

# TP

## Machine asynchrone

Introduction/Rappel théorique sur :

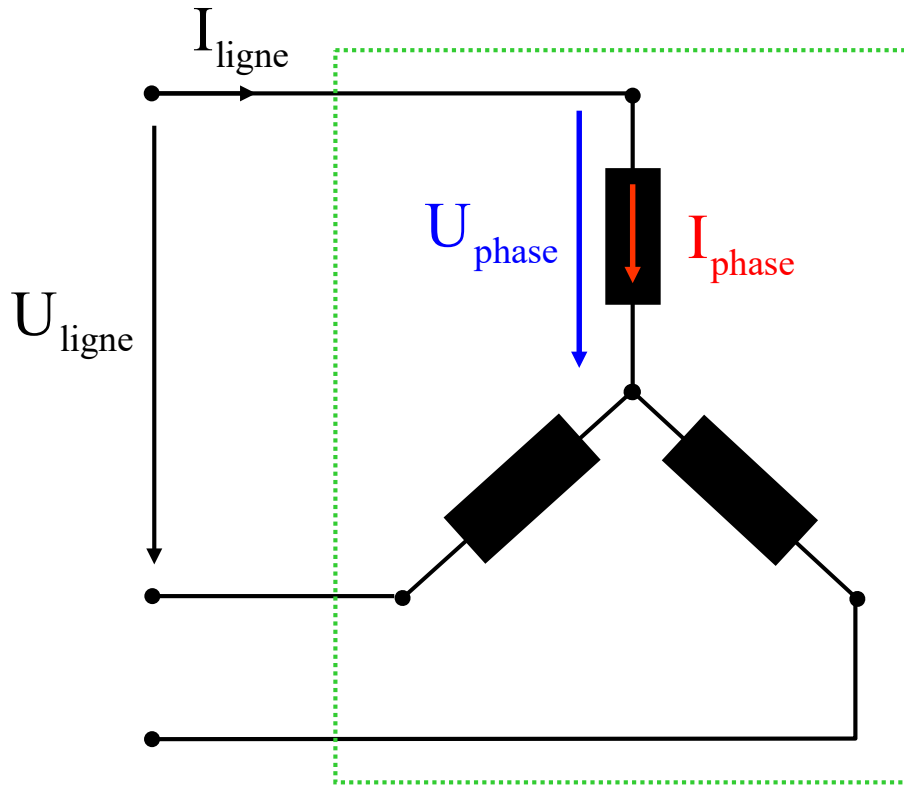
- [les couplages étoile-triangle](#)
- [la plaque signalétique triphasée](#)
- [les différentes vitesses et le nombre de paires de pôles](#)
- [le moteur asynchrone](#)
- [la caractéristique de couple d'un moteur asynchrone](#)

Notions nécessaires :

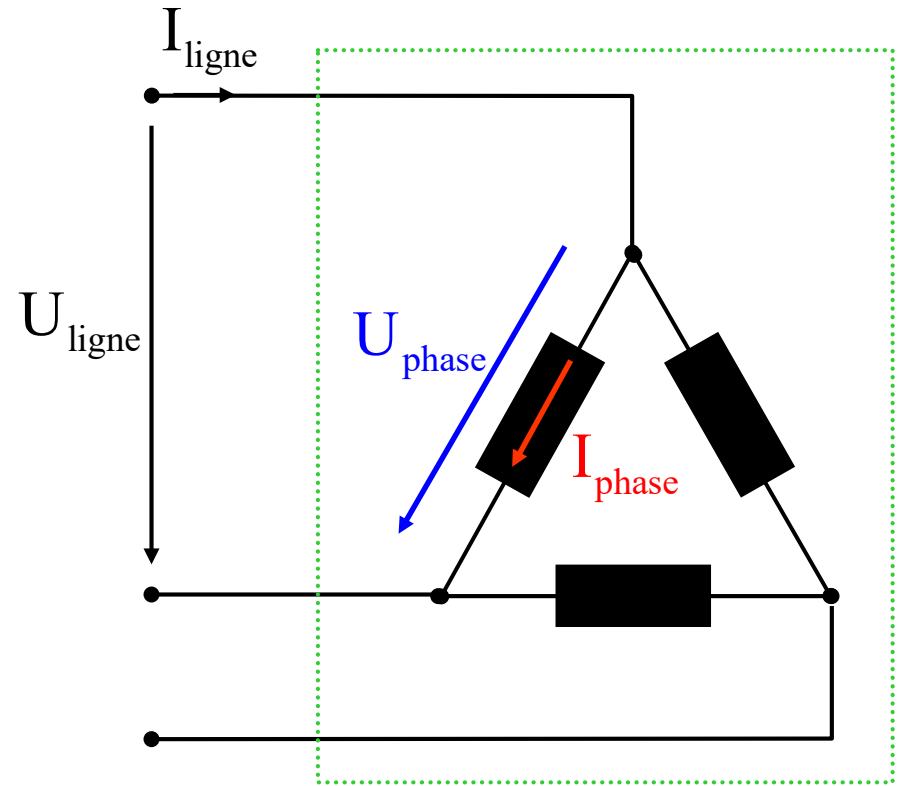
- [Puissance d'entrefer](#)
- [Détermination des paramètres de la machine asynchrone](#)
- [Détermination des pertes fer et des pertes frottement et ventilation](#)

Rappel théorique sur  
les couplages étoile-triangle  
sur les tensions et courants  
de ligne et de phase

# Rappel sur les couplages étoile-triangle



$$\begin{cases} U_{\text{phase}} = U_{\text{ligne}} / \sqrt{3} \\ I_{\text{phase}} = I_{\text{ligne}} \end{cases}$$

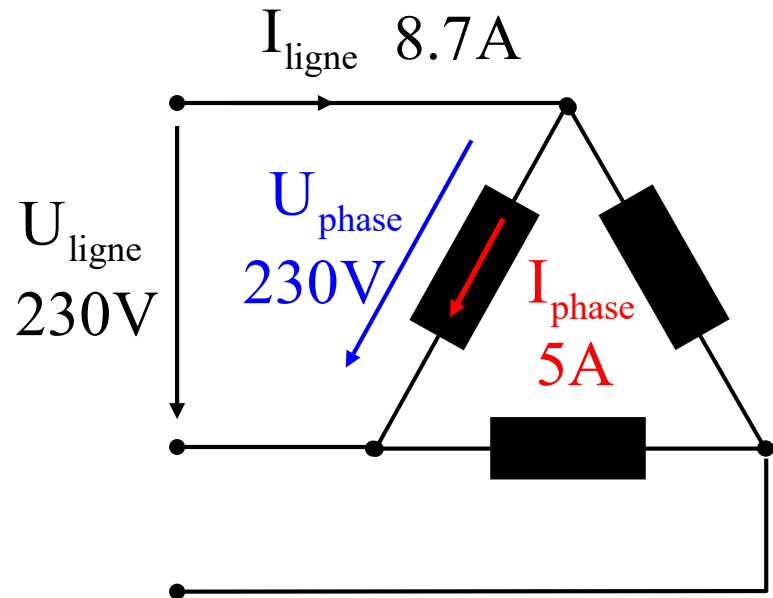
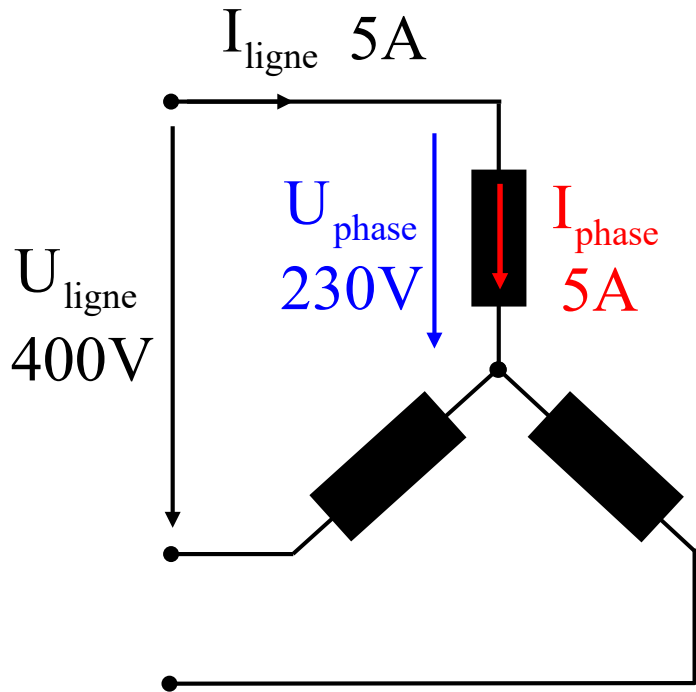
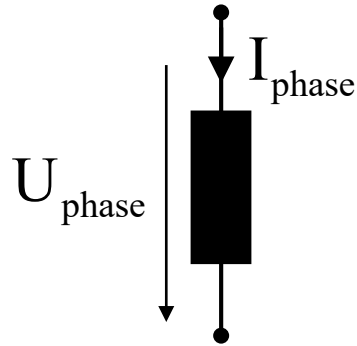


$$\begin{cases} U_{\text{phase}} = U_{\text{ligne}} \\ I_{\text{phase}} = I_{\text{ligne}} / \sqrt{3} \end{cases}$$

Rappel théorique sur  
la plaque signalétique triphasée

# Plaque signalétique triphasée

Y 400V / 5A  
 $\Delta$  230V / 8.7A



Rappel théorique sur  
les différentes vitesses et  
le nombre de paires de pôles

# Vitesses et nombre de paires de pôles

$$\Omega_s = \frac{\omega_s}{p}$$

↑  
nombre de paires de pôles

$$n = \frac{f}{p}$$

$\Omega$  → Vitesse angulaire dans le monde mécanique

$\omega$  → Vitesse angulaire dans le monde électrique  
(appelée pulsation)

Rappel :

$\Omega$  → [rad / s] → Monde mécanique

$\omega$  → [rad / s] → Monde électrique

$f$  → [Hz] → Monde électrique

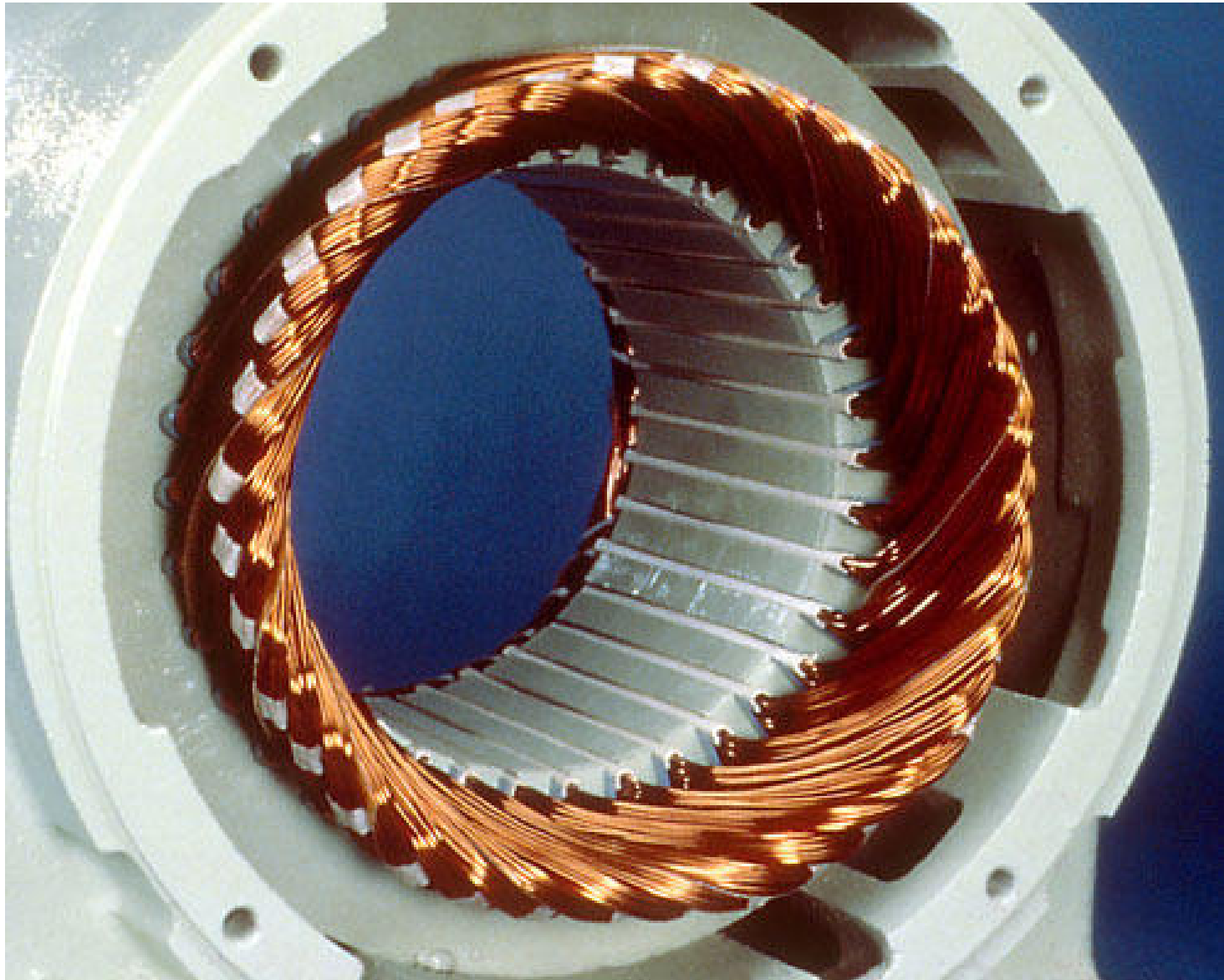
$n$  → [tr / s] → Monde mécanique

$N$  → [tr / min] → Monde mécanique

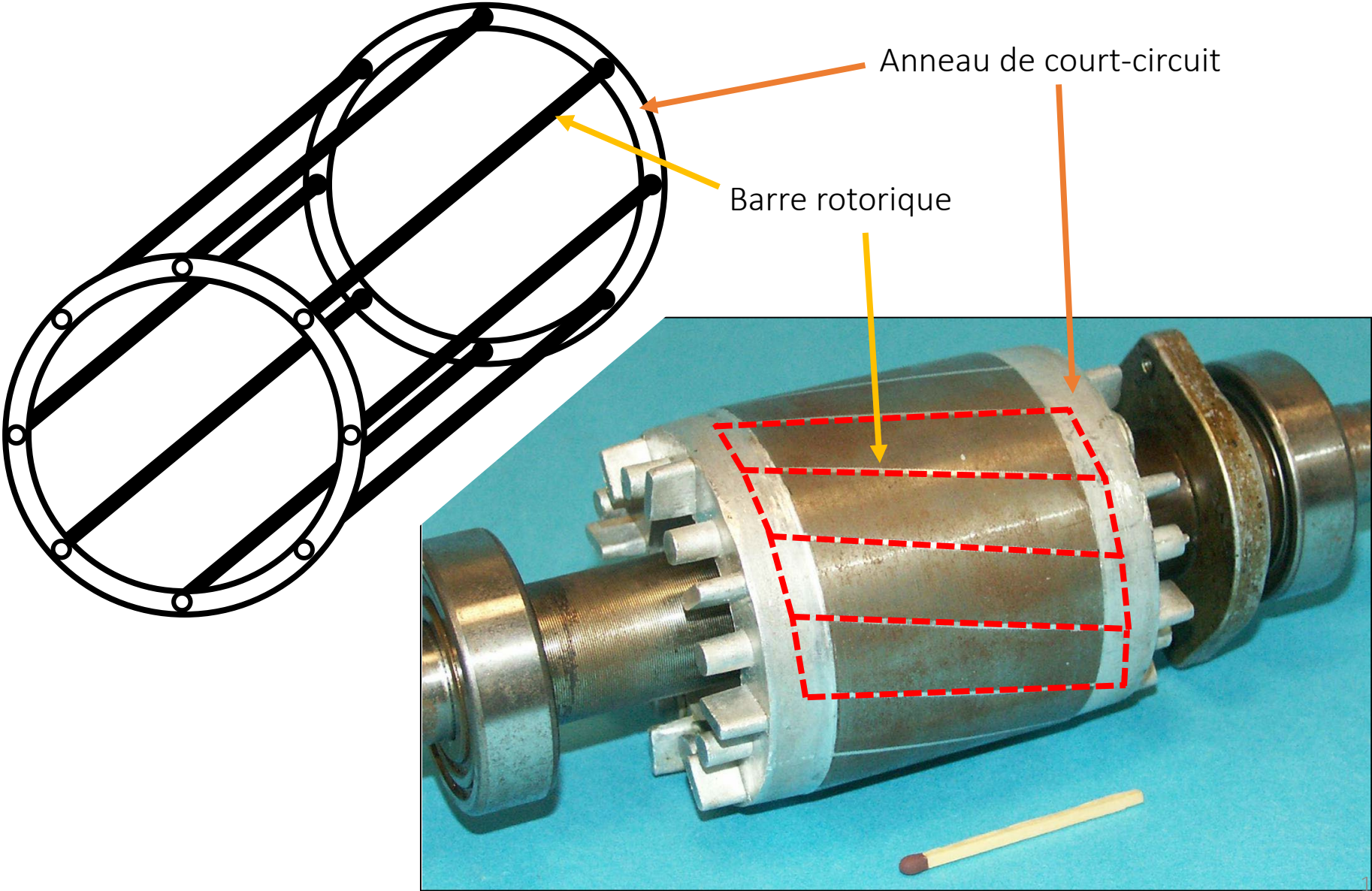
# Rappel théorique sur le moteur asynchrone



# Stator d'une machine asynchrone



# Rotor d'une machine asynchrone à cage d'écureuil



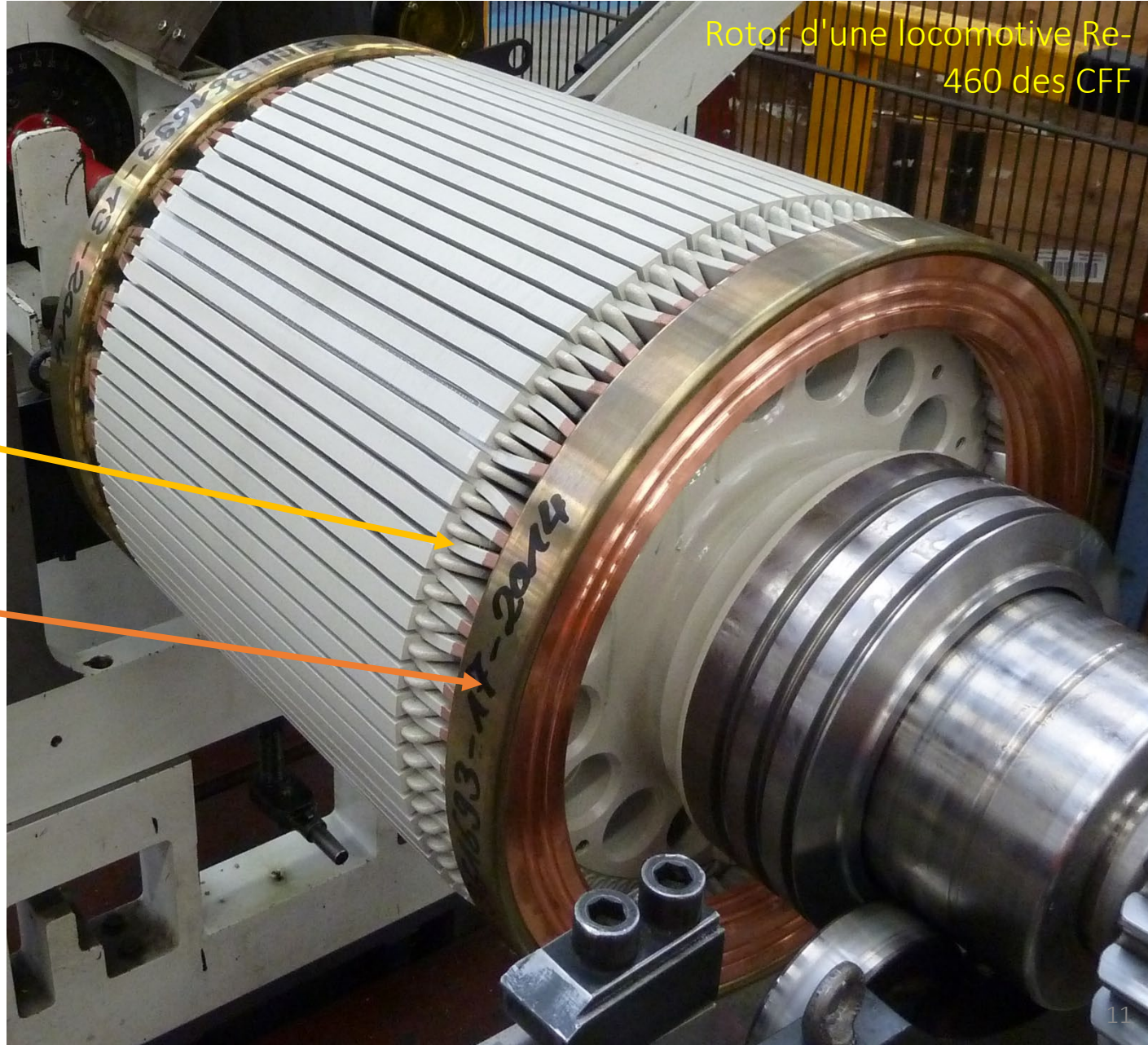
# Rotor d'une machine asynchrone à cage



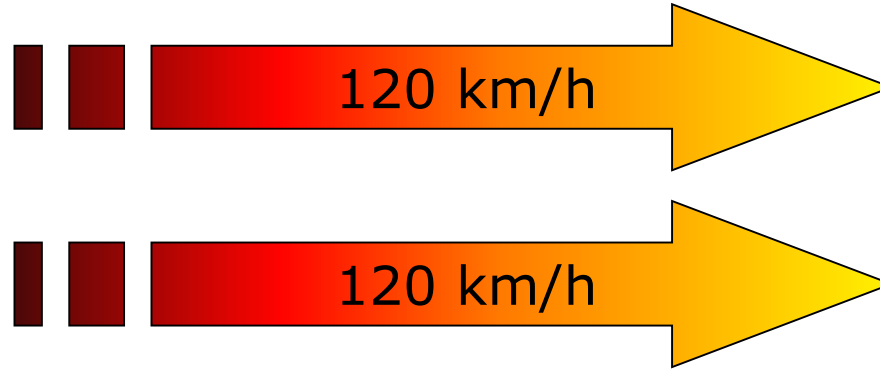
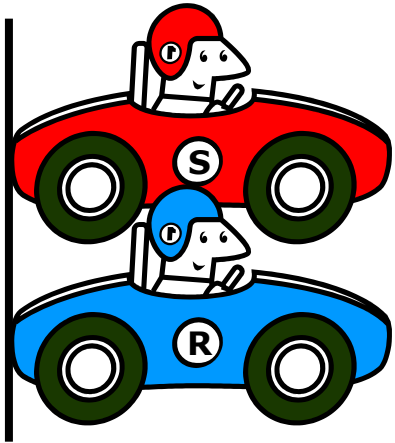
Rotor d'une locomotive Re-460 des CFF

Barre rotorique

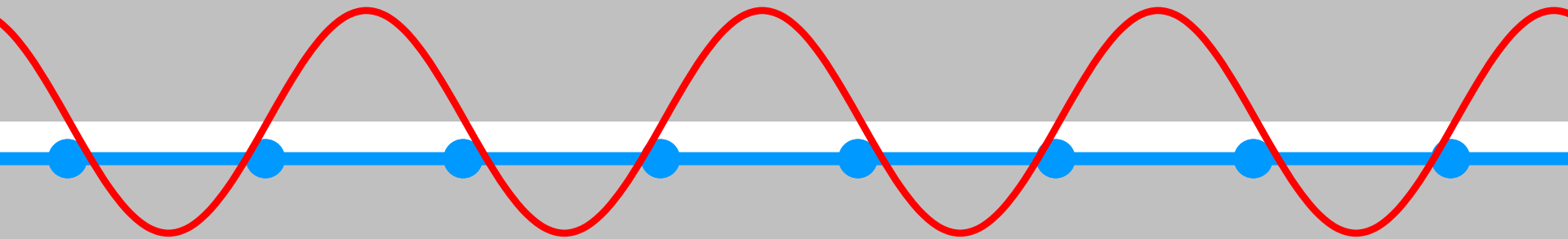
Anneau de court-circuit



# Principe de fonctionnement



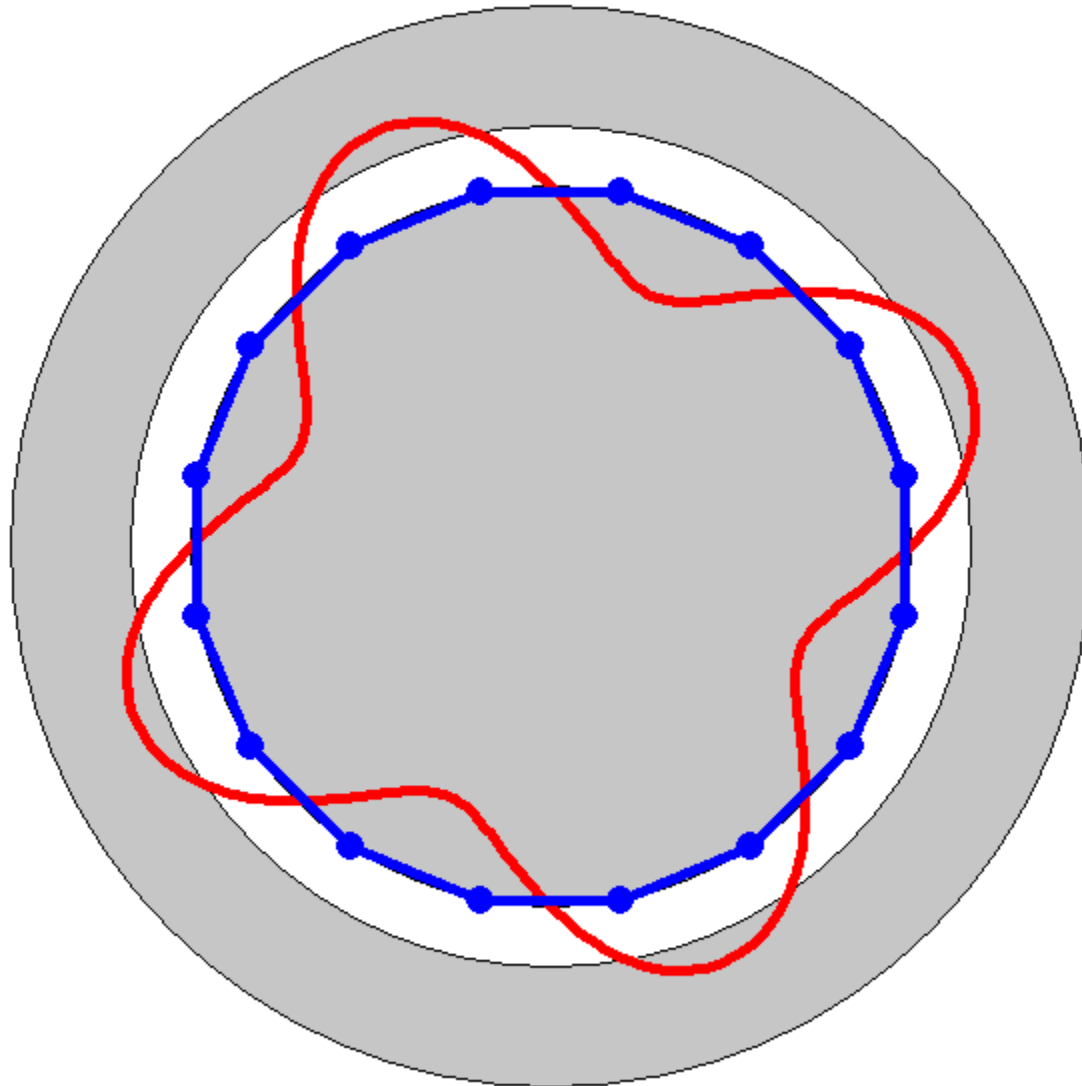
Stator



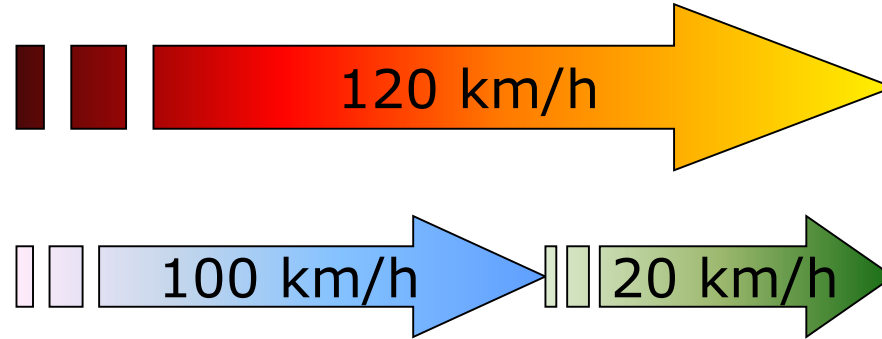
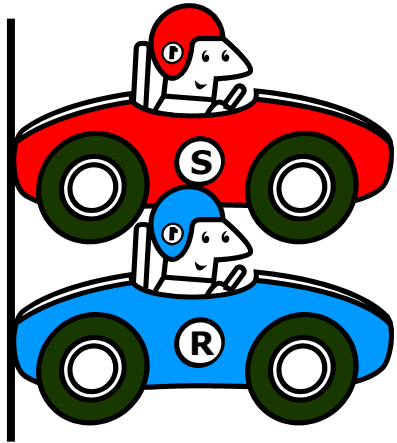
Rotor



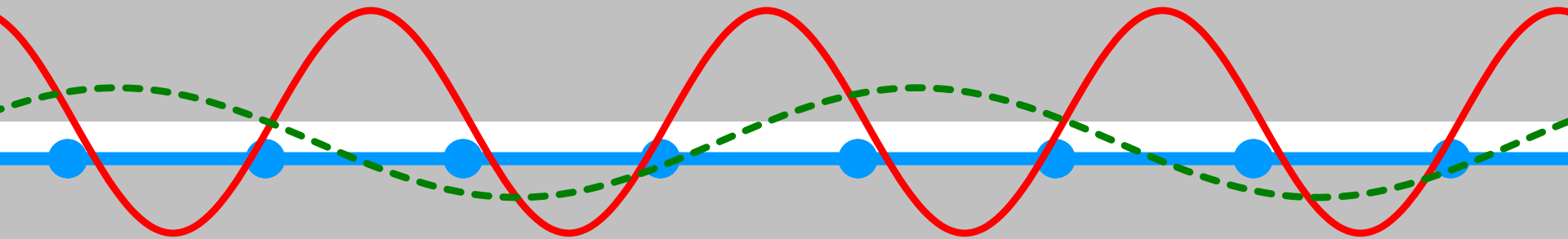
# Principe de fonctionnement



# Principe de fonctionnement

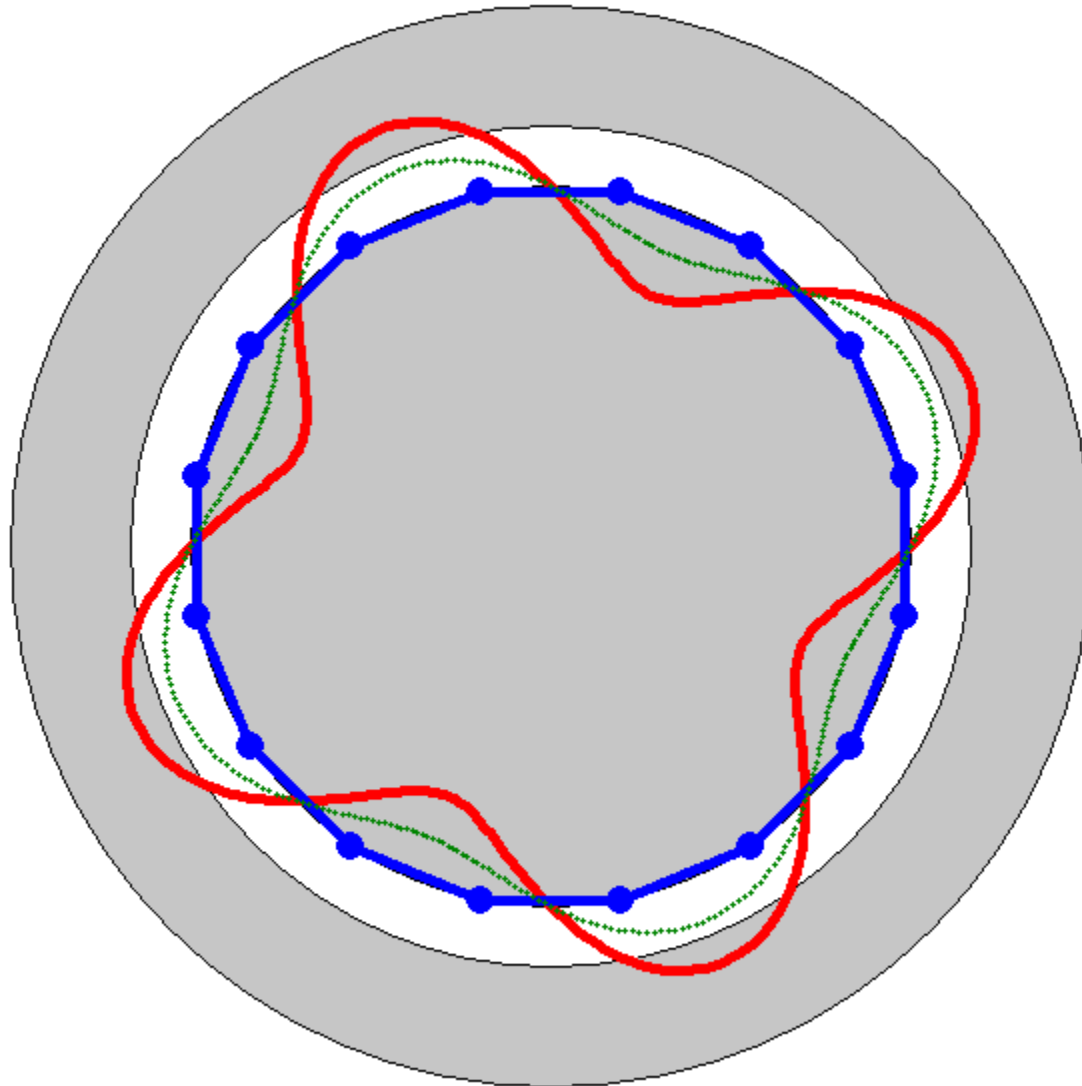


Stator

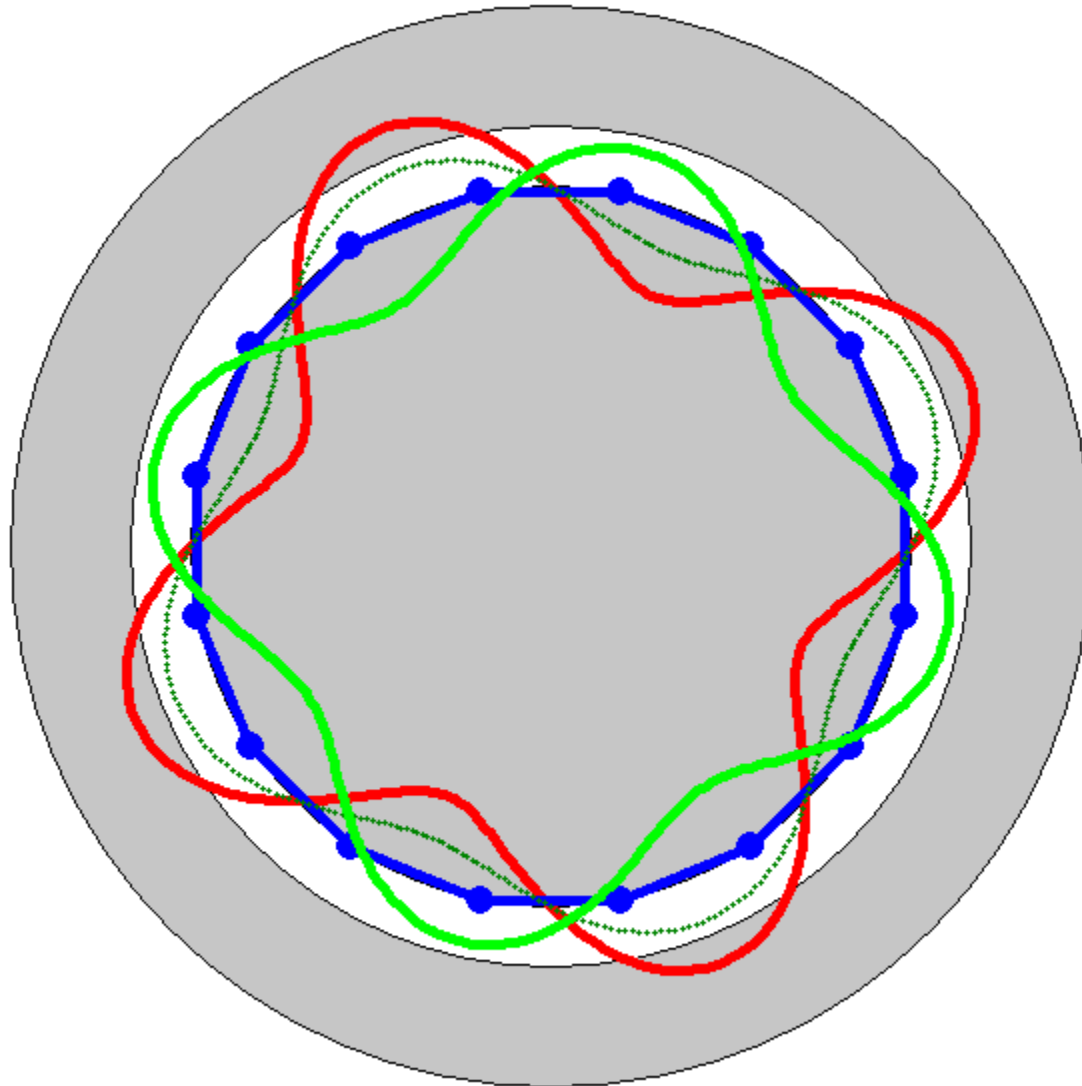


Rotor

# Principe de fonctionnement



# Principe de fonctionnement





# Principe de fonctionnement

En raisonnant en fréquence électrique

$$\left. \begin{array}{l} f_s = 50 \text{ Hz} \\ f_m = 48 \text{ Hz} \end{array} \right\} f_s - f_m = 2 \text{ Hz}$$

Le courant induit au rotor a une fréquence de 2 Hz dans le rotor

Quelle est la fréquence de ce courant vu du stator ?

Les deux champs stator et rotor ont la même fréquence et leurs interaction génère le couple.

Plus le glissement est grand, plus le courant induit est grand, et donc plus le champ B est grand et plus le couple est grand.

2 Hz dans le rotor  
mais le rotor tourne à 48 Hz  
donc 48 Hz + 2 Hz = 50 Hz

Avec

$$\Theta = N i$$

$$\Theta = \int H dl$$

$$H = \mu B$$

$$\longrightarrow f_B = 50 \text{ Hz}$$

# Glissement

Par définition le glissement est l'écart de vitesse entre le champ tournant statorique et la vitesse mécanique du rotor, rapporté à la vitesse du champ tournant statorique.

Il est noté  $s$  et est sans dimension.

$$s = \frac{\Omega_s - \Omega_m}{\Omega_s} = \frac{\omega_s - \omega_m}{\omega_s} = \frac{n_s - n_m}{n_s} = \frac{N_s - N_m}{N_s} = \frac{f_s - f_m}{f_s} [-]$$

$\uparrow$                      $\uparrow$                      $\uparrow$                      $\uparrow$                      $\uparrow$   
[rad / s]            [rad / s]            [tr / s]            [tr / min]            [Hz]  
méca.                élec.                méca.                méca.                élec.

$$n = \frac{f}{p}$$

$\swarrow$   
nombre de paires de pôles

# Schéma équivalent

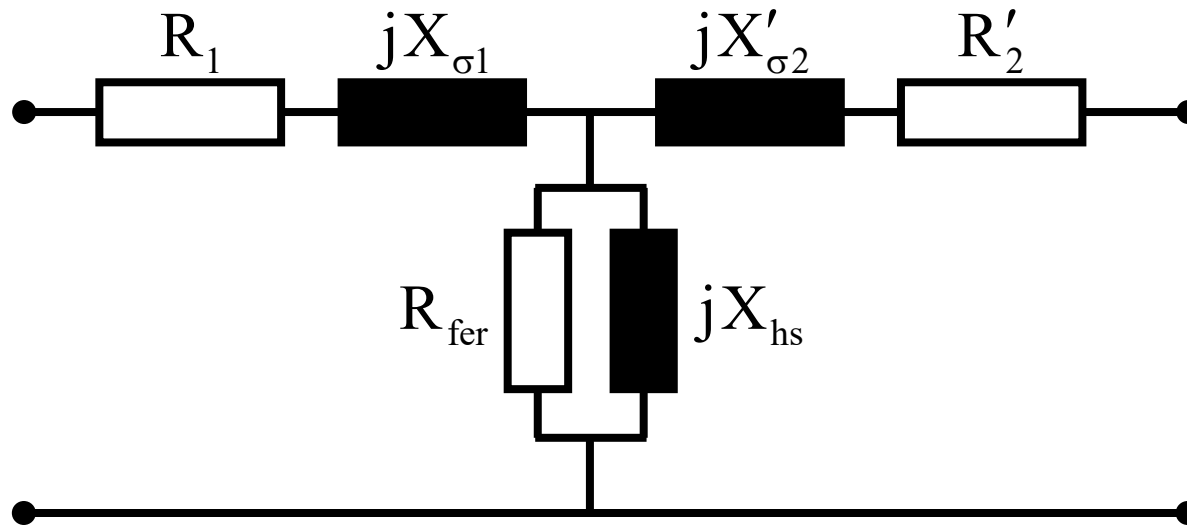
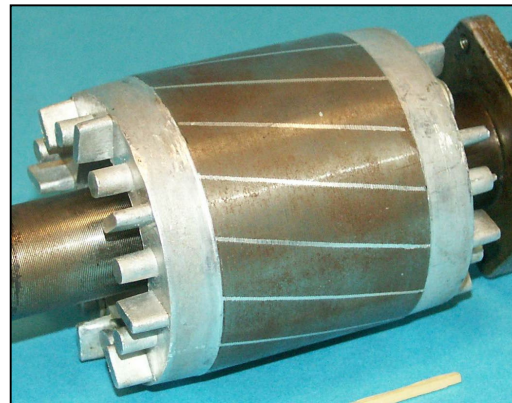
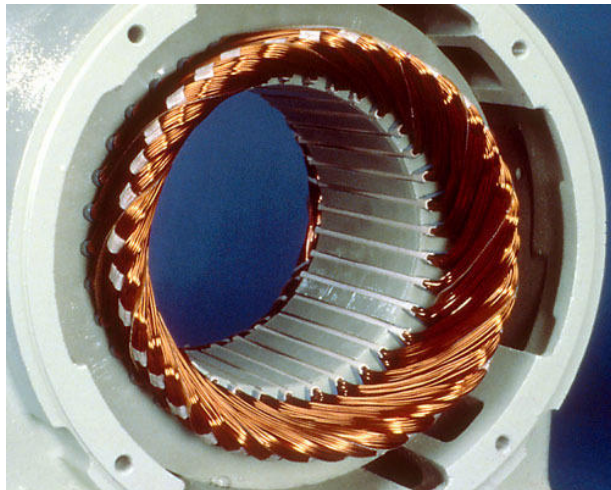
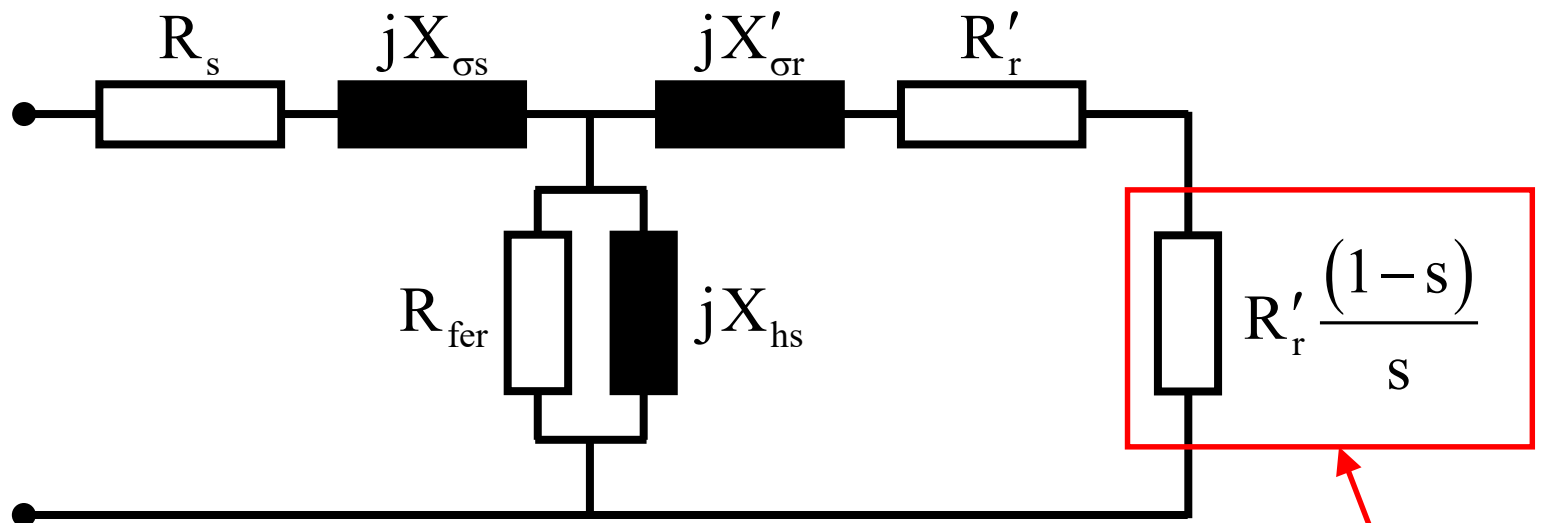


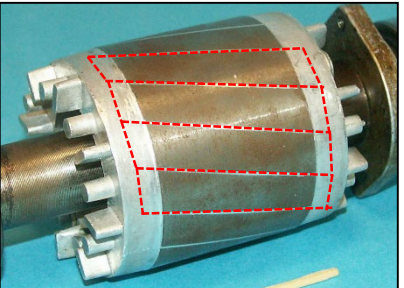
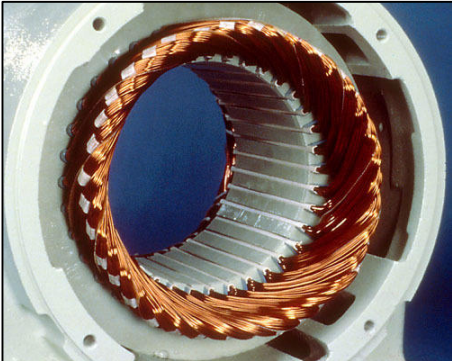
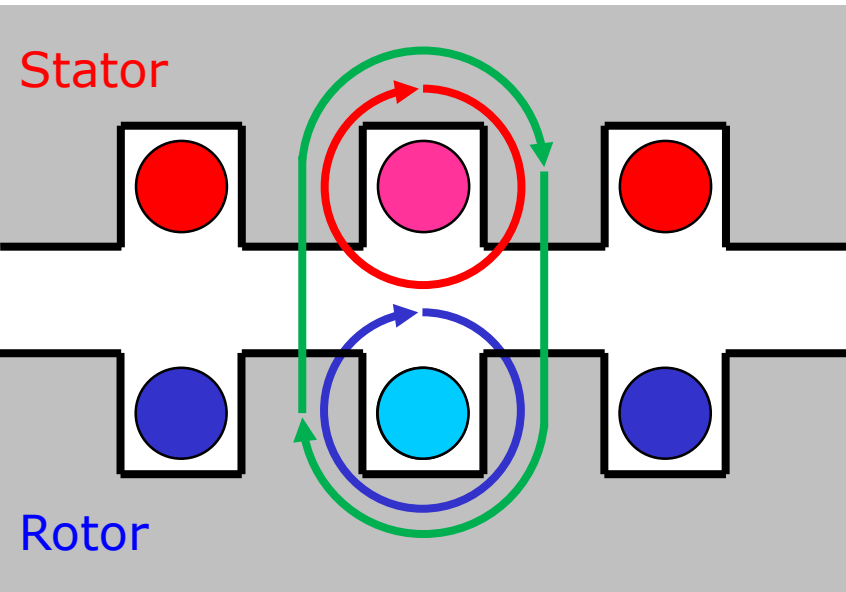
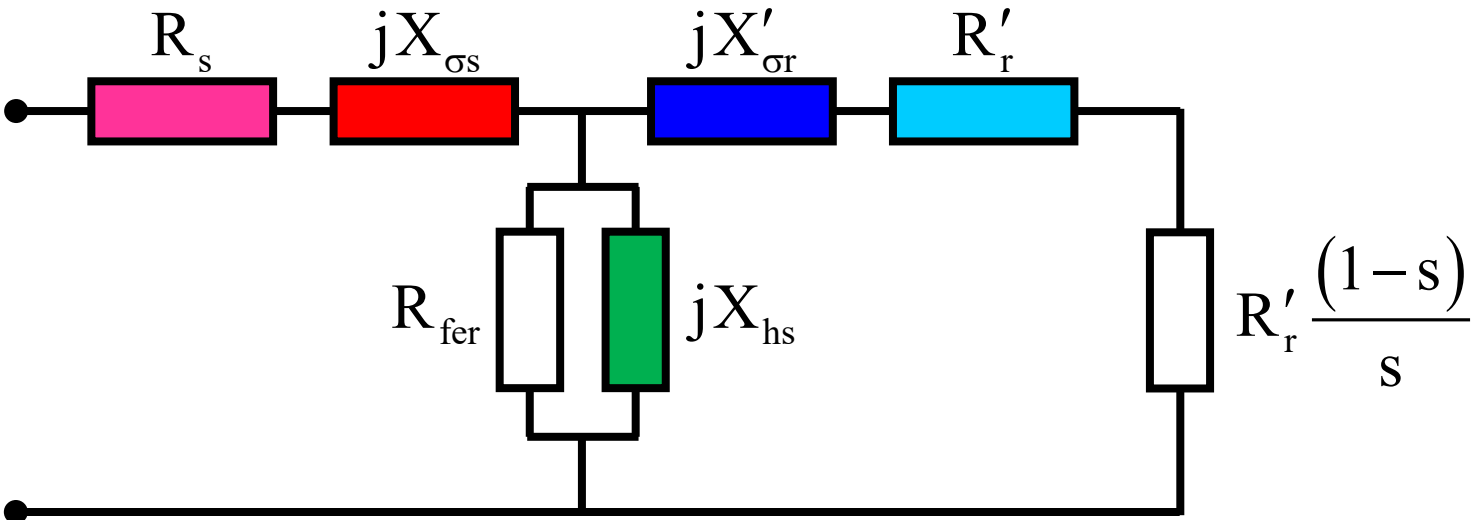
Schéma équivalent d'un transformateur

# Schéma équivalent

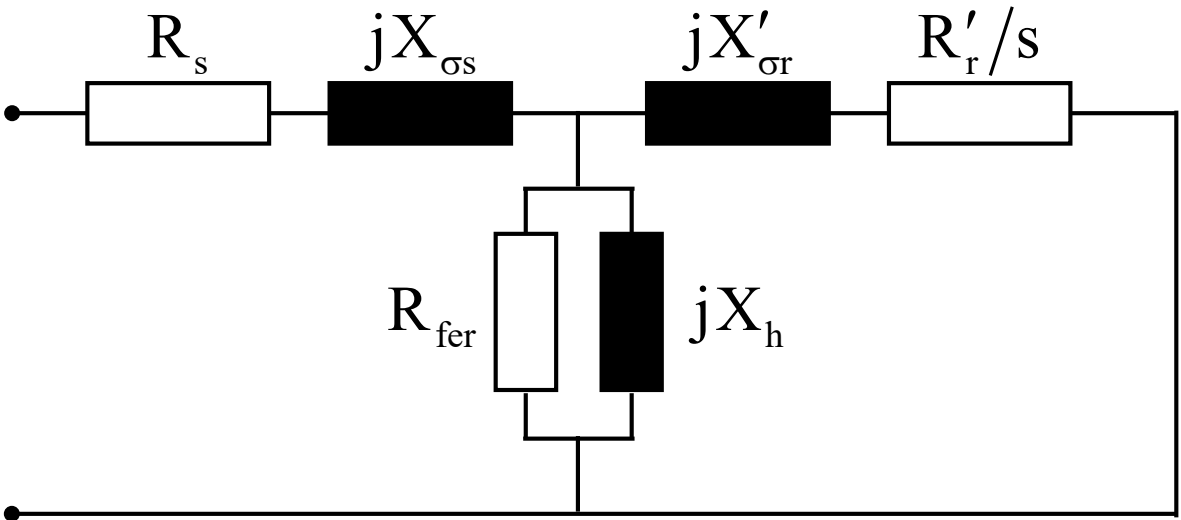
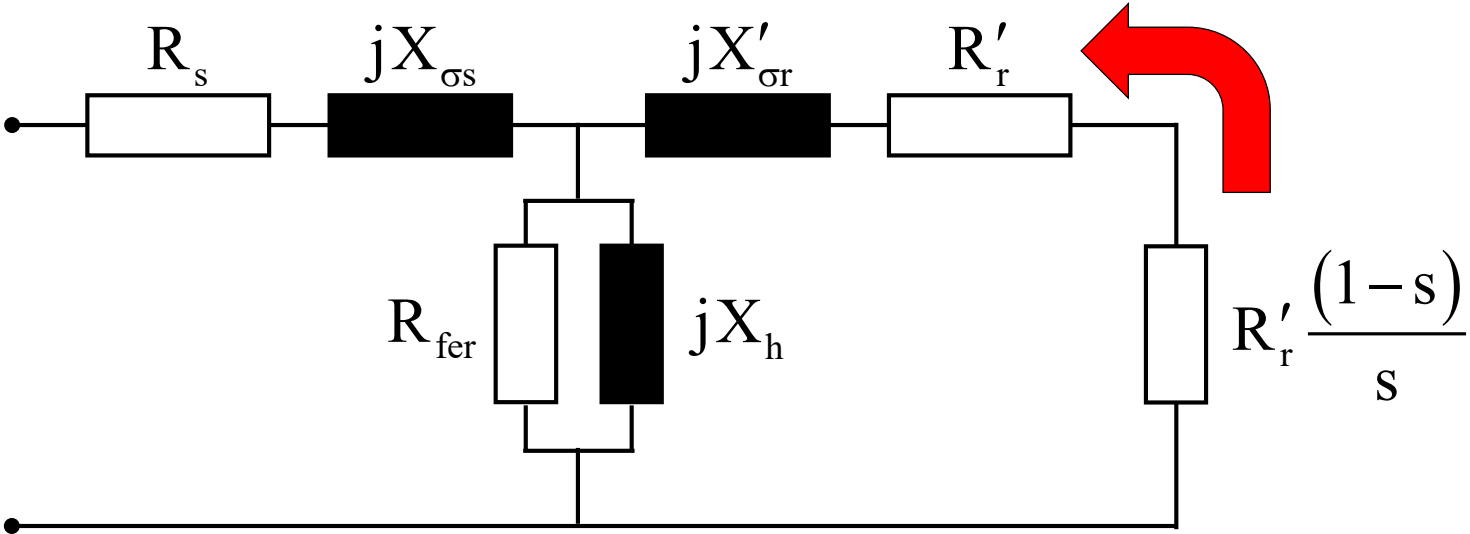


Modélisation  
de la charge

# Schéma équivalent

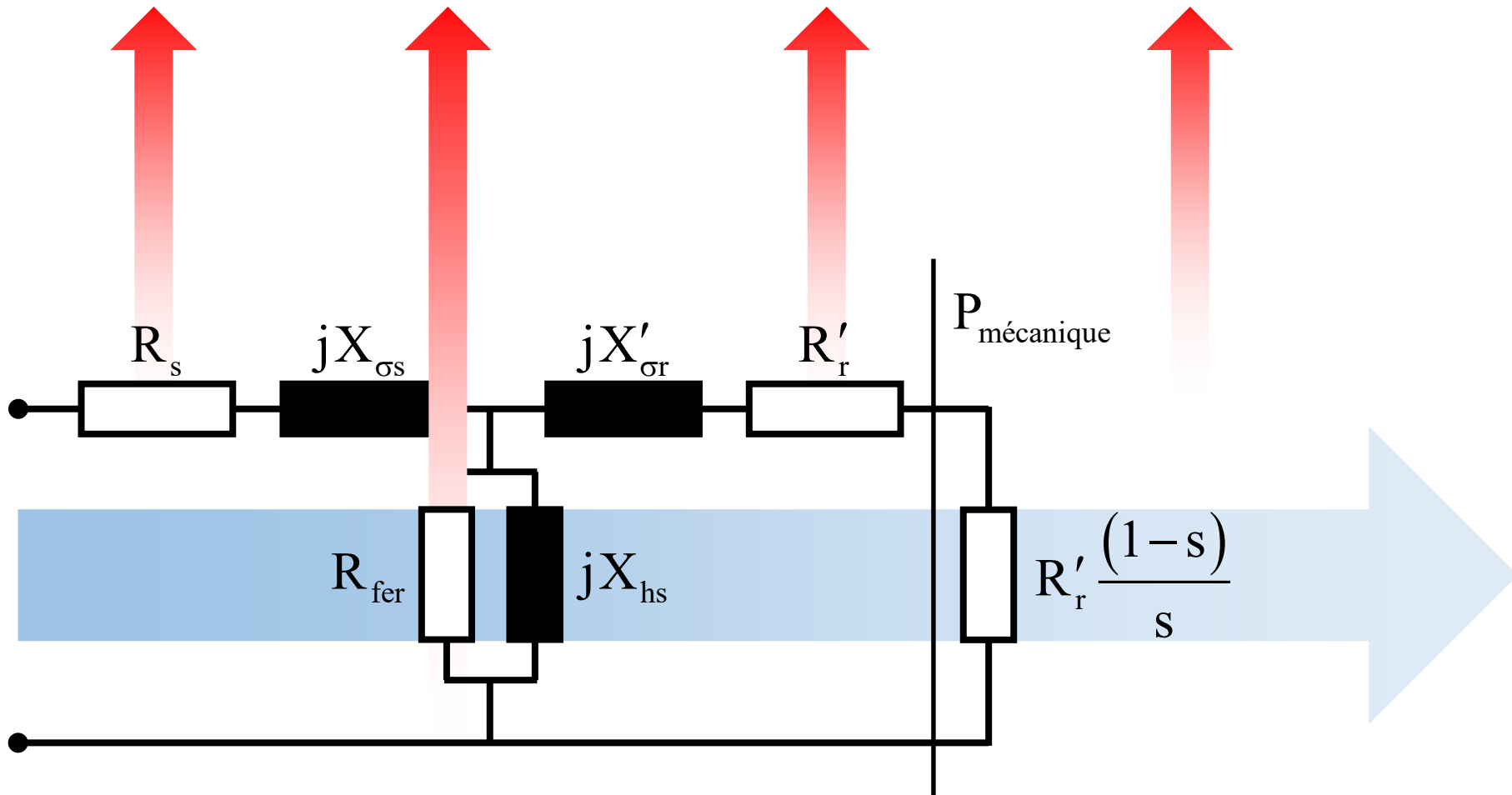


# Schéma équivalent



# Bilan de puissance (en moteur)

$$P_{el} = P_{js} + P_{fer} + P_{jr} + \overbrace{P_{f+v} + P_{utile}}^{P_{m\acute{e}canique}}$$

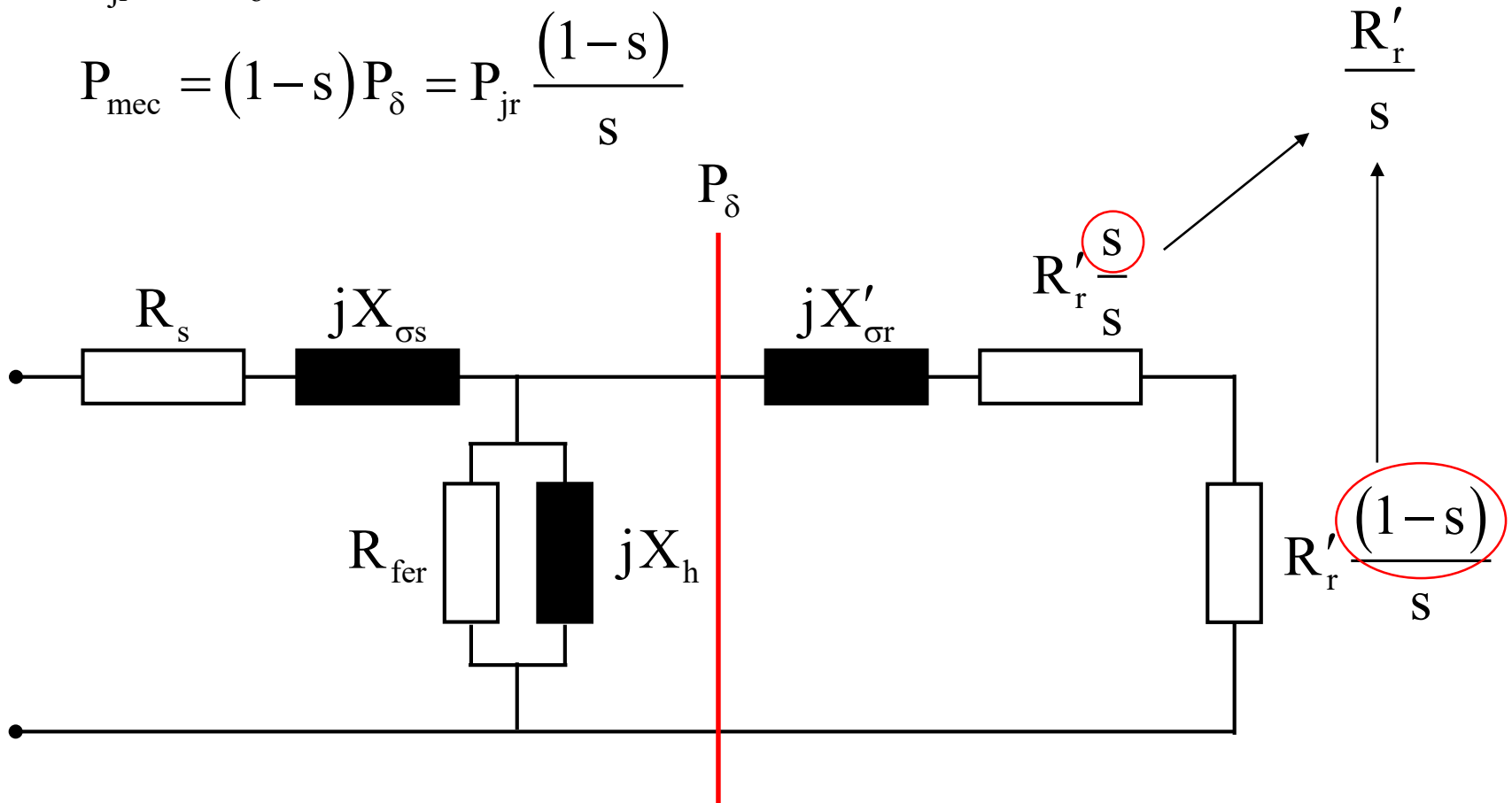


# Puissance d'entrefer

$$P_{\delta} = P_{el} - P_{js} - P_{fer} = P_{mec} + P_{jr} = 3 \frac{R'_r}{s} I_r'^2$$

$$P_{jr} = s P_{\delta}$$

$$P_{mec} = (1-s) P_{\delta} = P_{jr} \frac{(1-s)}{s}$$





Rappel théorique sur  
la caractéristique de couple  
d'un moteur asynchrone

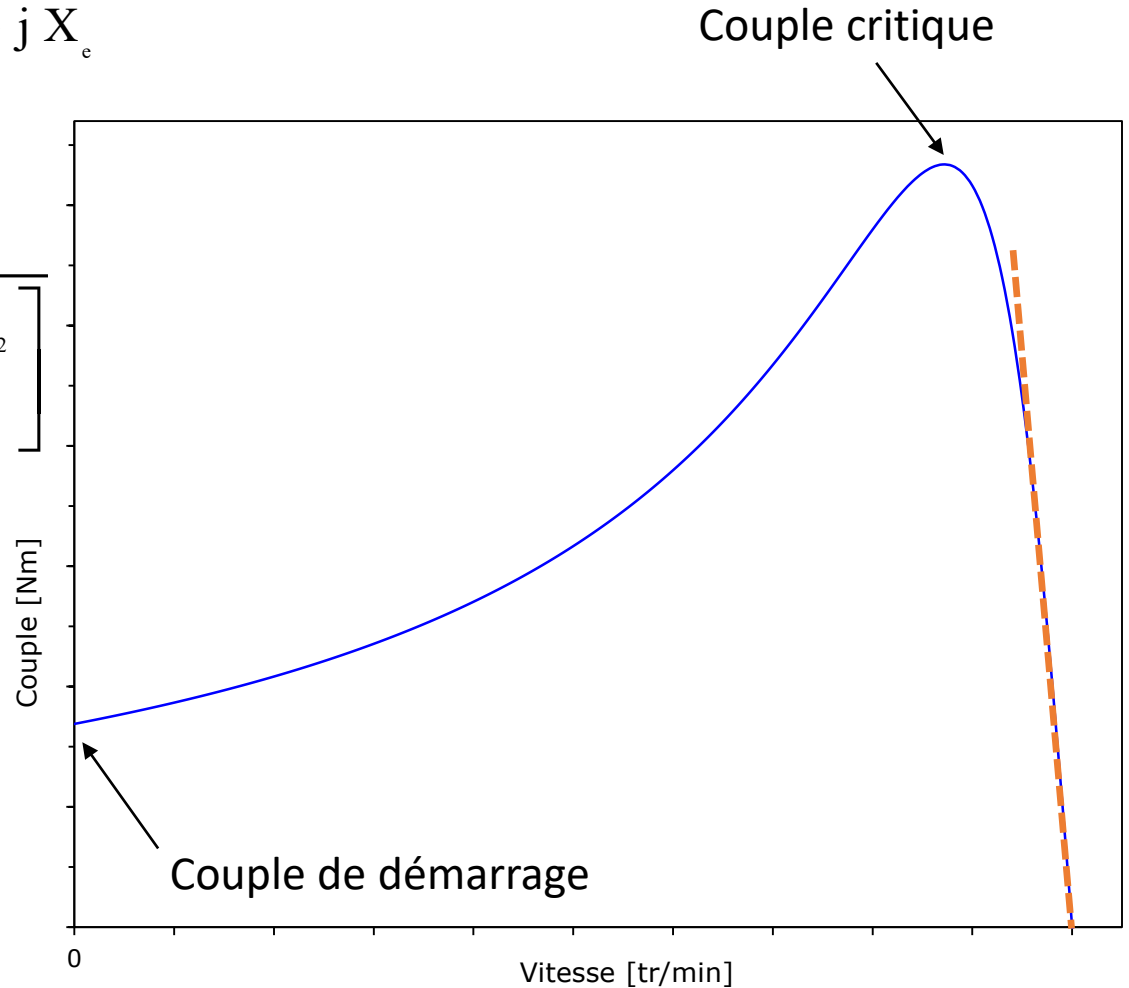
# Caractéristique de couple

$$\underline{U}_e = \underline{U}_s \frac{j X_h}{R_s + j(X_{\sigma s} + X_h)}$$

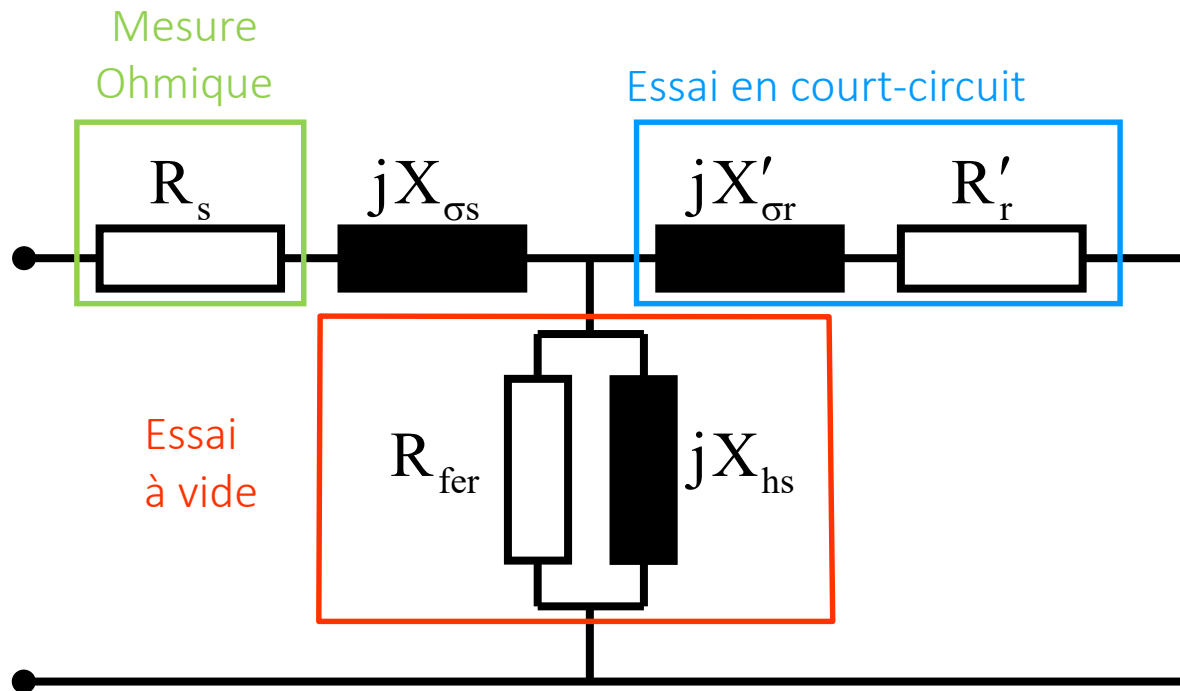
$$\underline{Z}_e = j X_h \frac{R_s + j X_{\sigma s}}{R_s + j(X_{\sigma s} + X_h)} = R_e + j X_e$$

$$T_{em} = \frac{3 U_e^2 \frac{R'_r}{s}}{\Omega_s \left[ \left( R_e + \frac{R'_r}{s} \right)^2 + (X_e + X'_{\sigma r})^2 \right]}$$

$$T_{em} \approx \frac{3 U_e^2}{\Omega_s} \frac{s}{R'_r}$$

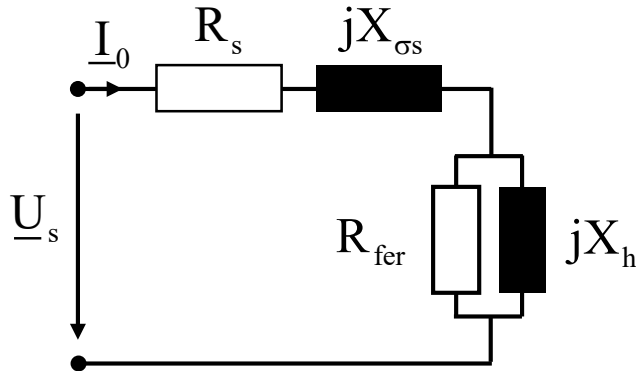


# Détermination des paramètres de la machine asynchrone



# Détermination des paramètres

Essai à vide



- $P_0$  = la puissance active totale
- $U_{s0}$  = la tension stator de phase
- $I_{s0}$  = le courant stator de phase

$$\underline{Z}_0 = R_s + jX_{\sigma s} + \frac{jR_{fer} X_h}{R_{fer} + jX_h} = R_0 + jX_0$$

$$\frac{1}{\underline{Z}_0 - (R_s + jX_{\sigma s})} = \frac{1}{R_{fer}} + \frac{1}{jX_h}$$

$$\begin{cases} R_{fer} = \frac{(R_0 - R_s)^2 + (X_0 - X_{\sigma s})^2}{(R_0 - R_s)} \\ X_h = \frac{(R_0 - R_s)^2 + (X_0 - X_{\sigma s})^2}{(X_0 - X_{\sigma s})} \end{cases}$$

$$|\underline{Z}_0| = \frac{U_{s0}}{I_{s0}}$$

$$\cos \varphi = \frac{P_0 - P_{fv}}{3 U_{s0} I_0}$$

$$\sin \varphi = \sin(\cos^{-1}(\cos \varphi))$$

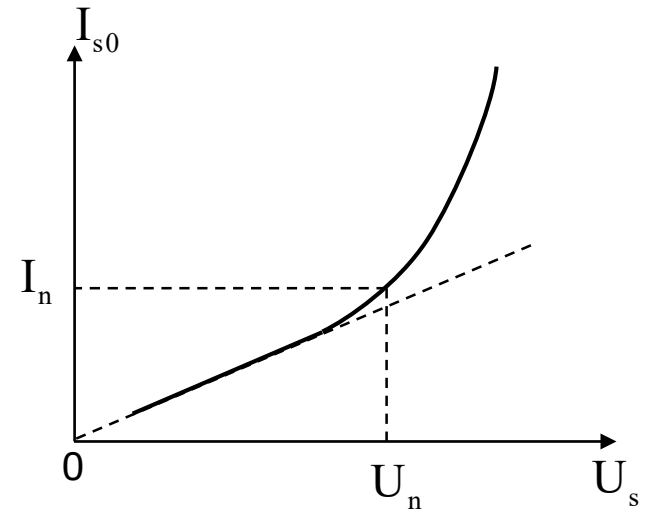
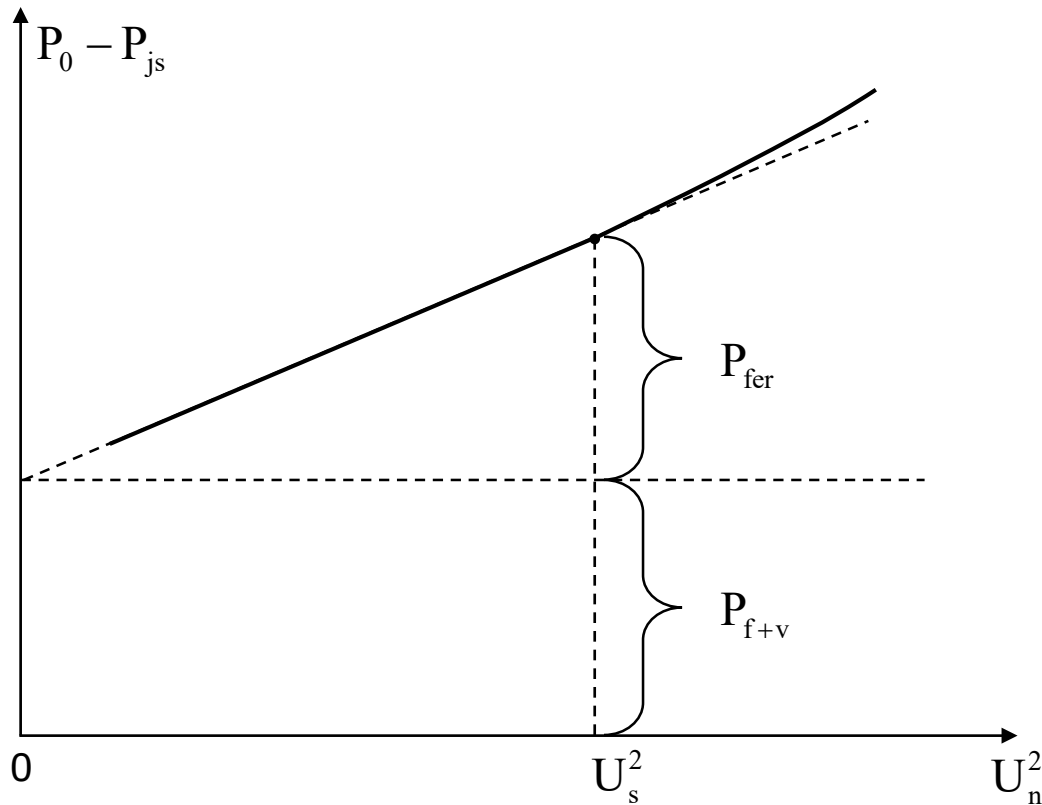
$$\begin{cases} R_0 = |\underline{Z}_0| \cos \varphi \\ X_0 = |\underline{Z}_0| \sin \varphi \end{cases}$$

# Détermination des paramètres

Essai à vide

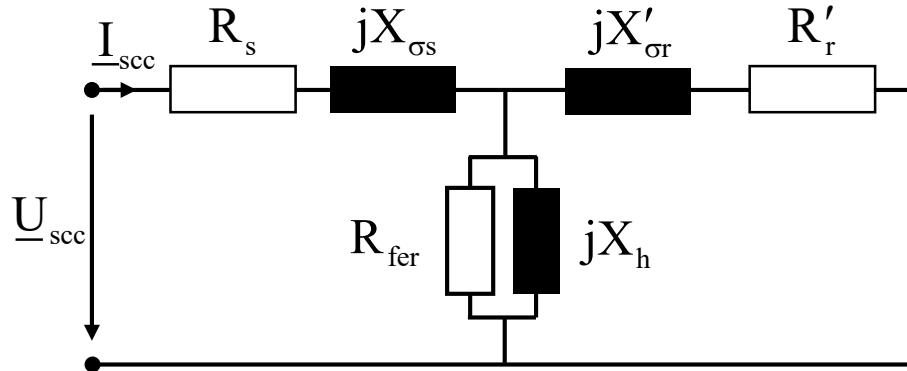
$$P_0 = P_{js} + P_{fer} + P_{fv}$$

$$P_{js} = 3 R_s I_{s0}^2$$



# Détermination des paramètres

Essai en court-circuit (à rotor bloqué)



- $P_{cc}$  = la puissance active totale
- $U_{scc}$  = la tension stator de phase
- $I_{scc}$  = le courant stator de phase

$$\underline{Z}_{cc} = \underline{Z}_s + \frac{\underline{Z}_h \underline{Z}'_r}{\underline{Z}_h + \underline{Z}'_r} = R_{cc} + jX_{cc}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \underline{Z}_s = R_s + jX_{\sigma s} \\ \underline{Z}_h = \frac{jR_{fer} X_h}{R_{fer} + jX_h} \\ \underline{Z}'_r = R'_r + jX'_{\sigma r} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R'_r = \operatorname{Re} \left\{ \frac{1}{\frac{1}{(\underline{Z}_{cc} - \underline{Z}_s)} - \frac{1}{\underline{Z}_h}} \right\} \\ X'_{\sigma r} = \operatorname{Im} \left\{ \frac{1}{\frac{1}{(\underline{Z}_{cc} - \underline{Z}_s)} - \frac{1}{\underline{Z}_h}} \right\} \end{array} \right.$$

$$|\underline{Z}_{cc}| = \frac{U_{scc}}{I_{scc}}$$

$$\cos \varphi = \frac{P_{cc}}{3 U_{scc} I_{scc}}$$

$$\sin \varphi = \sin(\cos^{-1}(\cos \varphi))$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R_{cc} = |\underline{Z}_{cc}| \cos \varphi \\ X_{cc} = |\underline{Z}_{cc}| \sin \varphi \end{array} \right.$$