovoltaïques génèrent de l'électricité en continu à basse tension. Il est préférable de mettre un dispositif élévateur de tension comme étage adaptateur d'impédance entre la source et la charge. Tous les convertisseurs cités précédemment excepté le Buck, peuvent jouer ce rôle d'élévateur de tension. D'ailleurs, le structure Buck-Boost et Boost. Si on regarde à la complexité des structures, le Boost est le plus simple. Les contraintes en tension et en courant sur les interrupteurs et les diodes sont presque similaires pour les différentes topologies élévatrices. Pour un rapport cyclique supérieur à un demi. Quant à la complexité des structures, Boost est le plus simple.[12]

### **I.2.3.1 Avantage de convertisseur BOOST**

Malgré le rendement élevé du convertisseur Buck dans les systèmes avec des sources de puissance conventionnelles, le convertisseur Boost peut être 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 le convertisseur Buck. Le convertisseur Boost est généralement employé pour obtenir une tension plus élevée de sortie, tandis que le convertisseur Buck est employé pour abaisser la tension de sortie.[13]

## **I.2.4 Eléments constitutifs d'un hacheur**

### **I.2.4.1 Générateur**

Le générateur d'entrée présente une source de tension dont la tension est supposée constante quel que soit le courant débité. Les sources qui peuvent porter cette nature sont :

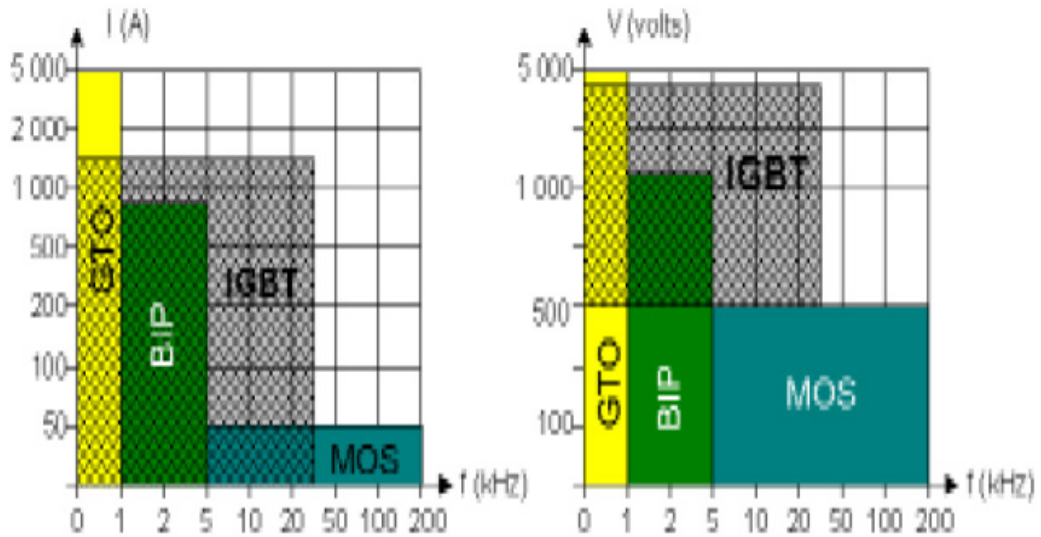
- Pile ou batterie d'accumulateurs bien chargés.
- Source de courant (machine ou transformateur) avec condensateur suffisamment grande mise en parallèle.
- Alimentation stabilisée. [14].

### **I.2.4.1 Interrupteur commandable**

L'interrupteur commandable peut être l'une des semi-conducteurs à borne de commande servant à rendre conducteur ou à bloquer l'élément commutateur.

Cette dernière varie selon plusieurs critères que nous mentionnons dans la suite:

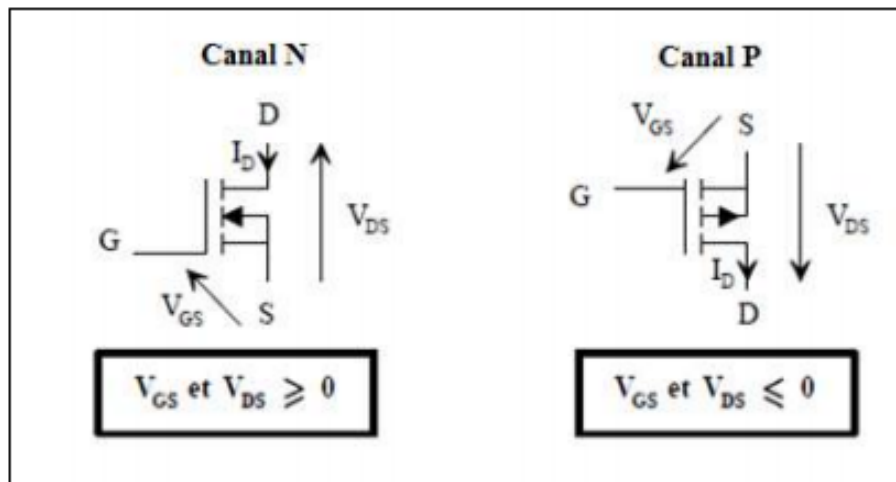
- La tension maximale pouvant être bloquée en permanence et accidentellement.
- Le courant direct maximal pouvant conduire en permanence et accidentellement.
- La fréquence de commutation entre les états de fermeture et d'ouverture.
- Chute de tension directe lors de fermeture ON.
- Procédé d'application de la commande (Commande par tension ou par courant).
- Commandabilité à la fermeture et/ou à l'ouverture. [15]



**Figure I.9:** zones approximatives (Courant/fréquence, tension/fréquence) d'utilisation des principaux semi-conducteurs de puissance.[16]

On trouve plusieurs semi-conducteurs de puissance conçus dans l'industrie . On cite par exemple :

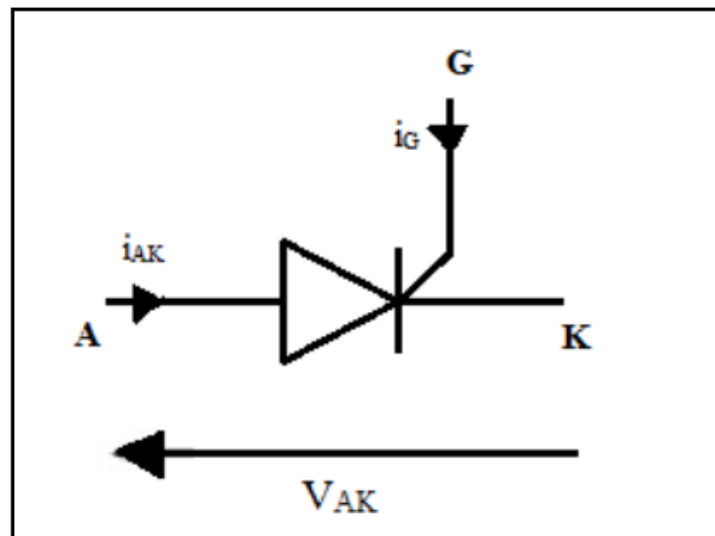
➤ **Transistor à effet de champ MOSFET « MetalOxydSilicon – FiledEffect Transistor »**



**Figure I.10 :** Symbole des Transistors MOSFET

C'est un interrupteur commandable par une tension à la fermeture et à l'ouverture par une tension entre sa grille et sa source.

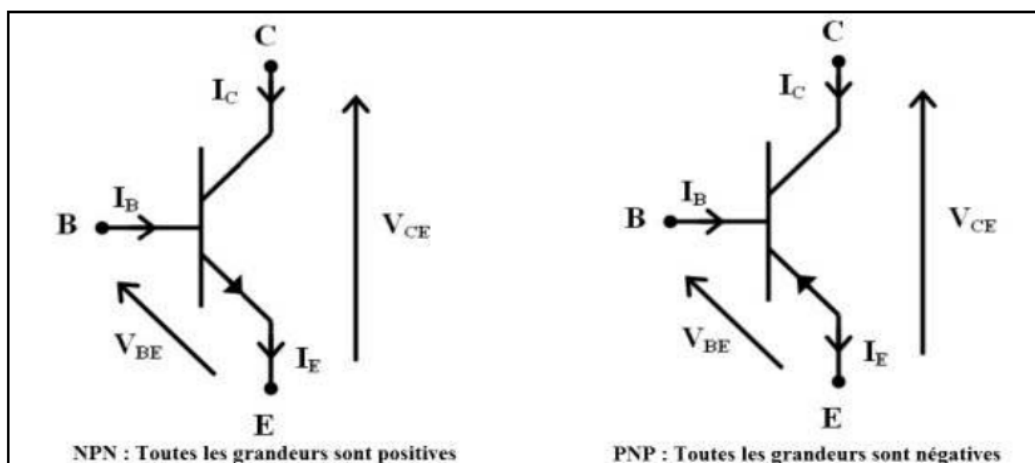
➤ **Thyristor SCR « Silicon Controlled Rectifier »**



**Figure I.11** :Symbole d'un Thyristor SCR

C'est un interrupteur commandable seulement à la fermeture par un courant à la gâchette. Il supporte des grandes puissances et des fréquences relativement faibles de commutation. On le trouve spécialement dans les modules de conversion et de transfert de puissance liées à la filiale production, transport et distribution d'énergie électrique ainsi que les tractions. Son avantage réside dans sa capacité de commuter de très grandes puissances.

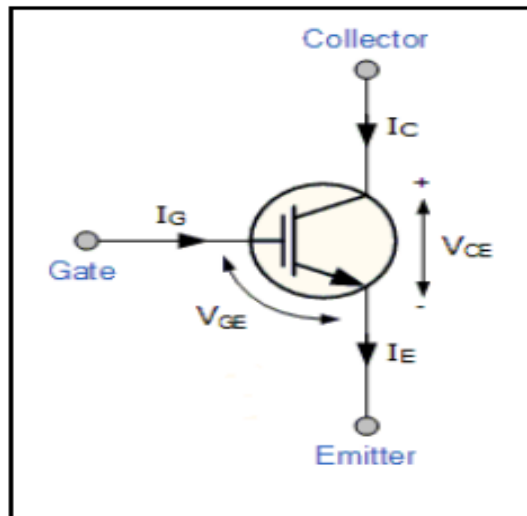
➤ **Transistor bipolaire BJT « Bipolar Junction Transistor »**



**Figure I.12** : Symbole des Transistor bipolaire BJT de type NPN et PNP

C'est un interrupteur commandable à la fermeture et à l'ouverture par un courant à la base. Il supporte des moyennes puissances et des moyennes fréquences de commutation

➤ **Transistor bipolaire à grille isolée IGBT « InsulatedGateBipolar Transistor »**



**Figure I.13 :** Symbole d'un Transistor bipolaire à grille isolée IGBT

C'est un interrupteur il supporte des grandes puissances et des fréquences de commutation moyennement grandes commandable à la fermeture et à l'ouverture par une tension entre sa grille et son émetteur.

Il inclut les avantages du BJT et du MOSFET pour offrir un bon compromis.

- Il y a aussi d'autres semi-conducteurs non cités tels que :
- Thyristor à grille contrôlable à la fermeture GTO (Gate-Turn-Off thyristor),
- Thyristor contrôlable par grille intégrée IGCT (Integrated-Gate-Controlled Thyristor),
- Transistor statique à induction SITs (Static Induction Transistor),
- Thyristor contrôlable à oxyde de silicium MCTs (MOS-Controlled Thyristor).

[16]

**Tableau I.3:** Propriétés relatives des interrupteurs commandables.[17]

Semi-conducteur	Niveaux de puissance pouvant manipuler	Vitesse de commutation « fréquences »
BJT	Moyen	Moyen
MOSFET	Faible	Rapide
	Fort	Lent

<b>GTO</b>		
<b>IGBT</b>	<b>Moyen</b>	<b>Moyen</b>
<b>MCT</b>	<b>Moyen</b>	<b>Moyen</b>

### ***I.3. Conclusion***

Dans ce chapitre, nous avons présenté un état de l'art non exhaustif sur les convertisseurs DC-DC en étudiant leurs principe de fonctionnement, ainsi que les principaux types pour les commander et les éléments constitutifs.

Dans le chapitre suivant on va présenter : Modélisation et dimensionnement d'un convertisseur boost



## CHAPITRE II : MODELISATION ET DIMENSIONNEMENT

### II.1 Introduction :

les convertisseurs continu-continu « hacheurs » ont pour fonction de fournir une tension continue réglable en agissant généralement sur le rapport cyclique comme degré de liberté relatif à l'organe de commande.

La structure concernée par cette étude est le hacheur élévateur de tension « BOOST ». Il sert à alimenter une charge interchangeable (R, RL, RLE). Afin d'atteindre la phase de réalisation, on aborde.

Dans ce chapitre sa modélisation et son dimensionnement. Le but de cette étape est de déduire les dynamiques des variables d'état ainsi que les expressions d'un point de fonctionnement généralisé.

### II.2 Description et hypothèses simplificatrices

#### II.2.1 Description de la structure

Le hacheur BOOST (élévateur, Survolteur ou step-Up) est un convertisseur DC- DC à liaison directe entre une source d'entrée en tension (générateur) et une source de sortie en courant (récepteur) [18].

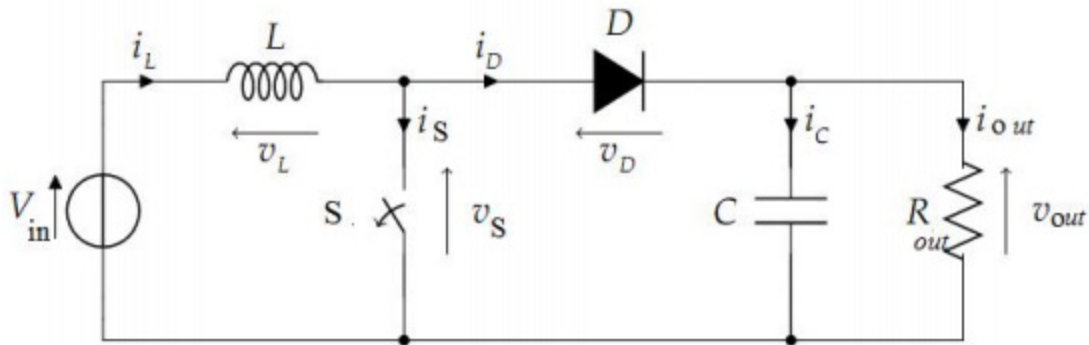
Il comporte deux interrupteurs complémentaires positionnés de façon à former un commutateur bi-positionnel « power-pole »:

- Le premier interrupteur peut être contrôlé par tension ou courant lors du démarrage et du blocage, et il est placé parallèlement à la source d'alimentation et à l'inductance

Cet interrupteur peut être de type transistor bipolaire BJT, transistor à effet champ MOSFET ou transistor bipolaire à grille isolée IGBT, thyristor SCR, thyristor à grille bloquante GTO,...etc

- Et le deuxième interrupteur est unidirectionnel qui peut être allumé automatiquement et peut être verrouillé, et placé en position opposée avec la branche de l'interrupteur d'alimentation
- Des éléments passifs L et C placés en ordre servant à accumulateurs inductif et capacitif de l'entrée vers la sortie et formant un filtre pour le courant et la tension respectivement. [19]

La figure (Figure II.1) suivante représente le schéma de principe d'un hacheur BOOST :



**Figure II.1** : Schéma de base d'un hacheur de type BOOST

le convertisseur dc-dc boost est utilisé pour 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 inférieure.
  - Conversion des 12-24V fournis par une batterie d'ordinateur portable vers les quelques centaines de volts nécessaires aux alimentations.
- ✓ Les applications permettant d'obtenir une tension réglable mais toujours supérieure à celle présente à l'entrée.
  - Variateur de tension continue destiné aux actionneurs électromécaniques. [19]

## II.2.2 Hypothèses simplificatrices

Tout élément électrique présente des imperfections des comportements lors de son fonctionnement au sein d'un schéma électronique. Ces aspects portent des natures électroniques, thermiques et électromagnétiques C'est l'allure de certaines grandeurs qui permet d'explorer tous ces phénomènes qui reflètent les réactions statiques et dynamiques de ces composants.

Parmi les grandeurs considérées comme empreintes des phénomènes internes, on cite par exemple :

les tensions, les courants, les champs électriques/magnétiques, la chaleur,...etc. Prendre en compte toutes ces imperfections rend la modélisation et le dimensionnement très difficile voire impossible.

Par conséquent, il devient nécessaire de recourir à des hypothèses simplificatrices sur le régime fonctionnement.

Dans notre travail en cours, nous adoptons certaines hypothèses permettant de faciliter l'étude.

Sauf indication contraire, on suppose :

- ❖ Due à la commutation à fréquence élevée, les allures de recharge et de décharge des bobines et des condensateurs sont linéaires.
- ❖ Les composants du hacheur sont idéaux : Effets Joules, chutes de tension intrinsèques, résistances internes, saturations et hystérésis inductives, retards d'établissement ou d'extinction dans les interrupteurs sont négligés.[20]

### **II.3 Fonctionnement**

Selon le principe de découpage (commutation à fréquence élevée), le hacheur permet de transférer de l'énergie d'une source vers une charge en rechargeant et déchargeant des éléments accumulateurs L et C à la même cadence ON et OFF de l'interrupteur. Au premier temps ( $\alpha T$ ), l'interrupteur (S) est fermé, le courant dans l'inductance croît progressivement, et au fur et à mesure, elle emmagasine de l'énergie, jusqu'à la fin de la première période. Ensuite, l'interrupteur (S) s'ouvre et l'inductance (L) s'opposant à la diminution de courant (IL), génère une tension qui s'ajoute à la tension de source, qui s'applique sur la charge (R) à travers la diode (D)[21]

### **II.4 Modélisation du hacheur élévateur « BOOST » :**

le hacheur présente une structure variable suivant l'état logique (0, 1) de l'interrupteur S En partant du principe de commutation entre deux séquences temporelles. La diode D n'est qu'un complément spontané de cet interrupteur commandable.[22]

#### **II.4.1 Expression généralisée d'une charge continue:**

L'expression de la charge est supposée généralisée en un seul terme qui englobe les trois types R, RL et RLE). L'acronyme RLE représente un récepteur électromécanique (MCC) dont son expression peut être facilement ramenée une charge purement résistive ou même inductive .

**Tableau II.1:** L'expression de la charge en modèle dynamique et point de fonctionnement.[22]

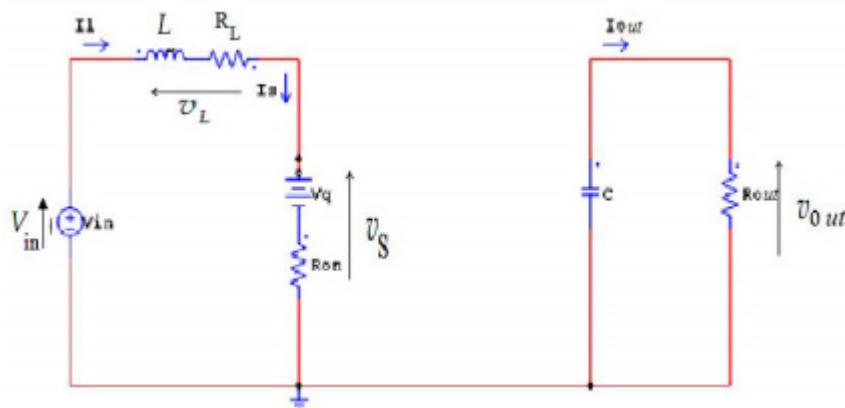
	Charge R	Charge RL	Charge RLE
<b>Modèle dynamique</b>	$V_{out} = R_{our} I_{out}$	$V_{out} = R_{out} I_{out} + L_{out} \cdot \frac{dI_{out}}{dt}$	$V_{out} = R_{ourt} I_{out} + L_{aut} \cdot \frac{dI_{out}}{dt} + E_a$ $\{E_a \cdot I_{out} = \Omega T_{em} \text{ et } T_{em} = K \cdot I_{out} \Rightarrow$ $J \cdot \frac{d\Omega}{dt} = T_{em} - f\Omega - T_n$ $\frac{J \cdot L_{aut}}{K} \cdot \frac{d^2 I_{out}}{dt^2} + \left(\frac{J \cdot R_{out}}{K} + \frac{f \cdot L_{out}}{K}\right) \cdot \frac{dI_{out}}{dt} + \left(\frac{f \cdot R_{out}}{K} + K\right) \cdot I_{out} = \frac{J}{K} \cdot \frac{dV_{out}}{dt} + \frac{f}{K} V_c$
<b>Point de fonctionnement moyen et permanent <math>\infty+ \rightarrow t</math></b>	$I_{out} = \frac{1}{R_{our}} V_{out}$	$I_{out} = \frac{1}{R_{out}} V_{aut}$	$I_{out} = \frac{f}{f \cdot R_{out} + K^2} \cdot V_{out} + \frac{1}{f \cdot R_{out} + K^2} \cdot T_u$ $\Rightarrow I_{out} = \frac{1}{R} V_{out} + \frac{1}{K'} \cdot T_u$

Pour ramener une charge de type RLE à une autre purement résistive ou inductive, on considère que le rotor est bloqué et sans couple utile c'ad :  $T_u = 0$  et  $f \rightarrow +\infty$

**II.4.2 Modélisation par analyse séquentielle:**

La commutation entre les deux séquences ON et OFF est représentée dans le tableau cidessous. Les circuits La commutation entre les deux séquences ON et OFF:

**Etat ON :**  $0 \leq t < d \cdot T$

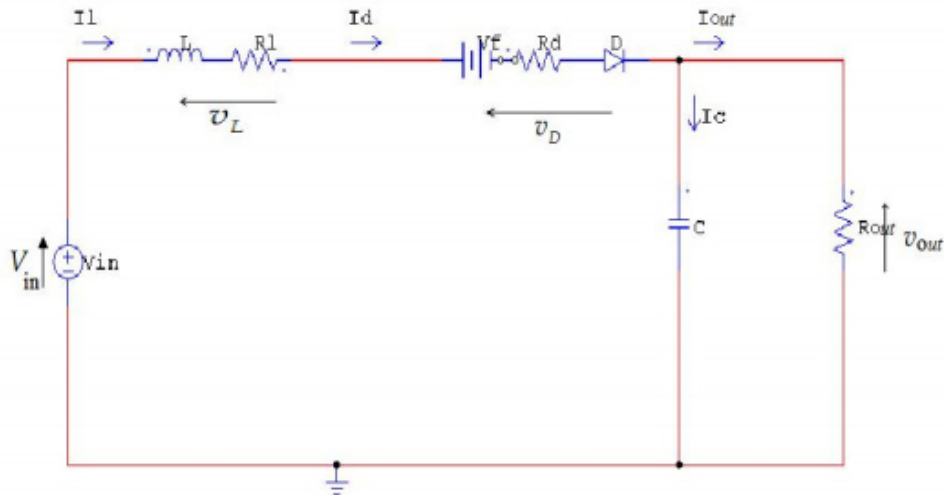


**Figure II.2 :**Le circuit La commutationEtat ON

$$\begin{aligned}
 v_{IN} &= L \cdot \frac{di_L}{dt} \\
 i_{in} &= i_L \\
 i_S &= i_L \quad \dots\dots\dots(II.1) \\
 i_D &= 0 \\
 0 &= i_{out} + c \cdot \frac{dv_{out}}{dt}
 \end{aligned}$$

**Etat OFF:**

d.  $T \leq t < T$



**Figure II.2 :**Le circuit La commutationEtat OFF

$$\begin{aligned}
 v_{in} &= L \cdot \frac{di_L}{dt} + v_{out} \\
 i_{in} &= i_L \\
 i_S &= 0 \quad \dots\dots\dots(II.2) \\
 i_D &= i_L \\
 i_L &= c \cdot \frac{dv_{out}}{dt} + i_{out}
 \end{aligned}$$

En combinant les deux équations différentielles par une variable logique discrète  $u$  qui représente l'état de l'interrupteur  $S$ ,

$$\begin{aligned}
 \frac{di_L}{dt} &= -\frac{1}{L} \cdot (1 - u) \cdot v_{out} + \frac{1}{L} \cdot v_{in} \\
 \frac{dv_{out}}{dt} &= \frac{1}{c} \cdot (1 - u) i_L - \frac{1}{R \cdot c} \cdot v_{out} - \frac{1}{c \cdot K} \cdot T_u
 \end{aligned}$$

Et

$$\begin{aligned}
 i_{in} &= i_L \\
 i_D &= (1 - u) \cdot i_L \dots\dots\dots(II.3) \\
 i_S &= u i_L
 \end{aligned}$$

Soit pour un modèle avec prise en compte des imperfections internes des composants:

$$\begin{aligned}
 i_L &= \frac{v_{IN} - d \cdot v_q - (1-d) \cdot v_F}{R_L + d \cdot R_{ON} + (1-d) \cdot R_D + (1-d)^2 \cdot R_{out}} \\
 v_{out} &= R_{out} \cdot (1-d) \cdot \frac{v_{IN} - d \cdot v_q - (1-d) \cdot v_F}{R_L + d \cdot R_{ON} + (1-d) \cdot R_D + (1-d)^2 \cdot R_{out}} \\
 i_{in} &= i_L \\
 i_D &= (1-d) \cdot i_L \dots\dots\dots (II.4) \\
 i_S &= di_L
 \end{aligned}$$

C'est un modèle dynamique mais discret et non linéaire. On doit lever l'aspect discret de toute variable booléenne afin de déduire un modèle possédant le rapport cyclique  $d$  comme degré de liberté.

En régime permanent, on peut recourir au principe de transformation en modèle moyen continu énonçant : « Sur une période de commutation, la moyenne d'un produit des variables commutées est rapprochée à un produit des moyennes de ces mêmes variables ». Le modèle devient alors,

$$\begin{cases} \frac{dI_L}{dt} = -\frac{1}{L} \cdot (1-d)V_{ad} + \frac{1}{L}V_{in} \\ \frac{dV_{out}}{dt} = \frac{1}{c} \cdot (1-d) \cdot I_L - \frac{1}{Rc}V_{at} - \frac{1}{c \cdot K'}T_u \end{cases} \text{ et } \begin{cases} I_{in} = I_L \\ I_D = (1-d) \cdot I_L \dots\dots\dots (II.5) \\ I_S = dI_L \end{cases}$$

Les variables en minuscule sont des grandeurs instantanées « réelles » et celles en majuscule sont des grandeurs moyennes. Pour la variable de commande booléenne (logique)  $u=(1,0)$ , sa valeur moyenne est le rapport cyclique :  $d=[0...1]$ .

La représentation d'état de ce modèle est :

$$\begin{cases} \dot{X} = A \cdot X + B \cdot U \\ Y = C \cdot X + D \cdot U \end{cases} \text{ Avec: } X = \begin{bmatrix} I_L \\ V_{out} \end{bmatrix}, U = \begin{bmatrix} V_{in} \\ T_u \end{bmatrix}, Y = \begin{bmatrix} I_{in} \\ I_S \\ I_D \\ V_{out} \\ I_{out} \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{L} \cdot (1-d) \\ \frac{1}{c} \cdot (1-d) \cdot I_L & -\frac{1}{R \cdot c} \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} \frac{1}{L} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{c \cdot K'} \end{bmatrix}, C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ d & 0 \\ 1-d & 0 \\ 0 & \frac{1}{1-d} \\ 0 & \frac{1}{R} \end{bmatrix}, D = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{K'} \end{bmatrix}$$

Le nouveau modèle obtenu est dynamique et continu mais il est toujours non linéaire. Les

variables de sortie choisies pour être explicitées représentent les coordonnées du point de fonctionnement à expression généralisée.

### II.4.3 Performances statiques et dynamiques: [23]

Les performances d'un système représenté par un modèle mathématique approché sont des qualités fonctionnelles liées au comportements et aux réactions de ce système physique suite aux excitations et aux influences externes. On cite par exemple, la rapidité, la stabilité et la précision de sa réponse, sa robustesse envers des altérations physiques internes, sa fiabilité, son rendement,...etc.

Chaque performance est traduite par une ou plusieurs variables ou paramètres dont leurs valeurs numériques évaluent le degré de la performance correspondante.

Une distinction peut être faite entre les performances statiques et dynamiques :

Les performances dynamiques sont des qualités relatives au régime transitoire de démarrage ou du changement de point de fonctionnement.

Les performances statiques sont qualités liées à un point de fonctionnement stable et final. Ci-dessous un tableau résumant certaines performances d'un système physique associées à des variables/paramètres.

la rapidité, la stabilité et la précision de sa réponse, sa robustesse envers des altérations physiques internes, sa fiabilité, son rendement,

**Tableau II.2:** Les performances statique d'un système

Type de performance	Performance	Variable(s)/Paramètre(s) associés
Statique	Précision de la réponse de rapprocher à la forme voulue	Erreur statique
	Stabilité de la réponse à une forme stationnaire	
	Lissage ou Degré de rapprochement du signal à la forme continue idéale	Taux d'ondulation Facteur d'ondulation Facteur de forme
	Existence d'un point de fonctionnement	Variables de sortie au régime permanent

	<b>Rendement ou Efficacité énergétique de conversion d'une valeur/d'une forme à une autre</b>	<b>Rapport de puissance entre entrée et sortie</b>
	<b>Fiabilité ou Capacité du système d'accomplir correctement ses tâches prédéfinies sans défaillance totale ni partielle</b>	<b>Fonction de densité de probabilité de défaillance</b>
	<b>Robustesse ou Capacité de fonctionnement d'un système dans un intervalle acceptable de ses valeurs lorsque la valeur de l'un des composants a été altérée</b>	<b>Variation acceptable en % des variables de sortie en fonction d'une autre variation en % d'un paramètre d'un composant</b>
	<b>Mode de conduction continue/discontinue</b>	<b>Annulation ou non du courant inductif</b>
<b>Dynamique</b>	<b>Rapidité d'atteindre la réponse finale</b>	<b>Temps de réponse Temps de montée</b>

Parmi toutes ces performances, nous examinons seulement certaines qui sont plus important dans l'évaluation de l'acceptabilité de notre structure de conçue.

### **a) Points de fonctionnement généralisé:**

On peut déduire directement du modèle moyen les expressions des valeurs finales moyennes déterminant le point de fonctionnement généralisé. Les valeurs finales sont obtenues en régime permanent en mettant toutes les dérivées à zéro.



$$\left\{ \begin{array}{l} V_{out} = d \cdot V_{in} \\ I_L = \frac{1}{R} \cdot d \cdot V_{in} + \frac{1}{K'} \cdot T_u \\ I_{in} = \frac{d^2}{R} \cdot V_{in} + \frac{d}{K'} \cdot T_u \\ I_D = \frac{(1-d) \cdot d}{R} \cdot V_{in} + \frac{(1-d)}{K'} \cdot T_u \\ I_{out} = \frac{1}{R} \cdot d \cdot V_{in} + \frac{1}{K'} \cdot T_u \end{array} \right. \dots\dots\dots(II.6)$$

**b) Performances dynamiques:**

Pour des performances dynamiques, il est nécessaire de placer un modèle linéaire autour du point de fonctionnement, pour déduire les temps de réponse, les dépassements transitoires, les temps de montée, les diminutions logarithmiques et les impulsions de courant inductif et de tension capacitive., il est nécessaire de linéariser le modèle autour d'un point de fonctionnement.

Pour sa linéarisation, on considère que les variables d'état convergent vers un point de fonctionnement nominal et reste oscillante "à petits dépassements" autour de ce point.

On suppose que les réponses des états du modèle oscillent de ( $\Delta I_L, \Delta V_{out}$ ) autour d'un point fixe ( $d_0, I_{L0}, V_{out0}$ ) respectivement lorsqu'on applique une petite variation  $\Delta d$  du rapport cyclique autour d'une valeur  $d_0$

$$\left\{ \begin{array}{l} d = d_0 + \Delta d \\ I_L = I_{L0} + \Delta I_L \\ V_{out} = V_{out0} + \Delta V_{out} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} I_{L0} = \frac{V_{in}}{R \cdot (1-d_0)^2} + \frac{1}{K' \cdot (1-d_0)} \\ V_{out0} = \frac{V_{in}}{1-d_0} \end{array} \right. \dots\dots(II.7)$$

En remplaçant dans le modèle moyen, continu et non linéaire, la linéarisation conduit à:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\Delta I_L}{dt} = -\frac{1}{L} \cdot \frac{V_{in}}{V_{out0}} \cdot \Delta V_{out} + \frac{1}{L} \cdot V_{out} \cdot \Delta d \\ \frac{d\Delta V_{out}}{dt} = \frac{1}{c} \cdot \frac{V_{in}}{V_{out}} \cdot \Delta I_L - \frac{1}{c} \cdot I_{L0} \cdot \Delta d - \frac{1}{R \cdot c} \cdot \Delta V_{out} \end{array} \right. \dots\dots\dots(II.8)$$

La fonction de transfert pour des conditions initiales nulles de ce modèle linéaire sera:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\Delta V_{out}}{\Delta d} = \frac{I_{L0}}{c} \cdot \frac{V_{in}/L \cdot I_{L0}^{-s}}{s^2 + \frac{1}{R \cdot c} \cdot s + \frac{(1-d_0)^2}{L \cdot c}} \\ \frac{\Delta I_L}{\Delta d} = \frac{V_{in}}{L \cdot (1-d_0)} \cdot \frac{s + \left[ \frac{V_{in} + R \cdot I_{L0} \cdot (1-d_0)^2}{R \cdot c \cdot V_{in}} \right]}{s^2 + \frac{1}{R \cdot c} \cdot s + \frac{(1-d_0)^2}{L \cdot c}} \end{array} \right. \dots\dots\dots(II.9)$$

Les performances dynamiques du modèle sont facilement déduites des fonctions de transfert de chaque variable d'état.

D'après les deux fonctions de transfert, on remarque que le courant et la tension sont plus oscillants vu le zéro présent pour chaque allure. Le tableau ci-dessous résume quelques paramètres déduits du modèle de commande:

**Tableau II.3:** Les performances d'un système représenté par un modèle mathématique

Paramètre de performance	Expression
Valeurs finales	$\begin{cases} \Delta V_{out} = V_{in} \cdot \Delta d \\ \Delta I_L = \frac{V_{in}}{R} \cdot \Delta d \end{cases}$
Constantes de temps et les zéros oscillants de la tension et du courant	$\begin{aligned} \tau_1 &= \frac{L}{R} \\ \tau_2 &= R \cdot c \\ z &= \frac{1}{R \cdot c} \end{aligned}$
Pulsation propre commune	$\omega_0 = \frac{1-d_0}{\sqrt{L \cdot c}}$
Facteur d'amortissement commun	$\xi = \frac{1}{2(1-d_0)} \cdot \sqrt{\frac{L}{R^2 \cdot c}}$

<p><b>Temps de montée de la tension</b></p>	$t_{rise,Vout} = \frac{\sqrt{4.R^2.L.c^2}}{\sqrt{4.R^2.c - L}} \left[ \pi - \text{ArcCos} \left( \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{L}{R^2.c}} \right) \right]$ $t_{rise,IL} \approx \frac{0,33 \cdot \sqrt{4.R^2.L.c^2}}{\sqrt{4.R^2.c - L}} \left[ \pi - \text{ArcCos} \left( \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{L}{R^2.c}} \right) \right]$
<p><b>5 % de la valeur ± Temps de réponse à finale de la tension</b></p>	$\begin{cases} \xi < 0,7 \Rightarrow t_{rep} \approx 5,9914.R.c \\ \xi = 0,7 \Rightarrow t_{rep} \approx 3 \cdot \frac{\sqrt{L.c}}{1-d_0} \\ \xi > 0,7 \Rightarrow t_{rip} \approx 2,9957 \cdot \frac{L}{R(1-d_0)^2} \end{cases}$
<p><b>Instant du premier pic de la tension</b></p>	$t_{picl,Vout} = \frac{\pi}{\sqrt{\frac{1}{L.c} - \frac{1}{4R^2.c^2}}}$ $t_{picl,IL} \approx \frac{\pi}{1,74 \cdot \sqrt{\frac{1}{L.c} - \frac{1}{4R^2.c^2}}}$
<p><b>Pseudo période commune</b></p>	$T_p = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{L.c} - \frac{1}{4R^2.c^2}}}$
<p><b>Pourcentage commun du premier dépassement de la tension</b></p>	$Dp(\%) = 100e^{\frac{-\pi\xi}{\sqrt{1-\xi^2}}}$
<p><b>Décroissement logarithmique</b></p>	$\delta_{IL} \% = 100 \cdot \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{L}{R^2.c} - \frac{L^2}{4R^4.c^2}}}$ $\delta_{Vo} \% = 100 \cdot \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{R^2.c^2}{L.c} - \frac{1}{4}}}$

### c) Rendement:

Depuis le début de l'étude, nous avons considéré que le convertisseur est idéal dans ses composants (pertes nulles). Or, dans la réalité, tout composant présente des imperfections lors de son fonctionnement telles que: échauffements, retards, chutes de tension,...etc.

Dans la rubrique qui suit, nous étudions ces imperfections afin d'analyser le bilan énergétique et déduire l'expression du rendement.

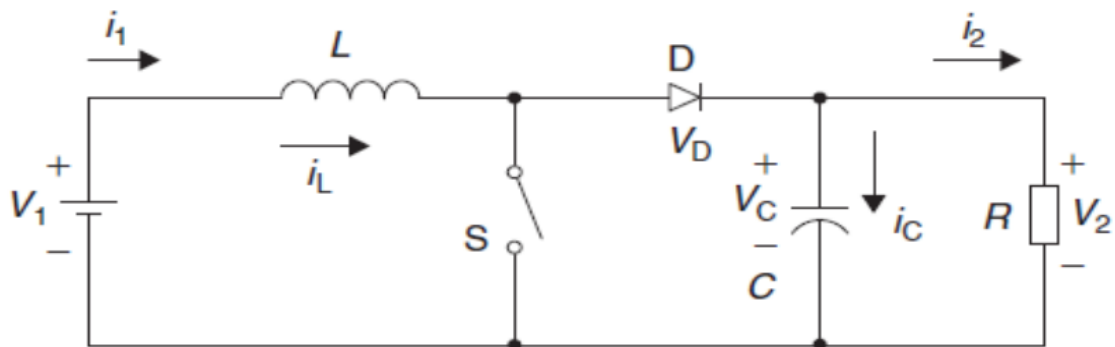
### II.5 Dimensionnement du hacheur

Avant de dimensionner les composants de nos hacheurs, il faut connaître d'abord leurs fréquences de commutation. Le choix de la fréquence de commutation est un compromis, en effet :

- Plus la fréquence est grande, plus les dimensions des éléments seront faibles,
- Plus la fréquence est grande, plus les pertes de commutations seront grandes.

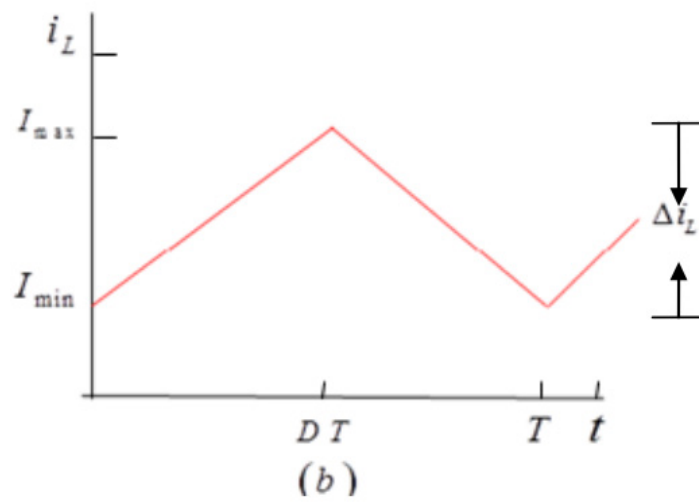
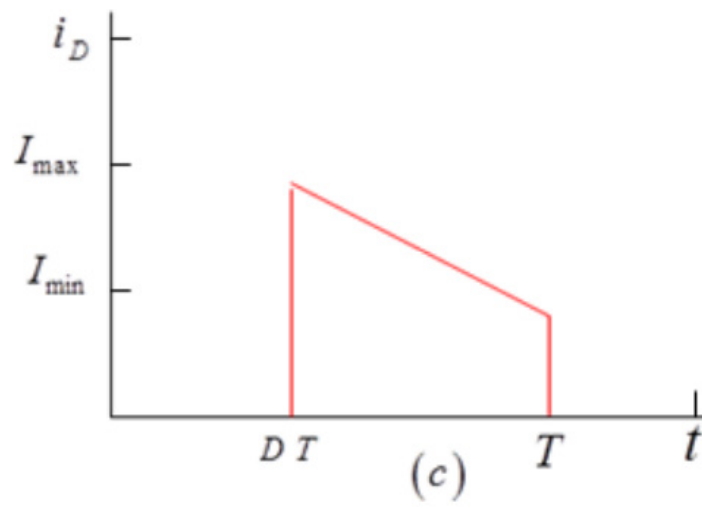
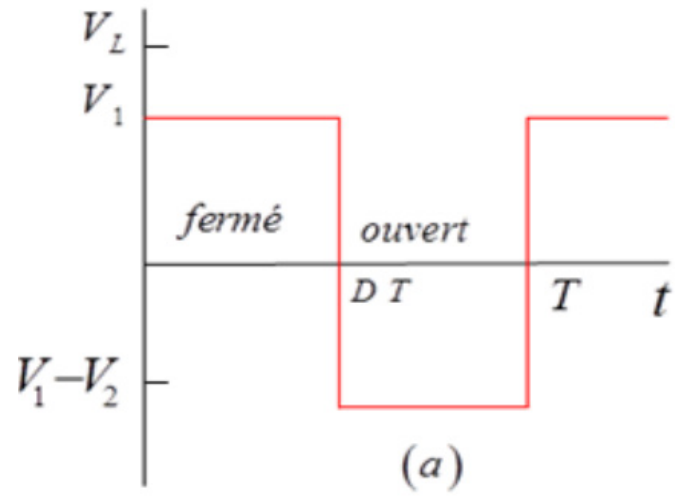
Il faut noter aussi que les composants sont limités en fréquence. Il n'est donc pas possible de choisir une fréquence de commutation trop élevée lorsque des contraintes d'encombrement sont imposées. Dans de nombreuses applications, la fréquence de commutation est choisie supérieure

La figure (II.1) représentée l'hacheurboost que nous allons considérer dans notre étude.



**Figure (II.2)** l'hacheurboost

Les formes d'onde données par la figure (II.2), représentent respectivement : (a) la tension au bornes de la bobine L, (b) le courant traversant cette bobine,(c) le courant de la diode D et (d) le courant dans le condensateur C.



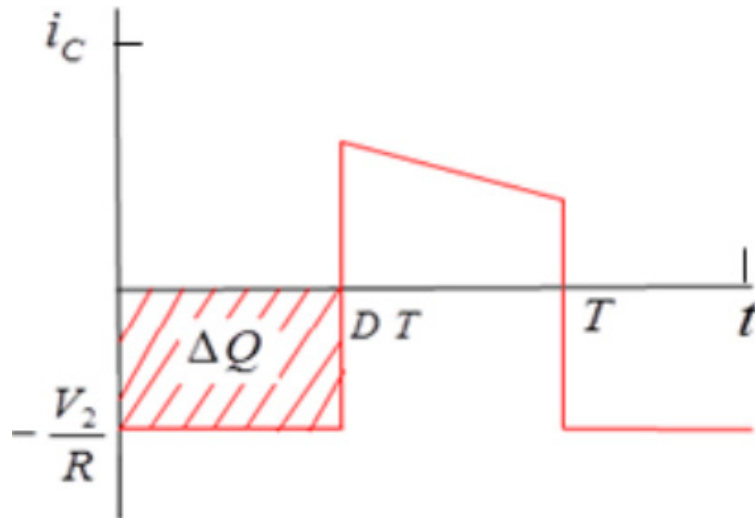


Figure II.3 :formes d'ondes du convertisseur boost

### II.5.1 Dimensionnement de l'inductance

Le calcul de l'inductance débute par le calcul du courant d'entrée maximal. On impose la fréquence de découpage en haute fréquence et on vérifie si l'ondulation de courant est correcte en basse fréquence [24]. Après les calculs, l'inductance peut être trouvée dans le marché ou fabriquée .dans notre réalisation pratique.

la puissance d'entrée  $P_1$  est donne par la relation (II.10)

$$P_1 = V_1 I_1 = V_1 I_L \dots\dots\dots(II.10)$$

la puissance de sortie  $P_2$  fournie par le hacheur est donnée par la relation (II.11) :

$$P_2 = \frac{V_2^2}{R} = V_2 I_2 \dots\dots\dots(II.11)$$

Et puisque La puissance d'entrée est équivalente à la puissance de sortie on peut écrire :

$$V_1 I_L = \frac{V_2^2}{R} = \frac{[V_1 / (1-d)]^2}{R} = \frac{V_1^2}{(1-d)^2 R} \dots\dots\dots(II.12)$$

En résolvant cette équation et en faisant diverses substitutions,  $I_L$  peut être exprimé comme suit :

$$I_L = \frac{V_1}{(1-d)^2 R} = \frac{V_2^2}{V_1 R} = \frac{V_2 I_2}{V_1} \dots\dots\dots(II.13)$$

Les courants maximum et minimum de l'inductance sont déterminés en utilisant la valeur moyenne du courant  $\Delta i_L$  de l'équation suivant :

$$\frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{dT} = \frac{V_1}{L} \dots\dots\dots( II.14)$$

$$I_{\max} = I_L + \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{V_1}{(1-d)^2 R} + \frac{V_1 d T}{2L} \dots\dots\dots(\text{II.15})$$

$$I_{\min} = I_L - \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{V_1}{(1-d)^2 R} - \frac{V_1 d T}{2L} \dots\dots\dots(\text{II.16})$$

$$I_{\min} = I_L - \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{V_1}{(1-d)^2 R} - \frac{V_1 d T}{2L} \dots\dots\dots(\text{II.17})$$

$$\frac{V_1}{(1-d)^2 R} = \frac{V_1 d T}{2L} = \frac{V_1 d}{2L f} \dots\dots\dots(\text{II.18})$$

Par conséquent La combinaison minimale d'inductance et de fréquence de commutation pour le courant continu est :

$$(L f)_{\min} = \frac{d(1-d)^2 R}{2f} \dots\dots\dots(\text{II.19})$$

$$L_{\min} = \frac{d(1-d)^2 R}{2f} \dots\dots\dots(\text{II.20})$$

$$L \geq \frac{d(1-d)^2 R}{2f} \dots\dots\dots(\text{II.21})$$

Pour un courant d'ondulation maximale désiré  $\Delta i_{L(max)}$  On peut écrire :

$$L = \frac{V_1 d T}{\Delta i_L} = \frac{V_1 d}{\Delta i_L f} \dots\dots\dots(\text{II.22})$$

### II.5.2. Dimensionnement du condensateur de sortie

Lorsque le temps  $t$  est compris entre 0 et  $dT$  ( $0 < t < dT$ ), le condensateur fournit de l'énergie à la charge et Le courant de sortie supposé constant, la charge du condensateurs est donnée ci-dessous

$$\Delta Q = i_2 dt \dots\dots\dots(\text{II.23})$$

Si l'on admet une ondulation  $\Delta V_2$  de la tension de sortie, on peut écrire

$$|\Delta Q| = \left(\frac{V_2}{R}\right) dT = C \Delta V_2 \dots\dots\dots(\text{II.24})$$

$$\Delta V_2 = \frac{V_2 d T}{RC} = \frac{V_2 d}{RC f} \dots\dots\dots(\text{II.25})$$

$$\frac{\Delta V_2}{V_2} = \frac{d}{RC f} \dots\dots\dots(\text{II.26})$$

On en déduit la capacité du condensateur de sortie :

$$C \geq \frac{d}{R(\Delta V_2 / V_2) f} \dots\dots\dots(\text{II.27})$$

## **II.6.Conclusion :**

Dans ce chapitre Nous avons développé un modèle faible signaux du hacheur DC-DC également nous avons exposé la démarche à suivre pour le dimensionnement en déduisant les indices de performances statiques et dynamiques d'une part et les valeurs des composants à employer en simulation et en réalisation d'autre part

Le prochain chapitre sera consacré à la simulation du hacheur



## CHAPITRE III :SIMULATION D'HACHEUR ELEVATEURS

### III.1 Introductions

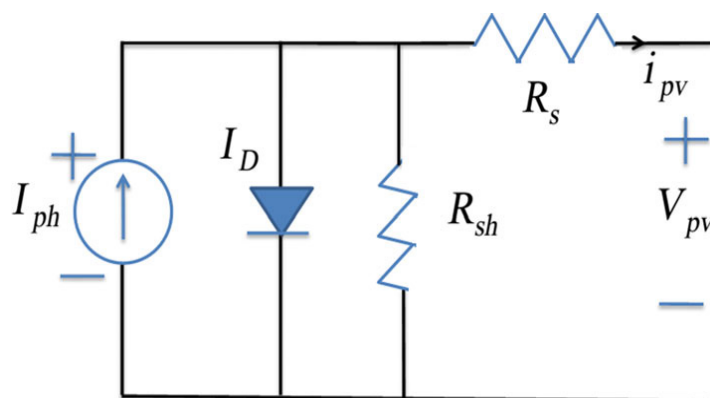
La méthode de perturbation et observation (P&O) est parmi les commandes classiques le plus utilisé car simple, Mais d'un autre côté il a l'inconvénient de manquer de précision au point de puissance maximale Pour ce là, on va étudier une commande avancé dite MPPT flou de pour résoudre les problèmes de la commande conventionnelle.

Ce type de modèle (*Fuzzy T-S model*), proposé par Takagi et Sugeno, est basé sur des règles du type « SI prémisse ALORS conséquence » où les prémisses sont obtenues à partir des propositions linguistiques permettant l'évaluation des fonctions de pondération et où les conséquences correspondent aux sous-modèle

Dans ce chapitre, nous développons un contrôleur flou basé sur les modèles flous de type Takagi-Sugeno pour commander convertisseur DC /DC de type boost

### III.2 MODÉLISATION MATHÉMATIQUE DU SYSTÈME ÉTUDIÉ

Afin de modéliser la cellule PV, il est nécessaire de trouver son circuit électrique équivalent. De nombreux modèles mathématiques de cellules PV ont été développés pour représenter leur comportement très fortement non linéaire dû à la jonction semi-conductrice . Dans cette étude, le modèle à diode unique est considéré comme illustré fig. I. ce circuit équivalent est constitué d'une source de courant lumineux idéal  $i_{ph}$ , connectée en parallèle avec une diode D, et d'une résistance shunt  $R_{sh}$ , et tout le circuit est associé à une résistance série  $R_s$ . Le courant de sortie de la cellule PV peut être obtenu comme suit [9]



FigureIII.1:circuit équivalent de panneau PV

$$i_{pv} = i_{ph} - i_{sat} * \left[ \exp\left(\frac{V_{pv} + i_{pv}R_s}{nV_T}\right) - 1 \right] - \frac{V_{pv} + (i_{pv}R_s)}{R_{sh}} \quad (III.1)$$

$$V_T = \frac{KT}{q} \dots (III.2)$$

Où  $i_{ph}$  et  $i_{sat}$  représentent respectivement le courant généré par la lumière et la saturation des cellules.  $R_{sh}$  et  $R_s$  sont respectivement les résistances shunt et la résistance série.  $q$ ,  $T$ ,  $k$ ,  $A$  sont respectivement la charge électronique, la température de la cellule, la constante de Boltzmann et le facteur idéal.

Le courant généré par la lumière dépend linéairement de l'irradiance et de la température, son expression est donnée par l'équation suivante:

$$i_{ph} = G (i_{sc} + k (T + T_r)) \dots \dots (III.3)$$

Selon la figure III.2, le comportement du convertisseur élévateur peut être donné par les équations

d'état suivantes:

$$\begin{aligned} \frac{di_L}{dt} &= \frac{R_L + R_m}{L} i + \frac{1}{L} (V_0 + V_d - R_m i_L) u_{pv} - \frac{1}{L} (V_0 + V_d) \\ \frac{dv_{pv}}{dt} &= \frac{1}{C_1} (i_{pv} - \dots \dots \dots (III.4) \end{aligned}$$

Définissons maintenant une nouvelle variable d'état telle que  $\dot{u} = u_{pv}$  correspond à l'intégrale de l'erreur de suivi  $\varepsilon$ . Ce système peut donc s'écrire sous la forme:

$$\dot{x}(t) = A(x, t)x(t) + Bu(t) + \eta(t) \dots \dots \dots (III.4)$$

Avec  $x = [i_L V_{PV} u_{pv}]^T$  est le vecteur d'état,  $A(x, t)$  est la matrice dynamique,  $B$  est le vecteur d'entrée, et  $u(t) \in [0, 1]$  est l'entrée de commande correspondant au rapport cyclique.

$$\begin{bmatrix} \frac{di_L}{dt} \\ \frac{dv_{pv}}{dt} \\ \frac{du}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R_L}{L} & \frac{1}{L} & \frac{\beta}{L} \\ \frac{1}{C_1} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(t) + \begin{bmatrix} -\lambda \\ L \\ \frac{1}{C_1} i_{pv} \\ 0 \end{bmatrix}$$

Avec :

$$\beta = V_0 + V_d - R_m i_L, \lambda = V_0 + V_d \dots \dots \dots (III.6)$$

### III.3 STRATÉGIE DE CONTRÔLE

La stratégie de contrôle que nous avons proposée dans la figure III.3 se compose de deux blocs. Le premier bloc appelé ANFIS utilisait deux entrées, courant de court-circuit et température pour générer une référence de tension  $V_{ref}$ . La commande de suivi flou du bloc suivant permet de suivre

la référence de tension  $V_{ref}$  en générant une commande de signal  $u$  pour le convertisseur élévateur.

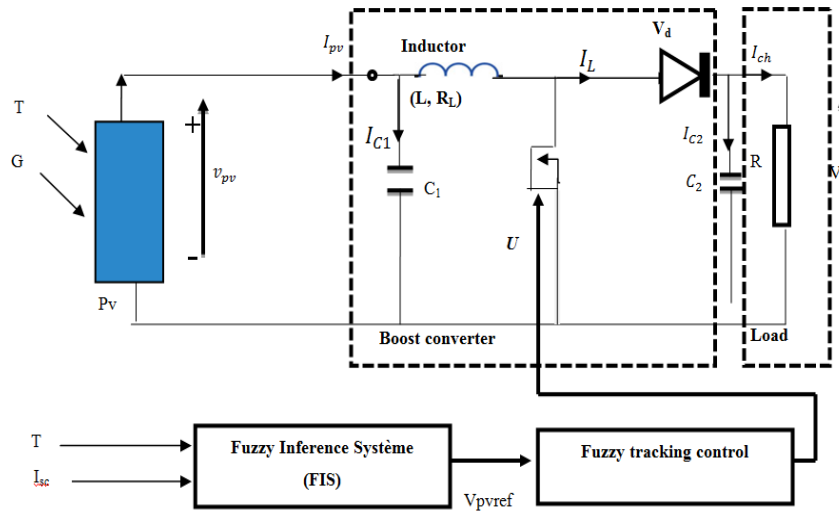


Figure.III.2: Structure du système photovoltaïque

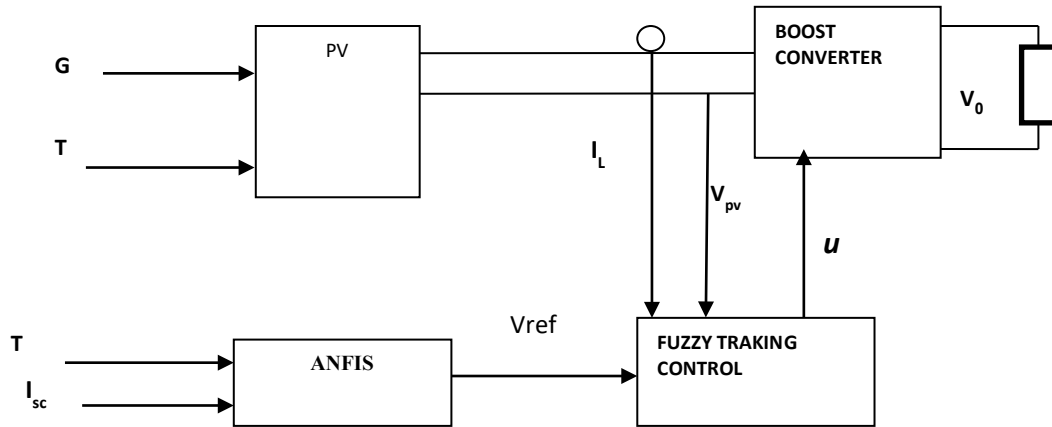


Figure.III.3: Bloc de stratégie de contrôle

### III.3.1. Modèle flou T-S du système PV

Le modèle de Takagi – Sugeno est considéré comme une représentation exacte du système complexe décrivant son comportement dynamique global au moyen d'une interpolation de sous-modèles locaux. L'intérêt porté à ce type de modélisation est dû au fait que l'analyse de stabilité et la conception des gains du contrôleur et de l'observateur associés à chaque sous-modèle peuvent être obtenus via des outils d'inégalité matricielle linéaire (LMI) [8].

Nous choisissons les deux variables locales suivantes:

$$Z_1(i_L) = i_L, Z_2(V_0) = V_0, Z_k(t) \in [Z_{k, \min} \quad Z_{k, \max}] \dots \dots \dots \quad (III.7)$$

Ensuite, le système non linéaire (III.5) peut être représenté par le modèle T-S avec quatre règles suivantes:

- Formule 1: if  $Z_1(t)$  is  $M_{11}$  et  $Z_2(t)$  is  $M_{22}$

$$\dot{x}(t) = A_1 x(t) + B_1 u(t) + \eta(t)$$

- Formule 2: if  $Z_1(t)$  is  $M_{11}$  et  $Z_2(t)$  is  $M_{21}$

$$\dot{x}(t) = A_2 x(t) + B_2 u(t) + \eta(t)$$

- Formule 3 : if  $Z_1(t)$  is  $M_{12}$  et  $Z_2(t)$  is  $M_{22}$

$$\dot{x}(t) = A_3 x(t) + B_3 u(t) + \eta(t)$$

- Formule 4 : if  $Z_1(t)$  is  $M_{12}$  et  $Z_2(t)$  is  $M_{21}$

Pour chaque règle attribuée un poids qui dépend du grade d'appartenance fonction des variables de prémisse dans des ensembles flous  $M_{ij}$

$$w_i z(t) = \prod_{i=1}^R M_{ij} z(t) \begin{cases} \sum_{i=1}^R w_i z(t) \succ 0 \\ w_i z(t) \succ 0 \end{cases}$$

Les fonctions de pondération sont données par:

$$\begin{cases} h_1 z(t) = M_{1,\min} z(t) M_{2,\min} z(t) \\ h_2 z(t) = M_{1,\min} z(t) M_{2,\max} z(t) \\ h_3 z(t) = M_{1,\max} z(t) M_{2,\min} z(t) \\ h_4 z(t) = M_{1,\max} z(t) M_{2,\max} z(t) \end{cases}$$

La matrice d'état de chaque modèle local est définie comme:

$$A_i = \begin{bmatrix} -\frac{R_L}{L} & \frac{1}{L} & \frac{\beta_i}{L} \\ \frac{1}{C_1} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$D'où : \begin{cases} \beta_1 = \underline{V}_0 + V_d - R_m \underline{i}_L, \\ \beta_2 = \underline{V}_0 + V_d - R_m \overline{i}_L, \\ \beta_3 = \overline{V}_0 + V_d - R_m \underline{i}_L, \\ \beta_4 = \overline{V}_0 + V_d - R_m \overline{i}_L, \end{cases}$$

Les matrices d'état  $A_{i,j}$  définissant les quatre sous-modèles sont déterminées en remplaçant les variables de prémisses  $Z_k(t)$  dans les matrices  $A_{i,j}(t)$  par leurs valeurs correspondantes  $Z_k(k, \min)$  et  $Z_k(k, \max)$ . Enfin, la forme polynomiale de l'équation d'état est :

$$\dot{x}(t) = \sum_{i=1}^R h_i z(t) (A_i x(t) + B_i u(t) + \eta(t)) \quad (\text{III.9})$$

### B. Modèle de référence

Le but d'un contrôleur flou qui assure le suivi de trajectoire est de satisfaire la condition suivante :

$$x(t) - x_{ref} \rightarrow 0 \quad (\text{III.10})$$

Afin de convertir le problème de suivi de trajectoire en un problème de stabilisation, nous introduisons un ensemble de variables souhaitées virtuelles (VDV) pour suivre un modèle de référence optimale :

où

$$x_{ref} = \begin{bmatrix} i_{Lref} & V_{pvref} & u_{pvref} \end{bmatrix}$$

$$x(t) - x_{ref} \rightarrow 0 \quad \sum_{i=1}^R h_i z(t) B_i \tau(t) = \sum_{i=1}^R h_i z(t) B_i u(t) + \sum_{i=1}^R h_i z(t) A_i x_{ref} - \eta(t) + \dot{x}_{ref}(t) \quad (\text{III.11})$$

le système d'erreur de suivi (11) peut être réécrit comme suivant:

$$\dot{\tilde{x}}(t) = \sum_{i=1}^{R=4} h_i z(t) (A_i \tilde{x}(t) + B_i \tau(t)) \quad (\text{III.12})$$

Le contrôleur flou PDC est conçu comme suit

Si  $Z_1(t) M_{1i}$  et  $Z_2(t) M_{2i}$  ainsi que  $\tau(t) = -k_i \tilde{x}(t)$

Si est et est alors

Le contrôleur flou global est donné En utilisant (III.12) et (III.13), nous obtenons le système en boucle fermée suivant :

$$\tau(t) = \sum_{i=1}^{R=4} h_i z(t) k_i \tilde{x}(t) \dots (\text{III.13})$$

$$\dot{\tilde{x}}(t) = \sum_{i=1}^{R=4} \sum_{j=1}^{R=4} h_i z(t) h_j z(t) (A_i - B_i K_j) \tilde{x}(t) \quad (\text{III.14})$$

Les variables désirées  $X_{ref}(t)$  sont nécessaires pour satisfaire (III.14), qui est écrit ci-dessous

$$B(U(t) - \tau(t)) = -A(i_L, V_0) x_{ref}(t) - \eta(t) + \dot{x}_{ref}(t) \quad (\text{III.15})$$

Ensuite, nous obtenons la forme matricielle suivante:

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} (u - \tau(t)) = - \begin{bmatrix} \frac{-R_L}{L} & \frac{1}{L} & \frac{\beta}{L} \\ -1 & 0 & 0 \\ \frac{C_1}{0} & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{Lr\acute{e}f} \\ V_{PVr\acute{e}f} \\ U_{PVr\acute{e}f} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} -\gamma \\ \frac{1}{C_1} i_{PV} \\ 0 \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_{Lr\acute{e}f} \\ V_{PVr\acute{e}f} \\ U_{PVr\acute{e}f} \end{bmatrix}$$

Les gains de rétroaction  $k_i$  sont introduits par une technique de conception bas e sur l'IMT abord e dans le théorème suivant.

Théorème : L'équilibre du système de contrôle flou continu décrit par (III.13) est globalement asymptotiquement stable si il existe une matrice définie positive commune  $P > 0$ , a un matrice diagonale  $D$  et matrices  $Q_{ij}$  [10]

Avec:

$$Q_{ii} = Q_{ii}^T \text{ and } Q_{ji} = Q_{ij}^T, \text{ for } i \neq j \text{ Sachant que :}$$

$$G_{ii}^T P + P G_{ii} + Q_{ii} + D P D < 0, i = 1, \dots, r \text{ (III.16)}$$

$$\left( \frac{G_{ij} + G_{ji}}{2} \right)^T P + P \left( \frac{G_{ij} + G_{ji}}{2} \right) + Q_{ij} \leq 0, i < j \leq r \quad \text{(III.17)}$$

$$\begin{pmatrix} Q_{11} & \dots & Q_{1r} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Q_{r1} & \dots & Q_{rr} \end{pmatrix} \equiv \tilde{Q} > 0 \text{ (III.18)}$$

$$\exists X = X^T > 0, \exists Y_{ii} = Y_{ii}, \exists Y_{ij} = Y_{ji}, \exists M_i \quad \text{(III.19)}$$

$$\begin{bmatrix} X A_i^T + A_i X - B_i M_i - M_i^T B_i^T + Y_{ii} X D^T \\ D X & - X \end{bmatrix} < 0 \quad \text{(III.20)}$$

$$\begin{matrix} X A_i^T + A_i X + X A_j^T + A_j X - B_i M_j \\ -M_i^T B_i^T - B_j M_j - M_i^T B_j^T + 2 Y_{ij} \leq 0 \end{matrix} \quad i < j \leq r \quad \text{(III.21)}$$

$$\begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1r} \\ Y_{21} & Y_{23} & \dots & Y_{2r} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{r1} & Y_{r2} & \dots & Y_{rr} \end{bmatrix} \equiv \tilde{Y} > 0 \quad \text{(22)}$$

Les gains de contrôle sont donn es par:

$$k_i = M_i X^{-1} \quad \text{(III.23)}$$

### III.4. Résultats de la simulation

Afin de tester l'efficacité de la méthode propos e, le comportement du système de conversion d'énergie a été simul e à l'aide du Matlab / Simulink. Les principales caractéristiques du panneau photovoltaïque sont donn es par le tableau I. La tension de référence correspondant à la puissance maximale est calcul e à l'aide de l'algorithme MPPT bas e sur le courant de court-circuit utilis e par

le FIS et la température de la cellule. Une partie de cette base de données est donnée dans le tableau.III.2

**Tableau III.1 :** Tableau des valeurs numériques

<i>Symbole</i>	Quantité	valeurs numériques
$K$	Constante de Boltzmann	$1.38 \cdot 10^{-23} \text{J/K}$
$A$	Facteur idéal	1.1
$R_{sh}$	Résistance au shunt	$360.002 \Omega$
$R_s$	Résistance en série	$0.18 \Omega$
$T$	Référence de température	298.15 K
$G$	Irradiation reference	1000W/m <sup>2</sup>
$V_{oc}$	Tension en circuit ouvert	21.6 V
$I_{sc}$	Courant de court-circuit	3.8 A
$C_1$	Condensateur d'entrée	1 mF
$C_2$	Condensateur de sortie	4 $\mu$ F
$L$	Inducteur	40mH
$V_0$	Voltage de batterie	35 V
$R_L$	Résistance de l'auto-inductance	$0.5 \Omega$
$R_m$	Resistance de IGBT	$0.05 \Omega$

### III.2: BASE DE DONNÉES FLOUE MPPT

<b><i>Temperature (C°)</i></b>	<b><i>Courant de court-circuit (A)</i></b>	<b><i>Vref (V)</i></b>
25	0.8996	15.5933
26	0.45	14.8069

<i>Temperature (C°)</i>	<i>Courant de court-circuit (A)</i>	<i>Vref (V)</i>
27	0.4502	14.7963
28	0.4504	14.7854
29	0.4507	14.7745
30	0.4509	14.7634

Les gains de contrôle  $k_i$  obtenus via LMI sont donnés comme suit:

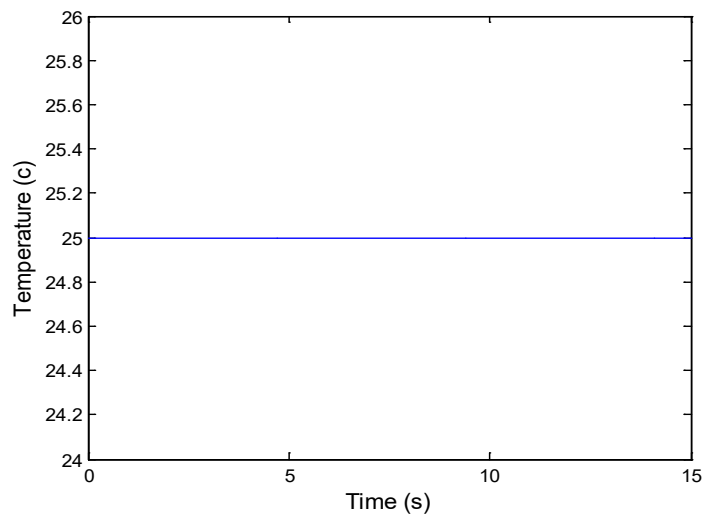
$$K_1 = [155.0075 \quad -0.6106 \quad 633.6307],$$

$$K_2 = [92.6114 \quad -0.11940 \quad 570.2396],$$

$$K_3 = [282.7187 \quad -0.4403 \quad 616.0382],$$

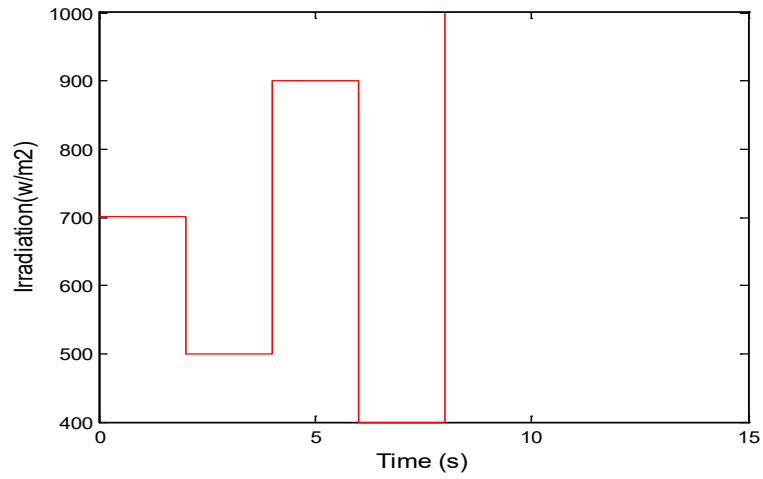
$$K_4 = [103.4164 \quad 0.3952 \quad 577.9426]$$

vérifier les performances du contrôleur proposé, la variation de l'irradiation solaire est prise en compte et la température de la cellule PV est maintenue constante (25C0) comme indiqué sur les figures III.4 et III. 5.

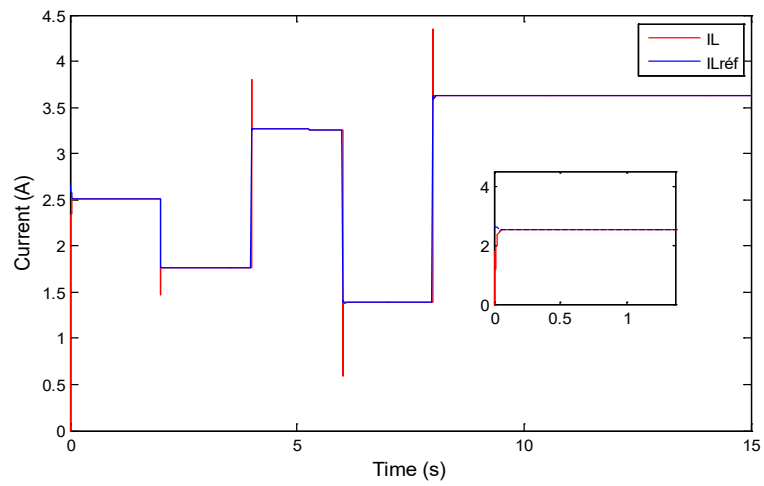


**Figure III.4:** Profil de température.

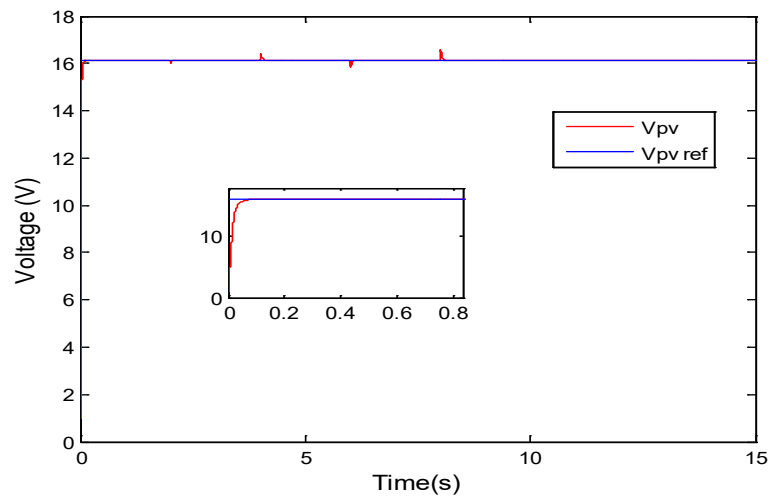




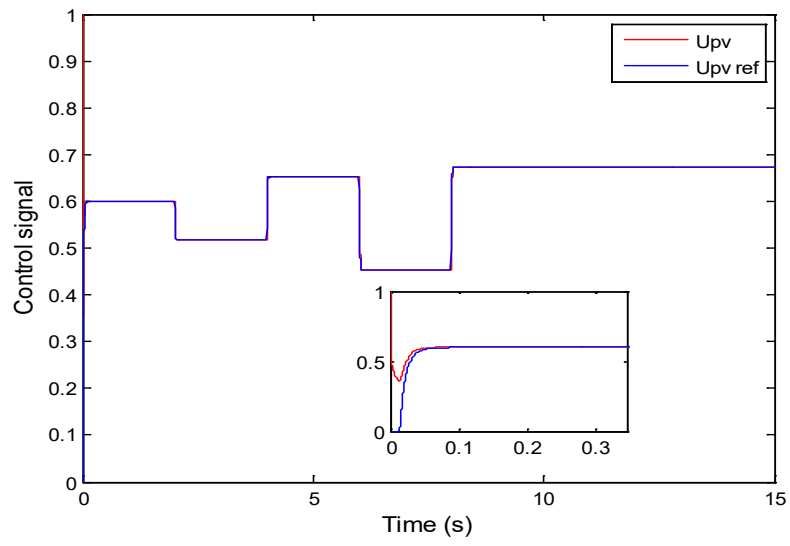
**Figure III.5:** Évolution de l'irradiation



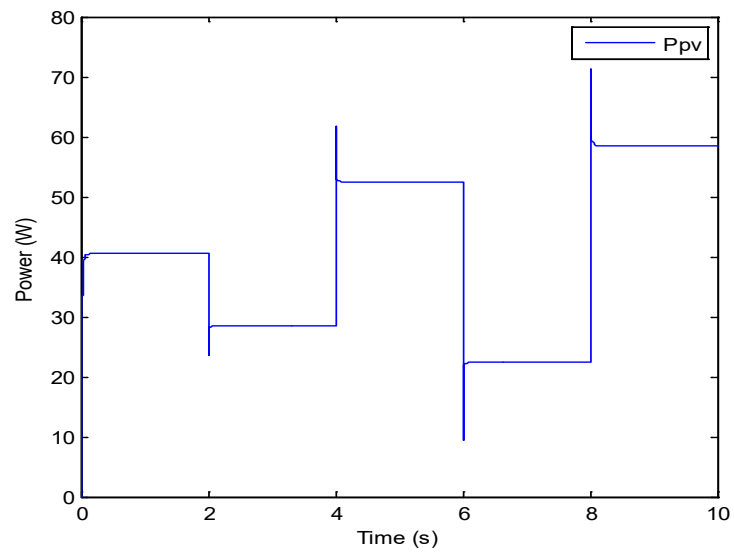
**Figure III.6:** Évolution du courant PV



**Figure III.7:** Suivi de la référence de tension



**Figure III.8:** évolution du cycle de service



**Figure III.9:** Puissance générée

### **III.5.Conclusion**

Dans ce chapitre , un nouveau régulateur MPPT basé sur les modèles flous T-S est développé afin d'éliminer efficacement l'oscillation dans les différents états du convertisseurs DC-DC Boost, des convertisseurs DC-DC affecté par des perturbations et soumis à des contraintes sur le rapport cyclique et sur la tension de sortie. La mise en œuvre de cette stratégie de commande comprend deux étapes essentielles premièrement, le modèle non linéaire convertisseurs DC-DC Boost est utilisé pour concevoir le régulateur flou T-S ensuite, un modèle de référence est dérivé en fonction de la tension qui est générée à l'aide d'un algorithme ANFIS utilise la température et courant de court-circuit  $I_{cc}$ . en tant qu'entrées. Enfin, un régulateur de suivi de trajectoire non linéaire est développé à l'aide du régulateur flou et du modèle de référence.

# CONCLUSIONS GÉNÉRALES

## **Conclusion générale :**

Le présent travail contenu dans mémoire de fin d'étude c'est l'étude du hacheur de type Boost.

Nous avons commencé notre travail par la présentation des généralités sur les convertisseurs DC-DC à savoir : hacheurs réversibles (hacheur réversible en tension, hacheur réversible en courant et hacheur réversible en courant et en tension) et Les hacheurs non réversibles (le Buck, le Boost, et le Buck-Boost). suivi par la modélisation de type Boost et dimensionnement des éléments constituant le montage de convertisseur Boost, nous avons aussi simulé et réalisé notre modèle et présenté les résultats de simulation et expérimentaux. Pour la modélisation, nous avons pris un modèle idéal qui ne tient pas compte des chutes de tension et des résistances internes des composants. Nous avons obtenu des relations de tension de sortie, du courant de l'inductance, du courant d'entrée et du courant dans la diode. Nous avons aussi obtenu une relation entre le rapport cyclique et le rendement. Ensuite, nous avons passé au dimensionnement de l'hacheur Boost afin de calculer les valeurs de ses différents composants spécialement les valeurs de l'inductance  $L$  et la capacité  $C$  du condensateur.

En fin, nous avons achevé ce travail par la présentation de la partie simulation. est tourné autour de la commande floue de modèle Takagi-Sugeno et l'étude comparative entre la commande MPPT classique et la commande MPPT floue. Les résultats de simulations montrent que le convertisseur Boost peut être contrôlé efficacement dans des différentes régions opérationnelles par un schéma de contrôle flou

---

## Références Bibliographiques

---

### Références :

- [1] Belkhir A, Makouf A, « Commande floue d'un convertisseur statique DC/DC », ingénieur d'état en Electrotechnique, Béjaia, 2005.
- [2] Saifi Amel, « Alimentation d'un moteur à courant continu à l'aide d'un hacheur commandé par un microcontrôleur Arduino », mémoire de Master, Université de Batna 2, 2016
- [3] Zemouri Azeddine, « Etude expérimentale d'un convertisseur DC/DC contrôlé par une commande robuste ». Mémoire de Magister Université de Batna, 2014
- [4] Hansruedi Bühler, "Convertisseurs statiques", Presses polytechniques et universitaires romandes, 1991
- [5] "Etude d'un Hacheur à Stockage Capacitif", Mémoire de Master, 2014, Université Larbi Ben M'hidi-Oum El Bouaghi, Département de Génie Electrique,
- [6] FERRAH FATEH, " Etude et simulation d'un étage mppt pour un système à énergie renouvelable ", Mémoire de Master, Université Larbi ben M'Hidi- Oum El Bouaghi. 2013.
- [7] AHMADI ISMAIL, " Etude et simulation d'un système de pompage d'eau couplé à un générateur photovoltaïque", Mémoire de Master, Université Larbi ben M'Hidi- Oum El Bouaghi. 2013.
- [8] YAAKOUB BENYAHIA, "Modélisation et simulation d'un système photovoltaïque adapté par une commande mppt ", Mémoire de Master, Université Larbi ben M'Hidi- Oum El Bouaghi. 2013.
- [9] S. Djeriou. Simulation d'un système photovoltaïque alimentant une machine asynchrone. Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Magister, Université Ferhat Abbas, Sétif-Algérie, Faculté de Technologie, 2014.
- [10] Ayyoub ABID et Yassine BECHLAGHEM Etude et dimensionnement d'un convertisseur SEPIC pour une application photovoltaïque, Département de Génie Electrique et Electronique, Faculté de Technologie, Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen, Juin 2017
- [11] Soltani Ali "Etude et réalisation d'un hacheur Buck destiné à l'implémentation des commandes à base de DSP" Mémoire master 2016
- [12] H. Bin, " Convertisseur continu-continu à rapport de transformation élevé pour applications pile à combustible", Thèse Doctorat de l'institut national polytechnique de

---

Lorraine, France, 2009.

[13] H. LEQUEU – [DIV435] – Fichier : IUT-EDP-9, 2004/2005.

[14] Robert W. Erickson (Auteur), Dragan Maksimovic, "Fundamentals of Power Electronics", 2nd Ed. Kluwer Academic Publishers, 2001.

[15] B. W. Williams, "Power Electronics: Devices, Drivers, Applications and Passive Components", 2 Sub-Ed, Mcgraw-Hill, 1992,

[16] ]SoltaniAli"Etude et réalisation d'un hacheur Buck destiné à l'implémentation des commandes à base deDSP"Mémoire master 2016

[17] Robert W. Erickson (Auteur), Dragan Maksimovic, "Fundamentals of Power

[18] Fang Lin Luo, Hong Ye, "Advanced DC/DC Converters", Ed. CRC Press, 2003,

[19] Robert W. Erickson (Auteur), Dragan Maksimovic, "Fundamentals of Power Electronics", 2nd Ed. Kluwer Academic Publishers, 2001.

[20] HANOUN Brahim "Etude et réalisation d'un hacheur Boost destiné à l'implémentation des commandes à base deDSP" Mémoire de fin d'études soutenu publiquement à Oum El Bouaghi Juin 2016

[21] T. Y. Kim, H. G. Ahn, S. K. Park, Y. K. Le, *A novel maximum power point tracking control for photovoltaic power system under rapidly changing solar radiation*, *IEEE conference*, vol. 2, pp. 1011-1014, Jun. 2001.

[22] HANOUN Brahim "Etude et réalisation d'un hacheur Boost destiné à l'implémentation des commandes à base deDSP" Mémoire de fin d'études soutenu publiquement à Oum El Bouaghi Juin 2016

[23] Christophe Sueur, Philippe Vanheeghe, Pierre Borne, "Automatique des systèmes continus", Ed. Technip, 1997

[24] B. W. Williams, "Power Electronics: Devices, Drivers, Applications and Passive Components", 2 Sub-Ed, Mcgraw-Hill, 1992,

[25] D. Ounnas, M. Ramdani, S. Chenikher et T. Bouktir «Un contrôleur de suivi efficace du point de puissance maximale pour les systèmes photovoltaïques utilisant des modèles flous Takagi – Sugeno» Arab J Sci Eng vol 42,2017, pp 4971–4982 .

[26] M. Allouche, K. Dahech, M. Chaabane et D. Mehdi «Contrôle basé sur l'observateur flou pour le suivi du point de puissance maximum d'un système photovoltaïque» International Journal of Systems Science, DOI: 10.1080 / 00207721.2018.1433246.

[27] A.Belkaid, JP.Gaubert et A.Gherbi«Un mode glissant amélioré contrôle pour le suivi du point de puissance maximale dans les systèmes photovoltaïques ». J Control Eng ApplInf vol 18, 2016, pp 86–94

**ملخص:**

ترصد هذه المذكرة دراسة نموذجية لمحاولات التيار، من تيار المستمر إلى تيار مستمر آخر كتلميحات أولية لبعض عناصر هذا النوع من المحولات ومن ثم تختص في كيفية رفع توتر مستمر في نظام يحتوي على مردود جيد بالاعتماد على دارة كهربائية يطلق عليها المروحية (هاشار) رافع او على التفرع حيث يقوم هذا الأخير في رفع التوتر المستمر الناي قيمة على حسب ما ينص عليه دفتر الشروط المعمول به، تسلك هذه الدراسة محاكاة لعمل المروحية (هاشار) الرافع متناولة كل القيم التي يأخذها كل عنصر من عناصر هذا النوع من المحولات المأخوذة من العملية التحليلية للمعادلات المستنبطة من هذا النظام الكهربائي لإيجاد أحسن نقطة اشتغال تحتوي مردودية حسنة قصد تركيب المروحية الرافع والمقارنة بين النواتج المحصل عليها من المحاكاة من جهة والنواتج المحصل عليها من التركيب من جهة أخرى. فمن خلال هذا التركيب نكون قد جسدنا الشكل الحقيقي للمروحية (هاشار) الرافع الذي لا يستطيع معظم نماذج الطاقات المتجددة الاستغناء عنه .

**كلمات مفتاحية:** المروحية ، التفرع ، الرافع، المروحية ، النمذجة ،

**Résumé :**

Le présent de cette note, une étude pilote de convertisseurs DC-DC comme première étude aperçu de certains éléments de ce type de convertisseur, et se spécialise dans la façon d'augmenter la tension dans le système est utilisée une bonne performance, ce système est basé sur un circuit appelé hacheur parallèle ou élévateur quand il pour élever la tension constante à n'importe quelle valeur par le Cahier des charges. cette étude pratique sur la simulation se comporte au travail hacheur élévateur pour traiter toutes les valeurs sont appliquées à chaque élément de ce type de convertisseur qui prend des équations de modélisation analytiques dérivées du système électrique pour trouver le meilleur point fonctionnant avec une bonne efficacité pour installé un hachure élévateur et compare les résultats obtenus à partir de la simulation et des résultats obtenus de l'autre expérimental . C'est à travers cette composition que nous avons incarné la vraie forme du hacheur à peine levé Pas de modèle d'énergie renouvelable supprimé

**Mots Clés :** convertisseur DC-DC, hacheur, parallèle, élévateur, analytique , modélisation .



**Abstact:**

The Boost chopper using in the DC-DC converter, which is Responsible for raising the voltage. In this memory we study each Categories of adapters, we realize Boostconverter, In this study, we need to define the dimensions of the montage component, And we analyze this converter.

this practical study on simulation behaves at work hachure boost to treat all values are applied to each element of this type of converter that takes analytical modeling equations derived from the electrical system to find the best point operating with good efficiency for installed a hachure boost and compares the results obtained from simulation and outputs obtained from the other experimental .so from across this system, we have our real flesh form that hachure boost is essential in many forms of renewable energy

**Key Words** :Chopper, Boost, dimensioning, sizing, design, modeling , switching,