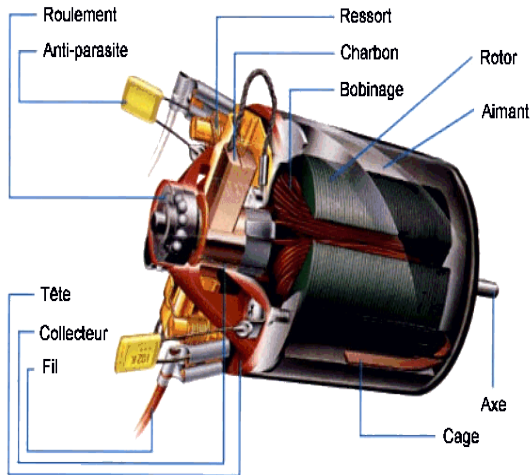
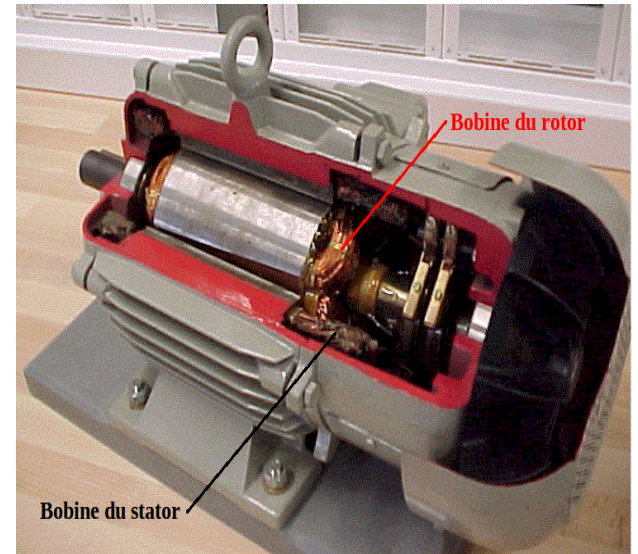


# Révision cours d'électrotechnique: Machines électriques



**Moteur à courant continu**



**Moteur industriel synchrone triphasé**



**Moteur asynchrone triphasé**

# Machine à CC

$$U = E + R I$$

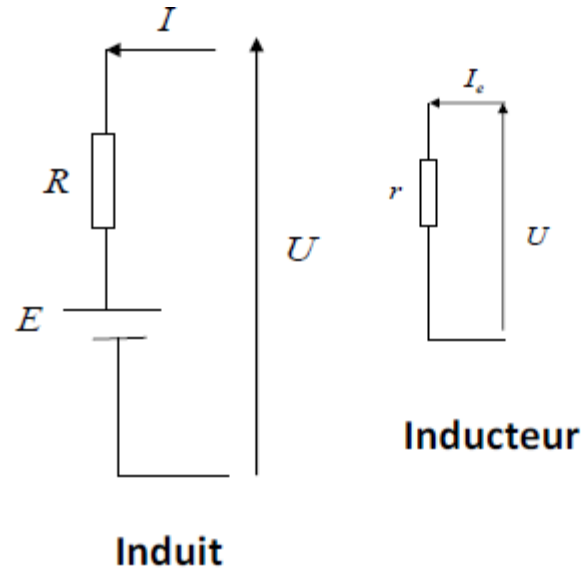


Schéma équivalent d'une machine à courant continu.

Dans le cas d'un moteur à excitation indépendante  $I_e$  fixe, on peut écrire  $E = k_\phi \times \Omega$

$$C_{em} = k_1 \phi I = k_\phi I$$

## Bilan des puissances et rendement

### Fonctionnement moteur à excitation indépendante

Le moteur reçoit une puissance électrique au niveau de l'induit et l'inducteur.

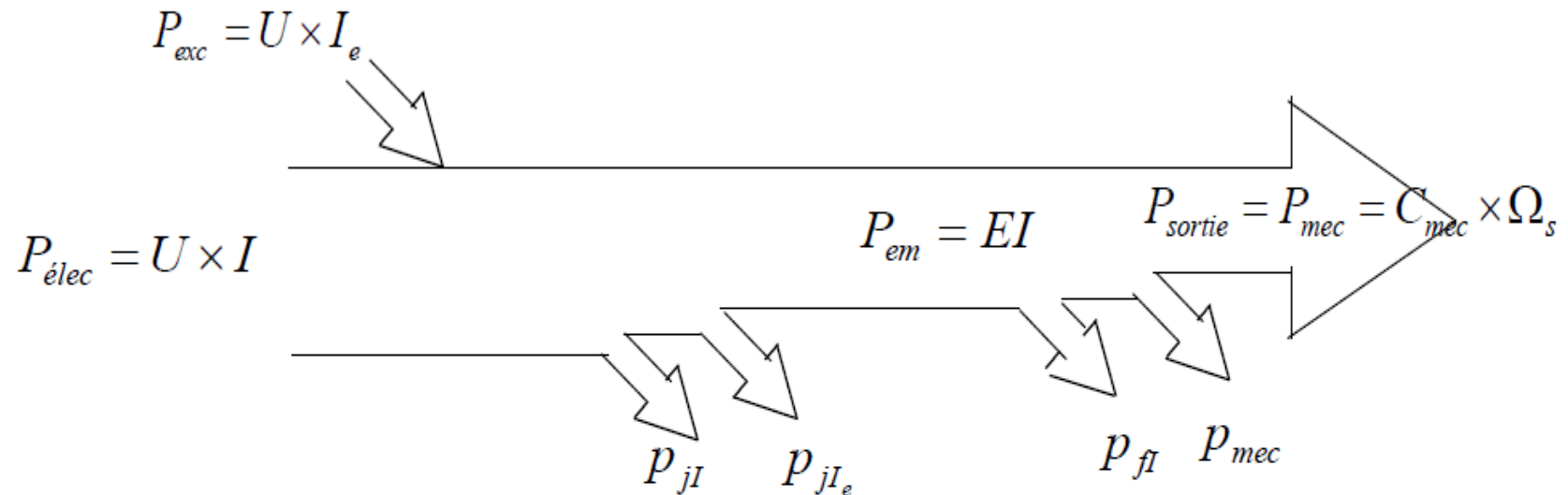


Diagramme des puissances d'une machine à courant continu à excitation séparée.

En entrée :

Circuit induit :  $P_{ent} = P_{elec} = U \times I$     Circuit d'inducteur:  $P_{exc} = U \times I_e$

En sortie :  $P_{sortie} = P_{mec} = C_{mec} \times \Omega$

$$P_{abs} = U \times I + U \times I_e$$

$$P_u = C_u \times \Omega = P_{em} - P_{fI} - P_{mec}$$

## FICHE MEMOIRE A COMPLETER

$$E = k_1 \Omega \phi \quad E = k_1 k_2 I_e \Omega \quad E = k_\phi \times \Omega \quad C_{em} = k_1 \phi I = k_\phi I$$

$$F_{em} = BLI \quad C_{em} = F_{em} \times r \quad C_u = C_{em} - c_p \rightarrow c_p = \frac{P_{fer} + P_{mec}}{\Omega}$$

$$P_{abs} = U \times I + U \times I_e \quad P_u = C_u \times \Omega = P_{em} - P_F - P_{mec}$$

$$\eta = \frac{P_{sortie}}{P_{entrée}} = \frac{P_u}{P_u + P_{jI} + P_{jle} + P_{fI} + P_{mec}}$$

# Machine synchrone

## SCHEMA EQUIVALENT MONOPHASE D'UN ALTERNATEUR TRIPHASE SYNCHRONE

Le fonctionnement est en régime triphasé équilibré, on étudie uniquement les grandeurs relatives à une phase.

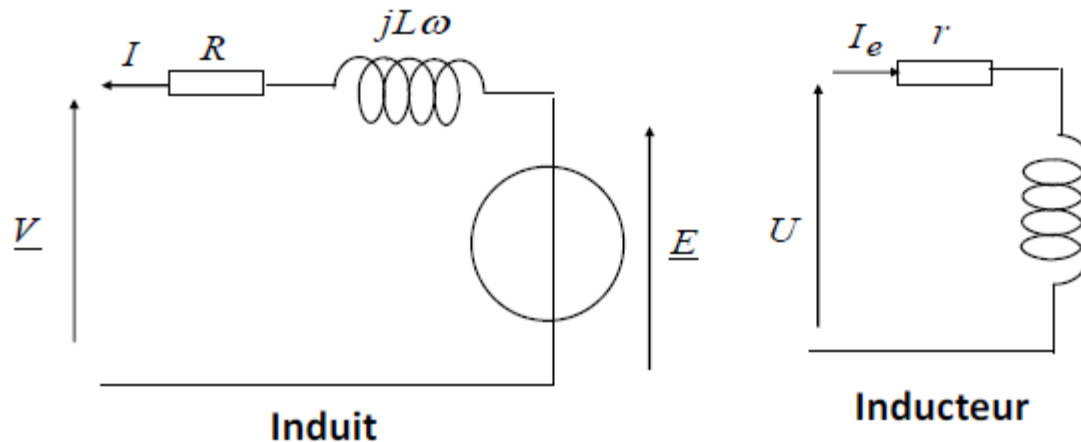


Schéma monophasé équivalent d'un alternateur synchrone

La loi des mailles de l'induit donne :  $\underline{E} = \underline{V} + (R + jL\omega) \times \underline{I}$

# Bilan des puissances et rendement

## Fonctionnement alternateur

L'alternateur reçoit une puissance mécanique de la turbine ou du moteur qui l'entraîne. Si elle est à excitation indépendante, le circuit inducteur reçoit une puissance de son alimentation continue.

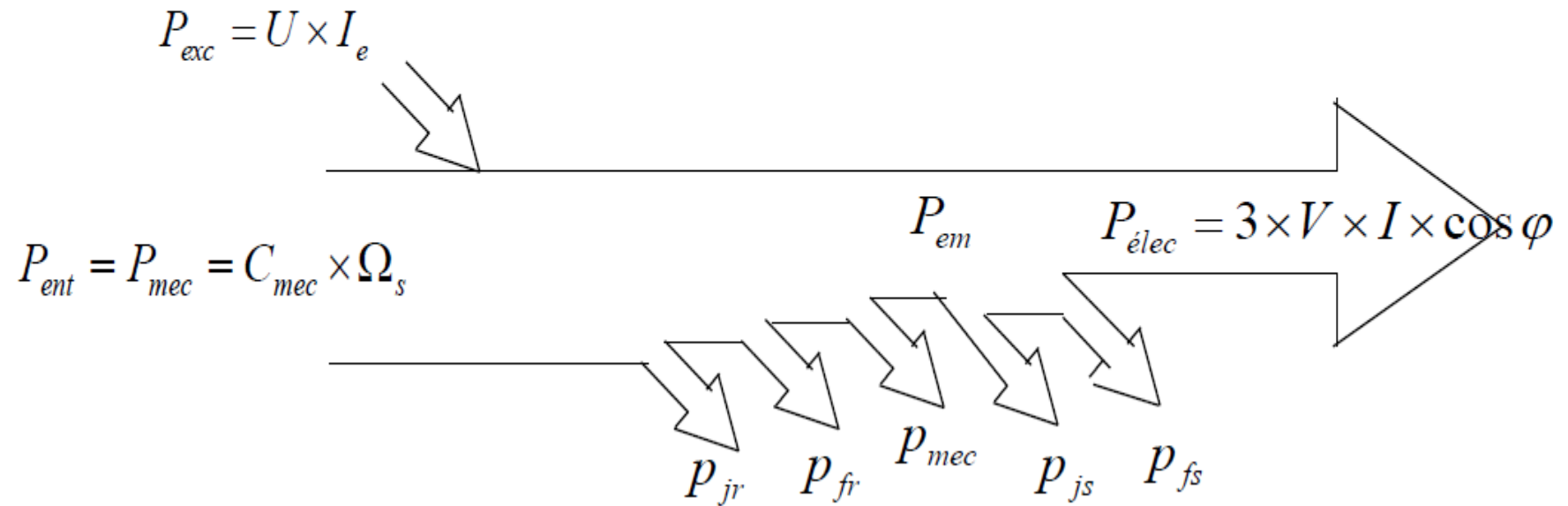
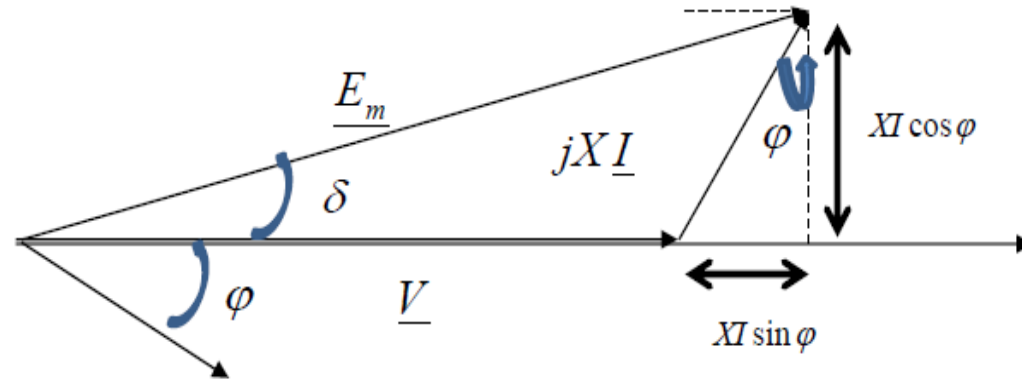


Diagramme de puissances d'un alternateur à excitation indépendante

## Expression de couple électromagnétique à partir du schéma monophasé équivalent:



$$\left\{ \begin{array}{l} E \cos \delta = V + XI \sin \varphi \\ E \sin \delta = XI \cos \varphi \end{array} \right\} \quad \frac{E \sin \delta}{X} = I \cos \varphi$$

La puissance active appelée par la machine :  $P = \frac{3VE \sin \delta}{X} = 3VI \cos \varphi$

Le couple électromagnétique s'obtient en divisant la puissance active par la vitesse de rotation.

$$C_{em} = \frac{P_{em}}{\Omega_s} = \frac{3VE \sin \delta}{X \times \Omega_s} \quad \text{Avec} \quad XI \cos \varphi = E \sin \delta$$

## Rendement

$$\eta_{alternateur} = \frac{P_{sortie}}{P_{entrée}} = \frac{P_{élec}}{P_{mec}} = \frac{3VI \cos \varphi}{C_{mec} \times \Omega_s}$$

# Machine asynchrone

La formule de Ferraris ( $N_s = \frac{60 \times f_s}{p}$ ) nous permet de calculer les diverses valeurs de vitesse de synchronisme possible.  $f_s = 50\text{Hz}$

p (pair de pôle)	1	2	3	4	5
$N_s$ (tr / min)	3000	1500	1000	750	600

## Bilan de puissance

On peut regrouper sur un diagramme les diverses pertes de puissance active du moteur :

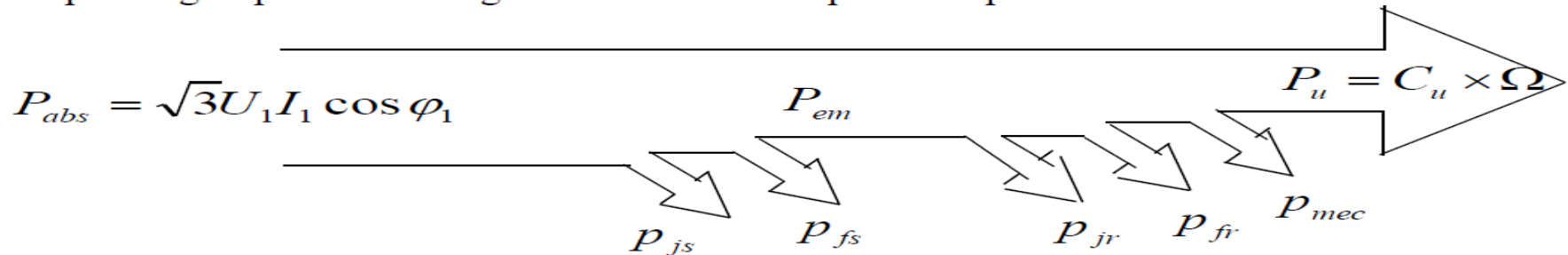


Diagramme de bilan de puissance d'une machine asynchrone.

$P_{abs}$  : Puissance absorbée

$P_{js}$  : Pertes joules au stator

$P_{FS}$  : Pertes fer au stator

$P_{em}$  : Puissance électromagnétique ou puissance transmise au rotor

$P_{jr}$  : Pertes joules au rotor

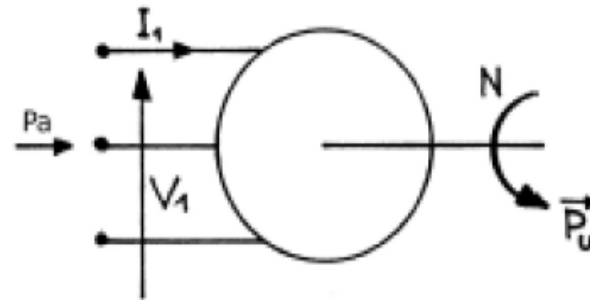
$P_{fr}$  : Pertes fer au rotor

$P_{mec}$  : Pertes mécaniques

$P_u$  : Puissance utile



– Puissance électrique absorbée par le stator (Figure 10):  $P_{abs} = \sqrt{3}U_1 I_1 \cos \varphi_1$



### Alimentation du stator d'une machine asynchrone

- Pertes Joule du stator : si  $r_1$  est la résistance d'une phase statorique, alors  $p_{jS} = 3 \times r_1 \times I_1^2$
- Pertes fer stator: comme pour le transformateur, elles seront liées au carré de la tension  $p_{FS}$
- Puissance électromagnétique  $P_{em}$ , c'est la puissance transmise du stator au rotor par les inductions tournantes à la vitesse  $\Omega_s$  :  $P_{em} = C_{em} \times \Omega_s$
- Pertes Joule rotor : si  $r_2$  est la résistance d'une phase du rotor et  $I_2$  le courant du rotor, on aura :  $p_{jR} = 3 \times r_2 \times I_2^2$
- Pertes fer rotoriques : elles sont faibles en fonctionnement normal car la fréquence du rotor est petite. On les négligera en pratique devant les pertes joule dans les conducteurs du rotor.
- La puissance mécanique est fournie par le rotor à la vitesse  $\Omega$

$$P_{mec} = P_u + p_{mec} = C_{mec} \times \Omega = C_{mec} \times \frac{2\pi \times N}{60}$$

- Les pertes mécaniques  $p_{mec}$  correspondent à un couple de frottement  $c_f = \frac{P_{mec}}{\Omega}$
- La puissance utile, délivrée sur l'arbre de sortie du moteur, s'écrit en introduisant le couple utile :  $P_u = C_u \times \Omega = C_u \times \frac{2\pi \times N}{60}$

On a évidemment:  $C_u = C_{mec} - c_f$ . L'équilibre dynamique du rotor implique l'égalité des couples  $C_{em}$  et  $C_{mec}$ . Il en résulte une propriété remarquable du moteur :

$$P_{em} = C_{em} \times \Omega_s = P_{mec} + P_{jr}$$

$$P_{jr} = g \times P_{em} = \frac{g}{1-g} P_{mec}$$

$$P_{abs} = P_u + P_{jS} + P_{FS} + P_{jR} + P_{fr} + P_{mec}$$

$$P_{em} = P_{abs} - P_{jS} - P_{FS}$$