

Machines à courant continu

I. Présentation de la machine

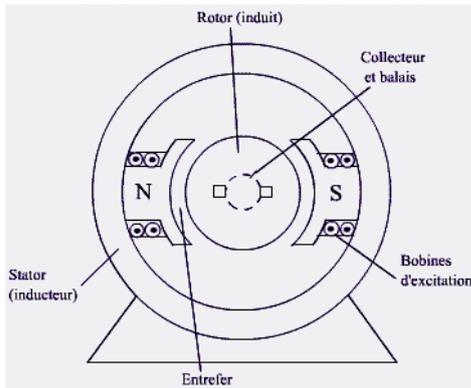
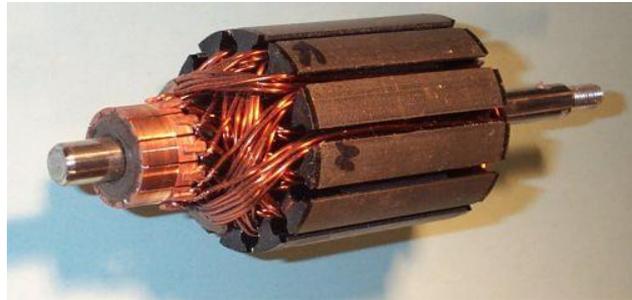
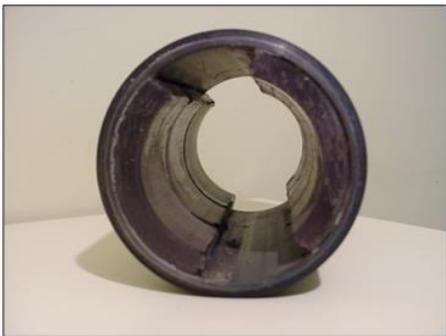


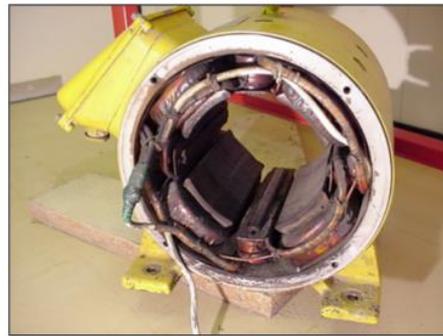
Schéma de principe



Rotor et collecteur

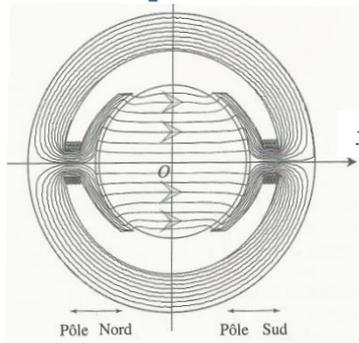


Stator à (deux) aimants permanents

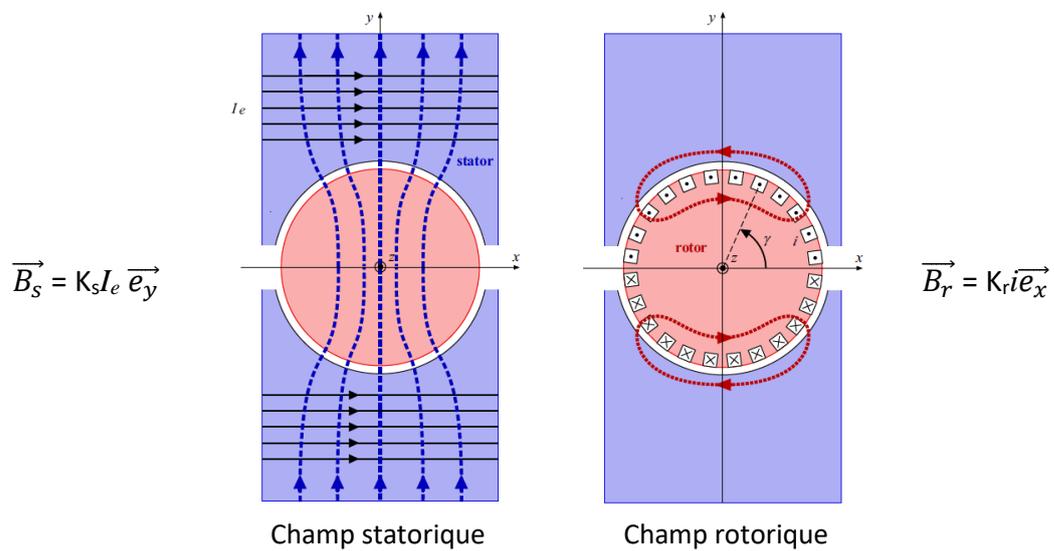


Enroulements statoriques quadrupolaires

II. Champs statorique et rotorique



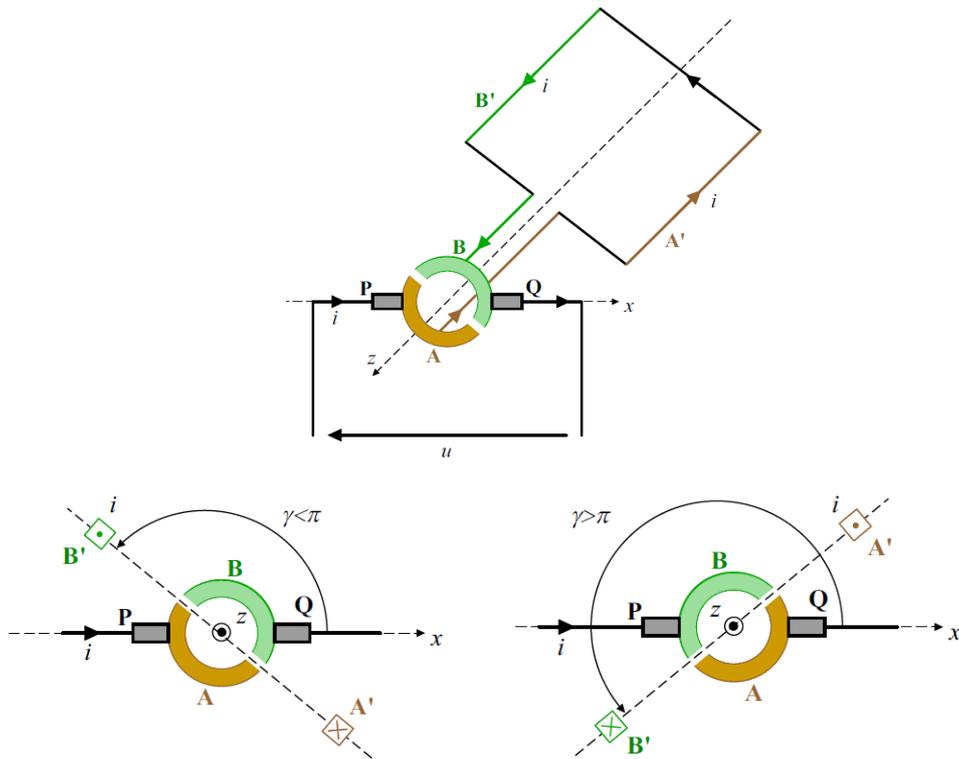
Simulation des lignes du champ statorique



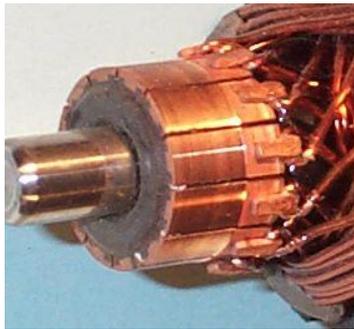
Champ statorique

Champ rotorique

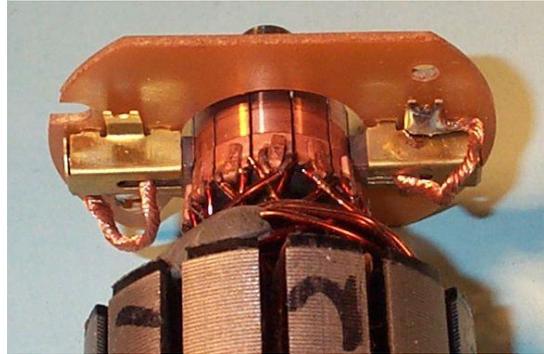
III. Balais et Collecteur



Schémas du principe du système balais-collecteur : Réalisation d'un onduleur mécanique



Collecteur



Balais fixés sur le collecteur

IV. Caractéristiques du fonctionnement

A. Couple

Comme nous l'avons vu au chapitre précédent : $\Gamma = \frac{V}{2\mu_0} B_{s,m} B_{r,m} \sin(\alpha)$, avec $\alpha = \frac{\pi}{2}$ et $B_{r,m}$ proportionnel à i dans l'induit, d'où :

$$\Gamma = \Phi_0 i$$

La constante positive Φ_0 est fonction de l'intensité de l'inducteur I_e :

- A I_e faible, Φ_0 est fonction linéaire de I_e (fer doux, zone linéaire)
- A I_e élevé, Φ_0 est pratiquement constant (saturation du milieu ferromagnétique)

B. Force électromotrice

On réalise un bilan énergétique pour l'induit en régime permanent :

$$P_{fem}^{absorbée} = -ei = P_{méca}^{fournie} = \Gamma\Omega = \phi_0\Omega i$$

Soit : $e = -\Phi_0\Omega$, ou en utilisant une force contre-électromotrice :

$$e' = \Phi_0\Omega$$

On remarque le couplage électromécanique mis en évidence dans ces deux relations :

Γ est une grandeur mécanique fonction de i courant d'induit et e' une grandeur électrique fonction de Ω vitesse de rotation du moteur.

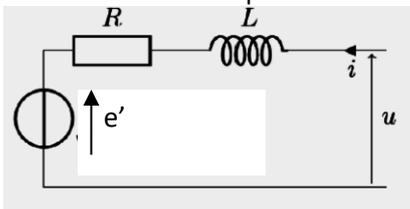
C. Réversibilité

- Fonctionnement moteur :

Supposons que la machine fonctionne en moteur avec une vitesse de rotation positive : $\Omega > 0$.

Alors :

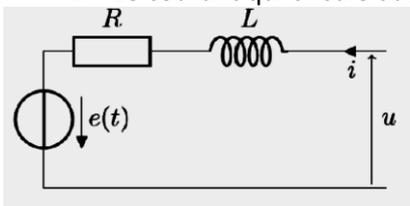
- ✚ $e' > 0$ est une force contre-électromotrice s'opposant au passage du courant dans l'induit,
- ✚ Γ est un couple moteur, donc $\Gamma > 0$ et $i > 0$
- ✚ La puissance mécanique est $\Gamma\Omega > 0$
- ✚ Le courant qui circule dans l'induit et la tension à ses bornes vérifient $ui > 0$, et donc $u > 0$.



- Fonctionnement en génératrice :

Si la machine fonctionne en génératrice avec $\Omega > 0$, alors :

- ✚ $e < 0$ est une force électromotrice produisant du courant dans l'induit,
- ✚ Γ est un couple résistant, donc $\Gamma < 0$ et $i < 0$
- ✚ Il faut imposer un couple extérieur $\Gamma_{\text{opérateur}}$. La puissance mécanique est $\Gamma_{\text{opérateur}}\Omega > 0$.
- ✚ Le courant qui circule dans l'induit et la tension à ses bornes vérifient $ui < 0$, et donc $u > 0$.



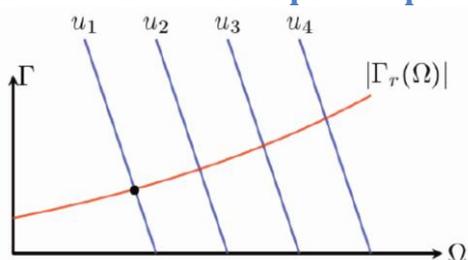
V. MCC en fonctionnement moteur

A. Equations électrique et mécanique

$$U = L \frac{di}{dt} + Ri + e' = L \frac{di}{dt} + Ri + \Phi_0 \Omega$$

$$J \frac{d\Omega}{dt} = \Gamma + \Gamma_r(\Omega) = \Phi_0 i - |\Gamma_r(\Omega)|$$

B. Caractéristique couple-vitesse à U constant



Couple au démarrage :

$$\Gamma(\Omega = 0) = \frac{\Phi_0 U}{R}$$

C. Etude du moteur à vide

$\Gamma_r = \Gamma_{\text{charge}} + \Gamma_{\text{frottements}} = 0$.

En négligeant l'inductance d'induit : $U = Ri + \Phi_0 \Omega$; $J \frac{d\Omega}{dt} = \Phi_0 i$

D. Rendement du moteur

$$ui = Ri^2 + \Gamma\Omega \quad u_e I_e = R_e I_e^2 \quad \Gamma\Omega = \Gamma_u \Omega + P_{\text{fer}}^{\text{perte}} + P_{\text{méca}}^{\text{perte}}$$

$$\eta = \frac{\Gamma_u \Omega}{ui + U_e I_e} = 1 - \frac{P_{\text{cuivre}}^{\text{perte}} + P_{\text{fer}}^{\text{perte}} + P_{\text{méca}}^{\text{perte}}}{ui + U_e I_e}$$