

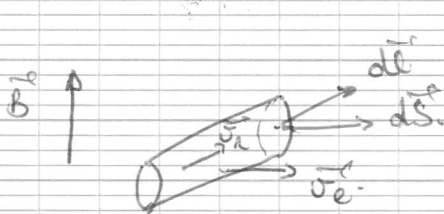
LP 19: Conversion de puissance  
électronique.

Niveau L2.

- Prérequis:
- induction, force de Laplace
  - Milieux magnétiques.
  - Mécanique du solide.

I. Principes généraux de la conversion de puissance électronique.

1) Bilan de puissance de la force de Lorentz.



$$d\mathcal{E} = d\vec{S} \cdot d\vec{l}$$

$$d\vec{F}_x = u dz q (\vec{v}_e + \vec{v}_n) \wedge \vec{B}$$

$$d\mathcal{P}_x = d\vec{F}_x (\vec{v}_e + \vec{v}_n) = 0$$

$$d\mathcal{P}_x = u dz q (\underbrace{\vec{v}_e \wedge \vec{B}}_{\vec{e} \wedge \vec{B}}) \cdot \vec{v}_n + u q dz (\vec{v}_n \wedge \vec{B}) \cdot \vec{v}_e$$

$$u q \vec{v}_n = d\vec{j} \quad u q \vec{v}_n d\mathcal{E} = \vec{j} \cdot (d\vec{S} \cdot d\vec{l})$$

$$= d\mathcal{E} (\vec{j} \cdot d\vec{S})$$

$$= i d\mathcal{E}$$

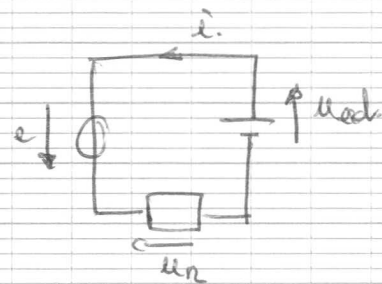
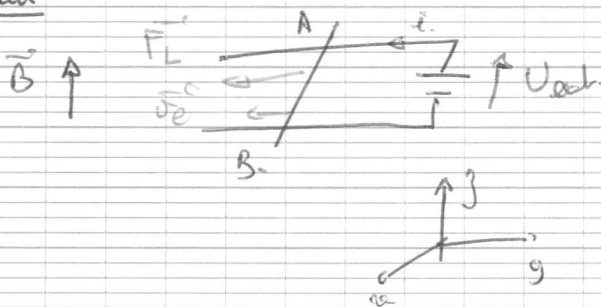
$$d\mathcal{P}_x = \frac{i d\mathcal{E} \cdot \vec{e} \wedge \vec{B}}{de} + \frac{(i d\mathcal{E} \wedge \vec{B}) \cdot \vec{v}_e}{d\vec{F}_L}$$

$$= d\mathcal{P}_e + d\mathcal{P}_L = 0$$

$\mathcal{P}_e + \mathcal{P}_L = 0$

2) Modes de fonctionnement et rendements.

2) Mode:





Bilan

Moteur

$$P_L > 0$$

$$P_e < 0$$

Générateur

$$P_L < 0$$

$$P_e > 0$$

Caractère inversible des transducteurs électromécaniques.  
inversible et pas réversible en raison des pertes.  
*appareil qui égalise la conversion de puissance*

## II. Machine à courant continu (MCC)

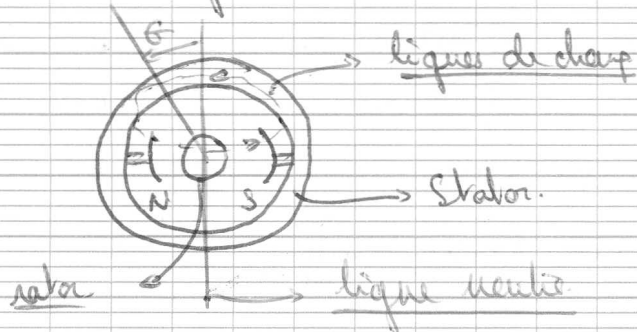
### 1) Structure de la MCC

Partie mobile : rotor

inducteur

Partie fixe : stator

induit

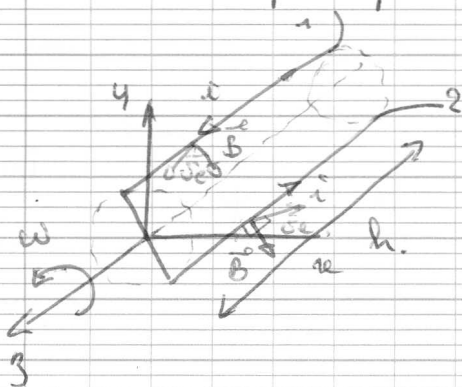


$$\theta \in [0; \pi] \quad \vec{B} = -B_0 \vec{e}_\theta$$

$$\theta \in (\pi; 2\pi] \quad \vec{B} = B_0 \vec{e}_\theta$$

### 2) Cas d'une spire

Même principe que pour le rail de Laplace.



$$e = 2h v_e B$$

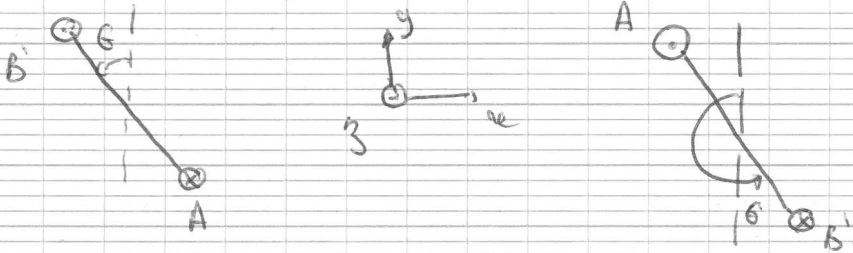
$$v_e = R\omega$$

$$e = \phi_0 \omega$$

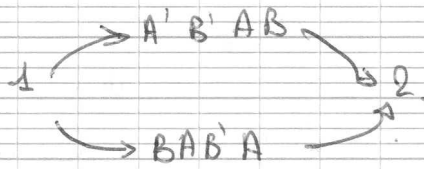
- $P_e > 0$
- $P_L < 0$
- $P_L = T \omega$

## Générateur

### Commutateur:



$\mathcal{R} \in [0; \pi]$



$\mathcal{R} \in [\pi; 2\pi]$

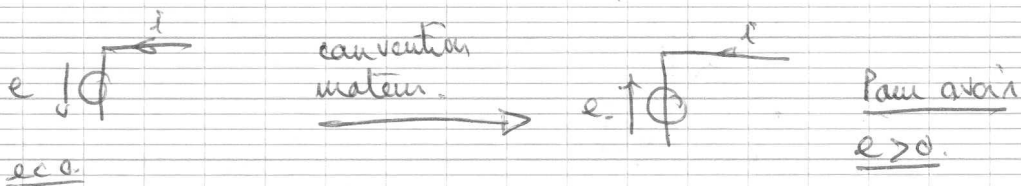
- Nécessité de la commutation pour avoir un courant continu.
- Collecteur solidaire avec les conducteurs vient se porter sur des balais MCC en mode génératrice.

### Générateur tachymétrique

$e = \phi \omega$   $e$  image de la pulsation  $\omega$ .  
(à vide pour éviter force de Laplace résistive).

### Les moteurs

- $T < 0$   $\omega < 0$
- $e < 0$



On inverse les axes.  $\rightarrow T > 0$   $\omega > 0$   
 $e > 0$   $i > 0$

$$e = \dot{\phi}_0 \omega. \quad \rightarrow P_L = P_e$$

$$P_w = \dot{\phi}_0 \omega i \quad \Rightarrow \boxed{P = \dot{\phi}_0 i.}$$

### 3). Machine réelle.

On multiplie les spires  $\rightarrow$  en série : voir d'ensauvent.

Plus spire répartie de façon homogène  $\rightarrow$  pour réduire les discontinuités due à la commutation.

#### Pertes

- commutation. (stimule aussi à l'origine de la détermination des lacs de h)
  - pertes joules (pertes cuivre)
  - pertes fer.
    - hysteresis
    - Courant de Foucault.
  - pertes mécaniques.
- ↓  
pas dérangés de la HCC.

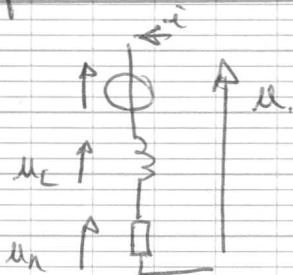
$$\boxed{\eta = 80 - 95\%} \quad \text{très bon rendement.}$$

même si on multiplie le nb de spires

$$\left\{ \begin{array}{l} e = \dot{\phi}_0 \omega. \\ P = \dot{\phi}_0 i. \end{array} \right.$$

Equation du moteur.

électrique.



$$u = \dot{\phi}_0 \omega + \frac{L di}{dt} + R i$$

$L \approx \mu_0 ?$

équation mécanique.

$$\boxed{J \frac{d\omega}{dt} = \dot{\phi}_0 i - P_m.}$$



## Système d'équations couplées

$$\begin{cases} u(x) = Ri + \phi_0 \omega \\ S \frac{d\omega}{dt} = \phi_0 i - T \end{cases}$$

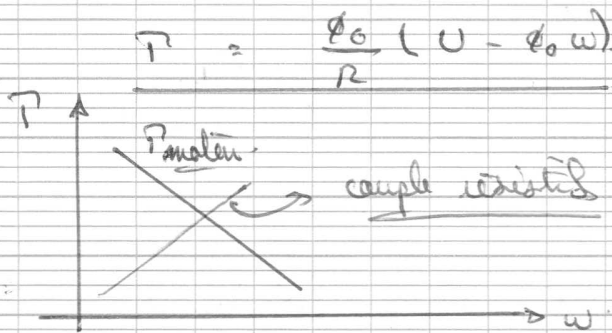
$$RS \frac{d\omega}{dt} + \phi_0 \omega = RT = \phi_0 u$$

## Cas de fonctionnement

Démarrage:  $\frac{d\omega}{dt} > 0 \quad \phi_0 U - RT > 0$

$$U > U_d = \frac{RT}{\phi_0}$$

## Point de fonctionnement

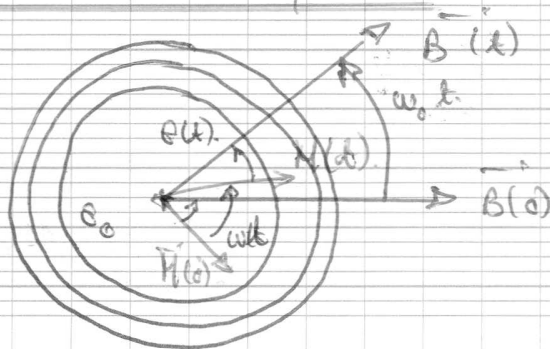


Mixer  
200 W.

lave linge.  
3000 W.

## III - Machine à champ tournant.

→ La machine synchrone.



$$\theta(t) = (\omega_0 - \omega)t + \theta_0$$

$$\vec{T} = \vec{r} \wedge \vec{B}$$

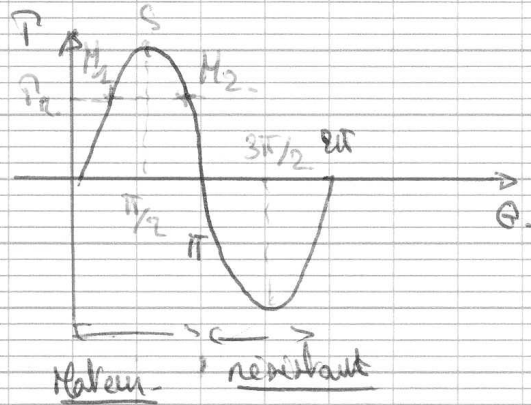
$$\vec{T} = MB \sin((\omega_0 - \omega)t + \theta_0)$$

$$\omega \neq \omega_0$$

$$\langle \vec{T} \rangle = 0$$

$$\omega_0 = \omega$$

$$\langle \vec{T} \rangle = MB \sin \theta$$



•  $M_1$  stable.

•  $M_2$  instable.

$$\boxed{\eta = 95\%}$$

ici  $\omega$  ne dépend pas  
de  $T \rightarrow$  On peut auto-éxciter

Moteur synchrone.

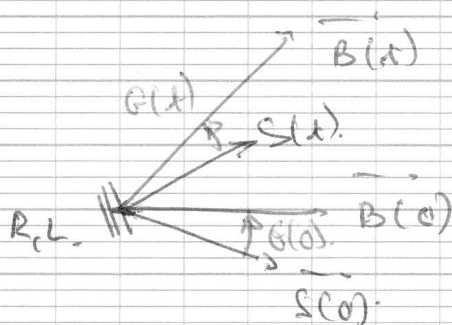
TGV électrique @ 8800 kW.

En général :

Alternateur  
dynamo de vélo

$\rightarrow$  centrales nucléaires.

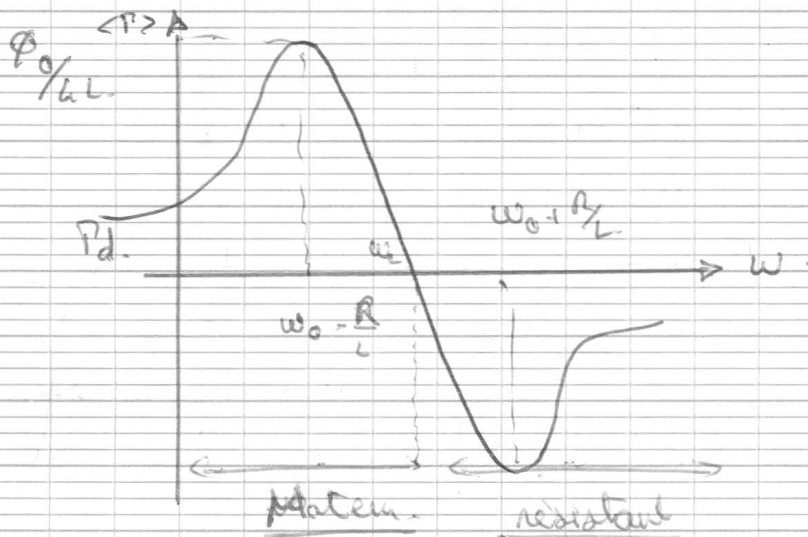
2) Machine asynchrone.



description qualitative

Loi de Lenz.

## Couple de la machine asynchrone.



- On cherche à avoir  $R$  le plus petit possible.  
↳ Pente très petite.  $\omega$  dépend peu de  $T$ .

Ex: tramway = MCC.  
TGV = machine synchrone.

Pour rentrer dans les détails  $\rightarrow$  travailler avec ces machines  $\rightarrow$  électronique de puissance performant.



## Questions:

- Quelle est la différence entre la force de Lorentz et la force de Laplace?
- Les 2 forces ont-elles la même origine?
- $\vec{J}$  dépend-il du référentiel?
- La conversion de puissance électromécanique est-elle réversible?
- Pourquoi avoir négligé l'auto-inductance? (Dans la HCC)
- Pourquoi pour le point de fonctionnement déterminé pour la HCC  $T_n$  est linéaire?

## Commentaires:

- Bien définir le système sur lequel on fait le bilan mécanique
- Rithme très élevée, il faudrait passer plus de temps sur les notions clefs. À la limite il faudrait ne présenter qu'une seule machine à champ tournant.
- Bien faire l'algèbre de puissance  $\mathcal{P}_L$  et  $\mathcal{P}_e$ .  
élec: algèbre de puissance typ. mot.  
méca:  $T$  et  $\omega$  orientés dans le même sens (algèbre de puissance mot.)
- C'est peut-être: Les programmes ont changé
  - Parler du rôle du fer.
  - Traitement de l'énergie magnétique dans le rotor.
- La première partie doit subsister (marque pour les machines de faible puissance.
- Nouvelle présentation: ne plus parler de champ tournant mais de champ glissant.

Bibli:

Pour le nouveau programme :

Demot PSI tout en un.

Pour le fond de la leçon :

Electrique Hachette.  
2<sup>ème</sup> année PSI-PSI'.  
62-1.38 BRE.