

Chapitre 3

Machine à courant continu

1-Constitution

La machine à courant continu est constituée de trois parties principales :

- l'inducteur
- l'induit
- le dispositif collecteur / balais

1-1- L'inducteur (ou circuit d'excitation)

C'est un aimant ou un électroaimant (bobinage parcouru par un courant continu i). Il est situé sur la partie fixe de la machine (le stator) : Il sert à créer un champ magnétique (champ "inducteur") dans le rotor.(v.fig1)

1-2- L'induit (circuit de puissance)

L'induit est situé au rotor (partie tournante de la machine) : C'est un bobinage parcouru par un courant continu I (courant d'induit) .(v.fig1)

1-3- Le collecteur et les balais

Le collecteur est un ensemble de lames de cuivre où sont reliées les extrémités du bobinage de l'induit. Les balais (ou charbons) sont situés au stator et frottent sur le collecteur en rotation. Le dispositif collecteur / balais permet donc de faire circuler un courant dans l'induit.

2-Principe de fonctionnement

- Fonctionnement en moteur

Conversion d'énergie électrique en énergie mécanique : .(v.fig2)

- Fonctionnement en génératrice (dynamo)

Conversion d'énergie mécanique en énergie électrique : (v.fig3)

2-1- Fonctionnement en moteur

Soit une spire du bobinage d'induit(v.fig4) (v.fig5)

champ magnétique inducteur B + courant d'induit $I \Rightarrow$ forces électromagnétiques (forces de Laplace) \Rightarrow couple électromagnétique \Rightarrow rotation du rotor

2-2- Fonctionnement en génératrice

Le principe physique utilisé est le phénomène d'induction électromagnétique (v.fig6) (v.fig7)

loi de Faraday : $e = -d \Phi / dt$

champ inducteur + rotation de la spire \Rightarrow variation du flux magnétique \Rightarrow création d'une fem induite (e) alternative Le collecteur permet d'obtenir une fem de forme continue.

3.Schéma électrique équivalent

Les matériaux ferromagnétiques de la machine sont supposés linéaires (pas de saturation).

3-1- Expression de la fem induite

Loi de Faraday : $E = k \Phi \Omega$

E : fem induite (tension continue en V)

Φ : flux magnétique crée sous un pôle par l'inducteur (cf. fig. 1)

Ω : vitesse de rotation (en rad/s)

k : constante qui dépend de la machine considérée

- **Remarque :**

La machine à courant continu est réversible : elle fonctionne aussi bien en moteur qu'en génératrice.

3-2- Expression du couple électromagnétique

$$\text{Loi de Laplace : } T_{em} = k' \Phi I$$

T_{em} : couple électromagnétique (en Nm)

I : courant d'induit (en A)

k' : constante qui dépend de la machine

3-3- Conversion de puissance

La puissance électromagnétique P_{em} mise en jeu a deux formes :

- électrique $P_{em} = E I$
- mécanique $P_{em} = T_{em} \Omega$

Il vient : $E I = T_{em} \Omega$

$$(k \Omega \Phi) I = (k' \Phi I) \Omega$$

$$k = k'$$

En résumé : $E = k \Phi \Omega$

$$T_{em} = k \Phi I$$

3-4- Flux magnétique crée sous un pôle (v.fig1)

$$B \propto i$$

$$\Phi \propto B \text{ (par définition)}$$

⇒ le flux est proportionnel au courant d'excitation : $\Phi \propto i$

• La fem est donc proportionnelle :

- au courant d'excitation
- à la vitesse de rotation

$$E \propto i \Omega$$

- Le couple électromagnétique est proportionnel :
 - au courant d'excitation
 - au courant d'induit

$$T_{em} \propto i I$$

3-5- Schéma équivalent de l'induit

On utilise un modèle de Thévenin : (v.fig8)

E : fem induite (en V)

U : tension d'induit (en V)

R : résistance d'induit (en Ω) (résistance du bobinage de l'induit)

I : courant d'induit (en A)

Loi des branches :

$$\mathbf{U = E + RI} \text{ (en convention récepteur)}$$

Fonctionnement :

- en moteur : $I > 0$ $P_e = UI > 0$ $E < U$
- en génératrice : $I < 0$ $P_e = UI < 0$ $U < E$

4- Les différents types de machines à courant continu

- **Machine à excitation indépendante**(v.fig9)
- **Machine à aimants permanents**(v.fig10)
- **Machine shunt (excitation en dérivation)** (v.fig11)
- **Machine à excitation en série** (v.fig12)
- **Machine compound (excitation composée)**(v.fig13)

5- Moteur à excitation indépendante

On s'intéresse à la machine à excitation indépendante en fonctionnement moteur : (v.fig14)

- **Schéma électrique équivalent**(v.fig15)

Induit : $U = E + RI$

Excitation : $u = r i$ (r : résistance du bobinage de l'excitation)

En pratique : $r \gg R$

En charge : $I \gg i$

- Vitesse de rotation

$$E = k \Phi \Omega$$

d'où : $\Omega = U - RI / k \Phi$

- **Caractéristique $\Omega(i)$ à U constante**(v.fig16)

Charge augmente courant d'induit I augmente

En pratique : $RI \ll U$

$$\Omega \approx U / k \Phi$$

$\Phi \propto i$ et $\Omega \propto 1/i$

Si on coupe accidentellement le courant d'excitation ($i = 0$), la vitesse augmente très rapidement : le moteur s'emballe !

- **Caractéristique $\Omega(I)$ en charge à U constante et i constant (Φ constant)**

Charge augmente courant d'induit augmente et vitesse de rotation diminue. (v.fig17)

$$\Omega = U - RI / k \Phi$$

La vitesse de rotation varie peu avec la charge

- **Bilan de puissance**(v.fig19)

- **Rendement**

$$\eta = P_{\text{utile}} / P_{\text{absorbée}}$$

$$\eta = (P_{\text{absorbée}} - \sum \text{Pertes}) / P_{\text{absorbée}}$$

$$\eta = (P_{\text{utile}}) / (P_{\text{utile}} + \sum \text{Pertes})$$

Fig. 1

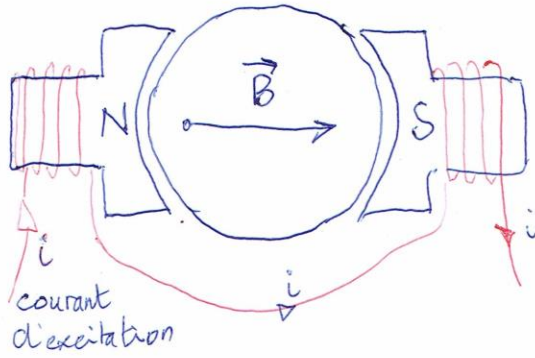


Fig. 2

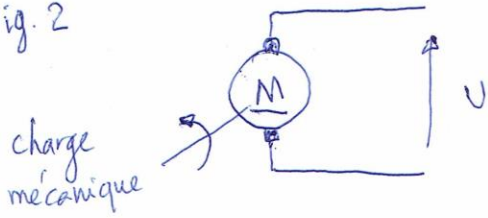


Fig. 3

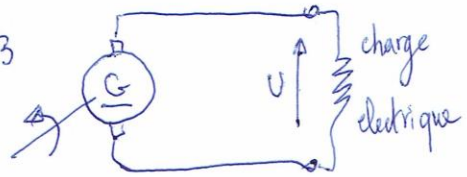


Fig. 4

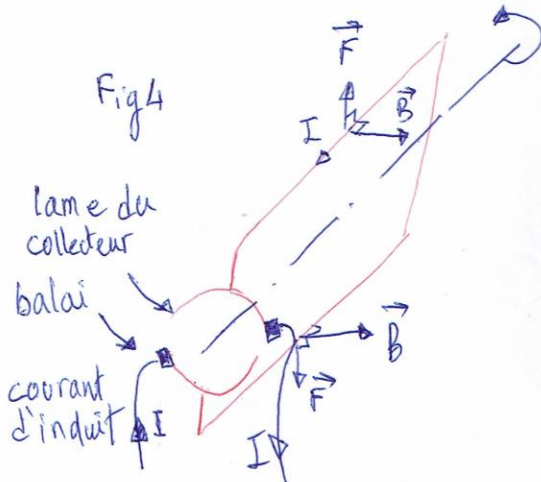
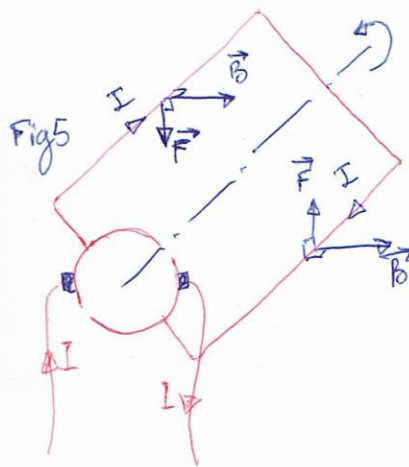


Fig. 5



I

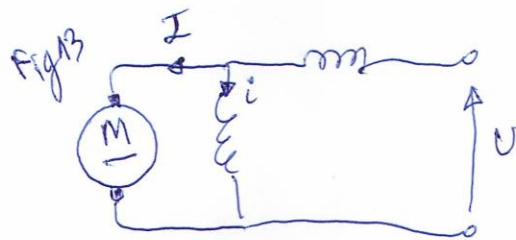
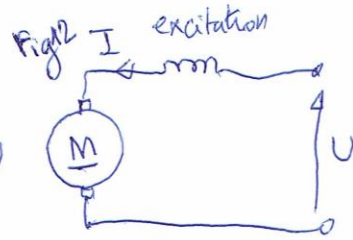
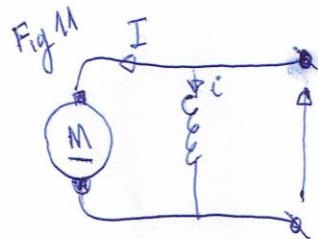
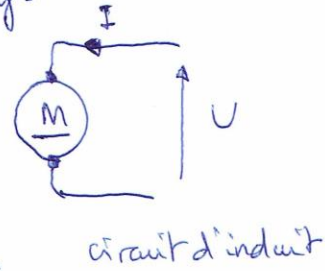
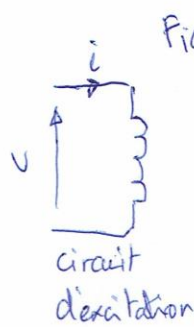
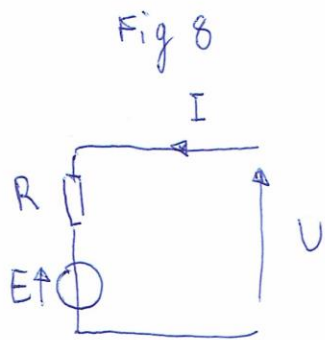
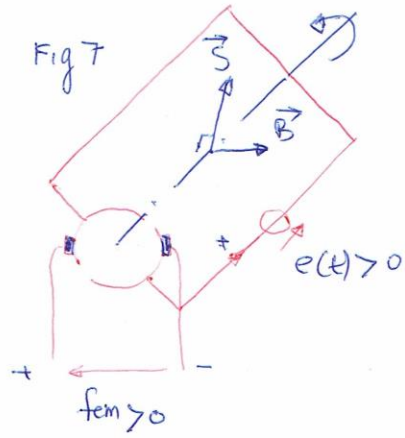
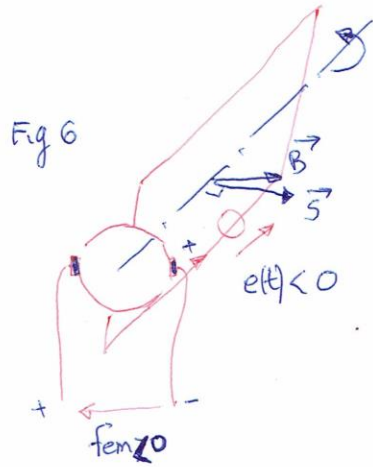
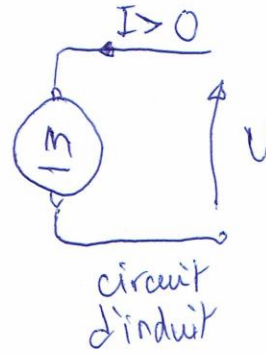
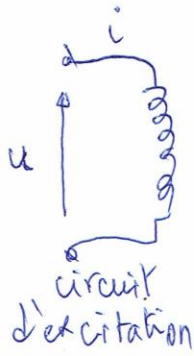


Fig 14

source de tension continue



source de tension continue

Fig 15

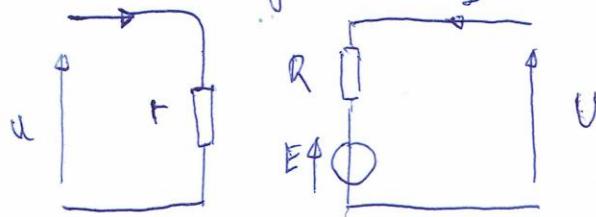


Fig 16

