



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR- ANNABA



Faculté des Sciences de l'Ingéniorat

Département d'Électrotechnique

MEMOIRE

Intitulé

COMMANDE D'UN MOTEUR A COURANT CONTINUE ALIMENTE PAR HACHEUR

Domaine : science et technologie

Filière : Electrotechnique

Présenté Par :

- Beddadi khalil

- Bahlouli Nor El Islam

Dirigé par :

Pr.Ouari

Jury de soutenance:

Pr. Omeiri

Promotion : 2020/2021

Remerciements

Nous tenons à remercier du fond du cœur, avant tout, le
BON DIEU

qui

Nous a donné la volonté, le courage et la continuité dans nos études, Et nous a gardé jusqu'à l'atteinte de ce niveau, Et nous exprimons notre profonde gratitude.

*Nous remercions à notre encadreur **Pr A. Ouari***

Pour l'honneur qu'il nous a donné en acceptant de nous encadrer

Dans ce travail, et qui a contribué avec son aide et ses efforts ainsi

Que son soutien en plus des différentes documentations

Moyens mise à disposition pour la réalisation de

Notre travail.

Nous tenons également à remercier tout enseignant qui a contribué à

Nous former depuis le primaire jusqu'à l'université.

Finalement nous remercions nos amis sans exception.

Résumé :

Dans ce travail on fait l'étude d'un entraînement électrique à courant continu. Il s'agit de l'association d'un moteur à courant continu à excitation indépendante à hacheur directionnelle en courant. Après la présentation du moteur à courant continu (structure, type de fonctionnement) on fait une étude détaillée du hacheur abaisseur. Une simulation on utilise PSIM, a montrer que l'étatisation d'un thyristor engendre la présence le pic de tension et nécessite l'insertion d'un dispositif d'ouverture des composant. Ce qui ne pas nécessaire on utilisant un composant type transistor.

Le caractère de la charge entraîne un changement dans le fonctionnement de la charge.

On fait la présence d'une FEM rend le courant discontinu. Pour l'éviter on utilise une structure réversible en courant.

Après dimensionnement calcule des régulations de courant et de vitesse on teste, par simulation, l'aptitude du système (mcc hacheur bidirectionnel) à travailler dans les deux quadrants positifs de repère vitesse courant.

Mots Clés :

Machine à courant continu ; Convertisseur ; Hacheur

➤ **LISTE DES FIGURES :**

- CHAPITRE I : MACHINE A COURANT CONTINU

<i>Figure (01) : Fonctionnement de la machine à courant continu</i>	<i>4</i>
<i>Figure (02) : Principe de fonctionnement d'un moteur à courant continu.....</i>	<i>5</i>
<i>Figure (03) : Description de la machine à courant continu.....</i>	<i>6</i>
<i>Figure (04) : L'inducteur de la machine à courant continu.....</i>	<i>7</i>
<i>Figure (05) : Le rotor de la machine à courant continu.....</i>	<i>7</i>
<i>Figure (06) : Le dispositif collecteur / balais.....</i>	<i>8</i>
<i>Figure (07) : Schéma d'un moteur à excitation séparée.....</i>	<i>9</i>
<i>Figure (08) : caractéristique mécanique du moteur séparée.....</i>	<i>10</i>
<i>Figure (09) : caractéristique électromécanique du moteur séparée.....</i>	<i>10</i>
<i>Figure (10) : moteur à excitation séparée.....</i>	<i>11</i>
<i>Figure (11) : caractéristique mécanique du moteur série.....</i>	<i>12</i>
<i>Figure (12) : caractéristique de vitesse en fonction du courant (série).....</i>	<i>12</i>
<i>Figure (13) : caractéristique mécanique du moteur série.....</i>	<i>12</i>
<i>Figure (14) : Schéma électrique d'un moteur shunt.....</i>	<i>13</i>
<i>Figure (15) : caractéristique mécanique du moteur shunt.....</i>	<i>14</i>
<i>Figure (16) : caractéristique électromécanique du moteur shunt.....</i>	<i>14</i>
<i>Figure (17) : caractéristique de vitesse en fonction du courant (shunt).....</i>	<i>14</i>
<i>Figure (18) : Schéma électrique d'un moteur composé.....</i>	<i>15</i>
<i>Figure (19) : caractéristique mécanique du moteur composé.....</i>	<i>16</i>
<i>Figure (20) : caractéristique de vitesse en fonction du courant.....</i>	<i>16</i>
<i>Figure (21) : caractéristique électromécanique du moteur composé.....</i>	<i>16</i>
<i>Figure(22): Bilan des puissances.....</i>	<i>18</i>
<i>Figure (23): Réglage de la vitesse par variation de résistance d'induit.....</i>	<i>19</i>

<i>Figure (24) : Caractéristique de réglage par la variation du flux magnétique.....</i>	<i>20</i>
<i>Figure (25) : Caractéristique de réglage par variation de la tension d'induit..</i>	<i>21</i>
- CHAPITRE II :LES CONVERTISSEURS (HACHEUR)	
<i>Figure (26) : familles des convertisseurs statiques.....</i>	<i>25</i>
<i>Figure (27) : convertisseur alternatif/ continu.....</i>	<i>26</i>
<i>Figure (28) : convertisseur continu/ continu.....</i>	<i>27</i>
<i>Figure (29) : convertisseur alternatif / alternatif.....</i>	<i>27</i>
<i>Figure (30) : Schéma de principe du hacheur.....</i>	<i>28</i>
<i>Figure (31) : représentation du convertisseur DC/DC.....</i>	<i>29</i>
<i>Figure (32) : représentation des sources.....</i>	<i>30</i>
<i>Figure (33) : convention adoptées pour les récepteurs.....</i>	<i>31</i>
<i>Figure (34) : Convertisseur Buck (série).....</i>	<i>32</i>
<i>Figure (35) : Structure de hacheur abaisseur.....</i>	<i>32</i>
<i>Figure (36) : Grandeur de sortie.....</i>	<i>33</i>
<i>Figure (37) : grandeur électrique caractéristique (K1, K2).....</i>	<i>34</i>
<i>Figure (38): caractéristique statique (interrupteur K1, K2).....</i>	<i>34</i>
<i>Figure (39): Schéma de principe d'un hacheur série.....</i>	<i>36</i>
<i>Figure (40) : Schéma de principe d'un hacheur parallèle.....</i>	<i>37</i>
<i>Figure(41) : Schéma d'Interrupteur réversible en courant.....</i>	<i>38</i>
<i>Figure(42) : Structure d'un hacheur série réversible en courant.....</i>	<i>39</i>
<i>Figure(43) : Principe d'un hacheur réversible en tension.....</i>	<i>39</i>
<i>Figure(44) : Schéma de principe du hacheur réversible en tension et en courant</i>	<i>40</i>

➤ **LISTE DES SYMBOLES :**

- CHAPITRE I : MACHINE A COURANT CONTINU :

***I_e** : courant continu d'excitation*

***Un** : conducteur*

***L** : longueur*

***B** : champs magnetique*

***V** : tension d'alimentation*

***Φ** : flux magnetique*

***E** : force electromotrice*

***P** : nombre de paire de poles de la machine*

***n** : nombre de conducteurs actifs de la peripherie de l'induit*

***α** : nombre de paires de voies de l'enroulement entre les deux balais **n** :
frequence de rotation de l'induit (en t/s)*

***Pa** : puissance absorbee*

***Pu** : puissance utile*

***Pem** : puissance electromagnetique*

***Pjs** : pertes par effet joule dans l'inducteur*

***Pjr** : pertes par effet joule dans l'induit*

***Pc** : pertes fer + pertes mecaniques : dites pertes constantes*

***η** : rendement*

***Pu** : puissance utile*

***Pa** : puissance absorbe*

***Rn** : resistance d'induit*

***A** : le rapport cyclique*

***T** : periode de decouplage*

***K1 et k2** : interrupteur electronique*

***Us** : source de tension*

***Ut** : tension aux bornes de diode*

***Uch** : tension dans la charge*

***Ud** : tension aux de diode*

***Is** : courant de source*

***Ich** : courant de la charge*

***Ik** : courant entre l'interrupteur*

***C** : le moment de couple memoire*

***J** : le moment d'inertie ramene a l'arbre du moteur*

***Ud(t)** : tension d'alimentation de l'induit du moteur*

***Rind** : resistance du circuit d'induit*

***Lind Σ** : inductance sommaire du circuit d'induit*

***K ϕ** : cnste du moteur*

***E(t)** : (f.c.e.m) du moteur*

***Lsi** : inductance de ie self de lissage*

SOMMAIRE :

<i>INTRODUCTION GENERALE.....</i>	<i>1</i>
<i>CHAPITRE I.....</i>	<i>2</i>
<i>Les machines à Courant- Continu.....</i>	<i>2</i>
➤ <i>Introduction.....</i>	<i>3</i>
<i>I. Définition :.....</i>	<i>3</i>
<i>I.1- Principe de fonctionnement</i>	<i>4</i>
<i>Figure (2) : Principe de fonctionnement d'un moteur à courant continu.....</i>	<i>5</i>
<i>I.2- Constitution de la machine à courant continu :.....</i>	<i>5</i>
<i>I.3- Les différents types de moteurs et leur caractéristiques</i>	<i>8</i>
<i>I.3.4-Le moteur à excitation composée.....</i>	<i>15</i>
<i>I.4- Equation electromagnitique.....</i>	<i>16</i>
<i>I.4.1 / Expression de la force électromotrice.....</i>	<i>16</i>
<i>I.4.2- Expression de la tension d'induit.....</i>	<i>17</i>
<i>I.4.3/ Expression du couple électromagnétique.....</i>	<i>17</i>
<i>I.5- Bilan de puissance et Rendement de la machine à courant continu.....</i>	<i>17</i>
<i>- Bilan des puissances.....</i>	<i>17</i>
<i>-Rendement de la machine à courant continu.....</i>	<i>18</i>
<i>I.6- Différents modes de réglage de la vitesse d'un moteur à courant continu..</i>	<i>19</i>
<i>I.6.1/ Réglage rhéostatique.....</i>	<i>19</i>
<i>I.6.2- Réglage par de flux</i>	<i>19</i>

<i>1.6.3- Réglage de vitesse par variation de la tension d'induit.....</i>	<i>20</i>
<i>1.7- Les avantages et les inconvénients.....</i>	<i>21</i>
<i>1.8- Utilisation de la machine à courant continu</i>	<i>22</i>
<i>1.9- Conclusion.....</i>	<i>22</i>
<i>CHAPITRE II.....</i>	<i>23</i>
<i>Les convertisseurs (Hacheur).....</i>	<i>23</i>
➤ <i>Introduction.....</i>	<i>24</i>
<i>II.1/ Les convertisseurs statiques.....</i>	<i>24</i>
<i>II.2/Les différents types de convertisseurs statiques.....</i>	<i>25</i>
➤ <i>Redresseurs</i>	<i>25</i>
➤ <i>Les onduleurs.....</i>	<i>26</i>
➤ <i>Les gradateurs.....</i>	<i>27</i>
<i>II.3/ La conversion continue- continue.....</i>	<i>27</i>
<i>II.4 / Convertisseur un quadrant.....</i>	<i>31</i>
<i>II.5/ Structures des hacheurs non réversibles.....</i>	<i>36</i>
<i>II.6/ Structures des hacheurs réversibles.....</i>	<i>38</i>
<i>II.7/ Conclusion.....</i>	<i>40</i>
➤ <i>Conclusion générale.....</i>	<i>41</i>

➤ INTRODUCTION GENERALE :

Les machines à courant continu sont des convertisseurs électromécaniques d'énergie : Soit ils convertissent l'énergie électrique absorbée en énergie mécanique lorsqu'ils sont capables de fournir une puissance mécanique suffisante pour démarrer puis entraîner une charge en mouvement. On dit alors qu'ils ont un fonctionnement en moteur. Soit ils convertissent l'énergie mécanique reçue en énergie électrique lorsqu'ils subissent l'action d'une charge entraînée. On dit alors qu'ils ont un fonctionnement en générateur.

Les moteurs à courant continu sont très utilisés dans les systèmes automatiques qui nécessitent une variation précise de la vitesse de rotation.

Les hacheurs sont les convertisseurs statiques qui permettent le transfert de l'énergie électrique d'une source continue vers une autre source continue. (Ils sont l'équivalents des transformateurs en alternatif).

*Dans les chapitre , on a présenté la constitution de la (**machine à courant continu, Hacheur, Convertisseur continue continue**) et leur principe de fonctionnement. Il s'agit d'établir les différents types de chaq'un. Ensuite nous donnerons les avantage et les inconvénients .et enfin le domaine d'utilisation.*

CHAPITRE I

Les machines à Courant- Continu

➤ Introduction :

Les moteurs à courant continu sont très utilisés dans les systèmes automatiques qui nécessitent une variation précise de la vitesse de rotation.

Dans ce chapitre, on a présenté la constitution de la machine à courant continu et leur principe de fonctionnement. Il s'agit d'établir les différents types des moteurs à courant continu. Ensuite nous donnerons les avantages et les inconvénients .et enfin le domaine d'utilisation.

I. Définition :

Les machines à courant continu sont des convertisseurs électromécaniques d'énergie : Soit ils convertissent l'énergie électrique absorbée en énergie mécanique lorsqu'ils sont capables de fournir une puissance mécanique suffisante pour démarrer puis entraîner une charge en mouvement. On dit alors qu'ils ont un fonctionnement en moteur. Soit ils convertissent l'énergie mécanique reçue en énergie électrique lorsqu'ils subissent l'action d'une charge entraînée. On dit alors qu'ils ont un fonctionnement en générateur.

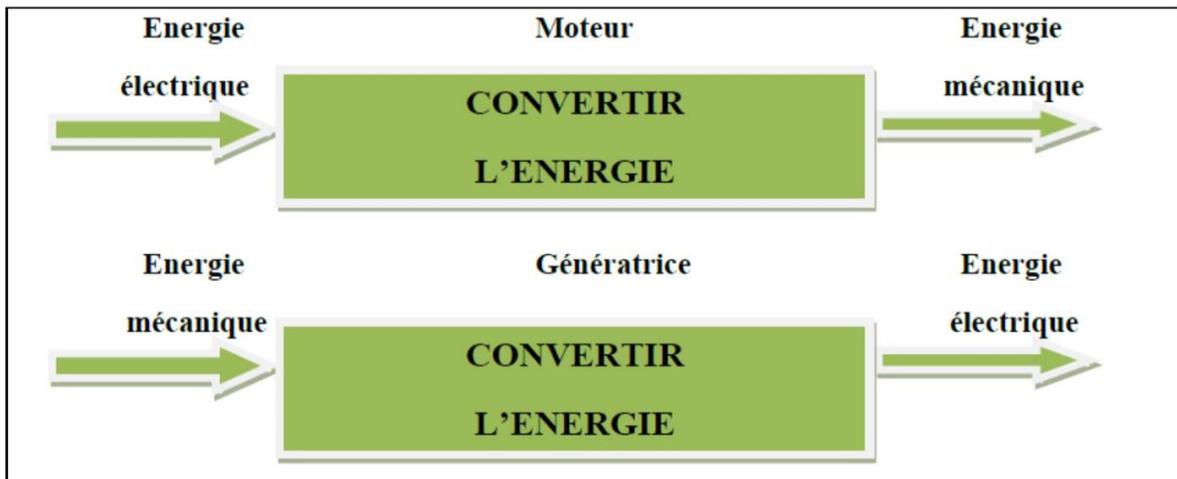


Figure (01) : Fonctionnement de machine à courant continu

1.1- Principe de fonctionnement :

Le fonctionnement du moteur à courant continu est basé sur le principe des forces de Laplace :

Un conducteur de longueur (L), placé dans un champ magnétique et parcouru par un courant, est soumis à une force électromagnétique.

Le champ créé par l'inducteur agit sur les conducteurs de l'induit : Chacun des (N) conducteurs de longueurs (L) placé dans le champ (B) et parcouru par un courant (I) est le siège d'une force électromagnétique perpendiculaire au conducteur :

$$F = B \cdot I \cdot L \cdot \sin \alpha$$

I : courant continu d'excitation ***B*** : champs magnetique ***L*** : longueur

Ces forces de Laplace exercent un couple proportionnel à l'intensité (I) et au flux (Φ) sur le rotor.

Le moteur se met à tourner à une vitesse proportionnelle à la tension d'alimentation (V) et, inversement proportionnelle au flux (Φ).

Au passage de tout conducteur de l'induit sur la ligne neutre, le courant qui le traverse change de sens grâce au collecteur.

Le moteur conserve le même sens de rotation.

Pour inverser le sens de rotation du moteur, il convient d'inverser le sens du champ produit par l'inducteur par rapport au sens du courant circulant dans l'induit:

- Soit on inverse la polarité de la tension d'alimentation de l'induit.
- Soit on inverse la polarité d'alimentation du circuit d'excitation.

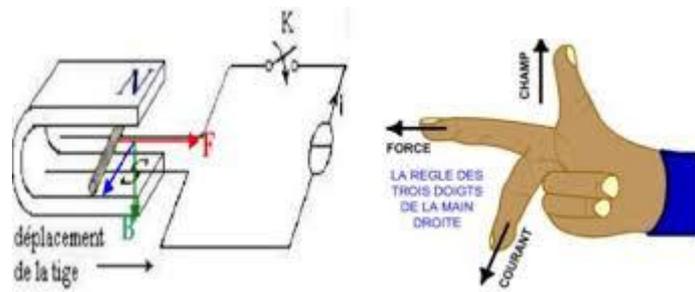


Figure (2) : Principe de fonctionnement d'un moteur à courant continu

I.2- Constitution de la machine à courant continu :

La machine à courant continu est réversible ; c'est-à-dire que la constitution d'une génératrice est identique à celle d'un moteur.

Elle se compose de deux parties :

- Une parties fixe (stator), appelée inducteur, qui produit le flux magnétique nécessaire a la magnétisation de la machine.
- Une parties mobile (rotor), appelée induit, qui porte les conducteurs soumis au flux.

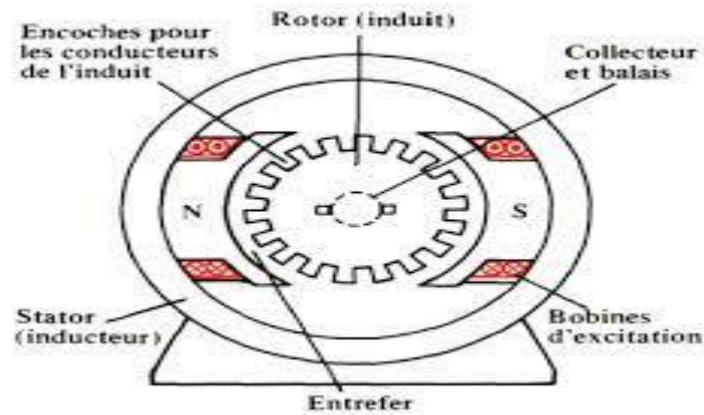


Figure (02) : Description de la machine à courant continu

I.2.1- Parties fixe (inducteur) :

La partie fixe se comporte des éléments suivants :

- La carcasse (ou culasse) :

Elle forme la partie extérieure qui supporte les différentes parties de la machine, elle renferme le champ magnétique.

- Les pièces polaires :

Les pièces polaires sont constituées de tôles feuilletées (pour réduire les pertes pas courant de Foucault) et permettent de supporter les bobines d'excitation de la machine. Elles permettent donc de produire un champ d'induction.

- L'enroulement d'excitation :

L'enroulement d'excitation de la machine à courant continu sert à la création du champ magnétique.

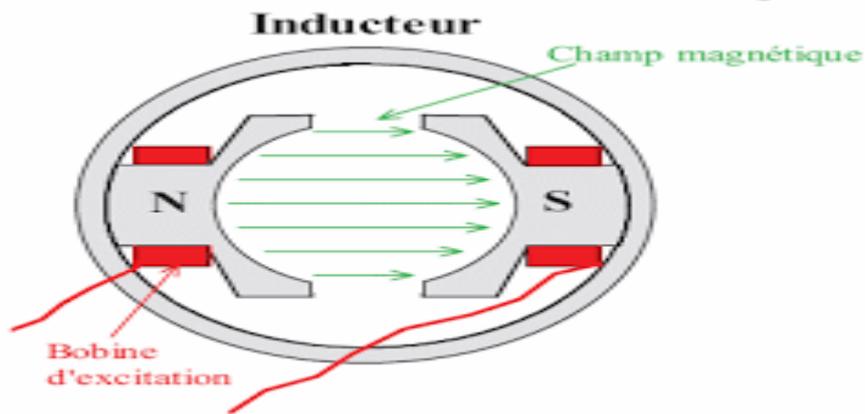


Figure (04) : L'inducteur de la machine à courant continu

I.2.2- Partie mobile (induit le rotor) :

L'induit entre les pièces polaires, se compose de l'axe du noyau, des enroulements et du collecteur. Sa structure est composée d'un noyau de fer feuilleté pour réduire les pertes par courant de Foucault.

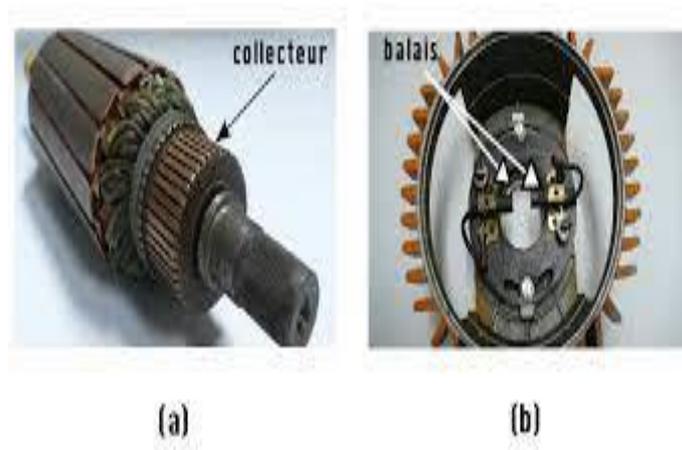


Figure (05) : Le rotor de la machine à courant continu

I.2.3- Le collecteur et les balais :

- Le collecteur :

Il se compose de lames de cuivre isolées les une des autres, où sont reliées les extrémités du bobinage de l'induit.

-Les balais :

Ce sont des tiges conductrices qui frottent sur la surface du collecteur, ils sont faits en graphite ou en charbon.

Le dispositif collecteur/ balais permet donc de faire circuler un courant dans l'induit.

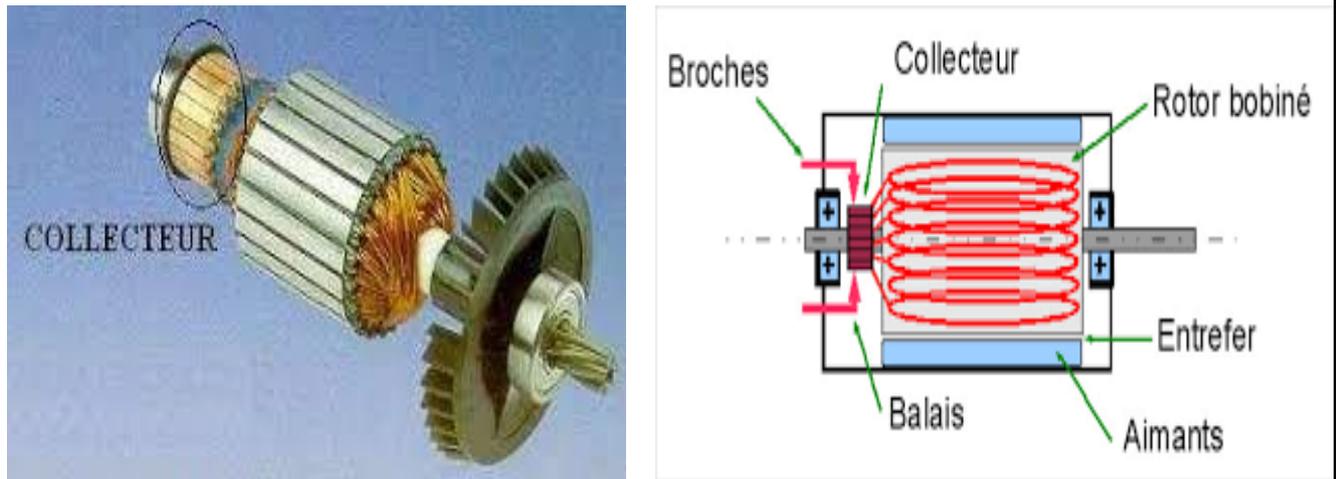


Figure (06) : Le dispositif collecteur / balais

I.3- Les différents types de moteurs et leur caractéristiques :

On distingue deux types de moteurs à courant continu :

Il existe 4 types différents de moteurs électriques qui sont classés en fonction du type d'excitation qui est employé, qui sont :

- Le moteur à excitation séparée.
- Le moteur à excitation série.
- Le moteur à excitation shunt.
- Le moteur à excitation composée.

I.3.1- Le moteur à excitation séparée :

Le moteur à excitation indépendante est raccordé à une alimentation à courant continu séparée par conséquent, le courant qui alimente l'inducteur est indépendante de celui qui alimente l'induit.

Le moteur à excitation indépendante est constitué de deux enroulements induit et inducteur qui sont alimentés séparément par deux sources distinctes. L'inducteur qui comporte une résistance (R_f) et une inductance (L_f) est excité par une source continue de tension (V_f) et de courant (I_f), et l'induit qui est constitué d'une résistance, d'une inductance, et d'une force électromotrice (R_a, L_a, E), est excité par une source de tension (V_a), et de courant (I_a)

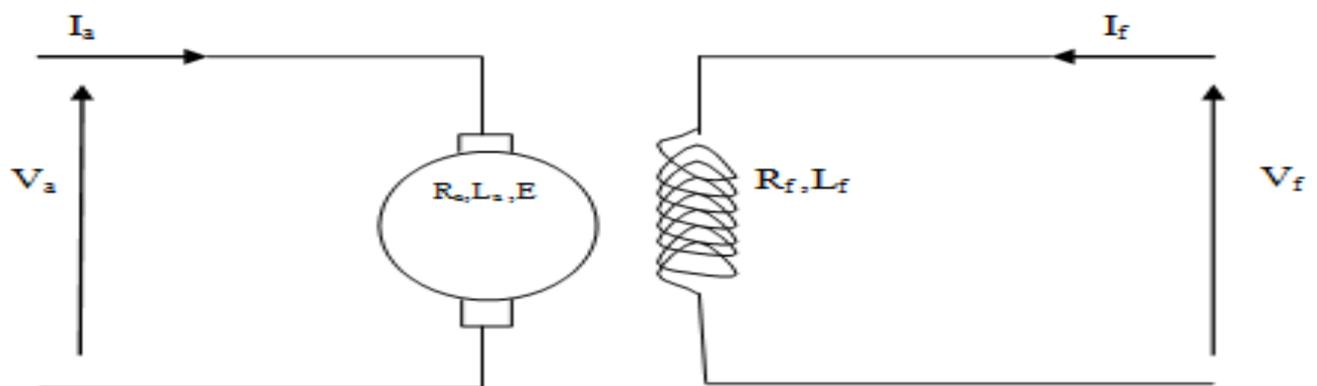


Figure (7) : Schéma d'un moteur à excitation séparée

Avec :

V_a : Tension d'alimentation du circuit induit [Volt].

I_a : Courant d'induit [ampère].

R_a : Résistance du circuit d'induit [Ohm].

L_a : Inductance du circuit d'induit [Henry].

V_f : Tension du circuit d'excitation [Volt].

I_f : Courant d'excitation [Ampère].

R_f : Résistance du circuit d'excitation [Ohm].

L_f : Inductance du circuit d'excitation [Henry].

E : Force électromotrice [Volt].

Caractéristiques :

Le moteur à excitation séparée jouit à l'avantage d'un réglage de vitesse dans de larges limites. Cette dernière est très sensible aux variations de la tension d'induit, et indépendante de la charge, ce pour cela qu'on peut le coupler à des faibles charges sans risque d'emballement. Son couple est proportionnel au courant d'induit, et très important à faible vitesse, d'où ces performances dynamiques très élevées (figure 8 / 9). Son courant de démarrage est très fort d'où la limiter pour éviter l'échauffement du circuit induit. Ce moteur est le moteur de base des asservissements de position, aussi bien pour les petites que les grandes puissances, et il est utilisé dans des pompes, le transport comme TGV.

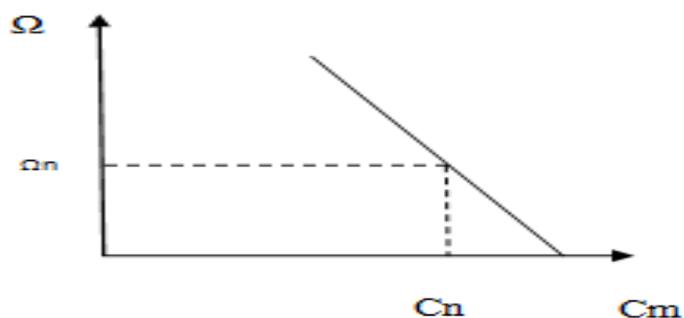


Figure (8) : Caractéristique mécanique du moteur séparée

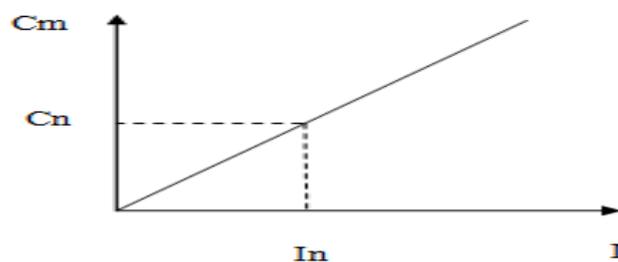


Figure (9) : Caractéristique électromécanique du moteur séparée

I.3.2- Le moteur à excitation série :

Le moteur série est constitué de deux enroulements, induit et inducteur

montés en série (même courant). Il est alimenté par une source constituée de tension V_a et de courant qui débite sur l'induit de résistance R_a , d'inductance L_a et de force contre électromotrice E et d'un inducteur de résistance R_f et d'inductance L_f .

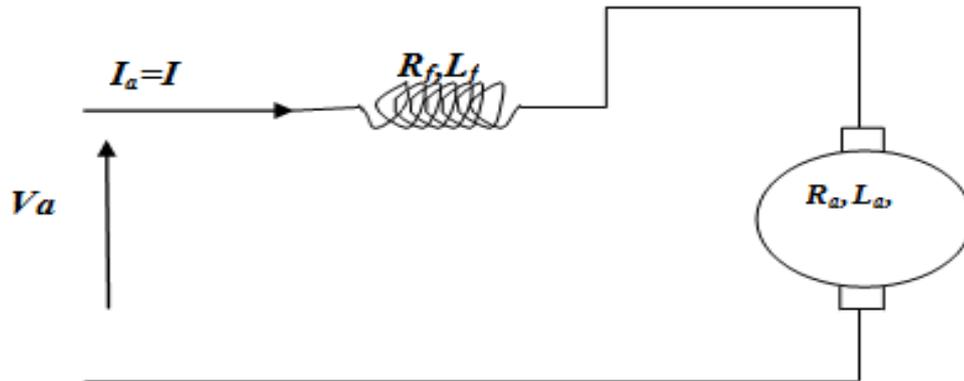


Figure (10) : moteur à excitation série

Avec :

V_a : Tension d'alimentation du circuit d'induit (Volt).

I_a : Courant d'induit (Ampère).

R_a : Résistance du circuit d'induit (Ohm).

L_a : Inductance du circuit d'induit (Henry).

V_f : Tension du circuit d'excitation (Volt).

I_f : Courant d'excitation (Ampère).

R_f : Résistance du circuit d'excitation (Ohm).

L_f : Inductance du circuit d'excitation (Henry).

E : Force électromotrice (Volt).

Caractéristiques :

Le moteur série est autorégulateur de puissance. Sa caractéristique mécanique montre qu'il possède un très fort couple au démarrage qui ne dépend pas de la tension, mais il ne peut pas fonctionner à faible charge car sa vitesse devient infini (risque de destruction du moteur). Sa vitesse décroît

quand la charge augmente d' ou l'option de changement de vitesse automatique. Ce dernier est moins sensible aux variations brusques de la tension d'alimentation que le moteur shunt (figures 11 / 12 / 13)

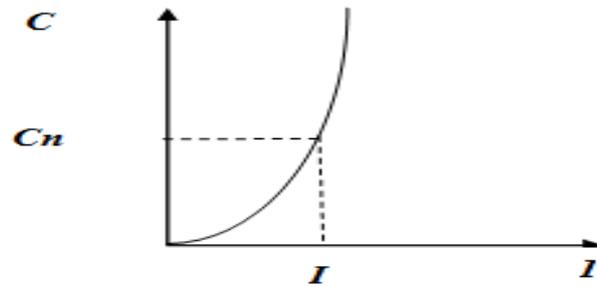


Figure (11) : Caractéristique électromécanique du moteur série

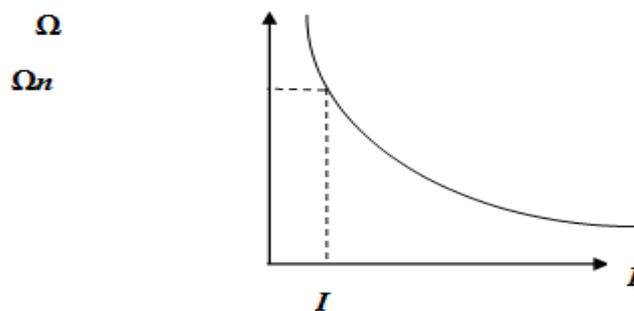


Figure (12) : Caractéristique de vitesse en fonction du courant(moteur série)

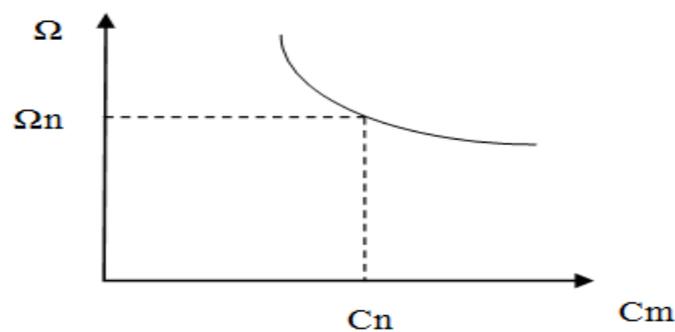


Figure (13) : Caractéristique mécanique du moteur série

1.3.3-Le moteur à excitation shunt :

Le moteur à excitation shunt (parallèle), lorsque sont inducteur est aux borne de l'induit. Il est alimenté par une source continue de tension (V_a) et de courant (I_n), le circuit inducteur constitué d'une self (L_f) et d'une résistance (R_f) est parcouru par un courant (I_f), et celui de l'induit comportant une résistance, une inductance et une force contre électromotrice respectivement (R_a, L_a, E) est parcouru par un courant I_a .

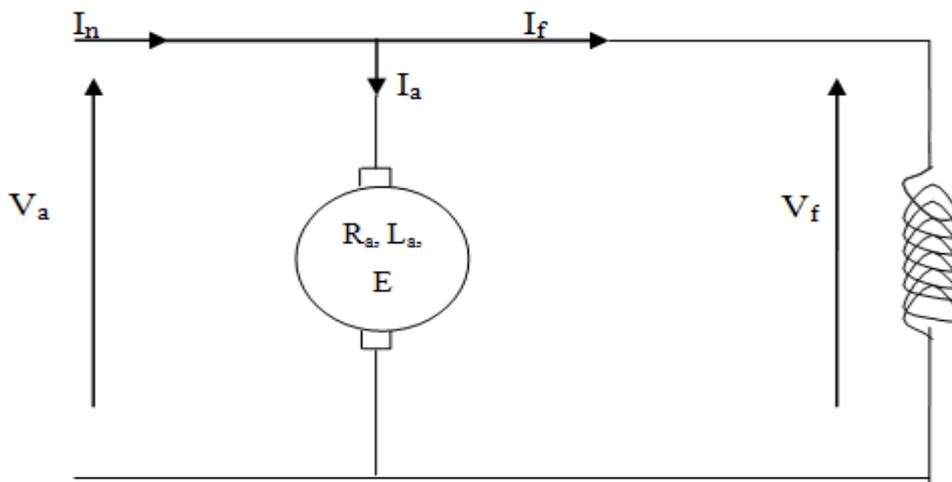


Figure (14) : Schéma électrique d'un moteur shunt.

Avec :

V_a : Tension d'alimentation dcircuit induit [Volt].

I_a : Courant d'induit [ampère].

R_a : Resistance du circuit d'induit

L_a : Inductance du circuit d'induit [Henry].

V_f : Tension du circuit d'excitation [Volt].

I_f : Courant d'excitation [Ampère].

R_f : Resistance du circuit d'excitation .

L_f : Inductance du circuit d'excitation [Henry].

E : Force électromotrice [Volt].

Caractéristique :

D'après ces caractéristique, on remarque que le moteur shunt est un autorégulateur de vitesse dans des limites étroites. Cette dernière n'est pas vraiment influencée par la variation de la tension d'induit, que le moteur à excitation séparée, elle est relativement constante quelle que soit la charge. Il peut fonctionner à vide sans risque d'emballement, utilisé pour l'entraînement des machines dont la vitesse ne doit pas dépendre de la charge, cas des machines outils, et remplace le moteur série ou l'emballement est craindre, et utilisé dans des appareils de lavage, machine textile et téléphérique ...etc.

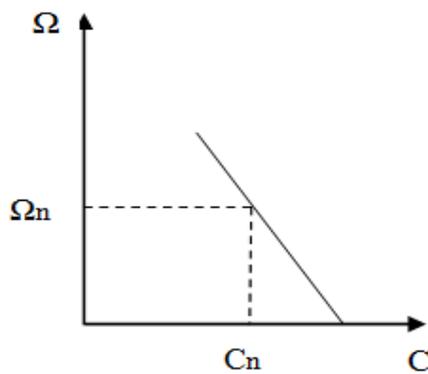


Figure 15 : Caractéristique mécanique du moteur shunt

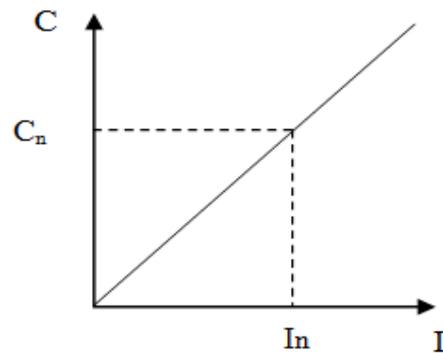


Figure 16 : Caractéristique électromécanique du moteur shunt

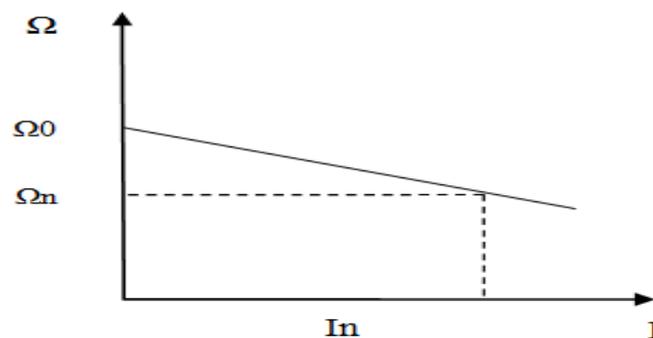


Figure 17 : Caractéristique de vitesse en fonction du courant (moteur shunt)

I.3.4-Le moteur à excitation composée :

Il porte deux enroulements inducteurs dont l'un est placé en série avec l'induit et l'autre en parallèle.

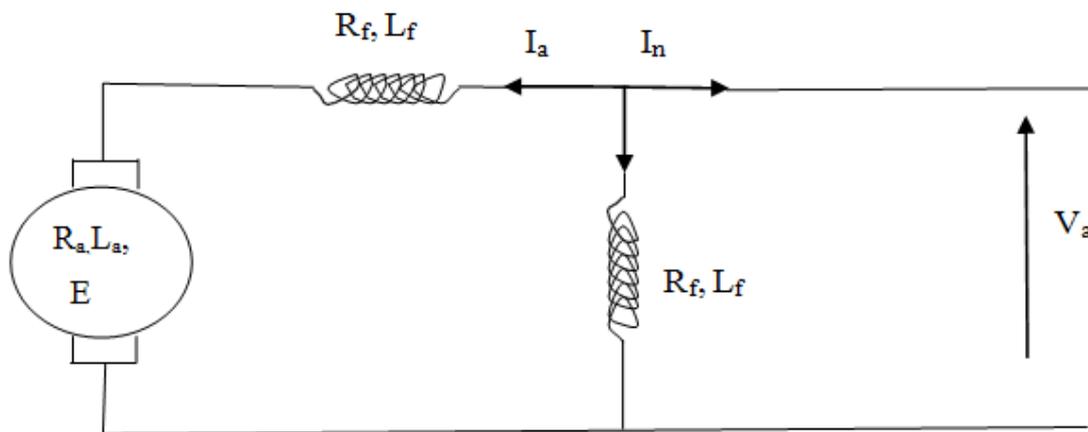


Figure 18 : Schéma électrique d'un moteur composé.

Avec :

V_a : Tension d'alimentation du circuit induit [Volt].

I_a : Courant d'induit [ampère].

R_a : Résistance du circuit d'induit [Ohm].

L_a : Inductance du circuit d'induit [Henry].

V_f : Tension du circuit d'excitation [Volt].

I_f : Courant d'excitation [Ampère].

R_f : Résistance du circuit d'excitation [Ohm].

L_f : Inductance du circuit d'excitation [Henry].

E : Force électromotrice [Volt].

Caractéristiques :

Le moteur composé est un alliage du moteur série et du shunt, il a bénéficié des avantages des deux moteurs.

Son couple de démarrage est plus fort que le moteur shunt. Il peut fonctionner à faible charge sans risque d'emballement et présente une meilleure stabilité que les deux moteurs précédents, mais il est fait seulement

pour l'entraînement à vitesse rigoureusement constante (figure19 20).. On peut utiliser ces moteurs dans les ateliers où on utilise les appareils de lavage, les cisailles et les broyeuses...etc

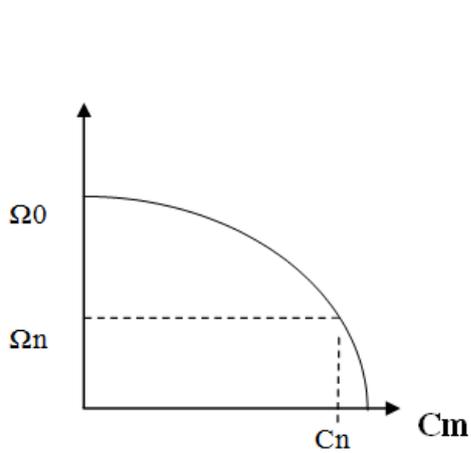


Figure 19 : Caractéristique mécanique du moteur composé

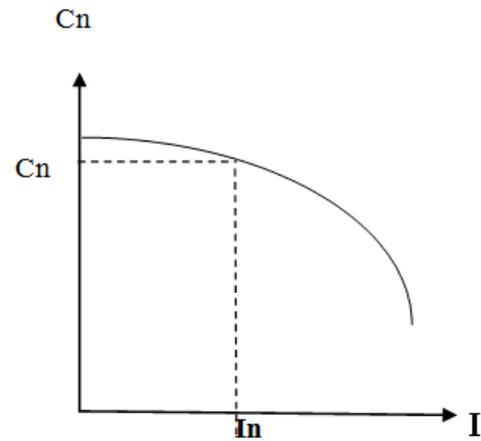


Figure 20 : Caractéristique devitesse en fonction du courant

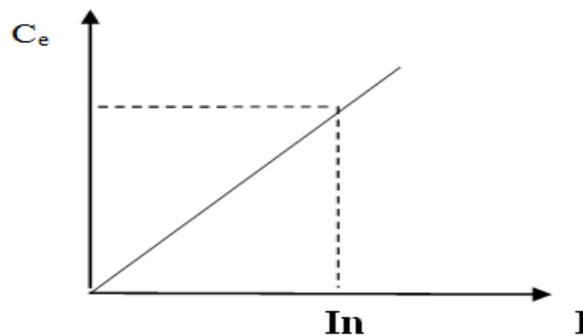


Figure 21 : Caractéristique électromécanique du moteur composé

I.4- Equation electromagnétique :

I.4.1 / Expression de la force électromotrice :

La force électromotrice est liée à la vitesse et au flux du moteur par :

$$E = K . \Phi . \Omega$$

E : force electromotrice[volt]

Φ : flux sous un pole de la machine en Webers.

Ω : la vitesse angulaire en [rad/s]

I.4.2- Expression de la tension d'induit :

La tension aux bornes de l'induit est donnée par l'équation suivante :

$$V_a = R_a \cdot I_a + L_a \frac{dI_a}{dt} + E$$

Le courant de l'induit étant constant, en régime permanent d'où :

$$V_a = R_a \cdot I_a + E$$

V_a : Tension d'alimentation du circuit induit [Volt].

I_a : Courant d'induit [ampère].

R_a : Résistance du circuit d'induit [Ohm].

E : Force électromotrice [Volt].

I.4.3/ Expression du couple électromagnétique :

Le couple moteur est lié au courant d'induit et au flux par la relation suivante :

$$C_{em} = K_m \cdot \Phi \cdot I_a$$

C_{em} : Couple électromagnétique de la machine

I_a : Courant d'induit [ampère].

Φ : flux sous un pôle de la machine en Webers.

I.5- Bilan de puissance et Rendement de la machine à courant continu :

- Bilan des puissances :

Le bilan des puissances résume toutes les puissances, depuis la puissance absorbée d'origine électrique jusqu'à la puissance utile de nature mécanique.

Les pertes dans la machine à courant continu sont subdivisées en différentes catégories qui sont :

- Les pertes fer.

- Les pertes joules.
- Les pertes mécaniques.
- Les pertes par excitation.

Le bilan, peut être résumé à l'aide du schéma suivant :

P_a : Puissance absorbée.

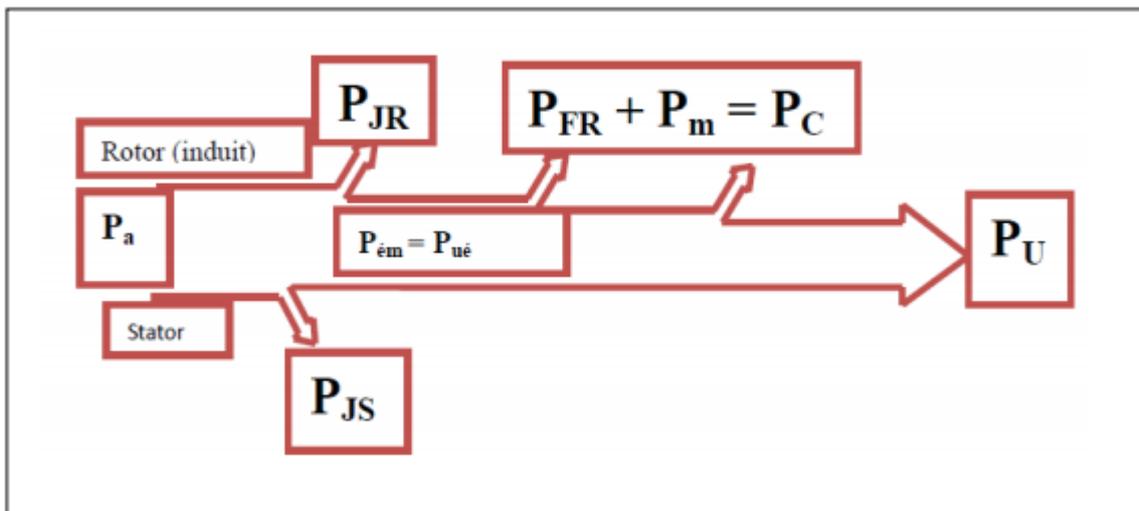
P_u : Puissance utile

$P_{ém}$: Puissance électromagnétique.

P_{JS} : Pertes par effet joule dans l'inducteur.

P_{JR} : Pertes par effet joule dans l'induit.

P_c : Pertes fer + pertes mécaniques : dites pertes constantes.



Fig(22): Bilan des puissances

-Rendement de la machine à courant continu

Du fait de ces différentes pertes, le rendement d'une machine à courant continu est la puissance utile divisé par la puissance absorbée,

$$\eta = \frac{pu}{pa}$$

P_u : puissance utile.

P_a : puissance absorbée.

I.6- Différents modes de réglage de la vitesse d'un moteur à courant continu :

I.6.1/ Réglage rhéostatique :

La tension et le flux sont fixés à leurs valeurs minimales, on peut réduire la vitesse en augmentant la résistance du circuit d'induit avec un rhéostat branché en série avec l'induit. L'expression de la vitesse est :

$$n = \frac{U - (R_a + R_{add})I_a}{k}$$

Pour : $C=0, I_a=0, n=U/K$

Pour : $n=0 \Rightarrow c = \frac{K_u}{(R_a + R_r)}$

Ainsi on obtient un faisceau de droites comme la montre <<figure 23 >>.

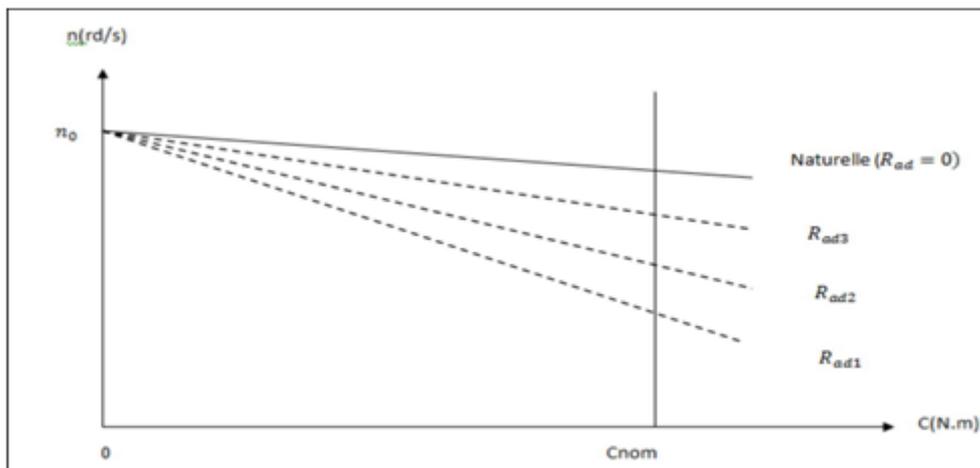


Figure (23) : Réglage de la vitesse par variation de résistance d'induit.

I.6.2- Réglage par de flux :

Le démarrage de ce type de moteur doit être assuré à flux maximal. Une fois la vitesse est nominale, il sera possible de réduire le flux en utilisant des résistances variables appelées rhéostat d'excitation. Mais plus le flux est faible le couple que peut développer la machine à courant continu est faible.

$$n1 = \frac{U}{K \Phi 1} - \frac{Rt}{K \Phi 1}$$

$$\Phi N > \Phi 1 > \Phi 2$$

$$n2 = \frac{U}{K \Phi 1} - \frac{Rt}{K \Phi 1}$$

$$nN < n1 < n2 \chi = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$Nn = \frac{U}{K \Phi} - \frac{Rt}{K \Phi}$$

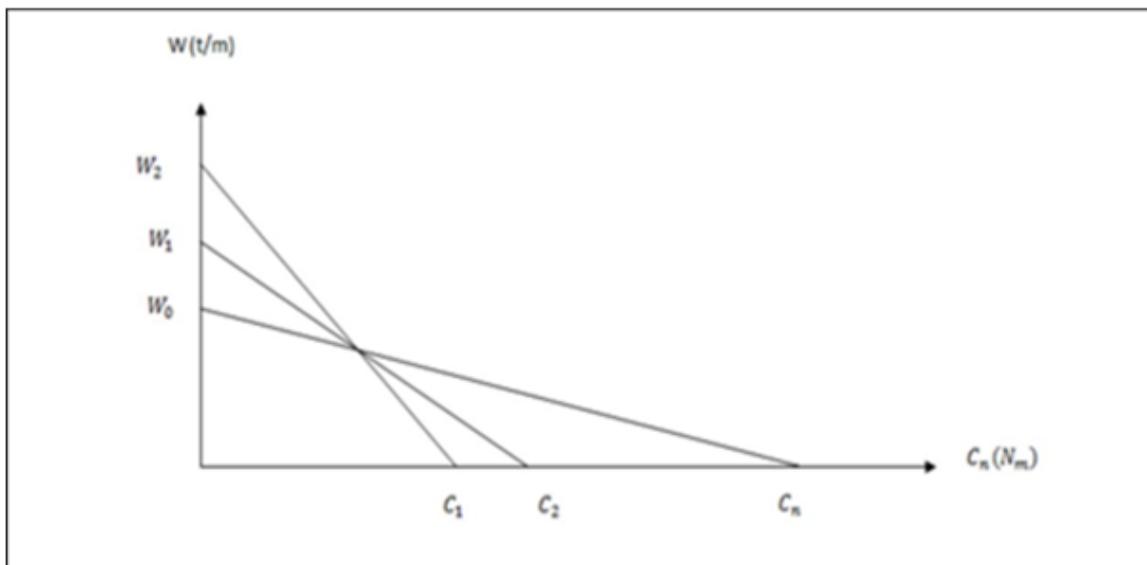


Figure (24) : Caractéristique de réglage par la variation du flux magnétique.

Avec ce procédé on ne peut qu'augmenter la vitesse du moteur par rapport à sa vitesse nominale.

$$n = \frac{U - Ra Ia}{Ka}$$

n: vitesse nominale

I.6.3- Réglage de vitesse par variation de la tension d'induit :

Le flux est mis à sa valeur nominale. En appliquant des tensions faibles par rapport à la tension nominale, on obtient une famille de caractéristique

parallèles. Ce mode de réglage permet de réduire la vitesse et il est excellent du point de vue technique et économique, car aucune énergie n'est gaspillée. Ce mode de réglage a fait l'objet de notre étude. Pour varier la tension on utilisera un pont redresseur à thyristors.

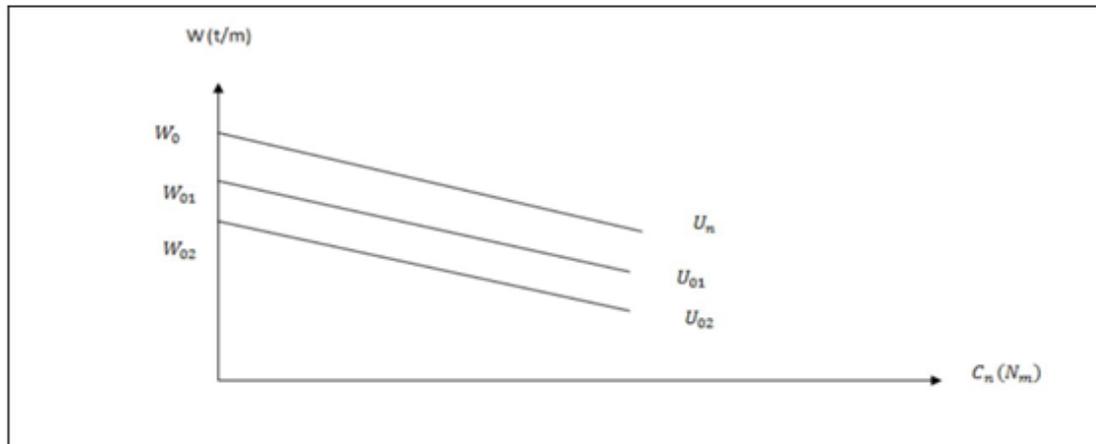


Figure (25) : Caractéristique de réglage par variation de la tension d'induit.

I.7- Les avantages et les inconvénients :

- Les avantages du moteur à courant continu :

On dit que le moteur industriel par excellence et le moteur asynchrone car, pour une puissance donnée, il est toujours le moins cher, et généralement d'une mise en œuvre simple, à partir du réseau triphasé. Pourtant, pour l'industriel, le moteur à courant continu reste intéressant dès que la source d'énergie prévue est une batterie d'accumulateur ou, bien entendu, un réseau continu. En effet, avec ce moteur, le réglage de la vitesse est facile. On rencontre le moteur à courant continu dans les chariots automatiques de transport et dans la plupart des véhicules de traction, c'est-à-dire le contrôle de la vitesse de ce type de moteur est très facile. Avec ce type de moteur le changement du sens de rotation est également très facile.

-Les inconvénients de la machine à courant continu :

L'inconvénient majeur de la machine à courant continu se trouve au niveau des balais et le collecteur de cette machine, il exige de la maintenance ; c'est-à-dire les balais doivent être remplacés très régulièrement surtout quand ils travaillent à des grandes vitesses.

I.8- Utilisation de la machine à courant continu :

Le moteur série est intéressant quand la charge impose d'avoir un gros couple, au démarrage et à faible vitesse de rotation.

Le moteur sépare est particulièrement adapté aux entraînements de machines nécessitant des

vitesse réglables (action sur la tension) et présentant un couple important en basse vitesse (machines outils).

- Démarreur (automobile ...).
- Moteur de traction (locomotive, métro ...).
- Appareils de levage.
- Ventilateurs, pompes centrifuges, compresseurs, pompes à piston.
- Machines-outils à couple variable ou à mouvement alternatif (étaux-limeurs, raboteuses).

I.9- Conclusion:

Ce chapitre a permis de rappeler les différents éléments qui constituent une machine à courant continu et le principe de fonctionnement. Après notre étude nous avons constaté que les moteurs à excitation séparée et à aimant permanent sont les plus adaptés pour la variation de vitesse. Dans le chapitre suivant, nous allons étudier les convertisseurs statiques.

CHAPITRE II

Les convertisseurs (Hacheur)

➤ Introduction :

L'électronique de puissance étudie les convertisseurs statiques d'énergie électrique. Ils utilisent des composants de l'électronique à semi-conducteurs et des éléments linéaires.

Pour contrôler des puissances électriques importantes, les composants sont parcourus par des courants élevés atteignant le kilo ampère sous des tensions importantes avoisinant aisément le kilovolt.

Toutes ces contraintes leur imposent de dissiper une puissance minimale durant leur fonctionnement. Pour assurer cette particularité, les composants à semi-conducteurs fonctionnent en commutation (ils se comportent comme des commutateurs (ie interrupteurs) aussi parfaits que possible. Les éléments linéaires sont réactifs et non dissipatifs.

Dans un convertisseur, le choix d'un type de composant est basé sur sa commandabilité à l'ouverture et à la fermeture, en tension ou en courant, et sa réversibilité. La réversibilité en tension est l'aptitude à supporter des tensions directes et inverses à l'état bloqué, tandis qu'en courant, il s'agit de l'aptitude à laisser passer des courants directs et inverses à l'état passant. L'étude des convertisseurs statiques est d'abord réalisée en considérant les commutateurs parfaits, puis vient l'approfondissement en tenant compte des imperfections des composants.

II.1/ Les convertisseurs statiques :

Les convertisseurs statiques sont des circuits électriques utilisant des semi-conducteurs de puissance (diodes, thyristors, transistors ...) utilisés comme des interrupteurs, dans le but de transformer le spectre du signal (amplitudes, fréquences, phases) pour adapter la source à la charge. L'étude et la conception de ces dispositifs est souvent appelée électronique de puissance

En définitif les convertisseurs statiques ne sont que des composants électrique à base de semi – conducteurs capables de notifier la tension ou la fréquence de l'onde électrique comme ou l'habitude de distinguer deux sortes de tension :

-Source de la tension continue.

- Source de la tension alternative.

II.2/Les différents types de convertisseurs statiques :

Il ya quatre types de convertisseurs :

-Convertisseur alternatif-continu : Redresseur.

- Convertisseur continu-alternatif : Onduleur.

- Convertisseur alternatif-alternatif : Gradateur.

- *Convertisseur continu-continu : Hacheur.*

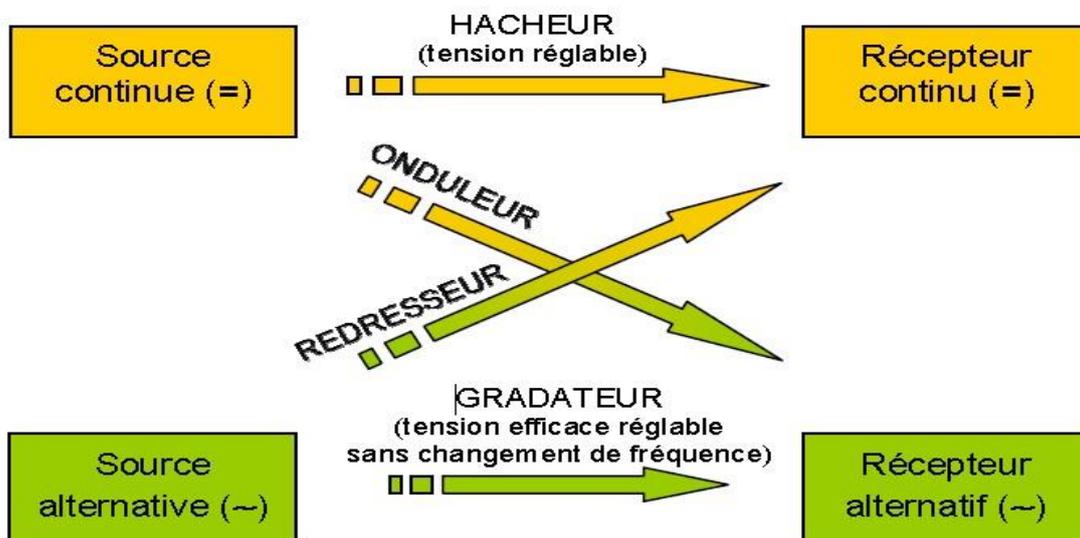


Figure (26) : familles des convertisseurs statiques

➤ Redresseurs :

C'est un convertisseur alternatif-continu. La tension de sortie est non alternative (valeur moyenne non nulle). Cette valeur moyenne peut être réglée dans le cas d'un redresseur commandé. Ils sont utilisés principalement pour :

Alimenter des charges fonctionnant avec une tension continue.

-Recharger des batteries (en effet, un redresseur est toujours intégré dans les chargeurs de vos PC ou vos téléphones portables).

-Variateur de vitesse pour moteur à courant continu.

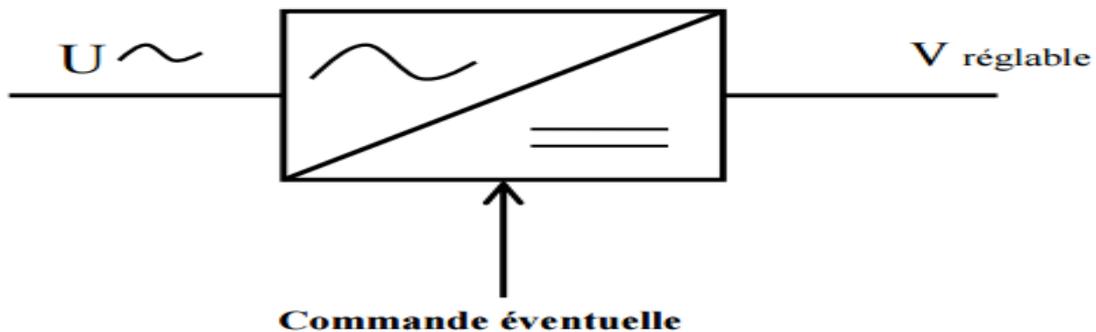


Figure (27) : convertisseur alternatif/ continu.

➤ Les onduleurs:

L'onduleur est un convertisseur continu-alternatif, utilisé principalement pour alimenter les charges fonctionnant avec une tension alternative lorsqu'on dispose d'une source continue (batteries par exemple) ou pour injecter l'énergie produite par les panneaux photovoltaïques dans le réseau. On distingue 2 types:

-Un onduleur autonome délivre une tension avec une fréquence soit fixe, soit ajustable par l'utilisateur. Il n'a pas toujours besoin de réseau électrique pour fonctionner ; par exemple un convertisseur de voyage que l'on branche sur la prise allume-cigare d'une voiture utilise le 12 V continu du véhicule pour générer du 120 ou 230 V, alternatif en 50 ou 60 Hz ;

-Un onduleur non autonome est un montage redresseur tout thyristors (pont de Graetz) qui, en commutation naturelle assistée par le réseau, auquel il est raccordé, permet un fonctionnement en onduleur (par exemple par récupération de l'énergie lors des périodes de freinage dans les motrices électriques).

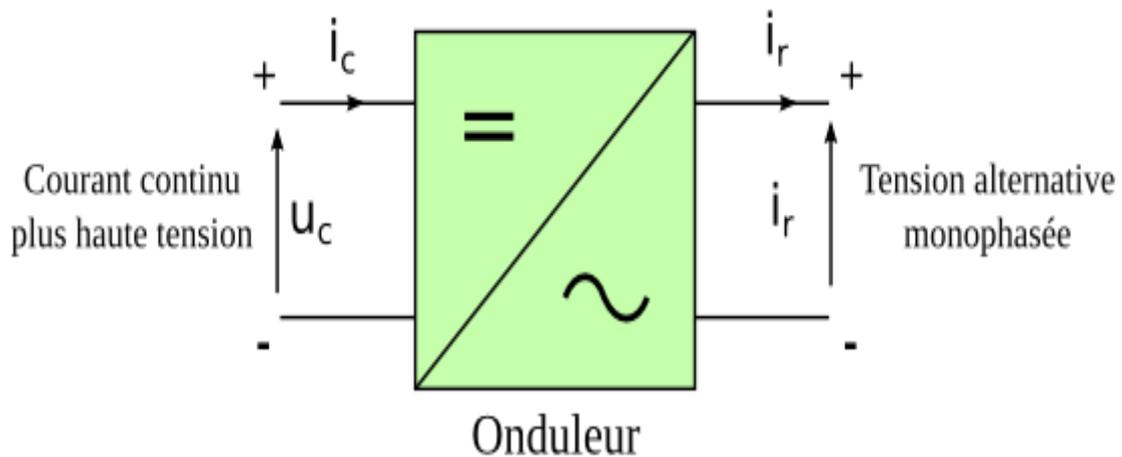


Figure (28) : convertisseur continu / alternatif

➤ **Les gradateurs:**

C'est un convertisseur alternatif-alternatif, qui donne en sortie une tension alternative de même fréquence que la tension d'entrée et dont on peut réduire la valeur efficace de façon continue. Ce convertisseur est essentiellement utilisé pour la varier la vitesse des moteurs alternatifs comme les moteurs asynchrones ou synchrones en variant leur tension d'alimentation.

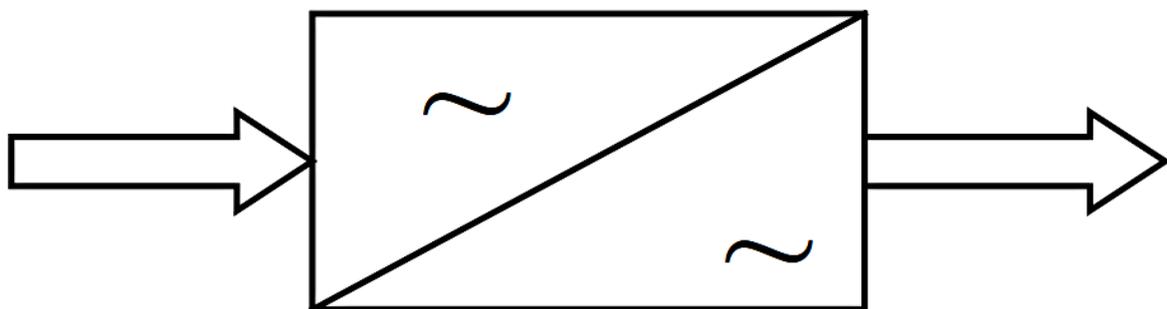


Figure (29) : convertisseur alternatif / alternatif

II.3/ La conversion continue- continue :

II.3.1/ Introduction :

Les hacheurs sont les convertisseurs statiques qui permettent le transfert de l'énergie électrique d'une source continue vers une autre source continue. (Ils sont l'équivalents des transformateurs en alternatif).

Lorsque l'entrée et la sortie sont de natures dynamiques différentes, on peut les relier directement (on parle alors de hacheur a liaison directe).

Lorsqu'elles sont de même nature dynamique, il faut faire appel a un élément de stockage momentané (on parle dans ce cas de hacheur a accumulation). Enfin dans le cas ou l'isolation galvanique de la sortie avec l'entrée est une nécessité, on réalise des hacheurs dits « isolés ».

Suivant le degré de réversibilité que l'on désire, la structure du montage diffère. Enfin, suivant la puissance nominale du système, la technologie des composants ne sera pas la même.

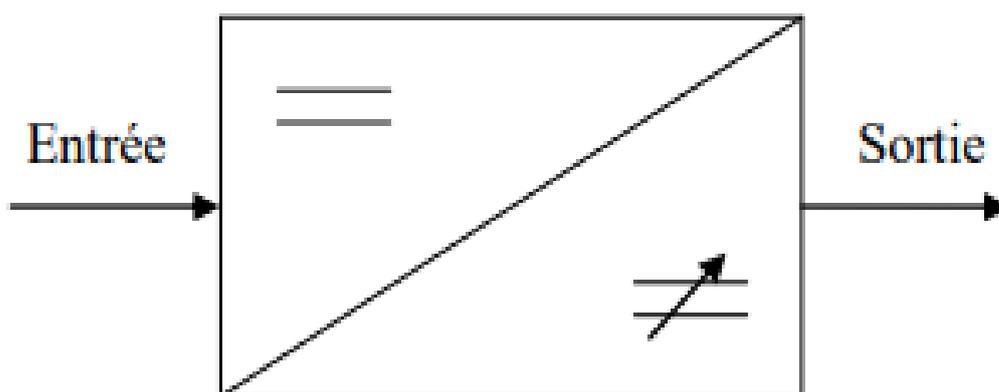


Fig.(30) : Schéma de principe du hacheur.

II.3.1.1/ Représentation du convertisseur DC/DC :

Un convertisseur DC/DC a pour vocation d'assurer la fluence d'énergie entre une source de tension continue et une source de courant continu. La représentation symbolique la plus couramment utilisée est donnée :

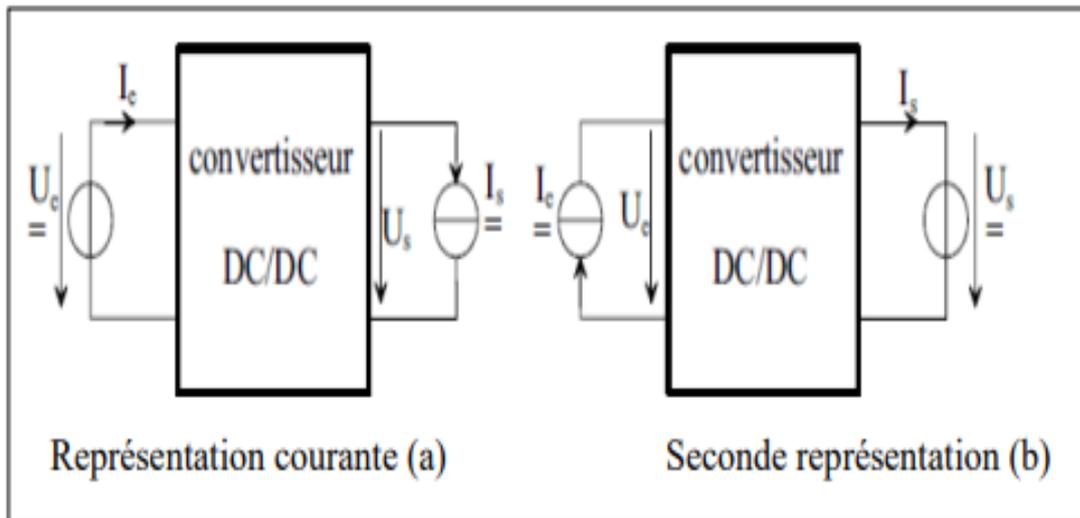


Figure (31) : représentation du convertisseur DC/DC.

Une telle représentation peut laisser penser que la source de courant I_s sera la charge qui, suivant les modes de fonctionnement, absorbera ou restituera de la puissance, alors que la source de tension U_c est l'alimentation, susceptible de fournir ou de stocker de la puissance. Pour certains convertisseurs, on est amené à changer une telle représentation, surtout si la fluence d'énergie ne peut se faire que de la source de courant vers la source de tension ce cas la représentation.

II.3.1.2/ Représentation des sources :

Dans l'étude des convertisseurs DC/DC, nous distinguerons systématiquement l'alimentation (Source génératrice d'énergie) de la charge du convertisseur (source réceptrice).

a) Alimentation : En regard des schémas <<figure.32(a)>> et <<figure.32 (b)>> l'alimentation peut être une source de tension, ou bien une source de courant. Par convention, les représentations adoptées pour de telles sources sont telles que celles définies.

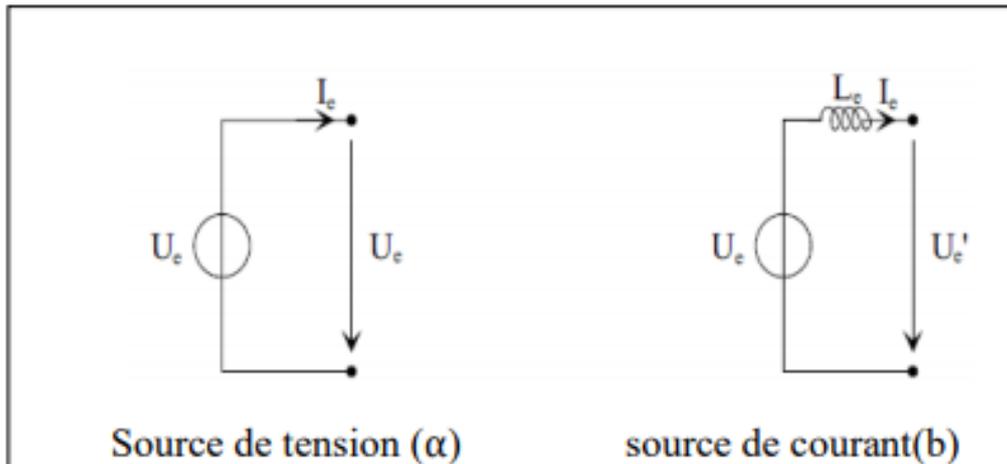


Figure (32) : représentation des sources.

- Source de tension «figure (32) a» : nous considérerons une source de tension parfaite,

- Source de courant «figure(32 b)»: nous considérerons une source de tension parfaite, en série de laquelle on place une inductance.

b) Charge :

Dans la conversion DC/DC, la charge «type» est la résistance, seul dipôle susceptible d'absorber de la puissance. Toute Charge résistive est associée à un condensateur, ou à un ensemble constitué d'un condensateur et d'une inductance, à fin de pouvoir considérer le dipôle équivalent qui résulte de cette association comme une source de tension ou de courant.

- Source de tension « figure.33(a) »: l'association d'une résistance et d'un condensateur en parallèle confère à ce dipôle le caractère d'une source de tension,

-Source de courant «figure.33 (b) » : l'ajout d'une inductance en série avec la source de tension permet de conférer à l'ensemble le caractère d'une source de courant

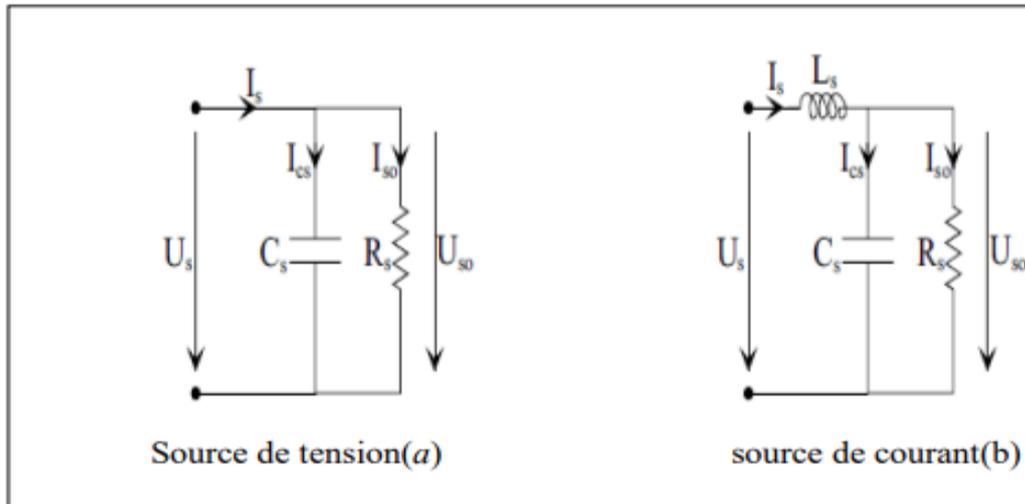


Figure (33) : convention adoptées pour les récepteurs.

II.4 / Convertisseur un quadrant :

Nous traitons dans cette partie des convertisseurs unidirectionnels en courant et en tension. Cela implique que la fluence d'énergie ne peut se faire, au sein du convertisseur, que dans un seul sens.

Cela revient également à considérer :

- des sources de tension unidirectionnelles en courant, dont la tension qu'elles imposent ne peut être que d'un seul signe.
- Des sources de courant unidirectionnels en tension, dont le courant qu'elle imposent ne peut être que d'un seul signe.

Dans ce cadre, on distingue trois familles de convertisseurs statique (ou hacheurs) :

- Hacheur abaisseur (ou Buck).
- Hacheur élévateur (ou boost).
- Hacheur abaisseur-élévateur (Buck-boost).

II.4.1 / Hacheur Buck :

Principe : Le principe d'un tel convertisseur est d'assurer la fluence u d'énergie entre une source de tension continue, et une source de courant continu, ainsi que présente« figure 28». Par un tel convertisseur. On cherche à fixer une tension

moyenne $\langle U_s \rangle$ aux bornes de la source I_s , qui répond aux critères suivants : $0 < \langle U_s \rangle < U_e < U_s >$ réglable à souhait dans la fourchette donnée ci-dessus :

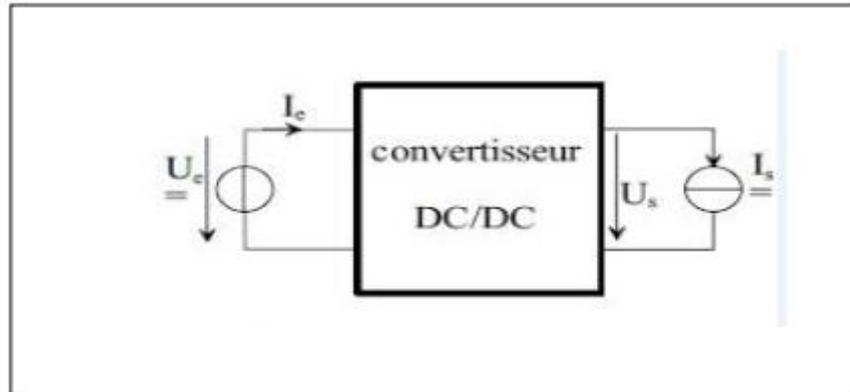


Figure (34) : *Convertisseur Buck (série).*

II.4.1.1/ Structure :

Cellule de commutation La structure du hacheur abaisseur (Buck) est constituée d'une seule cellule de commutation, ainsi que représenté «figure 35».

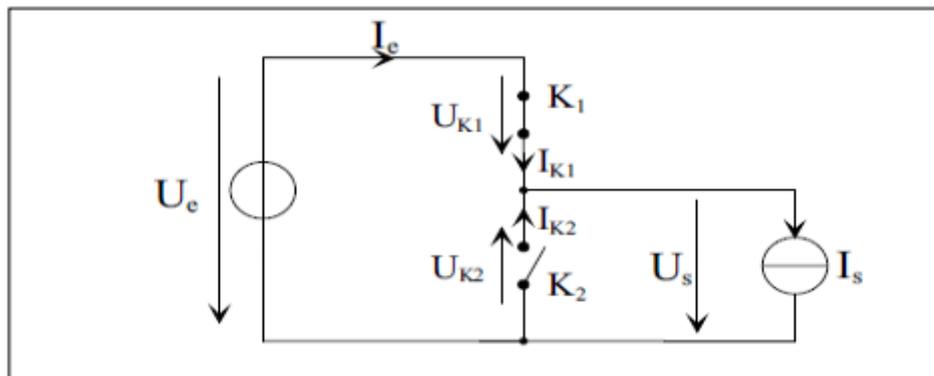


Figure (35) : *Structure de hacheur abaisseur.*

Par les mécanismes de mise en conduction et de blocage des deux interrupteurs, deux états sont possibles, ainsi que cela est illustré

« figure 35 ».

- K_1 passant et K_2 bloqué. Les conditions de fonctionnement sont les suivantes :

$$US = Ue \text{ avec } UK1 = -Ue$$

$$Ie = Is \text{ avec } IK1 = IS$$

- K1 bloque et K2 passant. Les conditions de fonctionnement sont les suivantes :

$$0 = Ue \text{ avec } UK1 = -Ue$$

$$0 = IS \text{ avec } IK2 = IS$$

K1 et k2 : interrupteur électronique

Is : courant de source

II.4.1.2/Caractéristique statique des interrupteurs :

Caractéristique statique et commutation Nous considérons des sources de tension et de courant qui sont respectivement unidirectionnelles en courant et en tension. En regard de la représentation «figure 36» , on peut écrire :

$$UK1 - UK2 = -US$$

$$IK1 - IK2 = IS$$

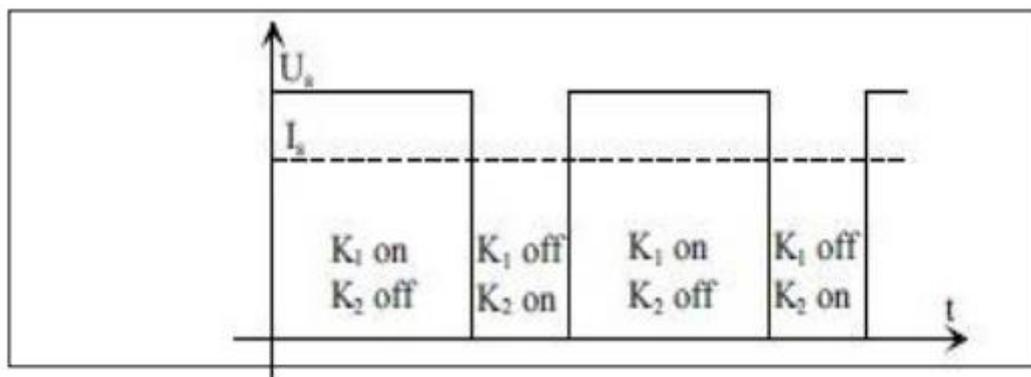


Figure (36) : Grandeur de sortie

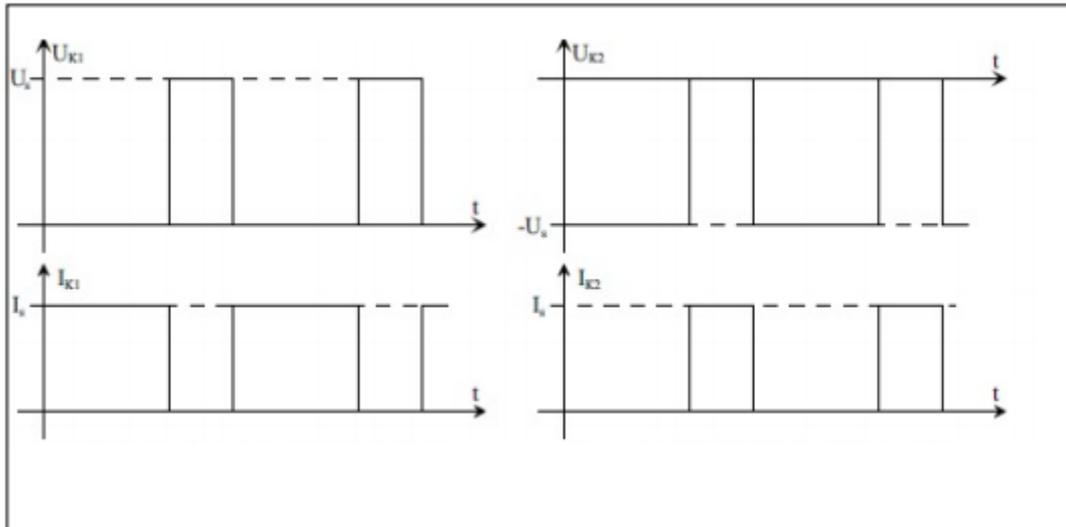


Figure (37) : grandeur électrique caractéristique (Interrupteur K1, K2).

Suivant les états respectifs des deux interrupteurs, on peut donc écrire :

- K1 passant et K2 bloqué :

$$UK2 = -U_e$$

$$IK1 = I_s$$

- K1 bloqué et K2 passant :

$$UK1 = U_e$$

$$IK2 = I_s$$

On démontre ainsi que deux segments suffisent pour les caractéristiques statiques des interrupteurs K1 et K2, ainsi que nous le représentons « Figure (38) ».

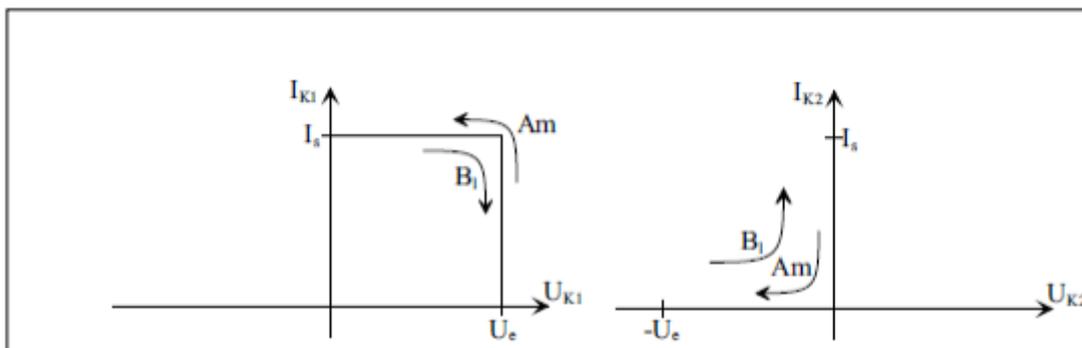


Figure (38): caractéristique statique (interrupteur K1, K2).

Nous donnons également « figure 38 » les mécanismes de commutation des interrupteurs :

a) Amorçage de K1 : le sens de parcours des trajectoires suivies dans les plans ($UK1 ; IK1$) est défini par les flèches notées Am.

Lorsque K1 est bloqué, celui-ci supporte la tension U_e , alors que K2, à l'état passant, conduit le courant I_s .

L'amorçage de K1 ne sera effectif que lorsque l'interrupteur K2 supportera une tension $-U_e$. Il est impossible, dans le plan ($UK2;IK2$), d'obtenir une trajectoire qui traverse le quadrant $UK2IK2 < 0$. Le blocage de K2 ne peut donc se faire qu'en longeant les axes de la caractéristique statique de K2. Ceci définit une commutation spontanée :

Annulation du courant dans K2, puis application d'une tension inverse (négative). Le processus de commutation est donc le suivant :

_ Commutation du courant de K2 vers K1. Pendant cette phase, la tension reste nulle aux bornes de K2, et vaut toujours U_e aux bornes de K1.

_ La tension aux bornes de K1 s'effondre, alors qu'une tension inverse s'établit aux bornes de K2.

-Au contraire de K2, la commutation de K1 traverse le quadrant $UK1IK1 > 0$, ce qui est caractéristique d'une commutation commandée.

- Il s'agit donc d'un amorçage commandé de K1 qui entraîne le blocage spontané de K2.

b) Blocage de K1 : il est défini par les flèches notées Bl.

Lorsque K1 est amorcé, celui-ci conduit le courant I_s , alors que K2, à l'état bloqué, supporte une tension U_e .

Le blocage de K1 ne sera effectif que lorsque l'interrupteur K2 assumera l'intégralité du courant I_s . Il est impossible, dans le plan ($UK2;IK2$), d'obtenir une trajectoire qui traverse le quadrant $UK2 ; IK2 < 0$. L'amorçage de K2 ne peut donc se faire qu'en longeant les axes de la caractéristique statique de K2. Ceci définit une commutation Spontanée : annulation de la tension inverse aux bornes de K2, puis établissement du courant. Le processus de commutation est donc le suivant :

_ la tension aux bornes de K2 s'annule, alors qu'une tension positive s'établit aux bornes de K1,

_ Commutation du courant de K1 vers K2. Pendant cette phase, la tension reste nulle aux bornes de K2, et vaut toujours U_e aux bornes de K1.

Il s'agit donc d'un blocage commande de K1 qui entraîne l'amorçage spontanée de K2.

II.5/ Structures des hacheurs non réversibles :

Nous allons nous intéresser, dans un premier temps aux structures les plus simples des hacheurs. Il s'agit de celles qui n'assurent pas la réversibilité, ni en tension, ni en courant. L'énergie ne peut donc aller que de la source vers la charge.

II.5.1/ Hacheur série ou dévolteur :

Ce nom est lié au fait que la tension moyenne de sortie est inférieure à celle de l'entrée. Il comporte un interrupteur à amorçage et blocage commandé, transistor bipolaire ou IGBT, et un interrupteur à blocage et amorçage spontanés 'diode'. Le schéma du hacheur série est donné par la figure(39).

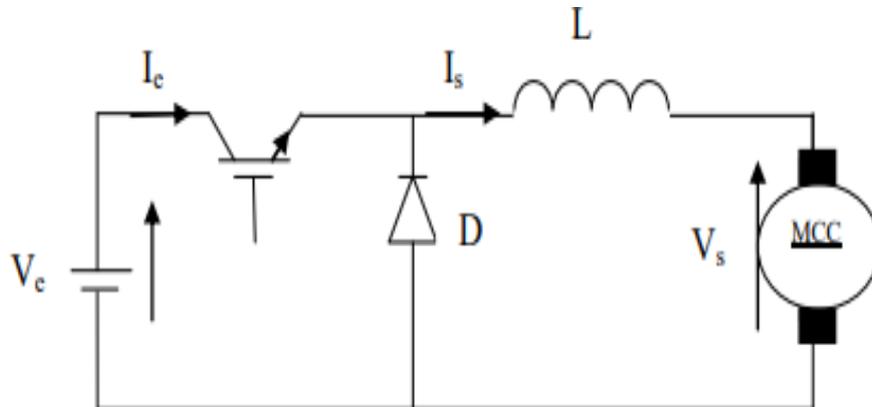


Fig.(39): Schéma de principe d'un hacheur série.

La charge est constituée par un moteur. Pour améliorer la qualité du courant c'est à-dire limiter l'ondulation résultant du découpage sur le courant de sortie, on insère une inductance en série avec le moteur.

Le cycle de fonctionnement, de période de hachage $T_h = 1/f_h$, comporte deux Etapes. Lors de la première étape, c'est le transistor qui est passant et la diode, polarisée en inverse, est bloquée. Cette phase dure de 0 à αT_h , avec α compris entre 0 et 1, α est appelé rapport cyclique.

Lors de la seconde étape, la diode devient passante, cette phase dure de α Th à Th .

II.5.2/ Hacheur parallèle ou survolteur :

Le hacheur survolteur (figure.40) est un convertisseur assurant le transfert d'énergie d'une source de courant vers une source de tension, dont la tension de sortie V_s est supérieure à la tension d'entrée V_e .D'où l'appellation de convertisseur élévateur ou encore survolteur .

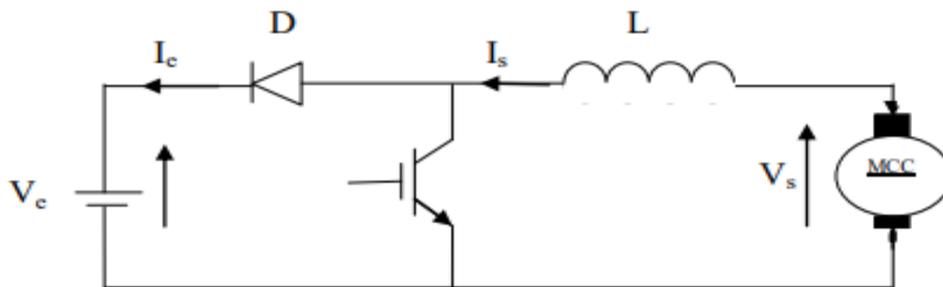


Fig.(40) : Schéma de principe d'un hacheur parallèle.

L'intérêt du hacheur élévateur

Si on considère un moteur DC entraînant une lourde charge (train par exemple).Lors d'une phase de freinage il est intéressant de récupérer l'énergie mécanique en la transformant en énergie électrique au lieu de la transformer en chaleur pour être dissipée dans l'atmosphère. Lors de la phase de freinage, la machine DC fonctionne en génératrice mais sa f.e.m. E (qui décroît car la vitesse diminue) est inférieure à la tension V_s qui alimentait le moteur. Pour assurer le transfert d'énergie électrique de la génératrice vers le réseau, il faut un convertisseur continu-continu élévateur de tension c'est-à-dire un hacheur parallèle.

II.6/ Structures des hacheurs réversibles :

Les structures que nous venons de voir ne sont pas réversibles, ni en tension, ni en courant. L'énergie va donc toujours de la source vers la charge. Il est possible de modifier ces dispositifs pour inverser le sens de parcours de l'énergie. Ainsi, une source peut devenir une charge et inversement. Ce type de comportement se rencontre usuellement dans les systèmes 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 qui est plus astucieux qu'un simple freinage mécanique .

II.6.1/ Hacheur série réversible en courant :

Dans ce système, le changement du sens de parcours de l'énergie est lié au changement de signe du courant alors que la tension ne change pas de signe. Cette fois, l'interrupteur, réversible en courant, est formé de deux composants. Le premier est un composant commandé à l'amorçage et au blocage « transistor, IGBT », alors que le second est une diode. Ils sont montés en antiparallèle. Le Schéma de l'interrupteur réversible en courant est représenté par la figure (41).

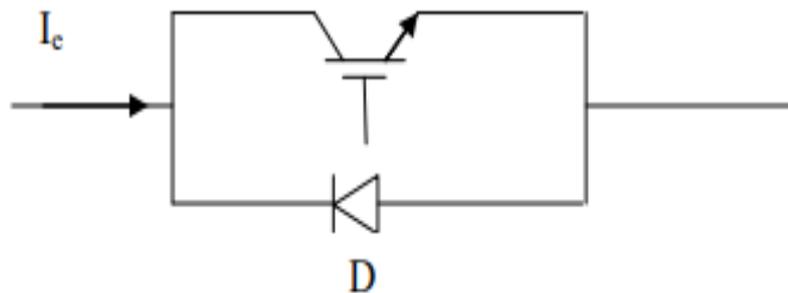


Fig.(41) : Schéma d'Interrupteur réversible en courant

La structure du hacheur série réversible en courant est représentée par la figure (42) .C'est la structure du hacheur série classique par des interrupteurs réversibles en courant avec modification de la charge. En prenant une machine à courant continu qui peut, sous tension constante, fonctionner en génératrice ou en moteur.

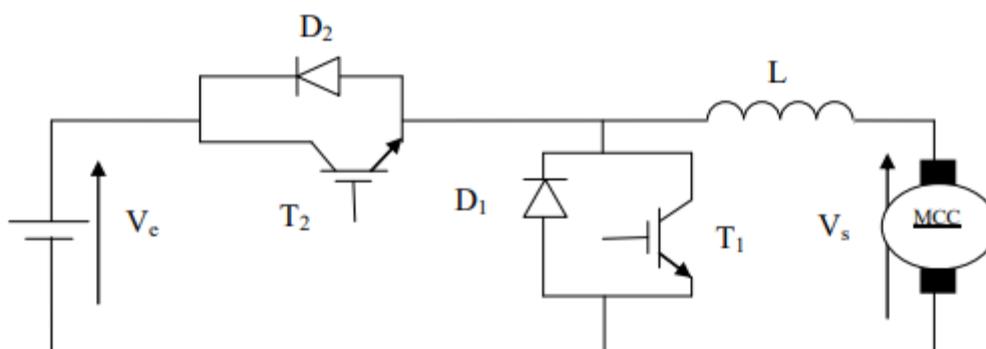


Fig.(42) : Structure d'un hacheur série réversible en courant.

II.6.2/ Hacheur réversible en tension :

La tension appliquée à la charge peut prendre les valeurs $+V_s$ ou $-V_s$, ce qui permet, suivant la valeur du rapport cyclique, de donner une valeur moyenne de tension de sortie positive ou négative. En revanche, le courant doit rester de signe constant dans la charge, car les interrupteurs ne sont pas réversibles. Le schéma de principe du hacheur réversible en tension est donné par la figure (43).

La charge est formée par une machine à courant continu en série avec une inductance, destinée à limiter l'ondulation du courant dans la machine. La machine fonctionne sous un courant toujours de même signe .

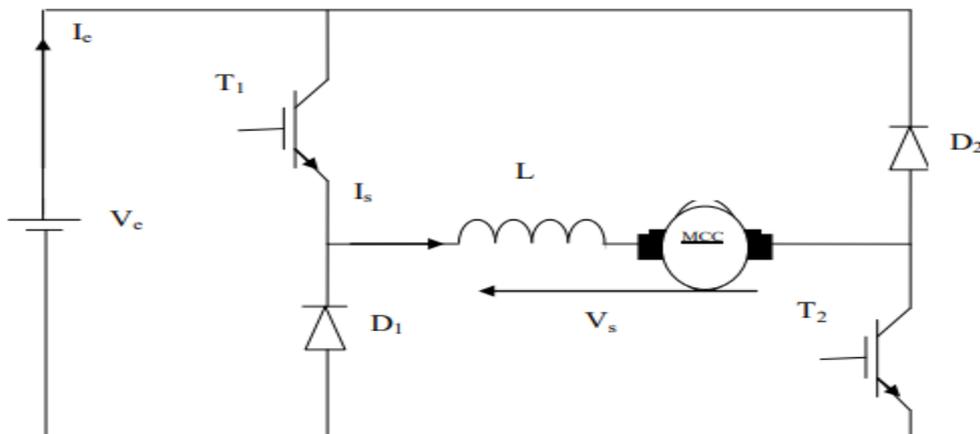


Fig.(43) : Principe d'un hacheur réversible en tension

II.6.2.1/Hacheur réversible en tension et en courant :

On reprend la structure du hacheur réversible en tension que nous venons de donner en remplaçant les interrupteurs par des interrupteurs réversibles en courant. Dans ce cas, le courant dans la charge peut changer de signe. Comme pour le hacheur simplement réversible en courant, ce sera la diode ou le transistor qui sera passant, suivant le signe du courant dans l'interrupteur. On obtient donc la structure représentée dans la figure (44).

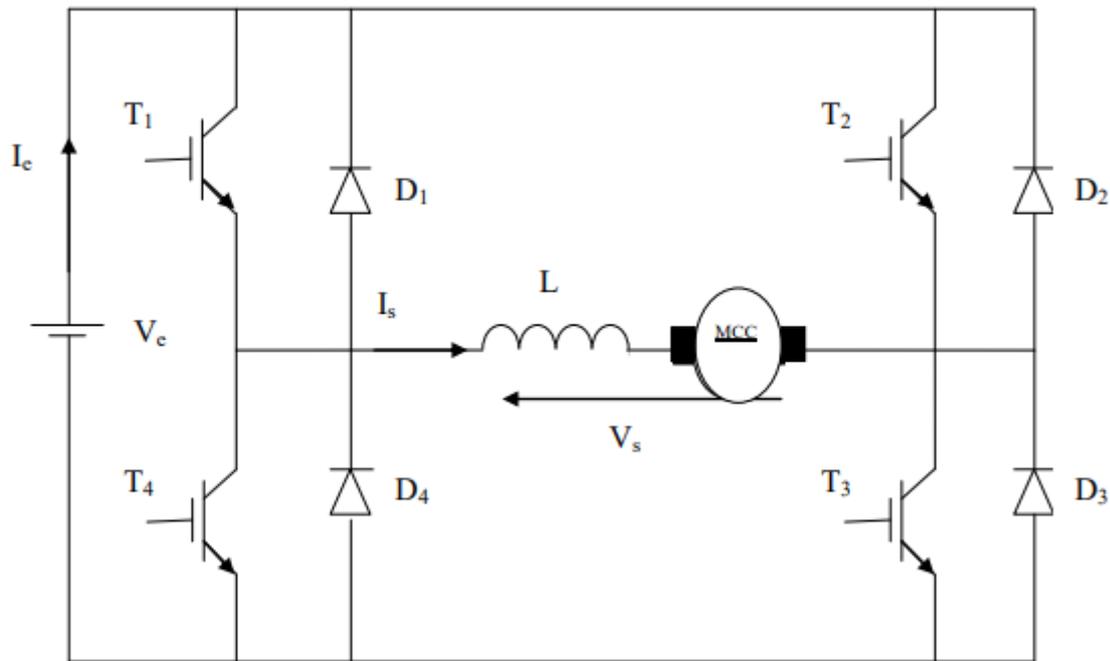


Fig.(44) : Schéma de principe du hacheur réversible en tension et en courant.

Cette fois, la tension moyenne de sortie et le courant moyen de sortie peuvent être la tension aux bornes de la machine U et être positifs ou négatifs. Source et charge peuvent avoir tous les modes de fonctionnement.

II.7/ Conclusion :

L'hacheur est un convertisseur continu-continu, dont les grandeurs de sortie dépendent essentiellement du fonctionnement de l'interrupteur statique, en pratique cet interrupteur est semi-conducteur commandable. L'hacheur est un moyen simple pour réaliser un réglage de vitesse des machines à courant continu par variation de la tension à sa sortie.

➤ Conclusion générale :

Le travail, présenté dans le cadre du mémoire de fin de cycle, est une «étude par simulation d'un entraînement électrique à courant continu.

Nous avons présenté dans ce chapitre des généralités sur la machine à courant continu, et on peut recenser deux types d'excitation très répandus dans les utilisations des MCC: la machine à excitation indépendante et la machine à

excitation série. En même temps, on a parlé des convertisseurs continu/continu (les hacheurs) et ses différents types utilisés pour commander la vitesse de la MCC : abaisseur (buck), élévateur (boost), réversible en courant et en tension, et enfin l'hacheur en pont (04 quadrant).

Afin de valider notre banc d'essai, plusieurs schémas et explications ont été présentés dans ce mémoire.