

**République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur
et de la Recherche scientifique**



**Université d'EL -Oued
Faculté des Sciences et de la Technologie**



**Mémoire de Fin d'Etude
En vue de l'obtention du diplôme de
LICENCE ACADEMIQUE**

**Domaine : Sciences et de la Technologie
Filière: Génie Électrique
Spécialité: CDSE**

Thème

**Étude d'un Laboratoire Virtuel de
Simulation des Machines à Courant
Continu**

Dirigé par:
Mr. Kechida Ridha

Réalisé par:
Sadani Mohammed Laid
Atia Mohammed lamine

Soutenu 04 Juin 2013

Sommaire

Titre	Page
Sommaire	01
Liste de figure	03
Notation	05
Chapitre 01: Généralités de la machine à courant continu	
Introduction générale.	06
I. Introduction.	07
II. Structure de la machine à courant continu.	07
II. 1. L'inducteur.	07
II. 1.1. La construction d'inducteur.	08
II. 2. L'induit.	09
II. 2.1. La construction d'induit	09
III. Phénomène d'induction.	11
III. 1. Loi de <i>LAPLACE</i> .	11
III. 2. Principe de génératrice.	11
IV. Conversion d'énergie électromécanique.	11
V. Classification des machines à courant continu.	12
V. 1.1. Moteur en dérivation.	12
V. 1.2. Moteur série.	13
V. 1.3. Moteur à excitation composée.	13
VI. Caractéristiques usuelles des moteurs à courant continu.	14
VII. Les avantages et les inconvénients.	15
VI. Conclusion	15
Chapitre 02: Modélisation et simulation de la machine à courant continu	
I. Introduction	16
II. Modélisation de la machine à courant continu	16
II. 1. Équation de la machine à courant continu	16
II. 1.1. Equations électriques	17
II. 1.2. Equations mécaniques	17

II. 1.3. Equations électromécaniques	17
III. Simulation de la MCC	17
III.1 .Schéma bloc de moteur à courant continu:	17
III. 2 .Les résultats de simulation	18
III. 2.1 .Fonctionnement en moteur	18
III. 2.2. Interprétation	22
III. 2. 3.Fonctionnement en génératrice	22
III. 2. 4 .Interprétation	25
IV. Conclusion	26
Conclusion générale	27
Bibliographie	28
Annexe	29

Liste de figure

Titre	Page
Fig.1.La construction de la machine à courant continu.	07
Fig. 2: L'inducteur.	08
Fig. 3: L'induit.	09
Fig..4: le collecteur.	10
Fig. . 5: Les balais.	10
Fig .6: Moteur à courant continu à excitation séparée.	13
Fig .7: Moteur à courant continu à excitation série.	13
Fig .8: (a) Moteur composé à courte dérivation.	14
Fig .8: (b)moteur composée à longue dérivation.	14
Fig.9: Schéma de la MCC à excitation shunt sur les axes (d,q).	17
Fig.10: schéma bloc de la MCC.	18
Fig.11: la vitesse de rotation ω (tr/min).	18
Fig.12: le couple (N.m).	19
Fig.13: le courant d'induit I_q (A).	19
Fig.14: le courant d'excitation I_f (A).	19
Fig.15: le vitesse de rotation en charge (tr/min).	20
Fig.16: le couple en charge (N.m).	20
Fig.17: Le courant d'induit I_q (A) en charge .	21

Fig.18: Le courant d'excitation I_f (A).	21
Fig.19: Schéma bloc génératrice à courant continu.	23
Fig.20: la tension V_a (V).	23
Fig.21: la puissance utile .	24
Fig.22: la vitesse de rotation ω (rad/s).	24
Fig.23:le courant d'inducteur I_f (A) .	25
Fig.24: le courant d'induit I_q (A).	25

Notation

- F : la force électromagnétique(f.e.m) (V).
- B : champ magnétique (web).
- I : courant électrique(A).
- L : longeur de conducteur (m).
- ω : vitesse de rotation (rad/s).
- U_a : Tension de l'induit(V).
- R_a : Résistance d'induit (Ω).
- L_a : Inductance de l'induit(h).
- I_a : Courant dans l'induit (A).
- U_f : Tension d'excitation(V).
- R_f : Résistance de l'inducteur(Ω).
- L_f : Inductance de l'inducteur(h).
- I_f : Courant d'excitation(A).
- J :Moment d'inertie(kgm^2).
- f : Coefficient de frottement visqueux .
- C_e :Couple électromagnétique (N.m).
- C_r : Couple résistant(N.m).
- C_{em} : Couple mécanique(N.m).



REMRECIEMENT

En premier lieu, nous tenons à remercier «DIEU» qui nous a aidé pour que ce modeste travail soit achevé et pour que nous avonsréussi.

Nous adressons nos plus vifs remerciements à toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de de loin l'élaboration de ce modeste mémoire.

Nous tenons à remercier notre encadreur Mr.Kechida Ridha

Nous grands remerciant aussi tous les enseignants qui ont contribué à notre formation a l'institut d'électrotechnique.

Nous remercions vivement nos familles sadani et Atia pour leur aide matérielle et morale durant toute la période de préparation.

*Sadani M laid
Atia M lamide*

Introduction générale

Les machines électriques tournantes sont des convertisseurs d'énergie. Lorsqu'elles transforment de l'énergie électrique en énergie mécanique, on dit qu'elles fonctionnent en moteur. En revanche, si elles transforment l'énergie mécanique apportée par une autre machine en énergie électrique, on dit qu'elles fonctionnent en génératrice. On distingue plusieurs types d'alimentation des moteur à courant continu (séparé, shunt, série, compound...ect).

La machine à courant continu est une machine électrique tournante qui fonctionne, comme son nom l'indique, à partir de tensions et de courants continus. Dans le cas de petits moteurs, elle est donc adaptée à des sources d'énergie électrochimiques. Pour les fortes puissances, on la trouve dans les lignes de métro où elle fonctionne en moteur (traction) ou en génératrice (freinage).

Les machines tournantes sont constituées de deux parties principales. Le stator est la partie fixe du système. Il entoure la partie tournante, appelée rotor. Nous allons nous intéresser à la façon de réaliser une MCC.

Le premier chapitre c'est un rappel des généralités sur ces machines à courant contenu, on donnant la structure.

Le deuxième chapitre c'est une partie de la modélisation et de la simulation de machine à courant continu, dans ce chapitre on donne le modèle de ces machines à partir des équations électriques et mécaniques on forme les schémas bloc qui nous permet d'extraire les caractéristiques de ces machine (la vitesse, le couple utile et le courant) on utilisant le programme *MATLAB/SIMILINK*.

I. Introduction :

Les machines à courant continu sont très utilisées dans nos jours, notamment dans les applications de faible puissance utilisant des batteries (moteur de jouet) ou encore pour la traction électrique, et très utilisées comme moteur à vitesse variable dans une gamme de puissance allant de quelques milliwatts à plusieurs mégawatts.

Ce chapitre représente des généralités sur la machine à courant continu. Il traite exactement la structure de ses machine, le phénomène d'induction qui donne de ces principes de ces machines avec ces deux fonctionnements, la conversion d'énergie électromécanique qui considère comme le rôle de ces machines, quelques problèmes pour les machines à courant continu (la réaction d'induit, la commutation), le bilan de puissance et on citons quelques avantages et quelques inconvénients de ces machines [1].

II. Structure de la machine à courant continu:

Les machines tournantes sont constituées de deux parties principales, l'inducteur et l'induit.

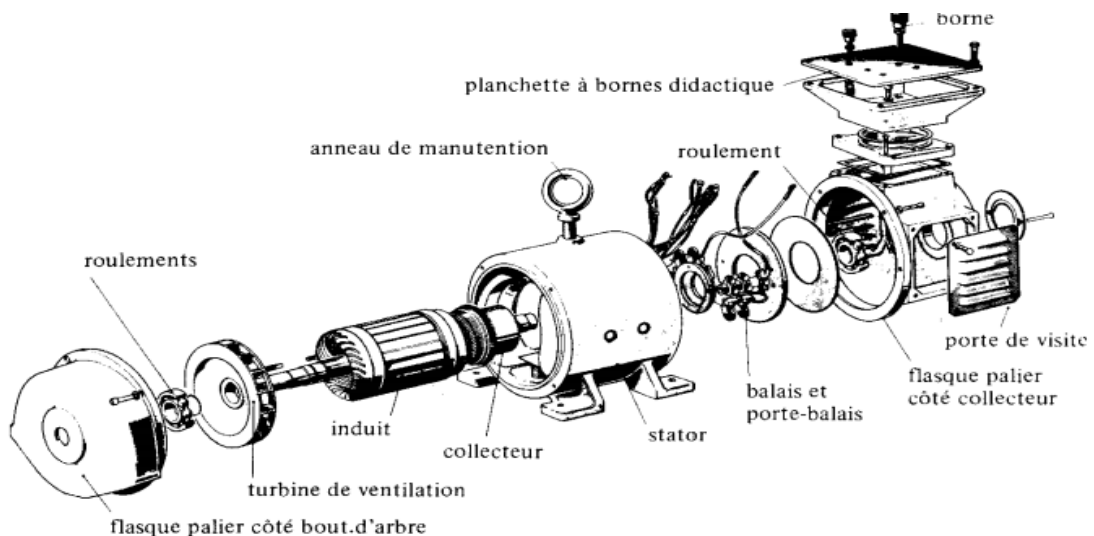


Fig.1 : La construction de la machine à courant continu [9].

II. 1. L'inducteur:

C'est l'organe producteur du champ magnétique nécessaire à la transformation électromagnétique est située sur une partie fixe de la machine. Ce champ magnétique est fixé [1].

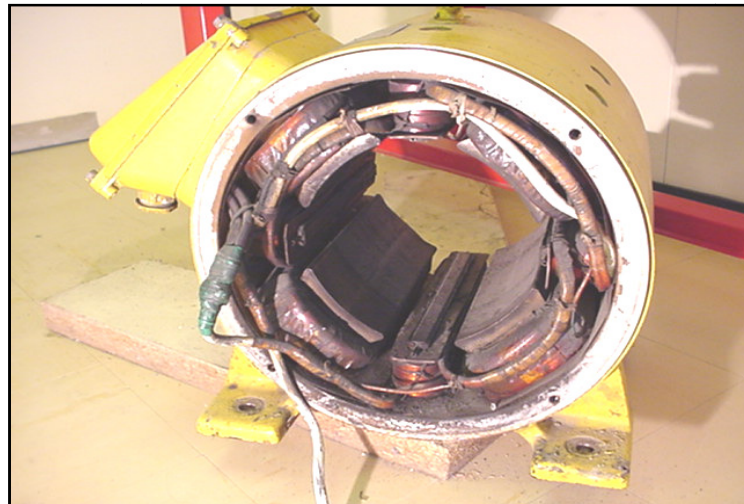


Fig.2 : Inducteur [11] .

II. 1.2. La construction d'inducteur:

L'inducteur comprend:

- **Les pôles principaux:**

Destinés à créer le flux magnétique principal, qui peuvent être constitués d'aimants permanents ou de pièces polaires associées à des enroulements d'inducteurs parcourus par un courant continu.

- **La carcasse:**

C'est à dire la partie de la machine à laquelle sont fixés les pôles principaux et à l'aide de laquelle la machine est réunie à la fondation. Une partie de la carcasse qui sert au passage du flux produit par les pôles principaux appelée culasse [2].

- **Le flasque avant:**

Les matériaux utilisés soit l'aluminium ou le plastique. Le moyen d'obtention pour l'aluminium est dans la majorité des cas la fonderie, et pour le plastique l'injection est utilisée.

La principale mission est de porter le palier avant, sur ses machines les efforts mécaniques sont modérés, par contre le positionnement géométrique est très important, car le jeu entre les aimants et les tôles magnétiques est faible (quelques dixièmes de millimètres). La seconde mission est le montage de la carcasse, qui doit posséder une bonne concentricité avec le palier. Bien souvent le palier avant assure aussi la fixation du guide balais [3].

II.2. L'induit:

C'est l'organe subissant le champ magnétique et en même temps le siège d'une f.e.m. induites alternatives. Et c'est un lieu de la transformation d'énergie mécanique en énergie électrique (génératrice électrique) ou inversement, de l'énergie électrique en énergie mécanique (moteur électrique). L'inducteur et l'induit sont séparés l'une à l'autre par un entrefer [2].



Fig. 3: Induit [10]

II.2.1 La construction d'induit:

L'induit comprend:

- **Armature de l'induit (encoche):**

Réalisée à l'aide de tôles empilées, montrées directement sur l'arbre par insertion chaude, soit assemblées par queue d'aronde pour des grandes machines. Les encoches fermées par des becs d'encoches peuvent être de forme arrondie ou rectangulaire.

- **Enroulement:**

Placé sur cette armature (bobinage), les conducteurs sont réalisés à partir de fils ou de barres de cuivre, les fils sont bobinés directement sur l'induit, les conducteurs sont isolés entre eux par un guipage (grande machine), ou un émail. Les faisceaux de fils ou des barres préformées sont isolés par rapport à la masse et entre eux ou avec un fil enroulé [2].

- **Un collecteur commutatif rotatif:**

Un collecteur commutatif rotatif est un organe permettant de créer une connexion électrique entre la partie fixe (l'inducteur) et la partie mobile (l'induit), avec une fonction de commutation pendant la rotation.

Ce collecteur consiste en un anneau conducteur de l'électricité (généralement en cuivre), sectionné en un nombre pair de parties isolées entre elles, fixé avec une entretoise isolante sur l'axe de la machine. la connexion électrique est créée entre les parties conductrices et la partie fixée sur l'inducteur (borner), par une ou plusieurs paires de balais réalisés à base de carbone (ou des lames de métal souple pour les très petites machines) positionnées respectivement à 180 degrés. On alimente en électricité le bobinage d'induit par ces contacts (fonctionnement en moteur) ou au contraire on récupère l'électricité produite par le bobinage d'induit (fonctionnement en générateur) [3].

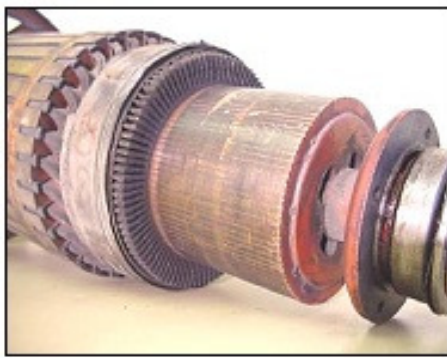


Fig.4 : Collecteur [11]

▪ **Balais:**

Faite en carbone en raison de sa bonne conductivité électrique et de son faible coefficient de frottement.

En s'appuyant sur le collecteur, assurent un contact électrique entre l'induit et le circuit extérieur. Dans une machine à enroulements imbriqués, il y a autant de balais que de pôles magnétiques inducteur.

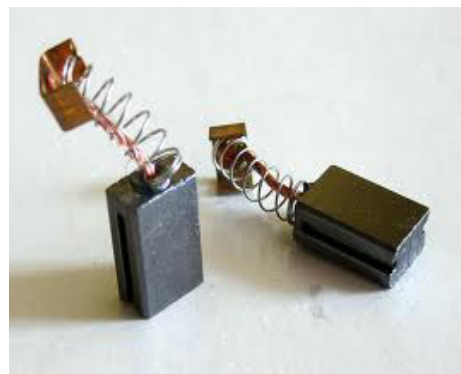


Fig.5 : Les balais [11].

III. Phénomène d'induction:

III. 1 Loi de Laplace:

Un conducteur parcouru par un courant est soumis à une force de *LAPLACE* dont le sens est déterminé par la règle des trois doigts de la main droite, quand il est placé dans un champ magnétique. C'est phénomène de base à prendre en compte dans une conversion d'énergie électrique en énergie mécanique [2].

$$\mathbf{F} = \mathbf{B} . \mathbf{I} . \mathbf{L} \quad (1-1)$$

III.2 Principe de génératrice:

Un conducteur se déplaçant dans un champ magnétique va être le siège d'une f.e.m. induite. Il s'agit donc une conversion de sens inverse, d'énergie mécanique en énergie électrique.

IV. Conversion d'énergie électromécanique:

Un appareil de conversion d'énergie électromécanique crée un lien entre un système électrique et un système mécanique. Lorsqu'un système mécanique fournit de l'énergie à un système électrique à travers cet appareil, ce dernier est une génératrice.

Lorsqu'un système électrique fournit de l'énergie à un système mécanique à travers cet appareil, ce dernier est un moteur.

Ce processus est réversible. Toutefois, la part d'énergie convertie en chaleur est perdue, ce qui irréversible. Une machine électrique peut être conçue pour fonctionner en génératrice ou en moteur. La conversion électromécanique dépend la relation entre les éléments suivants:

- ✓ les champs électriques et magnétiques;
- ✓ les forces mécaniques et mouvement.

Dans le cas d'une génératrice, l'enroulement est entraîné mécaniquement dans le champ magnétique. Les entraînements sont alors modifiés, ce qui entraîné des tensions induites.

Dans le cas d'un moteur, le conducteur porteur de courant est admis à l'intérieur d'un champ magnétique. Par conséquent, le couple qui en résulte est produit pour agir sur l'induit. Qu'il s'agisse d'une génératrice ou d'un moteur, le conducteur porteur de courant se trouve l'intérieur d'un champ magnétique. Les conducteurs et le flux se déplacent conjointement à une vitesse variable [6].

Dans les machines tournantes, tension et couple sont générés. Seule la direction du flux de puissance détermine si la machine fonctionne en génératrice ou en moteur.

Dans une génératrice, la puissance est fournie par le générateur de force motrice. L'énergie électrique est produite par l'action de la génératrice, et de la puissance résulte générée en raison de friction est perdue. En revanche, dans le cas d'un moteur, la puissance est fournie par les entrées d'alimentation électrique et une légère perte se produit au niveau de la puissance mécanique résulte générée en raison de friction [4].

V. Classification des machines à courant continu:

En générale les machines à courant continu peuvent être classés de différentes manières selon :

V.1 Classification selon le mode d'excitation:

V.1.1 Moteur en dérivation:

Dans ce type de machine, l'enroulement de champ est montré dans la culasse et l'enroulement d'induit sur le rotor. Ce type de moteur est utilisé lorsque la régulation de vitesse est importante.

▪ A auto excitation:

L'enroulement de champ est connecté en parallèle (dérivation) avec l'enroulement d'induit sur la même alimentation. Modifier le courant de champ peut faire varier la vitesse ; le couple est proportionnel au courant d'induit. Ce type de moteur peut également fonctionner en génératrice. Pour limiter l'intensité du courant de démarrage du moteur, l'enroulement libère la tension dans la rampe.

Dans ce type de moteur, une résistance variable est connectée en série avec le circuit d'inducteur, pour diminuer légèrement la valeur du flux et de la vitesse [1].

- ✓ Alimentation commune pour l'induit et l'inducteur mais le réglage de la vitesse devient.
- ✓ Problématique car en baissant la tension en baisse aussi le flux et le couple deviennent faibles.

▪ A excitation séparée:

L'enroulement de champ est connecté en parallèle avec l'enroulement d'induit à l'aide d'une excitation séparée. Le couple est proportionnel au courant d'induit. Dans un moteur en dérivation à excitation séparée, il est possible de faire varier la vitesse jusqu'à une certaine limite en modifiant la tension d'induit. Après le shuntage des inducteurs, il est possible d'augmenter la vitesse du moteur au delà de la vitesse normale. Les autres caractéristiques sont identiques à celles d'une machine à auto excitation [4].

Ils ont l'avantage d'avoir une vitesse relativement stable et réglable par la tension d'induit mais nécessite une alimentation continue ou redressée pour l'inducteur [3].

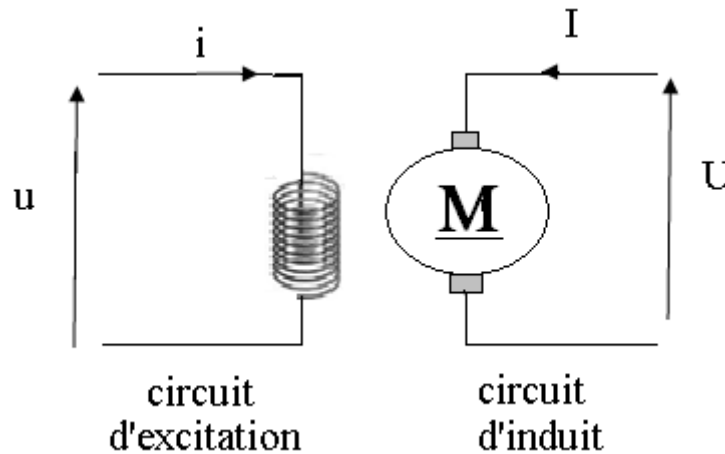


Fig.6 : Moteur à courant continu à excitation séparée [11].

V.1.2 Moteur série:

Comme le nom de ce moteur l'indique, l'enroulement de champ est connecté en série avec l'enroulement d'induit dans ce type de moteur. Un courant de forte intensité circule. On a donc recours à un enroulement de champ de calibre supérieur. Ce type de moteur est utilisé lorsque la régulation de vitesse n'est pas importante. Le principal avantage de ce moteur est que l'on peut obtenir un couple élevé, ce qui est utile pour les applications comme les locomotives Diesel ou les grues. Il est important de démarrer ce moteur sous charge, si non le moteur et les pièces environnantes peuvent être endommagés [4]. Très bon couple de démarrage, puisque le courant est le flux sont important au démarrage, par contre le réglage de la vitesse pose problème, elle varie avec la charge. Ce type de moteur est très utilisé en traction [3].

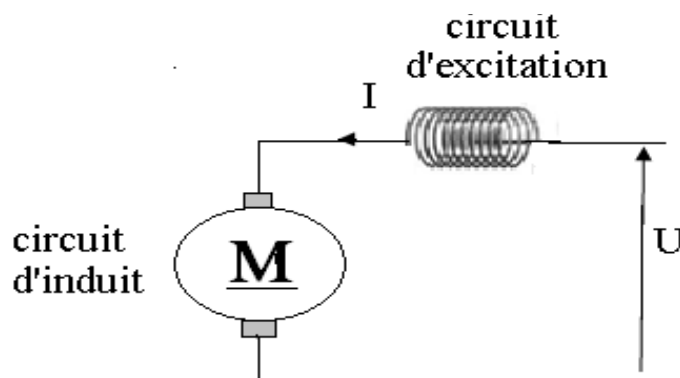


Fig. 7: Moteur à courant continu à excitation série [11].

V.1.3 Moteur à excitation composée:

Si l'on associe un moteur série et un moteur en dérivation, on obtient un moteur à excitation composée ou moteur compound. Ce dernier présente les caractéristiques avantageuses des deux moteurs:

Le couple élevé d'un moteur série et la régulation de vitesse d'un moteur en dérivation, Ces types des moteurs sont plus coûteux par rapport les types des moteurs précédents, Il existe deux types des moteurs composée, les moteurs composée à courte dérivation et à longue dérivation [4].

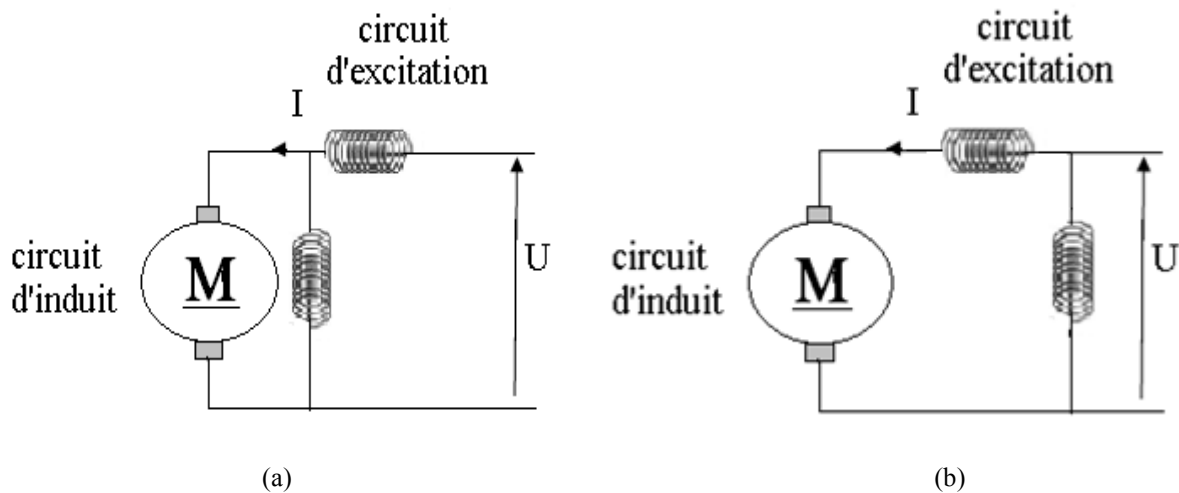


Fig.8: (a) Moteur composé à courte dérivation et (b) moteur composée à longue dérivation [11].

VI. Caractéristiques usuelles des moteurs à courant continu [4]:

- Les moteurs à courant continu offrent un bon couple de démarrage, ainsi que des capacités de régulation de vitesse.
- Les moteurs à courant continu à aimant permanent sont utilisés pour le positionnement exact d'objets avec des couples de fonctionnement élevés.
- Les moteurs en série ont un couple de démarrage élevé et peuvent par conséquent démarrer avec des charges importantes.
- Les moteurs en série fonctionnement à vide peuvent atteindre des vitesses élevées, ce qui endommage le moteur.
- Les moteurs en dérivation offrent une bonne régulation de vitesse.
- Il est possible d'inverser le sens de marche d'un moteur à courant continu en modifiant les fils de l'induit ou du champ.
- La vitesse d'un moteur à courant continu peut varier si l'on modifie la tension de l'induit ou le courant de champ.

- Le moteur à courant continu est plus coûteux que le moteur à courant alternatif usuel. Son entretien est plus exigeant, mais on peut faire varier sa vitesse de rotation.

VII. Les avantages et les inconvénients:

L'avantage principal des machines à courant continu réside dans leur adaptation simple aux moyens permettant de régler ou de faire varier leur vitesse, leur couple et leur sens de rotation.

Le principal problème de ces machines vient de la liaison entre les balais, ou «charbons» et le collecteur rotatif. Ainsi que le collecteur lui même et la complexité de sa réalisation. De plus il faut signaler que:

La vitesse de rotation est élevée, plus la pression des balais doit augmenter pour rester en contact avec le collecteur donc plus le frottement est important aux vitesses élevées les balais doivent donc être remplacés très régulièrement. Un autre problème limite les vitesses d'utilisation élevées de ces moteurs lorsque l'induit est bobiné. Un certain nombre de ces inconvénients ont partiellement été résolus par des réalisations de moteurs sans fer à l'induit.

Les inconvénients ci-dessus ont été radicalement éliminés grâce à la technologie du moteur à courant continu sans balais [4].

VIII. Conclusion:

Aujourd'hui malgré la prépondérance de ces applications des machines à courant alternatif notamment dans les systèmes de traction, les machines à courant continu occupe toujours une place de choix en raison de ses caractéristiques unique.

Dans ce chapitre, on a étudié la machine à courant continu sous forme générale (l'étude de la structure de sa machine), le principe de fonctionnement, la conversion d'énergie électromécanique, les avantages et inconvénient.

Dans le chapitre suivant on va faire la modélisation et la simulation de la machine à courant continu.

I. Introduction :

La simulation qui se fait avec le programme *MATLAB/SIMILINK* est nécessaire pour comprendre le comportement de la machine électrique avant leur utilisation. Dans ce chapitre, on a fait la transformation de *LAPLACE* de l'équation électrique et mécanique pour déduire le modèle de la machine à courant continu. A partir de ce modèle, on trace le schéma bloc qu'il permet d'obtenir les caractéristiques de ces machines.

La machine à courant continu peut être modélisée par le biais d'équations électrique, électromécanique et mécanique. Ces trois groupes d'équations nous permettent de mieux appréhender la machine à courant continu dans son fonctionnement réel. Du côté électrique nous pouvons dire que la machine à courant continu se définit par un circuit d'induit et un circuit inducteur, l'induit de la MCC peut-être vu comme une résistance R_a et une inductance L_a en série avec une source de tension commandée $e_m(t)$ proportionnelle à la vitesse $\omega(t)$. Du côté mécanique, nous représentons la machine à courant continu par l'inertie de l'induit augmentée de celui de la charge entraînée.

II. Modélisation de la machine à courant continu:

Modélisation de la machine à courant continu avec ces différents types d'excitations. On s'est basé sur les phénomènes physiques « transfert de puissance » pour réaliser la modélisation, et les modèles obtenus sont présentés par des liens graphiques.

Contrairement à la première partie on se concentre cette fois-ci sur les équations mathématiques qui régissent la machine à courant continu, on peut appeler cette modélisation par la modélisation numérique.

La modélisation numérique de la machine à courant continu peut se faire de plusieurs manières, et plusieurs repères sont possibles. Pour cela, notre choix est porté sur la modélisation du machine à courant continu dans le système d'axes « d. q ». L'outil *MATLAB/SIMILINK* présente une bonne plate-forme pour la validation et la simulation de nos modèles [7].

II. 1. Équation de la machine à courant continu:

Le circuit de l'induit d'une machine à courant continu à excitation shunt est représenté par sa f.e.m, sa résistance et l'inductance par la formule suivante [8]:

II. 1.1. Equations électriques:

$$U_a(t) = R_a \cdot I_a + L_a \cdot \frac{dI_a(t)}{dt} + M_{af} \cdot I_f \cdot \omega(t) \quad (2-1)$$

$$U_f(t) = R_f \cdot I_f + L_f \cdot \frac{dI_f(t)}{dt} \quad (2-2)$$

II. 1.2. Equations mécaniques :

$$J \cdot \frac{d\omega(t)}{dt} + f\omega(t) = C_{em} - C_r \quad (2.3)$$

II. 1.3. Equations électromécaniques:

$$C_e(t) = K \cdot \Phi f(t) \cdot I_a(t) \cdot I_f(t) \quad (2.4)$$

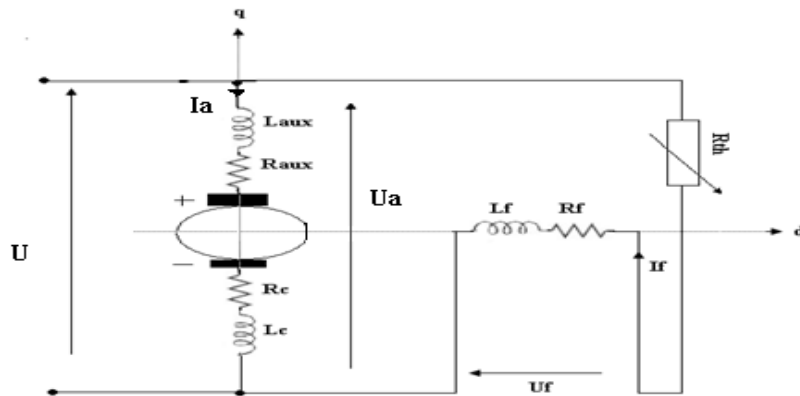


Fig.9: Schéma de la MCC à excitation shunt sur les axes (d,q)

III. Simulation de la MCC:

On effectue enfin les derniers réglages sur le schéma bloc en réduisant le temps de simulation de 0 à 5 seconde, en alimentant l'inducteur sous 220 V, l'induit sous 220V, et en réglant le couple résistant constant sur 16Nm.

Les paramètres de la machine à courant continu dans l'annexe A.

III.1. Schéma bloc de moteur à courant continu:

Pour faire la simulation, nous réalisons le modèle ci-dessous:

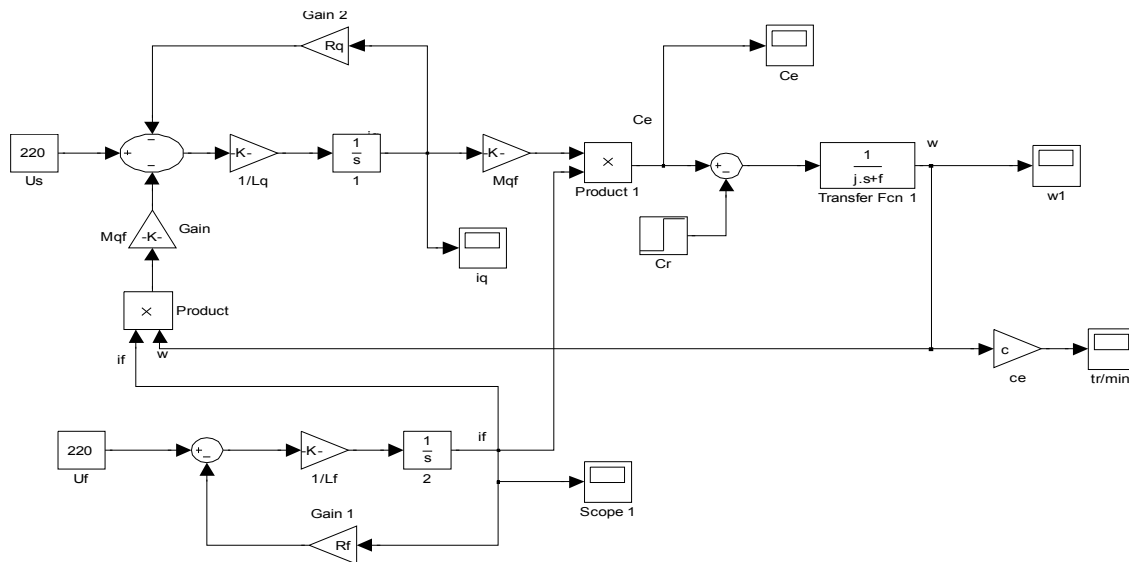


Fig.10: schéma bloc de la MCC.

III.2. Les résultats de simulation :

III.2.1. Fonctionnement en moteur :

- **À vide :**

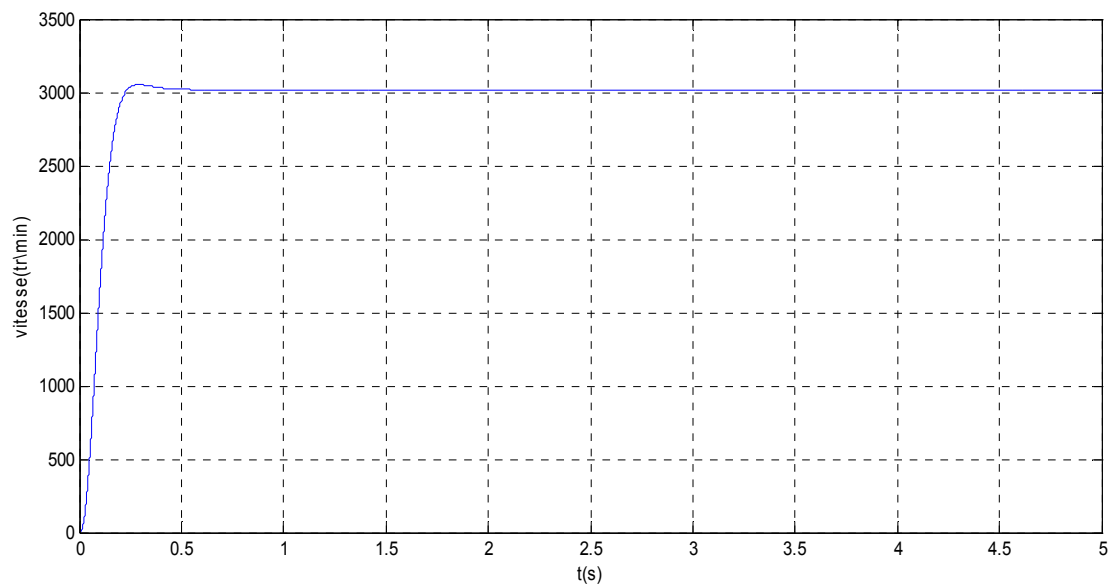


Fig.11: la vitesse de rotation w (tr/min)

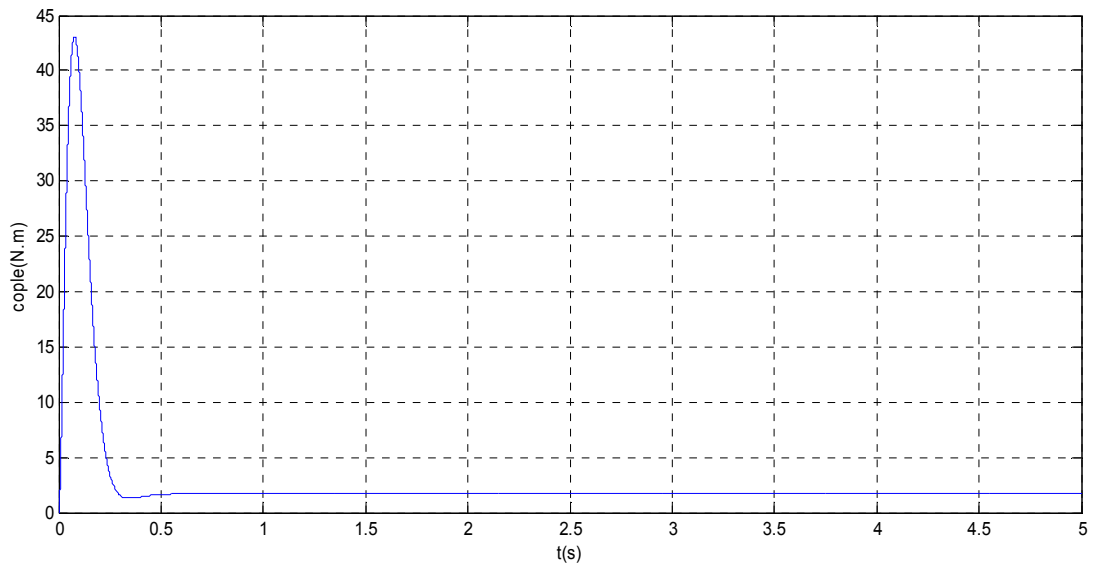
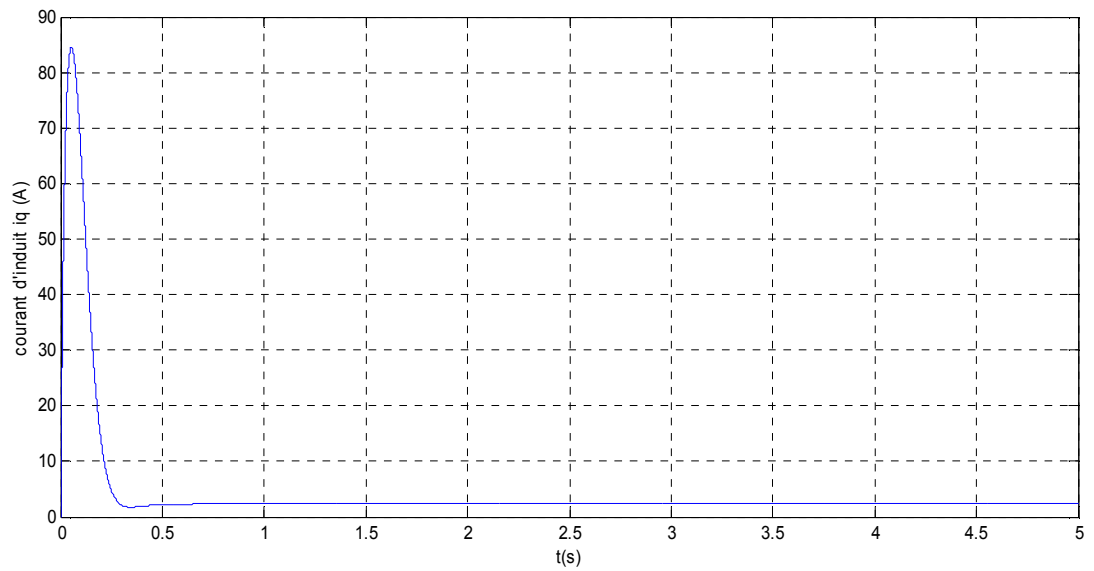
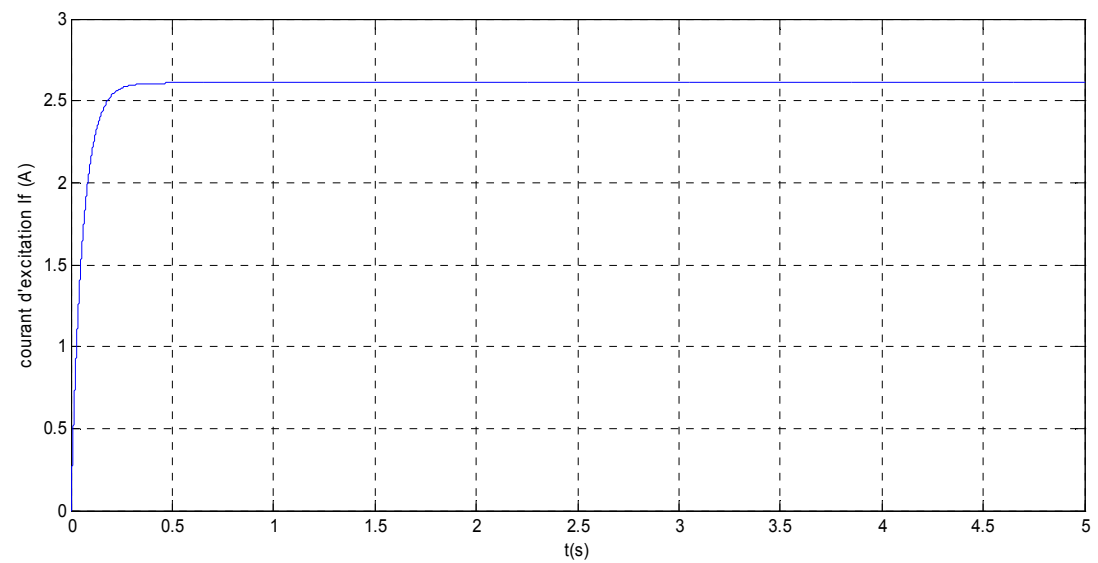


Fig.12: le couple (N.m)

Fig.13: le courant d'induit I_q (A)Fig.14: le courant d'excitation I_f (A)

▪ En charge :

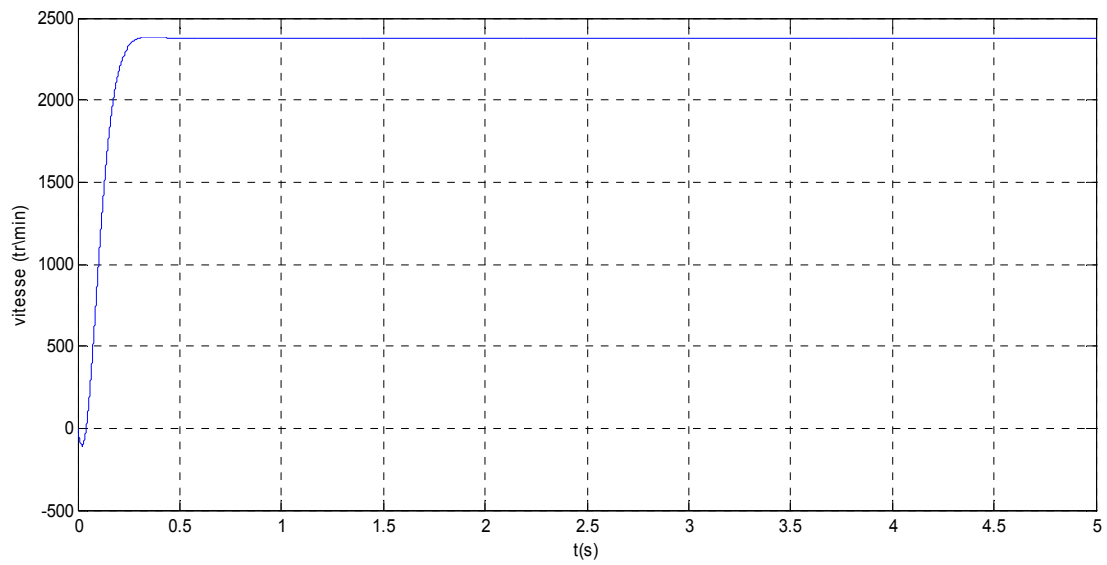


Fig.15: le vitesse de rotation en charge (tr/min)

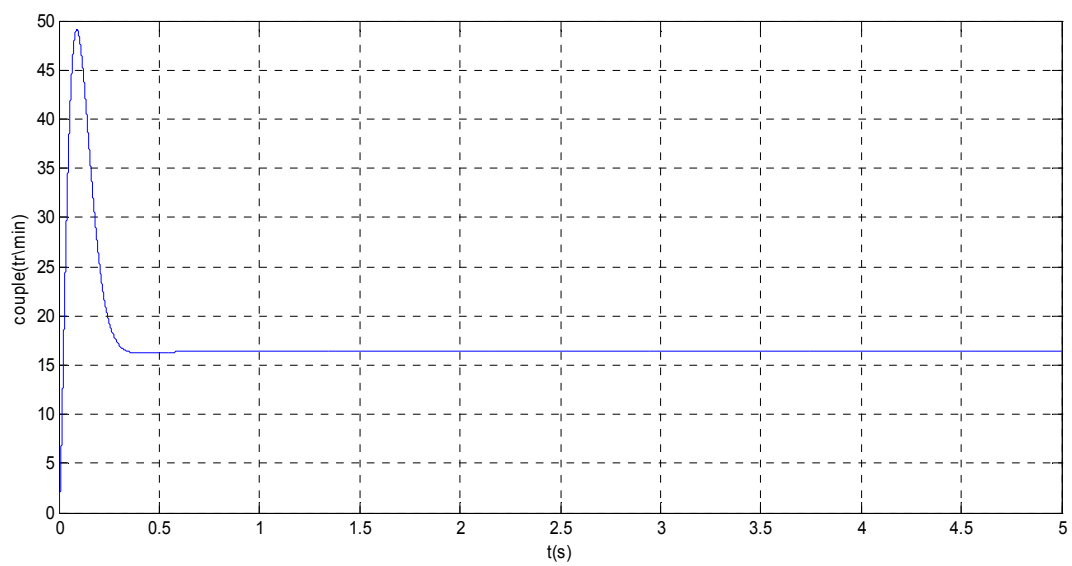
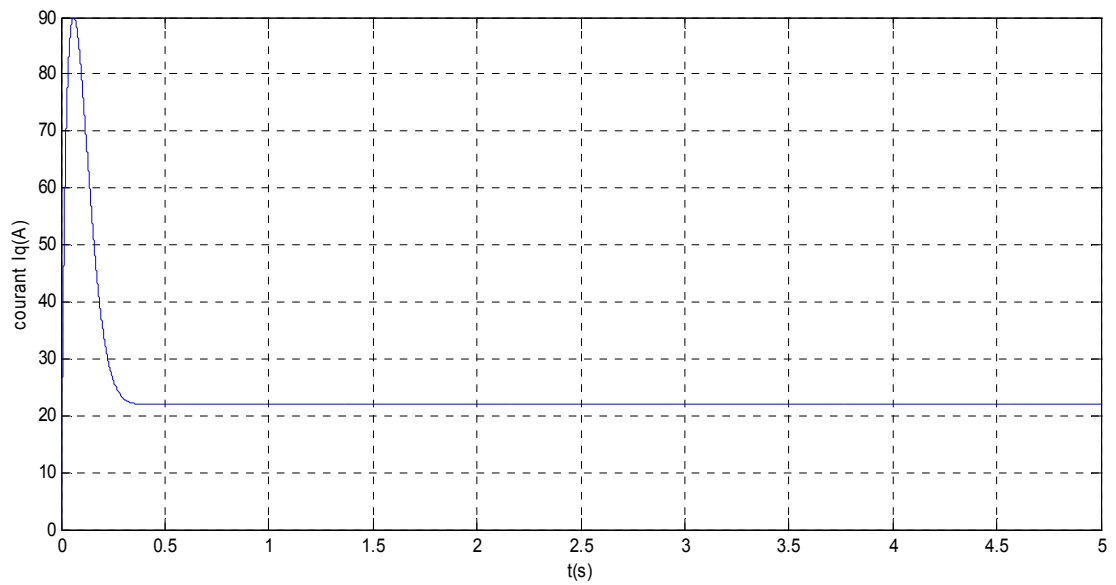
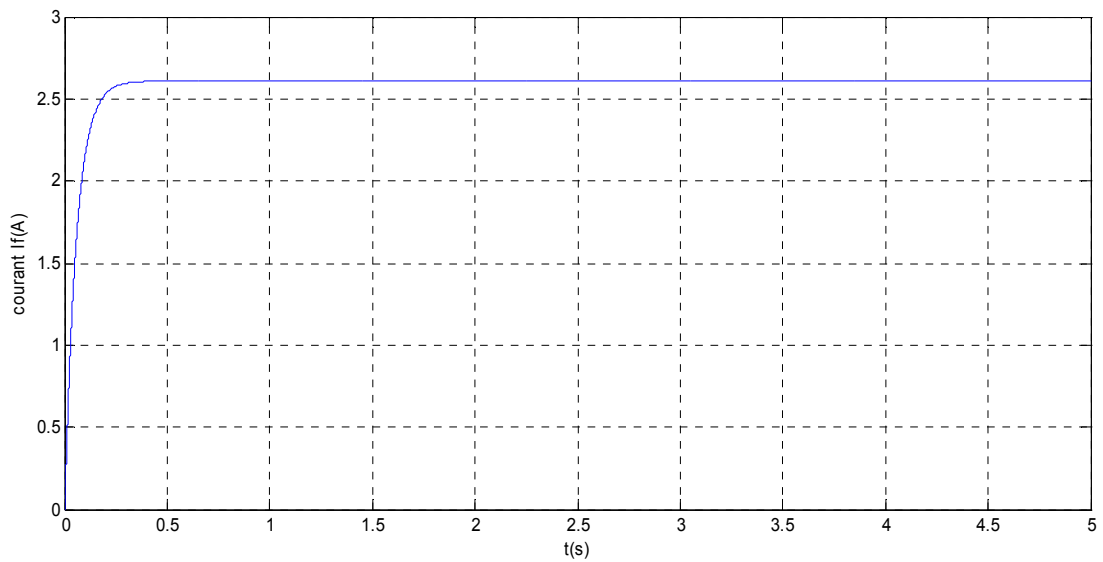


Fig.16: le couple en charge (N.m).

Fig.17: Le courant d'induit I_q (A) en charge.Fig.18: Le courant d'excitation I_f (A).

III. 2.2. Interprétation

- **À vide**

Les figures (11), (12), (13) et (14) montrent qu'il y a fort appel du courant pendant I_q puis il revient à zéro. Démarrage atteint jusqu'à $I_{\max} 90A$.

La forme du couple qui dépend du courant pendant le démarrage, sa valeur atteinte puis elle revient à zéro (couple à vide).

La vitesse angulaire augmente d'une façon presque linéaire puis se stabilise à ($\omega=314\text{rad/s}$) qui correspond à la vitesse de la marche à vide idéal.

- **En charge**

Les figures (15), (16), (17) et (18) mettent en évidence les conséquences d'un comportement d'un moteur entraînant une charge.

On peut remarquer sur la figure (17), une demande du courant d'induit atteint à $90A$.

En charge le courant supérieur au courant à vide ce qui réduirait la valeur ($U_a - R_a I_a$). Par contre la vitesse charge de valeur en régime permanent ($\omega=251\text{rad/s}$).

La valeur ($k.\Phi$) reste constante, ce qui explique la diminution de la vitesse en charge. Pour le couple électromagnétique il prend le même comportement que le courant.

III.2.3. Fonctionnement en génératrice:

- **En charge:**

En fonctionnement génératrice, l'énergie mécanique est transformée en énergie électrique. Régler la vitesse de rotation du rotor à ($\omega=314 \text{ rad/s}$) qui correspond à la vitesse nominal d'une génératrice et en série une charge indicative variable.

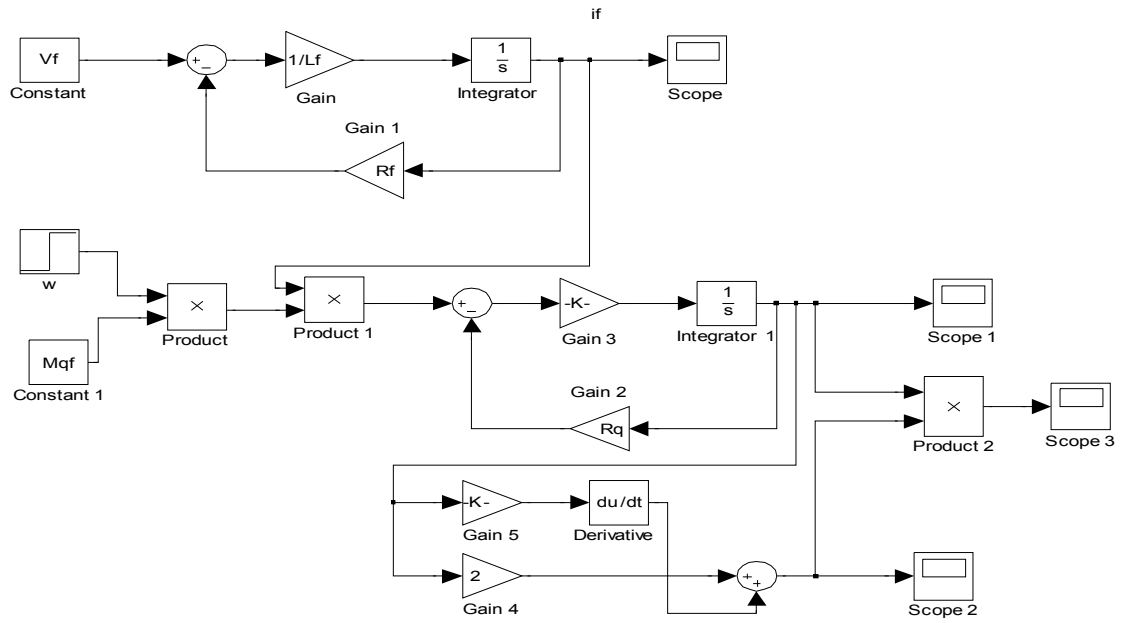


Fig.19: Schéma bloc génératrice à courant continu.

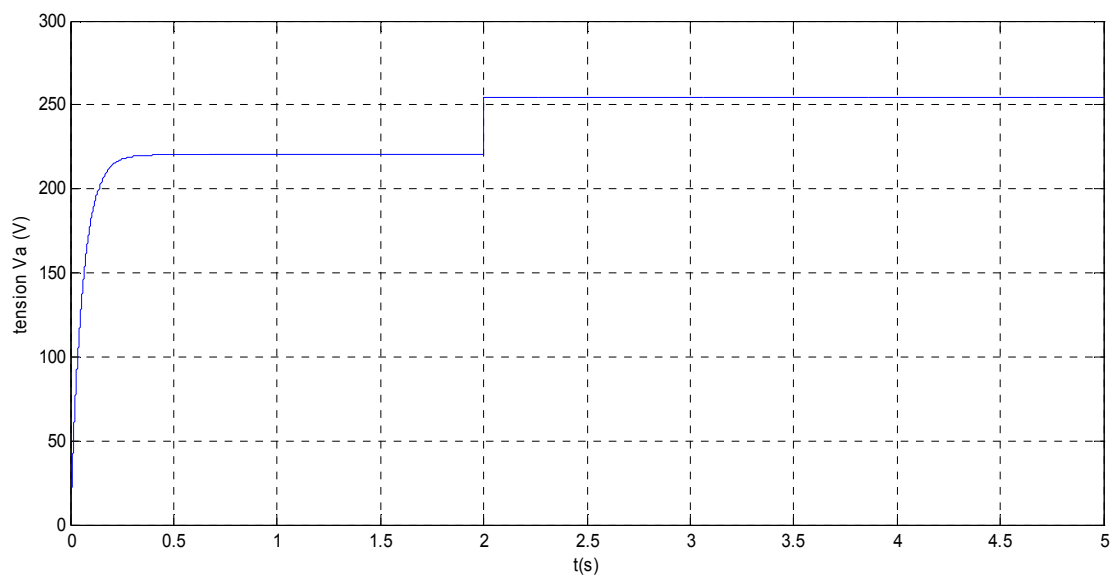


Fig.20: la tension $V_a(v)$.

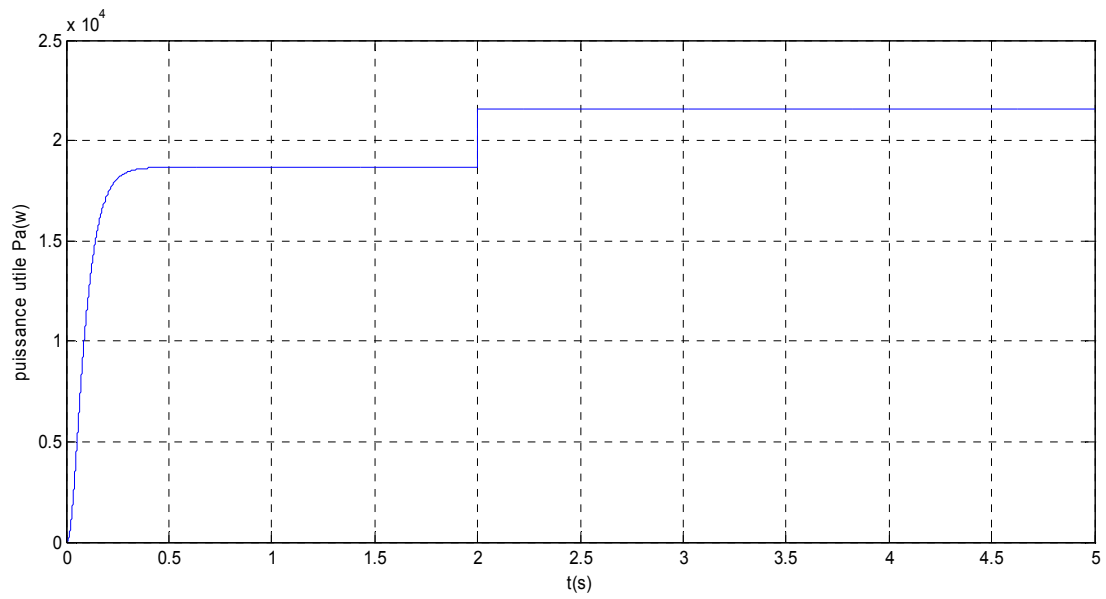
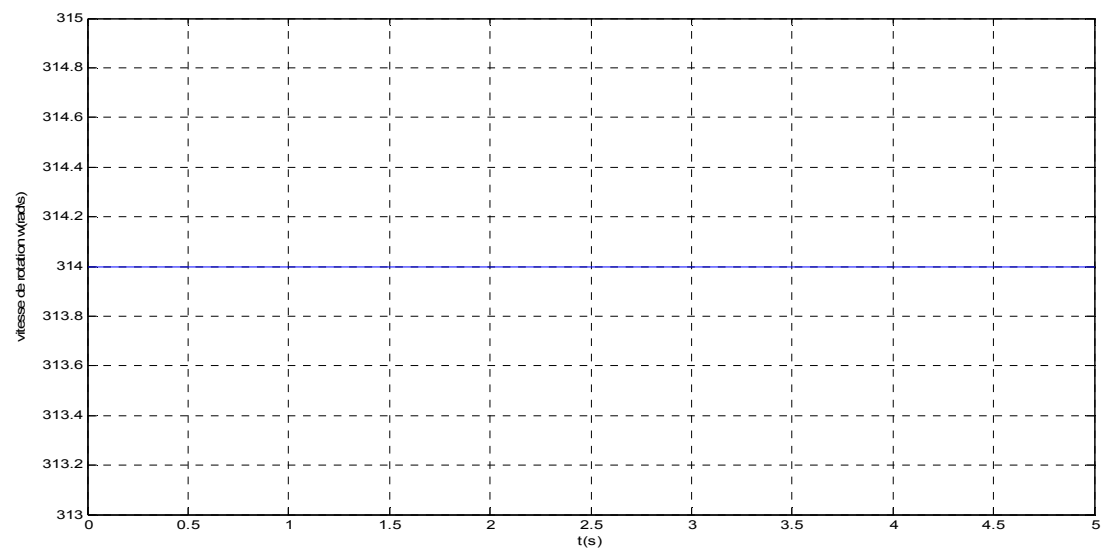
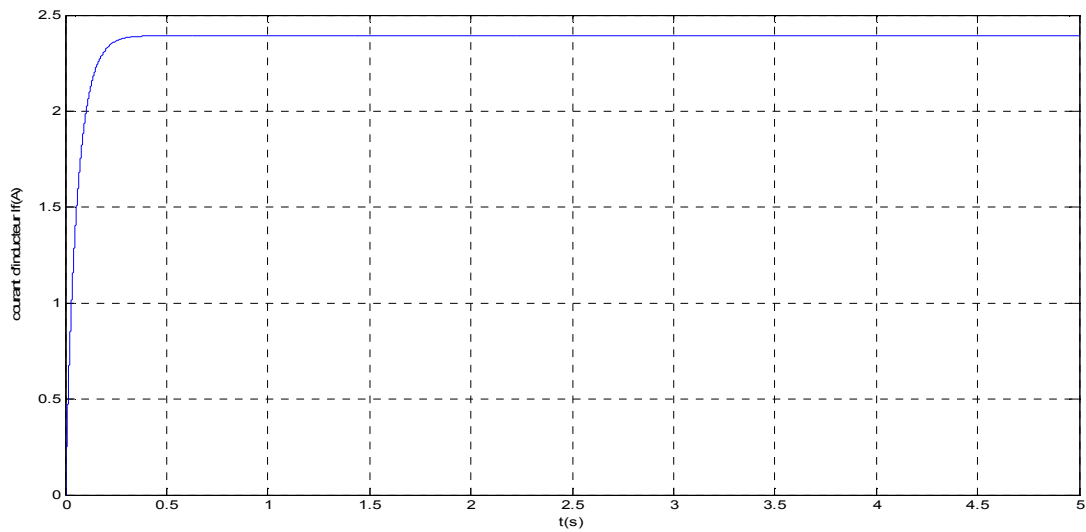
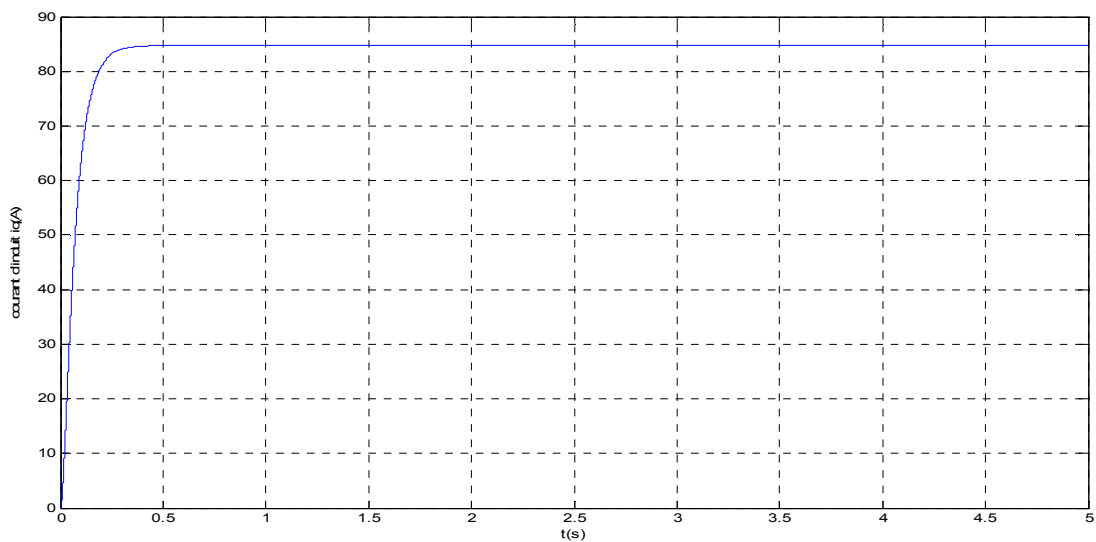


Fig.21: la puissance utile.

Fig.22. la vitesse de rotation w (rad/s)

Fig.23 le courant d'inducteur I_f (A)Fig.24 le courant d'induit I_q (A).

III.4.1. Interprétation

▪ En charge:

Les figures (21) à (25) mettent en évidence les conséquences d'un comportement d'une génératrice alimentée une charge inductive variable.

La charge inductive : $L=0.048\text{H}$, et en varié la résistance $2.6\ \Omega$ à 3Ω a l'instant 2s. La courbe de courant d'induit est croissante et se stabilise en régime permanent autour de 85A.

IV. CONCLUSION :

Dans ce chapitre, on a présenté la modélisation et simulation de fonctionnement de la machine à courant continu.

Les résultats obtenus dans nos simulations, nous montrons que des caractéristiques de fonctionnement en à vide et en charge qui en obtenues. Ce qui nous permet de dire que le modèle est assez fiable et suffisamment précis.

L'environnement virtuel qu'est *MATLAB/SIMULINK*, est un bon moyen d'étude du fonctionnement de MCC dans les conditions de fonctionnement voulues. En effet il nous permet de présenter une approche assez réaliste des phénomènes physiques et d'envisager plusieurs cas de fonctionnement du modèle.

Conclusion générale

Malgré la dispersion d'utilisation l'étude et d'utilisation des machines à courant alternative, l'étude et l'utilisation des machines à courant continu restent indispensable grâce à leur caractéristique unique.

L'environnement virtuel qu'est *MATLAB/SIMULINK*, est un bon moyen pour d'étude du fonctionnement des machines à courant continu dans les conditions de fonctionnement voulues. Cette mémoire est composée à deux chapitres qui sont résumés comme suit:

Le premier chapitre contient des généralités sur la machine à courant continu c'est-à-dire que ce chapitre traite la structure interne de la machine à courant continu, le principe de fonctionnement de ces machines, la conversion d'énergie électromécanique, leur classification selon différents type.

Le deuxième chapitre contient la modalisation et la simulation de la machine à courant continu. Nous avons présonates les équations électriques et mécaniques, les schémas blocs et les caractéristiques de la vitesse, de la couple utile et de la courant de charge on a choisis un type de Où il est, dans le cas du moteur, nous avons remarqué une baisse de la vitesse de rotation au départ contre une augmentation du couple de charge et une augmentation de I_q et la valeur de I_f est restée constante.

Comme pour le générateur a été étudiée dans le cas de la grosseur ont pris ses caractéristiques.

ANNEXE

Paramètre:

Valeurs nominales de tension:	220 V
R_q (Résistance d'induit)	2.52 Ω
R_f (Résistance d'inducteur)	92 Ω
P_u (puissance Utile)	22 KW
L_q (Inductance d'induit)	0.048 H
L_f (Inductance d'inducteur)	5.257 H
M_{qf} (Inductance mutuelle)	0.284 H
f (fortement)	0.00542 I.S
J (Inertie de rotor)	0.017 kg.m ²

Bibliographie

- [1] BENNOUDJIT.A. « Introduction aux machines électriques à courant continu 1 », Presses de l'université de BATNA, Octobre 1995.
- [2] BEN AMOR A et BOUGHAZALA MOHAMMED M. « commande linéaire d'un moteur à courant continu à flux constant (synthèse et régulateurs) », Centre Universitaire d'EL-OUED, promotion 2008.
- [3] ZELACI Saida et MANANE Hamida « Etude des caractéristiques du moteur à courant continu (à excitation séparée et shunt) », Centre Universitaire d'EL-OUED, promotion 2009.
- [4] BROWN Mark et RAWATNI Jawaher, PATIL Dinesh « Maintenance électrotechnique », DUNOD, Toulouse, France, Juillet 2006.
- [5] WILDI th et SYBILLE , « Ecole de technologie supérieur », paris, juin 2005.
- [6] « CONVERSION ÉLECTROMÉCANIQUE » Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion (chapitre 02).
<http://www.electrotechnique-fr.com>
- [7] Dr.Ing. Adama Fanhirii SANGARE, Ph.D in Electrical Engineering and Automation
<http://www.techno-science.net>
- [8] C. Naudet et M. Pinard « Machines électriques et électronique de puissance », DUNOD,
- [9] Machine à courant continu Philippe LE BRUN Lycée Louis ARMAND Janvier 2000.
- [10] extraits du « guide des aimants » publié par la société ARELEC paru dans les revues 2006.
- [11] La machine à courant continu Equipement électrique, Bruno FRANÇOIS 2003.