

CHAPITRE OS16

Circuit mobile dans un champ magnétique stationnaire

➤ Définition:

Transducteur / convertisseur électromécanique
énergie méca \Rightarrow énergie élec : **générateur élec**
énergie élec \Rightarrow énergie méca : **moteur élec**

➤ OS13 : **élec \Rightarrow méca : MOTEUR**
(Rail de Laplace, spire en rotation)

➤ Problématique

OS15 : Circuit fixe + B variable :

énergie méca \Rightarrow énergie élec : **GÉNÉRATEUR**

(alternateur synchrone)

OS16 : Circuit mobile + B stat.

➤ Questions :

Bilan de puissance pr l'alternateur ?

Comment interviennent la puissance de la force de Laplace et celle de la fem induite ?

➤ Principes physiques et bilans de puissance de générateurs électriques (géométries simplifiées)

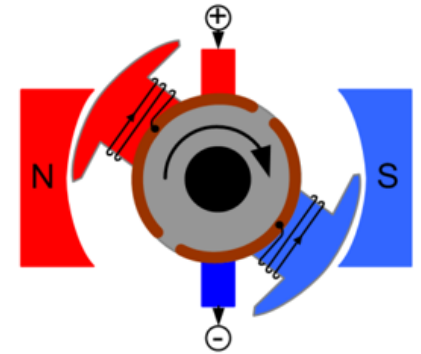


FIGURE 1 : Alternateur
(machine à courant continu)

1 Conversion de puissance mécanique en puissance électrique : générateur électrique

1.1 Rails de Laplace

➤ Dispositif des rails de Laplace générateurs

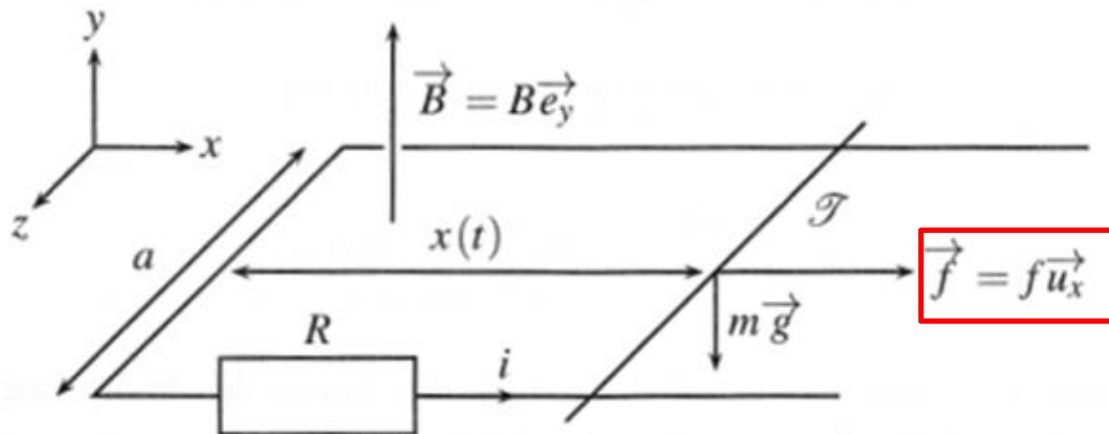


FIGURE 2 : Rails de Laplace en générateur

Tige conductrice T tirée par un opérateur avec
une **force constante**

1.1 Rails de Laplace

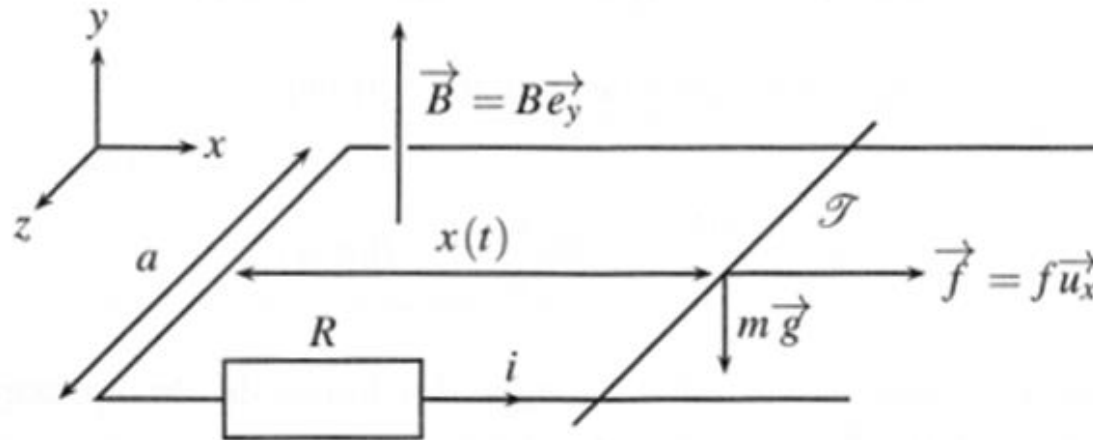


FIGURE 2 : Rails de Laplace en générateur

- Équation électrique
- Équation mécanique
- Couplage électromécanique
- Découplage des équations

M



1.1 Rails de Laplace

➤ Interprétation du phénomène physique

❖ Si $B = 0$, équation du mouvement :

Vitesse de la barre :

$$v(t) = \frac{f}{m} t$$

$$f = m \frac{dv(t)}{dt}$$

Droite : $v(t)$ tend vers l'infini

❖ Si $B \neq 0$ force de Laplace F_L

F_L résistante, manifestation de la loi de Lenz

❖ **En régime permanent: vitesse finie**

$$v = v_{\text{lim}} = \frac{Rf}{a^2 B^2}$$

F_L compense exactement celle de l'opérateur

❖ Si B change de signe ?

1.1 Rails de Laplace

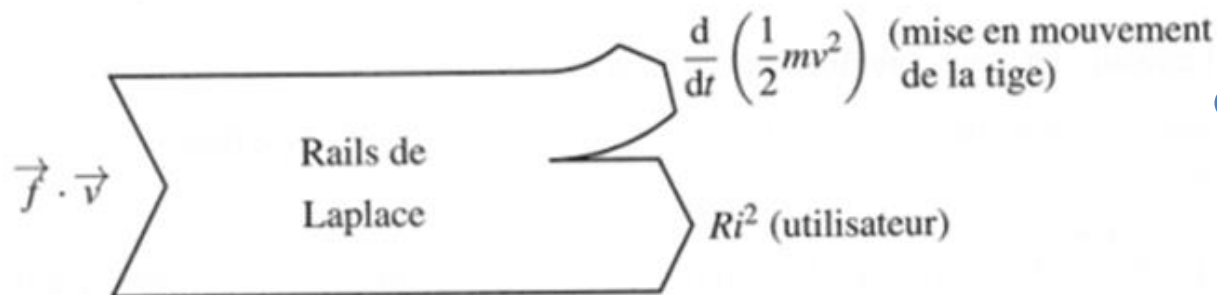
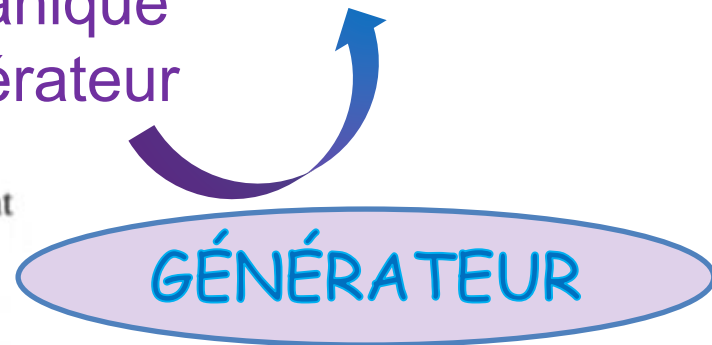
➤ Bilan de puissance terme de couplage

$$\begin{cases} EE \cdot i \\ EM \cdot v \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} Ri^2 = -aBiv \\ fv + aBiv = mv \frac{dv(t)}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} mv^2 \right) \end{cases}$$

$$fv = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} mv^2 \right) + Ri^2 \Leftrightarrow \mathcal{P}_{méca} = \frac{d\mathcal{E}_C}{dt} + \mathcal{P}_J$$

Puissance électrique utile

Puissance mécanique
fournie par l'opérateur



1.1 Rails de Laplace

➤ Principe de la conversion électromécanique

En régime permanent, v et i : constants

$$\mathcal{P}_{méca} = \mathcal{P}_J$$

Toute la puissance mécanique \Rightarrow puissance électrique

➤ Que représente le terme de couplage $-aBiv$?

❖ Puissance de la fem induite : $\mathcal{P}_{fem} = ei = -aBiv$

❖ Opposé de la puissance de la force de Laplace :

$$\mathcal{P}_L = \vec{F}_L \cdot \vec{v} = +aBiv$$

➤ Propriété :

$$\mathcal{P}_L + \mathcal{P}_{fem} = 0$$



Couplage électromécanique

1.2 Spire rectangulaire en rotation

➤ Présentation du dispositif

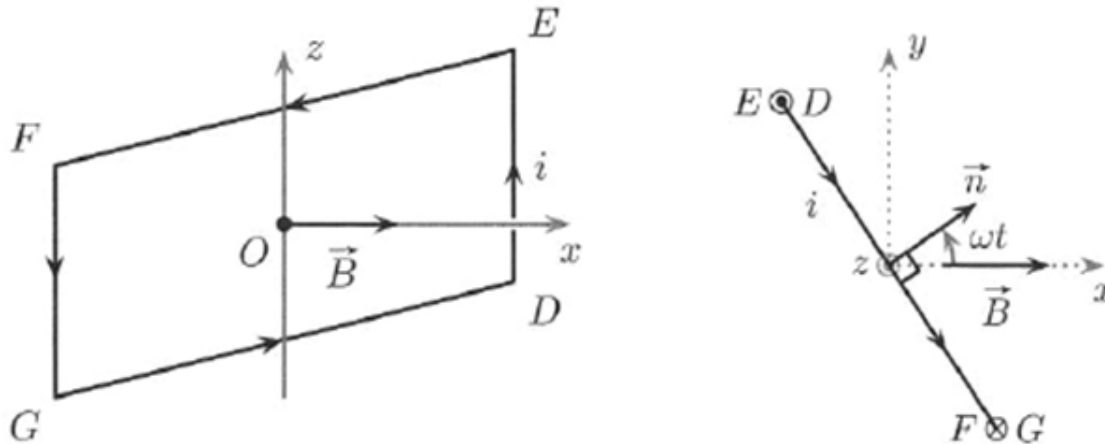


FIGURE 3 : Spire rectangulaire en rotation

Le cadre tourne à la **vitesse angulaire ω constante**
autour de l'axe (Oz)

➤ Équation électrique

➤ Équation mécanique



1.2 Spire rectangulaire en rotation

➤ Bilan de puissance



$$\begin{cases} EE \cdot i \\ EM \cdot \omega \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} ei = Ri^2 \\ \Gamma\omega + \Gamma_{L,z}\omega = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{B^2 S^2 \omega^2}{R} \sin^2(\omega t) = Ri^2 \\ \Gamma\omega - \frac{B^2 S^2 \omega^2}{R} \sin^2(\omega t) = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \mathcal{P}_{fem} = \mathcal{P}_J \\ \mathcal{P}_{meca} + \mathcal{P}_L = 0 \end{cases}$$

$$\mathcal{P}_L + \mathcal{P}_{fem} = 0$$

Bilan complet

$$\Gamma\omega = Ri^2 \Leftrightarrow \mathcal{P}_{fournie} = \mathcal{P}_{utile}$$

GÉNÉRATEUR

© Vidéo 1 : YouTube / Chaîne Éditions Larousse / Vidéos / Générateur de courant alternatif (1'05s)

<https://www.youtube.com/watch?v=mGrGT3JRXT0>

1.2 Spire rectangulaire en rotation

➤ Retour à la problématique

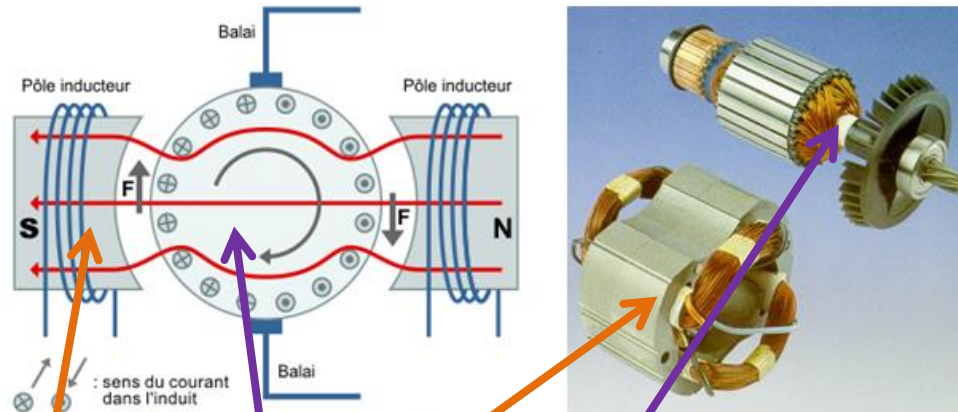


FIGURE 4 : Machine à courant continu

Spire en rotation + champ magnétique constant
= **alternateur rudimentaire** \Rightarrow tension sinusoïdale

Excitatrice :

❖ **Inducteur** = circuit **fixe**, stator

❖ **Induit mobile** = rotor

© Vidéo 2 : YouTube / Chaîne Éditions Larousse / Vidéos / Générateur de courant continu (0'42s)

<https://www.youtube.com/watch?v=Vbj8iELvDnQ>

Machine à courant continu

2 Freinage par induction

2.1 Conséquence de la loi de Lenz

➤ Rails de Laplace

Force de Laplace en R.P. :

$$\overrightarrow{F}_L = -\frac{a^2 B^2}{R} \overrightarrow{v}$$

force de freinage

➤ Spire rectangulaire en rotation

Couple de Laplace :

couple de freinage

$$\Gamma_{L,z} = -\frac{B^2 S^2 \omega}{R} \sin^2(\omega t)$$

➤ Propriété :

Remarque :

➤ Application : freinage électromagnétique

2.2 Courants de Foucault

Conducteur en mvt \neq filiforme = bloc métallique

C^t s induits répartis ds tt le volume: ct^s de Foucault

(« eddy currents », courants tourbillons)

\Rightarrow Action de freinage

👁 Vidéo 3 : YouTube / Chaîne Unisciel / Vidéos / Un frein magnétique (1'49s)

<https://www.youtube.com/watch?v=1ewhzD2mo8A>

👁 Vidéo 4 : YouTube / Chaîne Phydéo ULG / Vidéos / Courant de Foucault (freinage)
(2'21s)

https://www.youtube.com/watch?v=9_rbI-5RnnU