

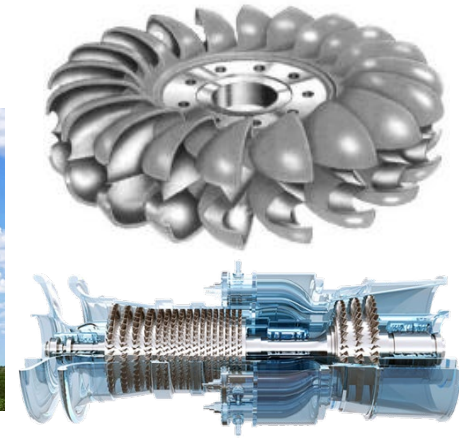
Machines électriques

pour Génie Mécanique

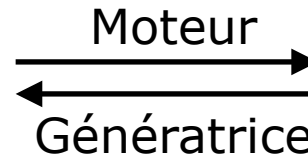
Introduction

André Hodder

Conversion électromécanique

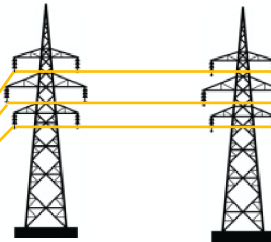
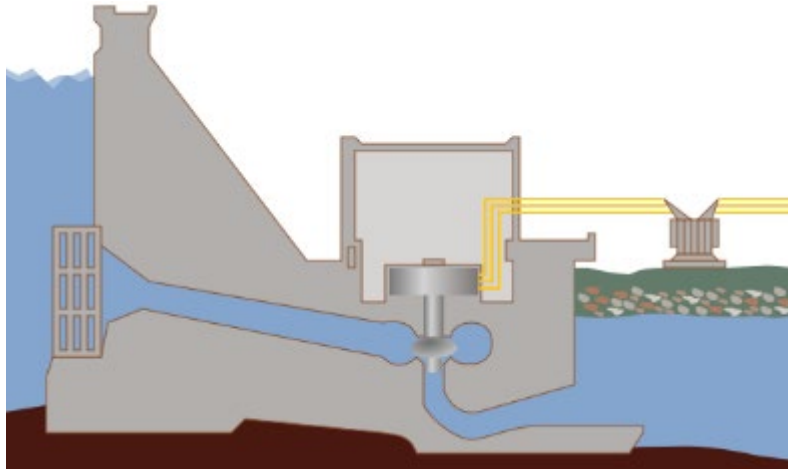


Electrique



Mécanique

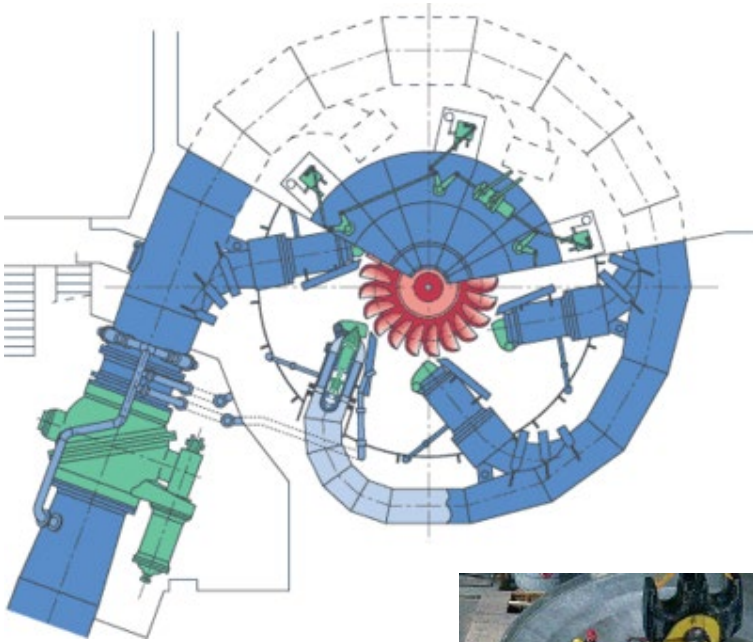
Pourquoi l'énergie électrique ?



Production d'énergie électrique - **Hydro**

Phase de conversion finale pour la production d'énergie électrique

- **Electromécanique**
- Puissances typiques: 0.5 – 500 MW



Source : wikipedia

Production d'énergie électrique - Eolien

Source :
wikipedia
blog.bkw.ch
www.rjb.ch



Phase de conversion finale pour la production d'énergie électrique

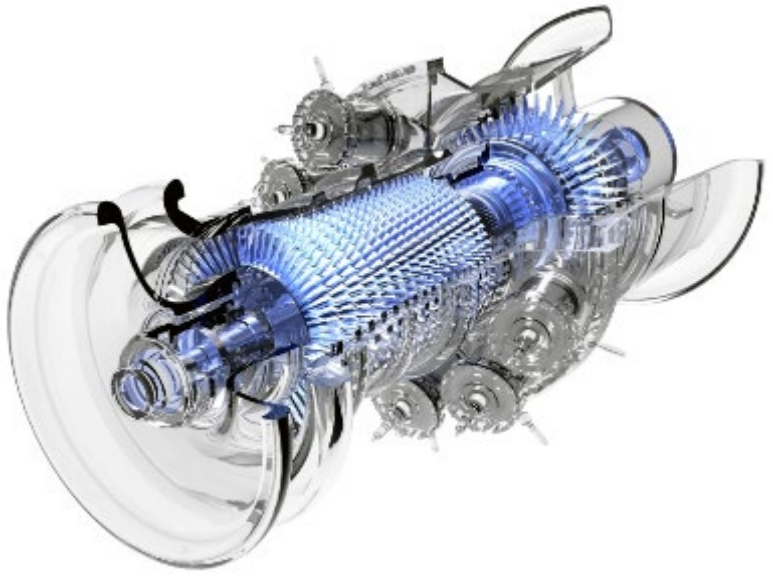
- Electromécanique
- Puissances typiques: 0.1 – 6 MW



Production d'énergie électrique

Cycles thermiques

Cycles gaz (Brayton)



Cycles basés sur la vapeur

- charbon
- pétrole
- cycles combinés (gaz-vapeur)
- combustibles nucléaires



Phase de conversion finale pour la production d'énergie électrique

- **Electromécanique**
- Puissances typiques:
0.1 – 200 MW

Phase de conversion finale pour la production d'énergie électrique

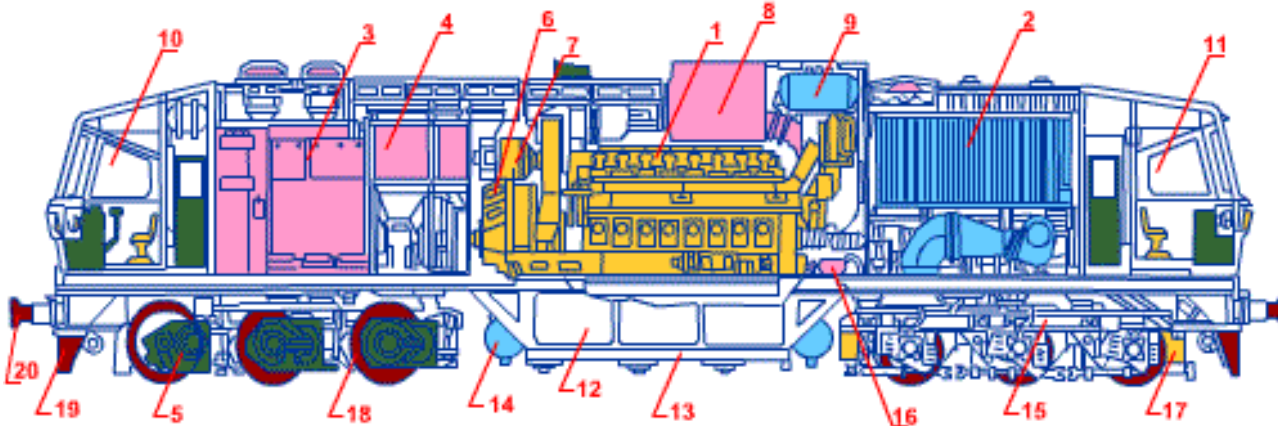
- **Electromécanique**
- Puissances typiques:
10 – 500 MW

Traction ferroviaire

Locomotive Diesel-électrique



Puissance (totale) : 4.8 MW
2 moteur diesel



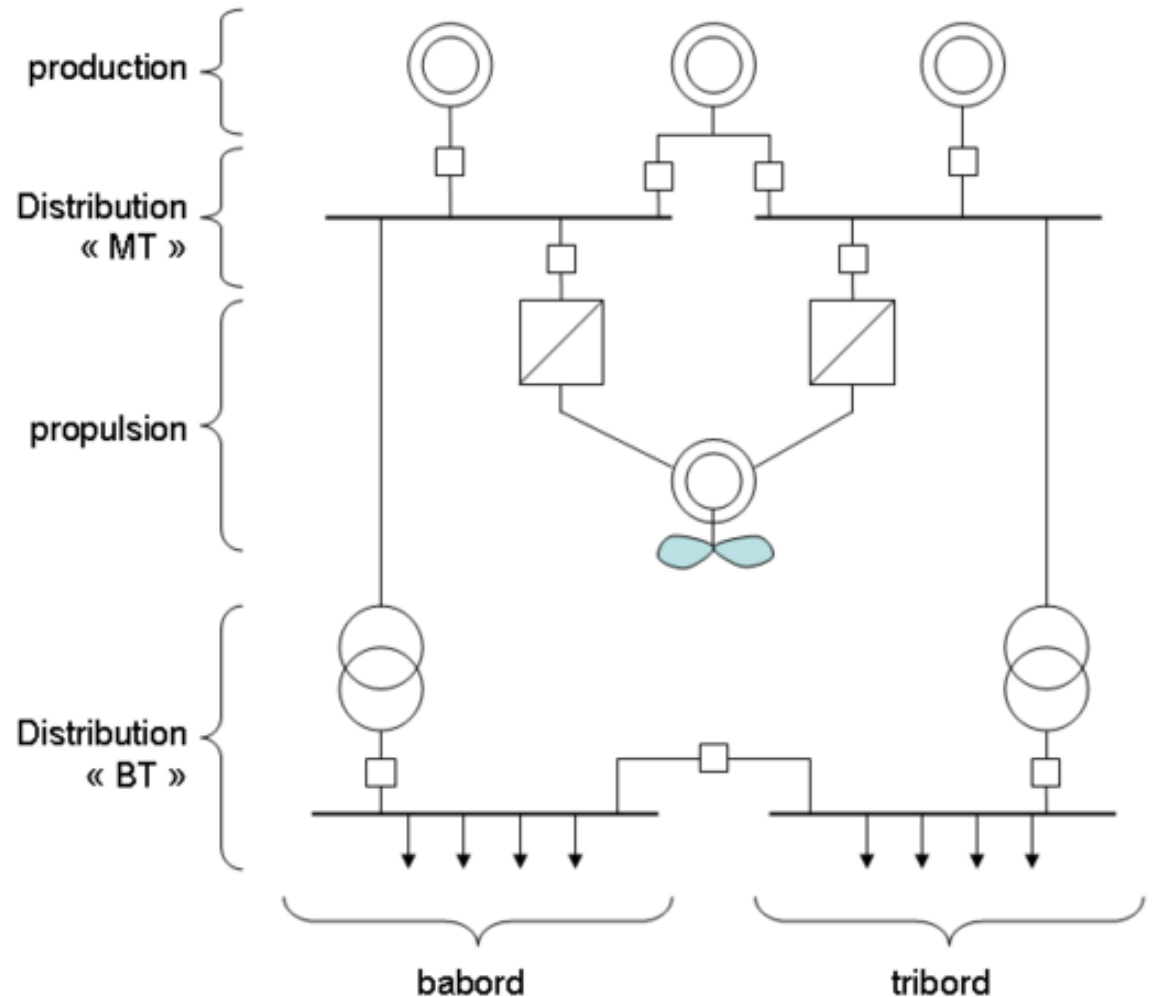
Locomotive électrique



Puissance (totale) : 6 MW
4 moteurs asynchrones

- 1 — Moteur Diesel
- 5 — Moteur électrique de traction
- 6 — Générateur

Propulsion électrique dans la marine



Vibreux de téléphone



Source :
[quora.com](https://www.quora.com)
[imore.com](https://www.imore.com)



Source :
lilium.com

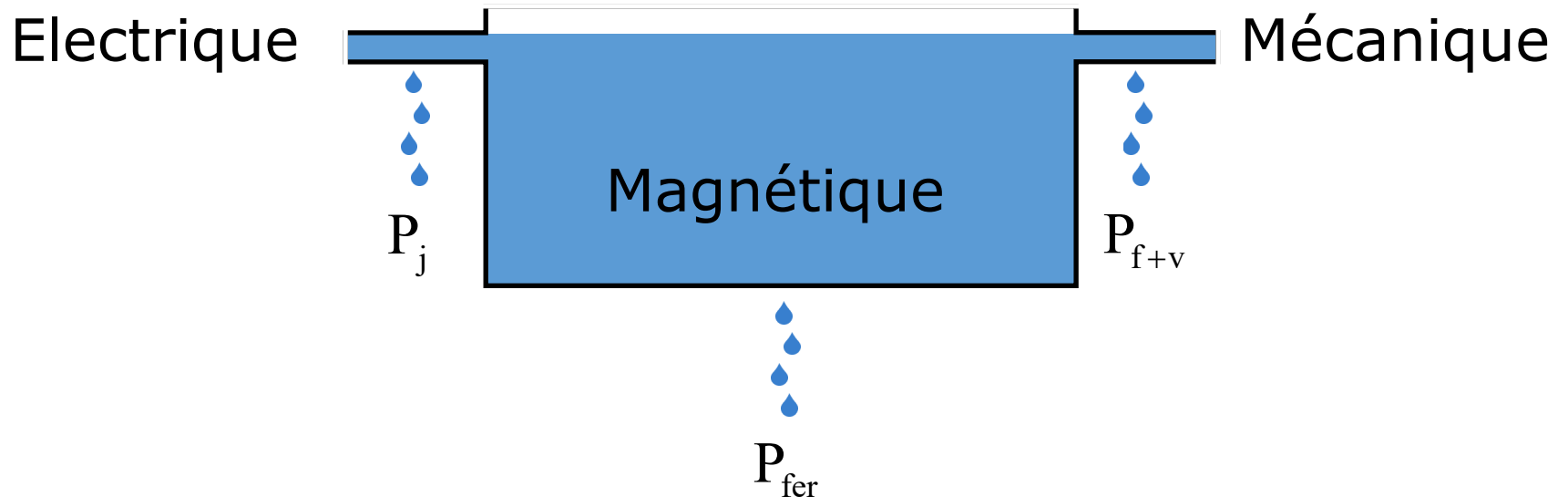
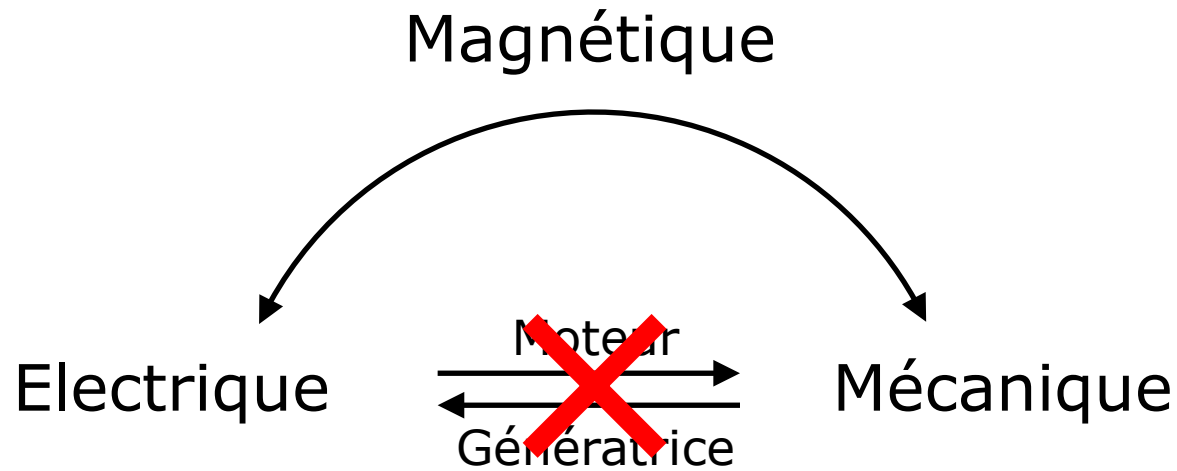


Source : h55.ch



Source :
tesla.com
largus.fr
carvolution.com
peugeot.ch

Conversion d'énergie électromécanique

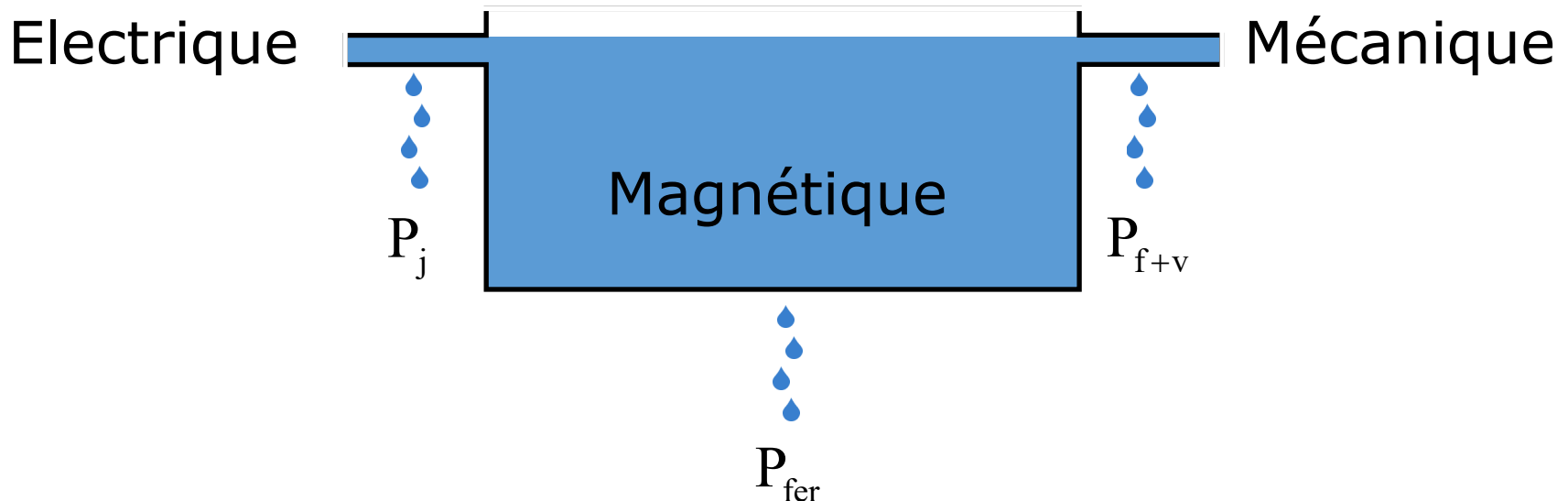


Couple électromagnétique

Conversion d'énergie électromécanique (4 formes d'énergie) :

- énergie électrique
- énergie mécanique
- énergie thermique (pertes)
- énergie magnétique (emmagasinée dans le champ de couplage)

$$W_{\text{mag}} = \frac{1}{2} L i^2 \quad -\frac{\partial W_{\text{mag}}}{\partial \theta_m} = T_{\text{em}}$$



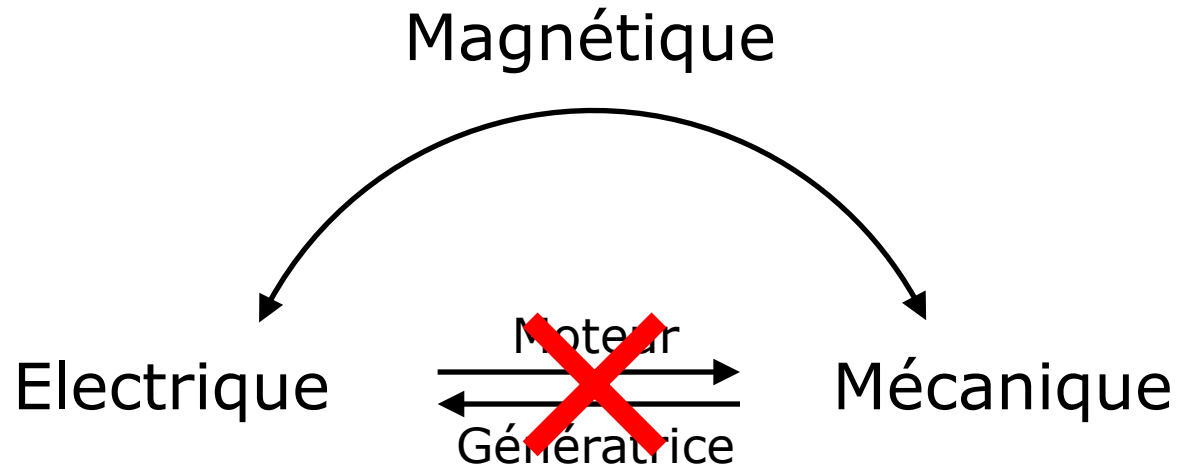
Couple électromagnétique

Loi de Newton :

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

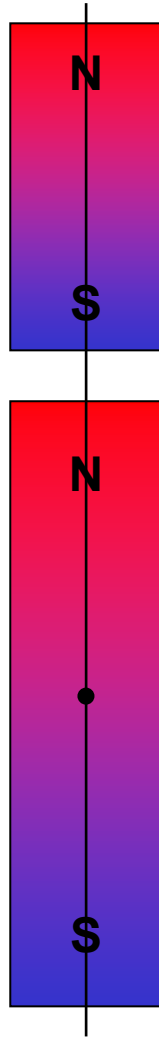
$$\Sigma T = J \frac{d\Omega}{dt}$$

$$\frac{T_{\text{em}} - T_{\text{frottements}}}{J} = \frac{d\Omega}{dt}$$



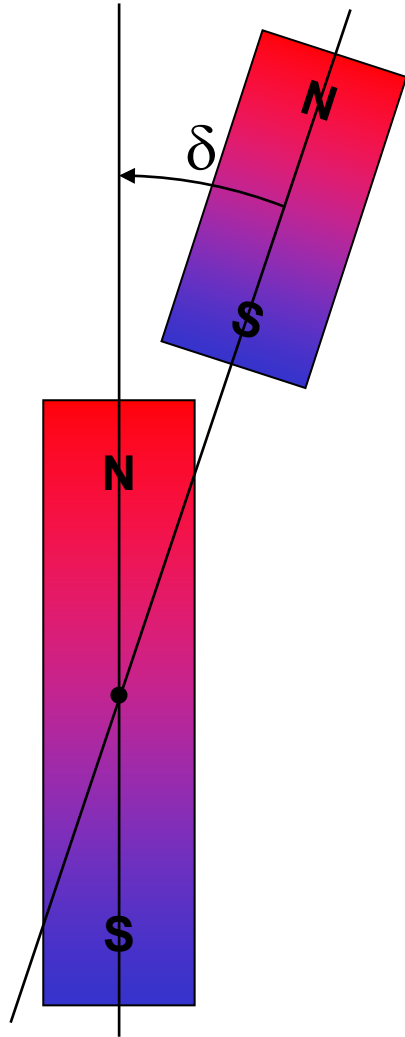
Couple électromagnétique

Génération d'un couple par interaction de champs magnétiques



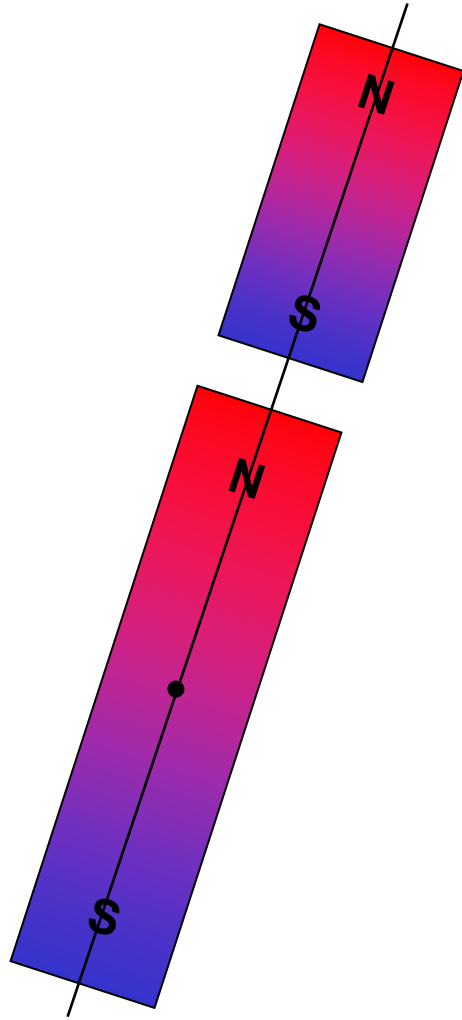
Couple électromagnétique

Génération d'un couple par interaction de champs magnétiques



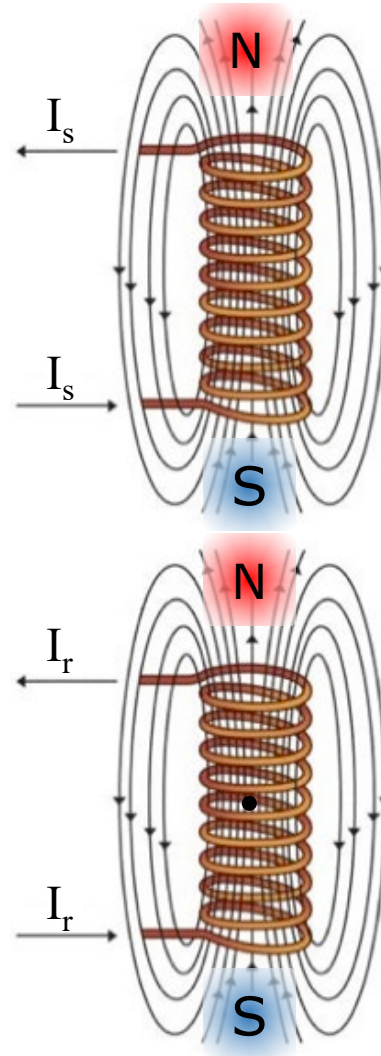
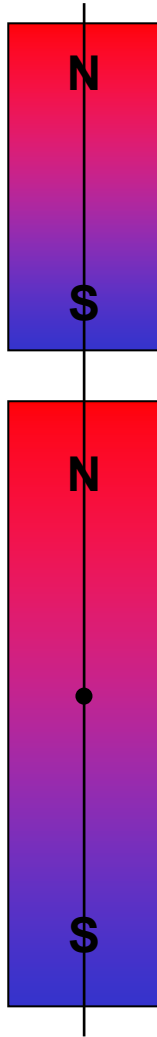
Couple électromagnétique

Génération d'un couple par interaction de champs magnétiques



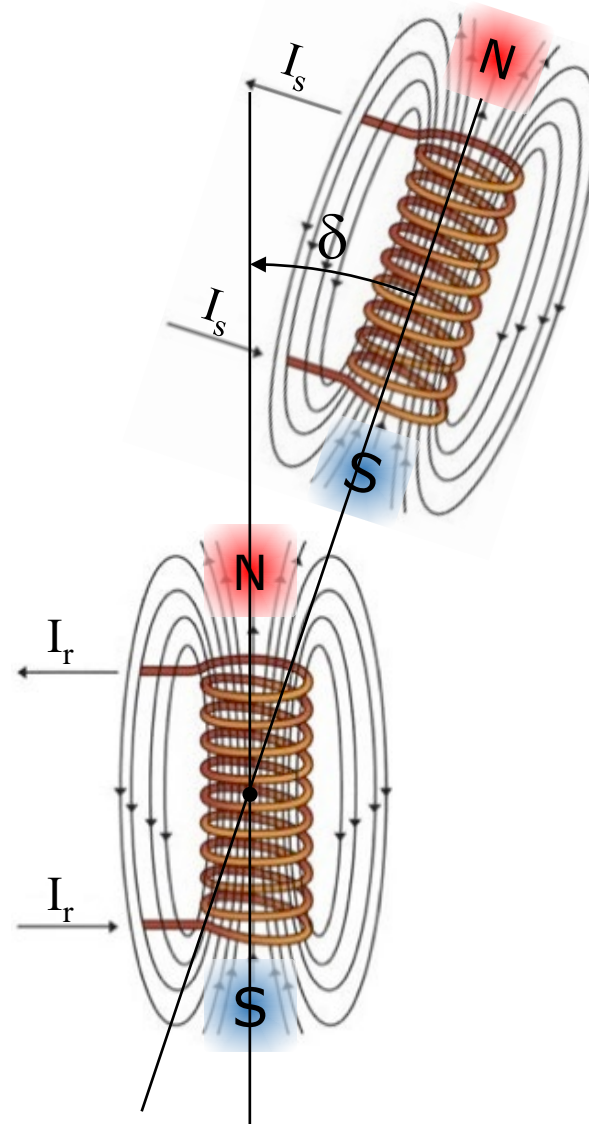
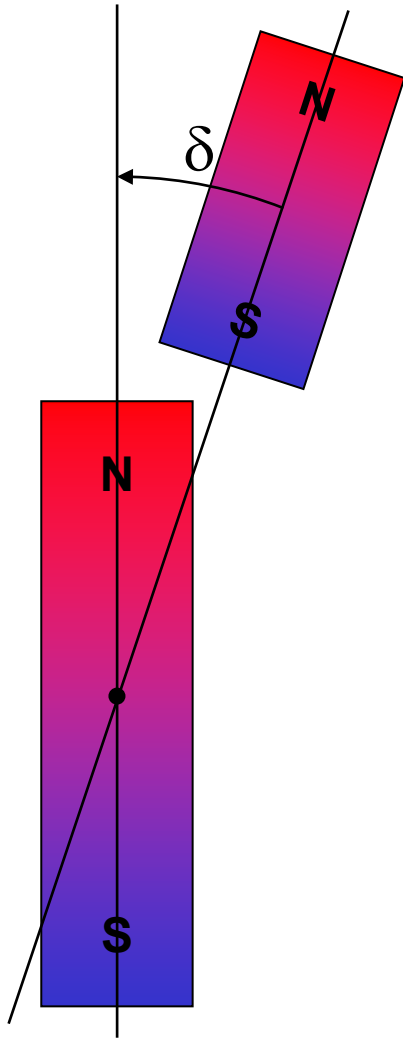
Couple électromagnétique

Génération d'un couple par interaction de champs magnétiques



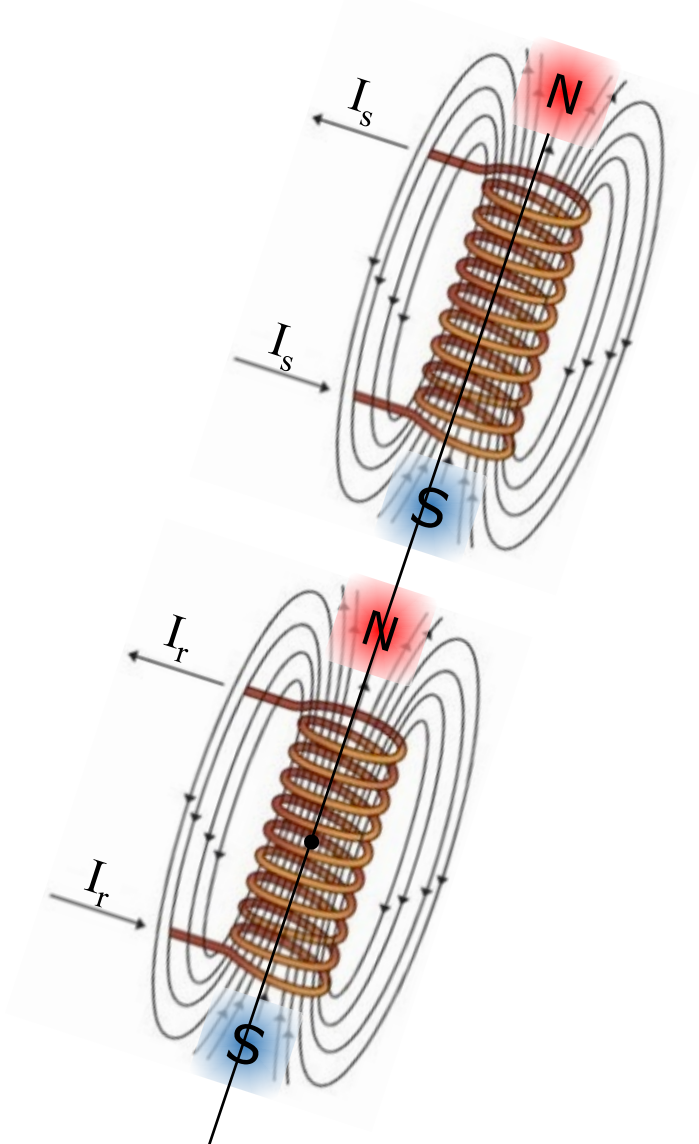
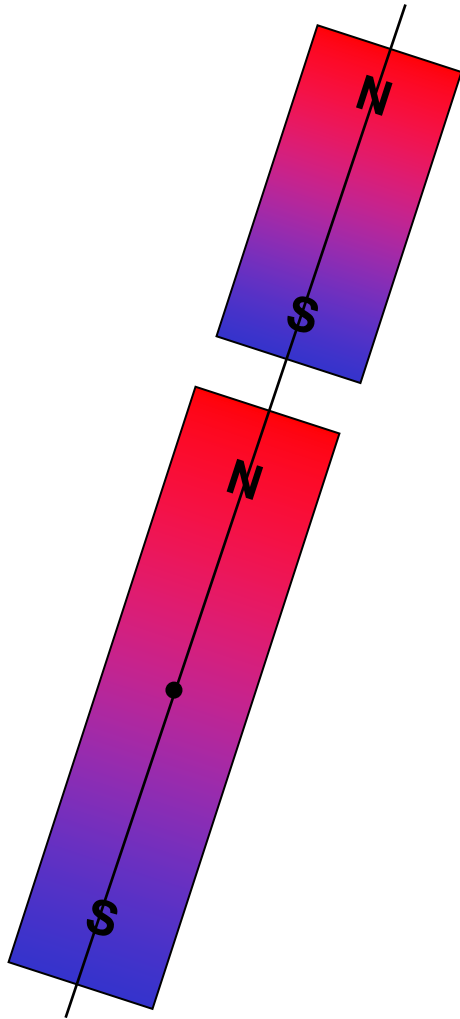
Couple électromagnétique

Génération d'un couple par interaction de champs magnétiques



Couple électromagnétique

Génération d'un couple par interaction de champs magnétiques

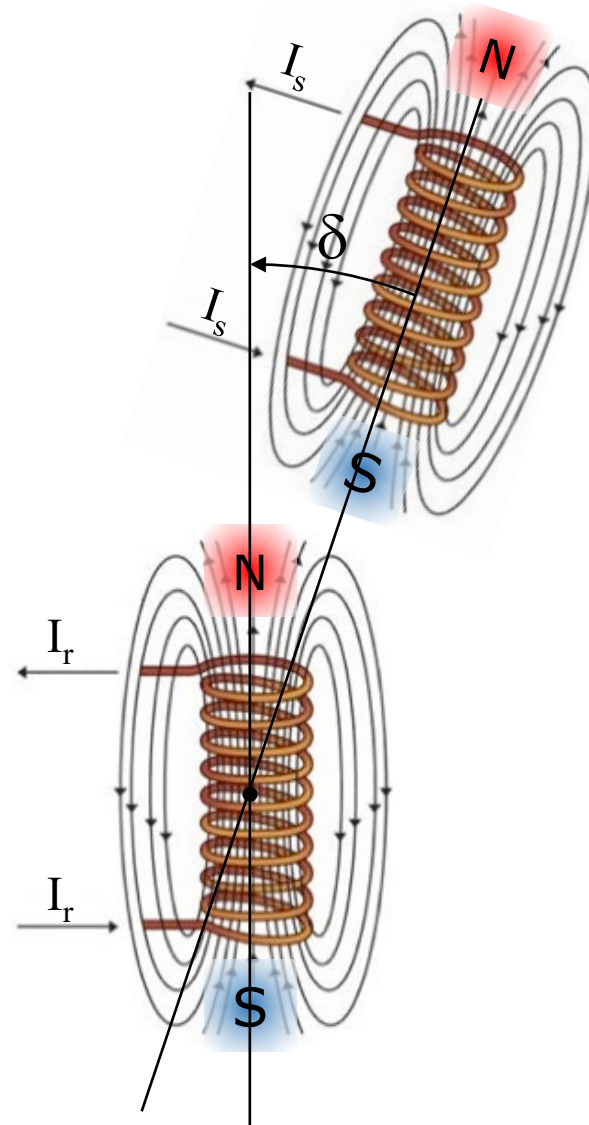


Couple électromagnétique

Génération d'un couple par interaction de champs magnétiques

$$T_{\text{em}} = k \hat{\mathbf{B}}_s \hat{\mathbf{B}}_r p \sin \delta$$

↑
Nombre de paires de pôles



Couple électromagnétique

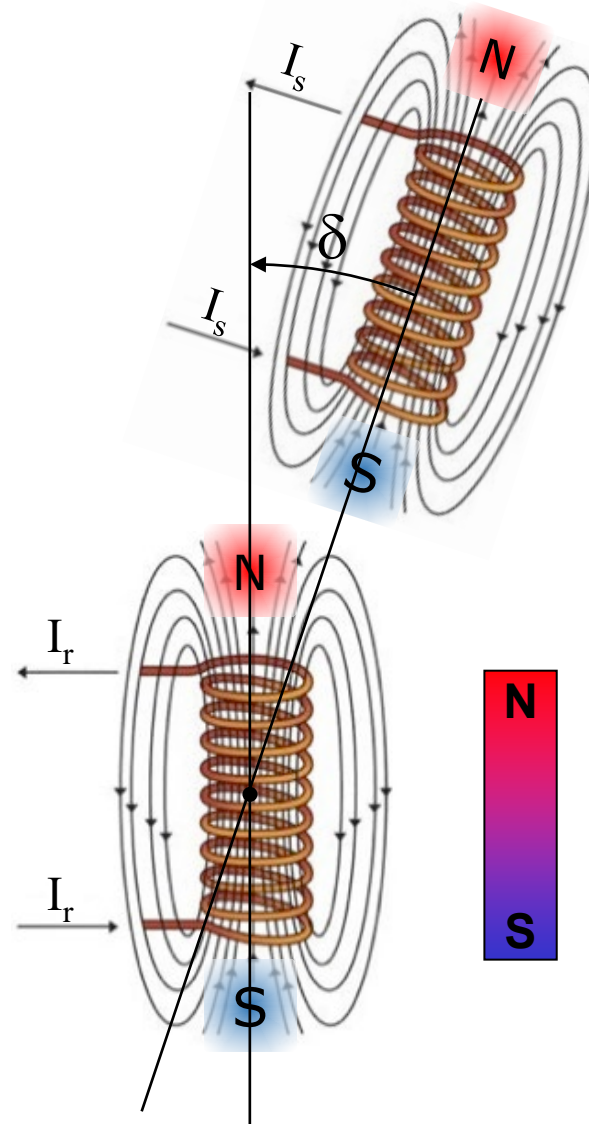
Génération d'un couple par interaction de champs magnétiques

$$T_{em} = k \hat{B}_s \hat{B}_r p \sin \delta$$

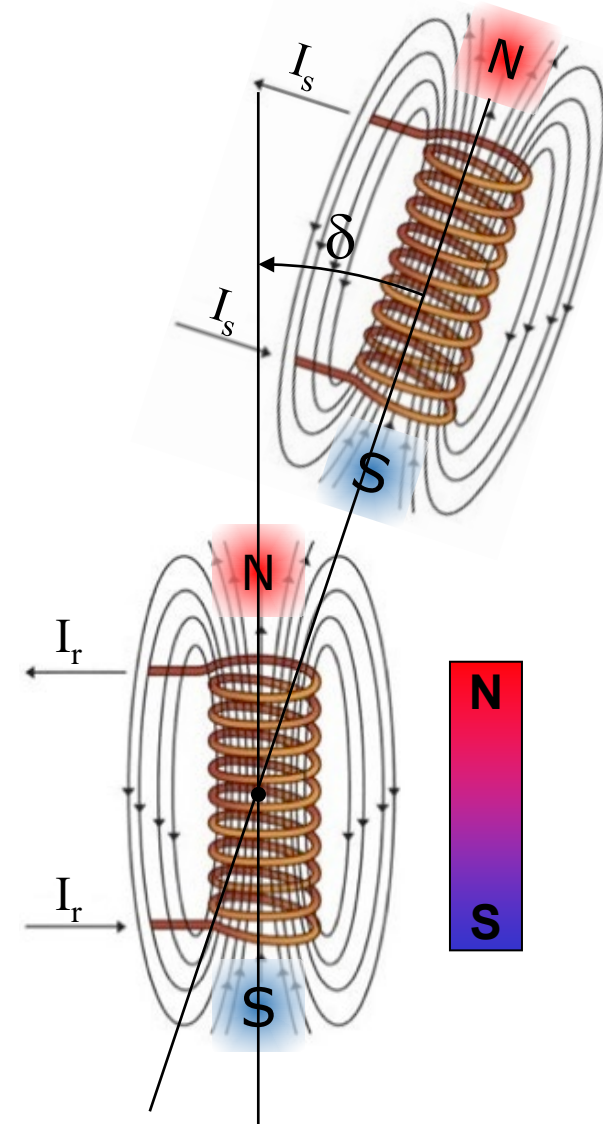
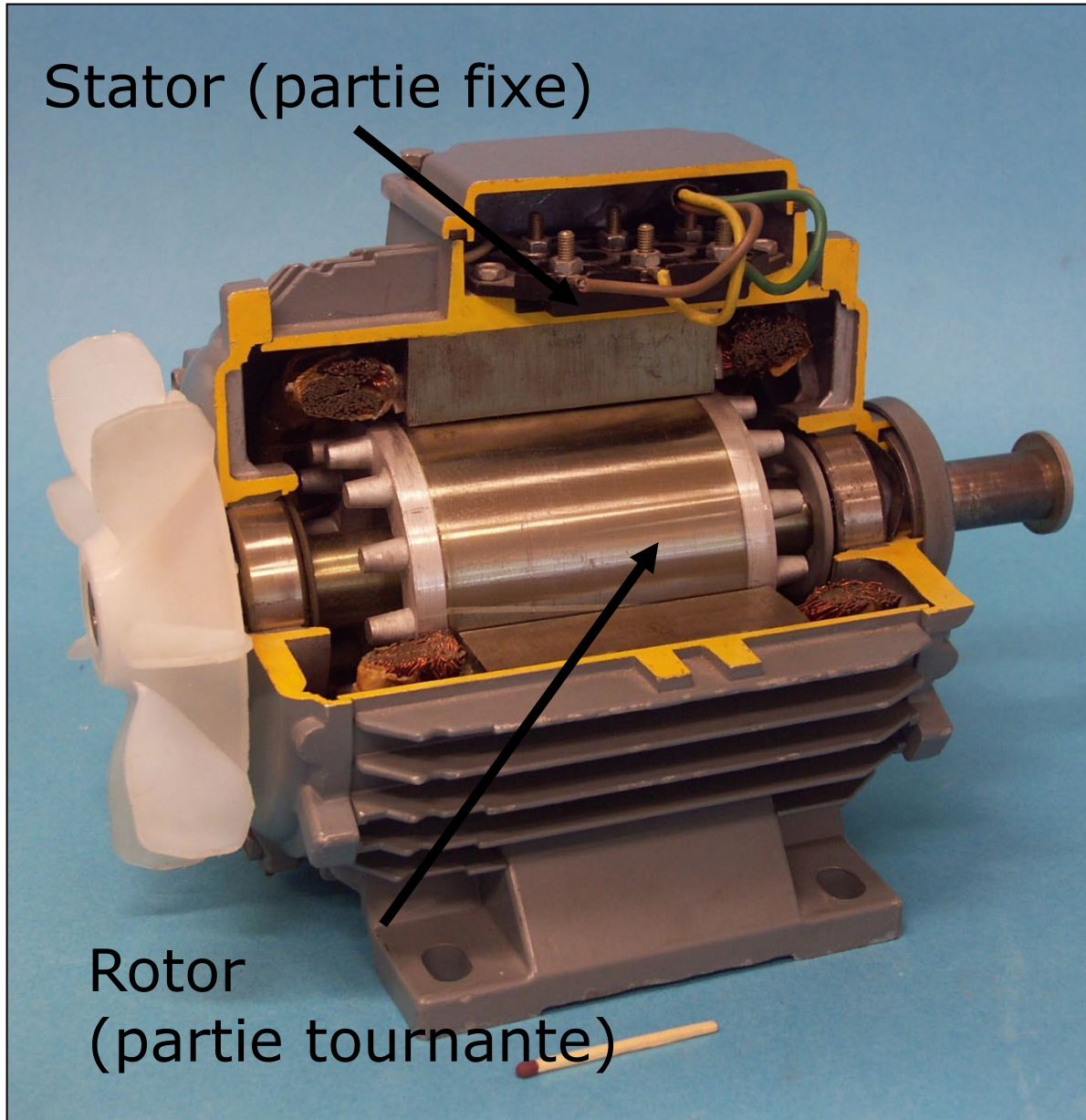
Nombre de paires de pôles

Différents types de machines :

- Machine asynchrone
- Machine à courant continu
- Machine synchrone
- Moteur synchrone à aimants permanents
- Moteur pas à pas



Constitution d'une machine électrique



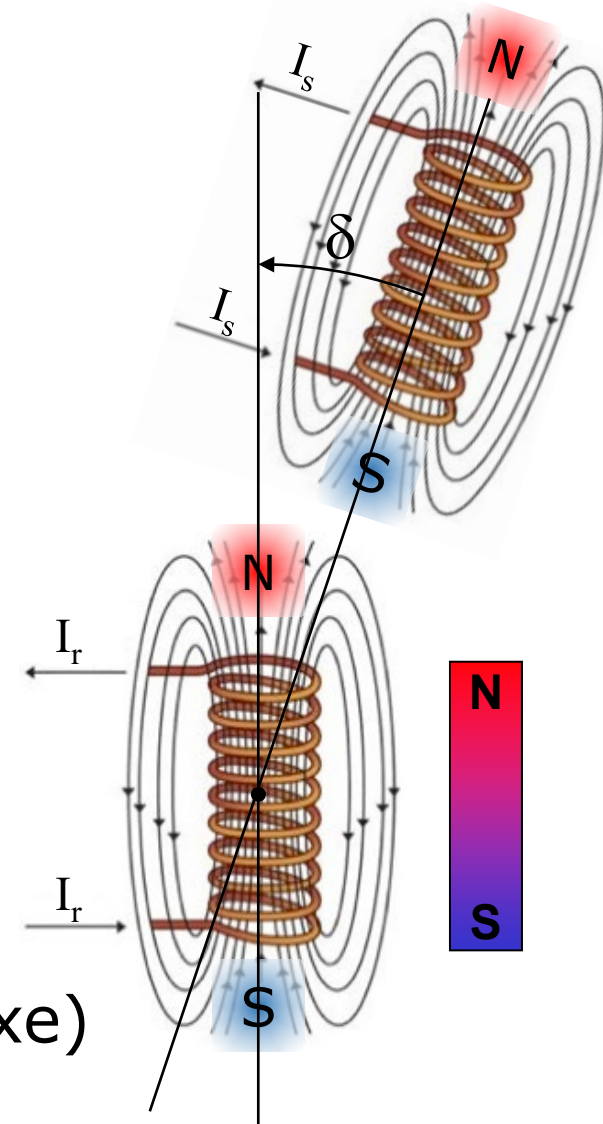
Constitution d'une machine électrique

Outrunner

Rotor
(partie tournante)

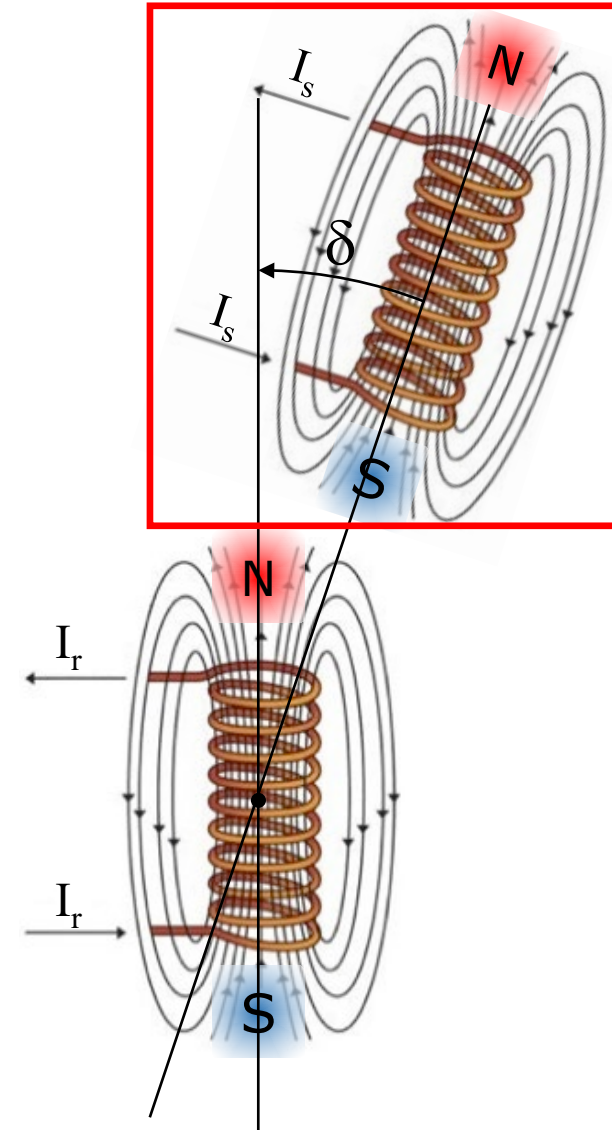
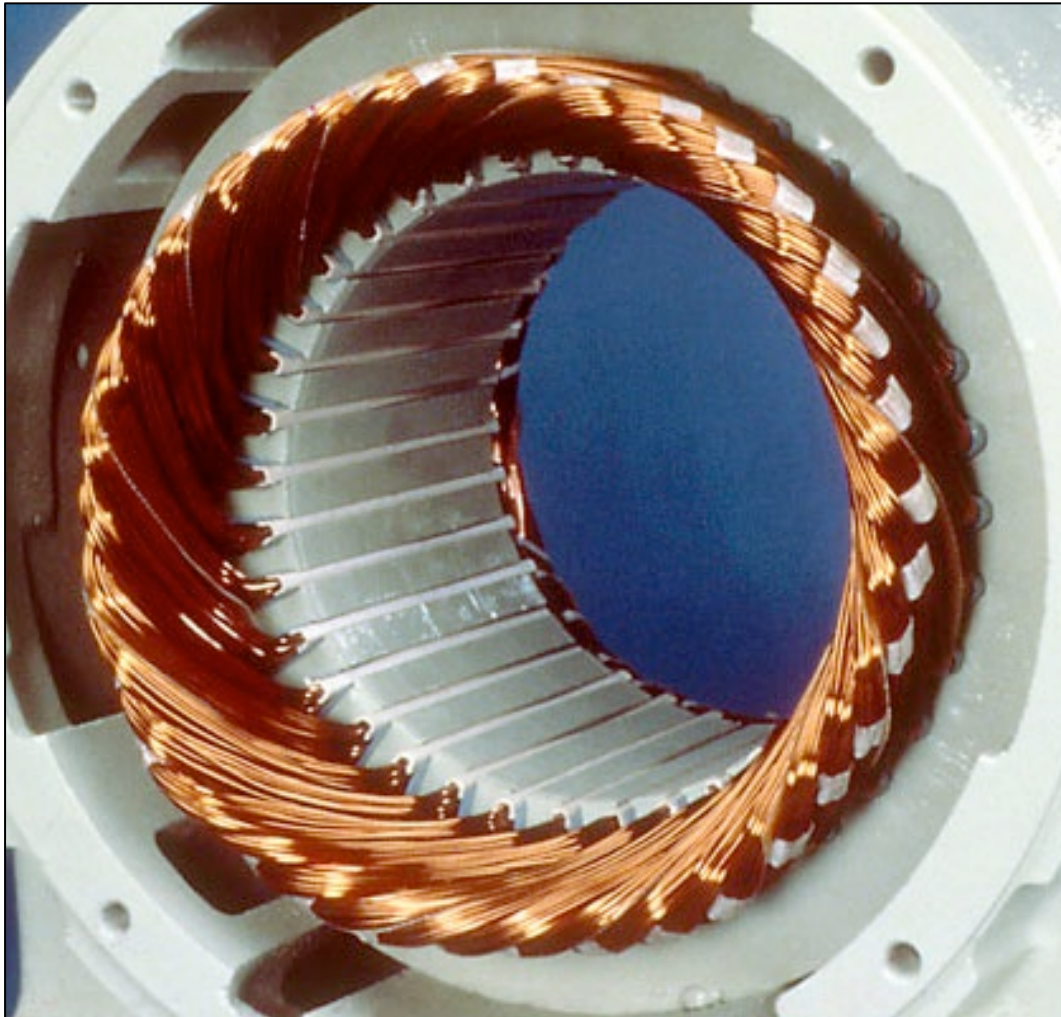


Stator (partie fixe)

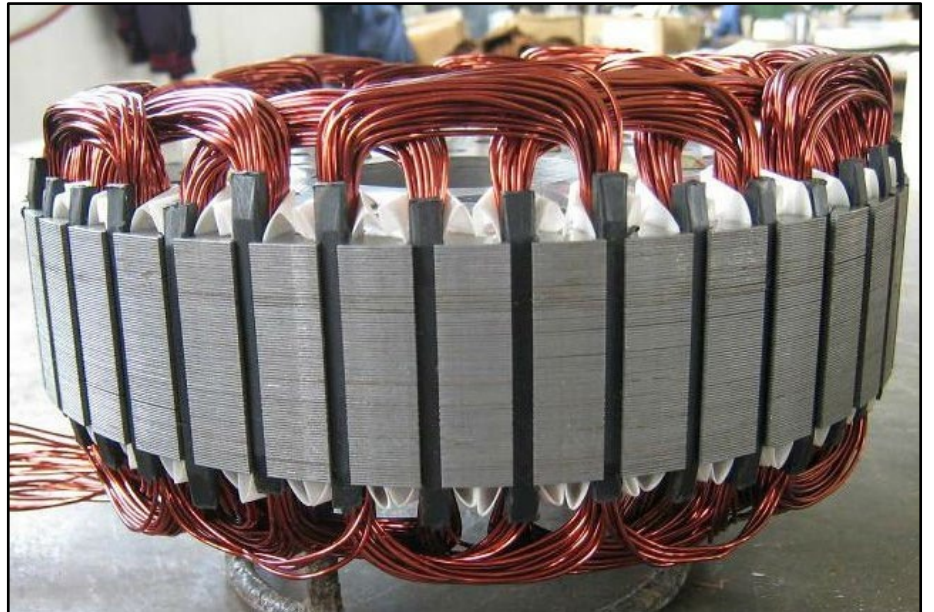
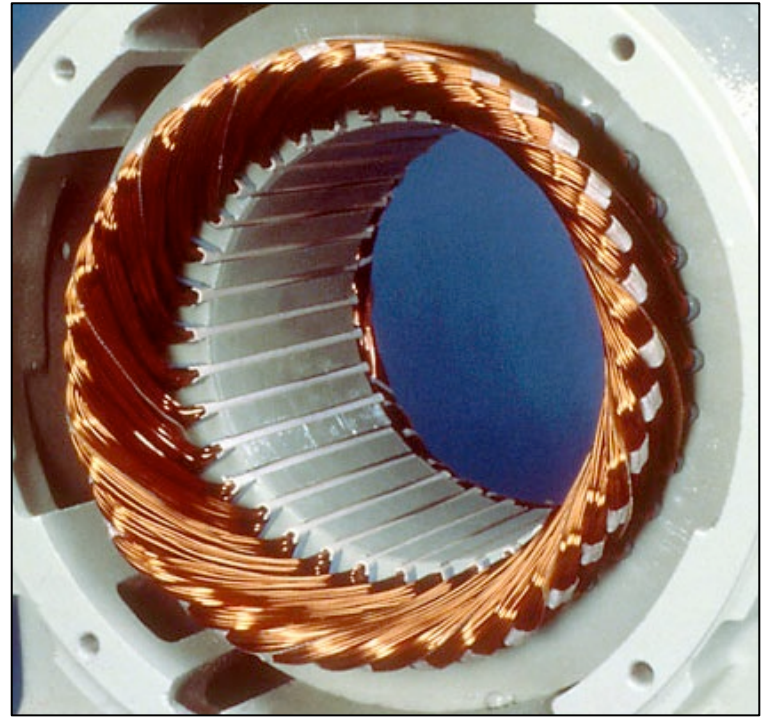
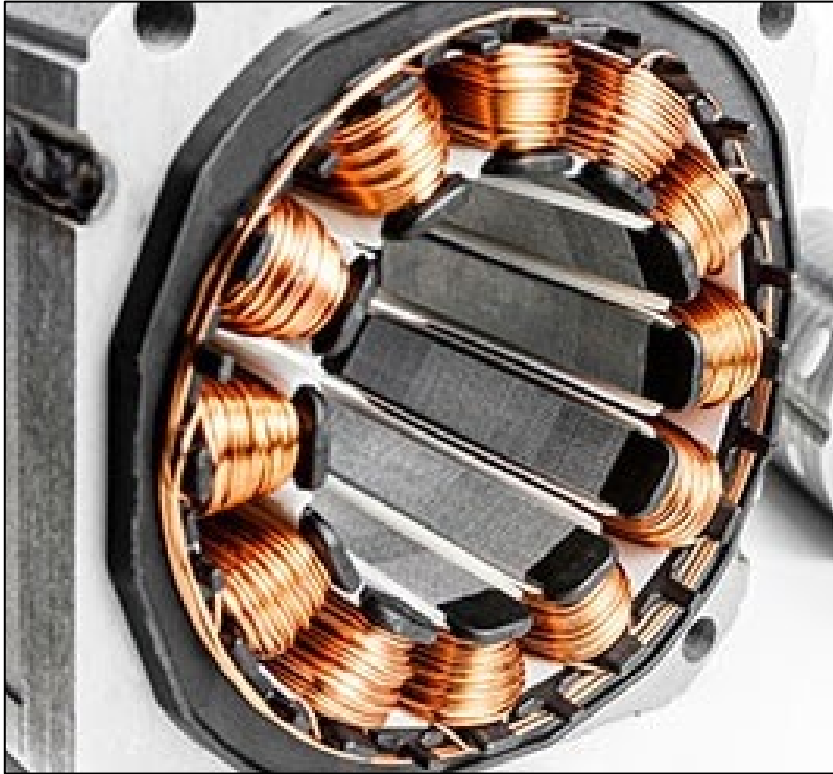


Champ d'induction magnétique créé au stator

Le champ d'induction magnétique au stator est créé par un courant électrique présent dans un enroulement (bobines).



Stator



Couple électromagnétique

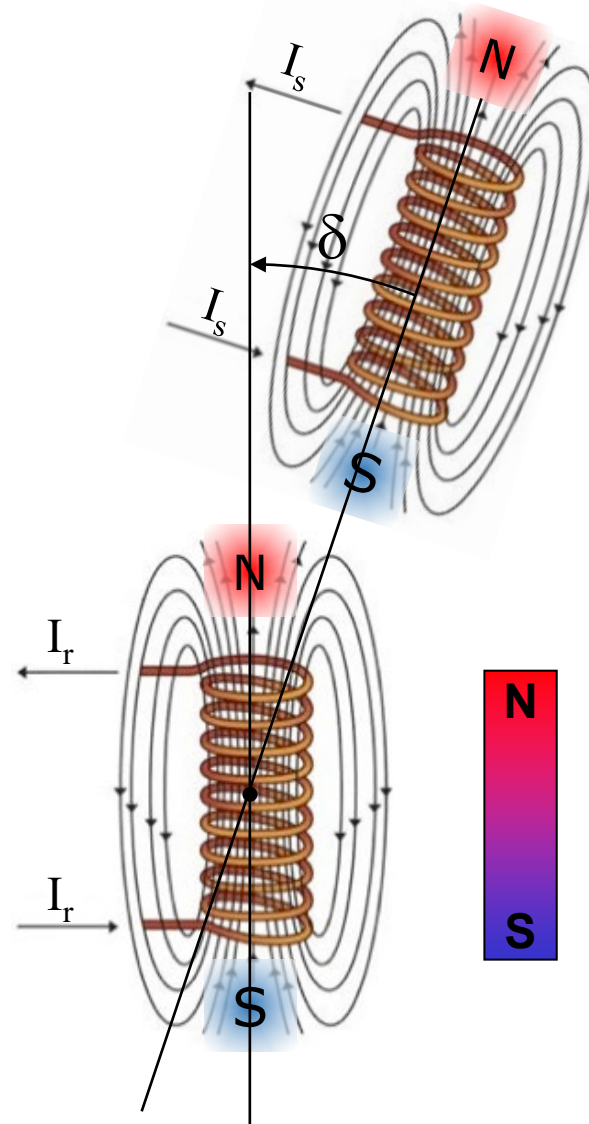
Génération d'un couple par interaction de champs magnétiques

$$T_{em} = k \hat{B}_s \hat{B}_r p \sin \delta$$

Nombre de paires de pôles

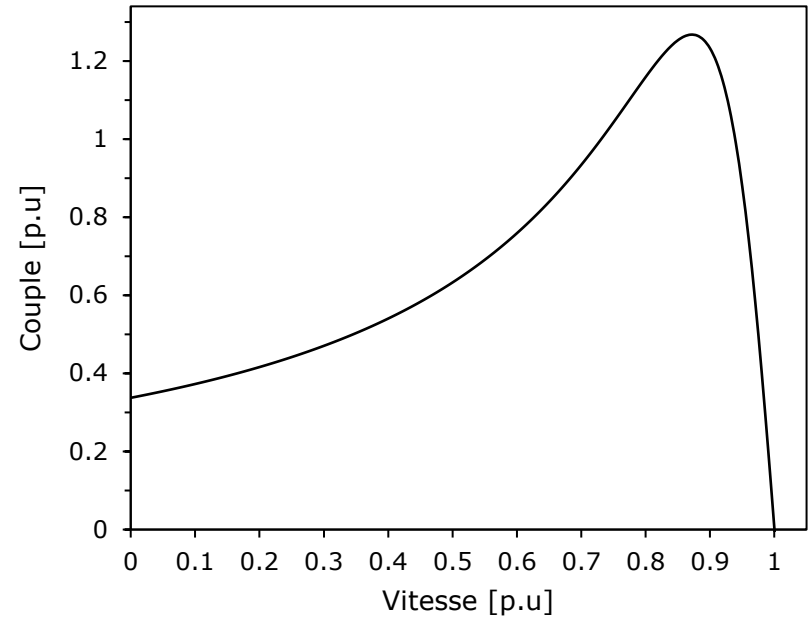
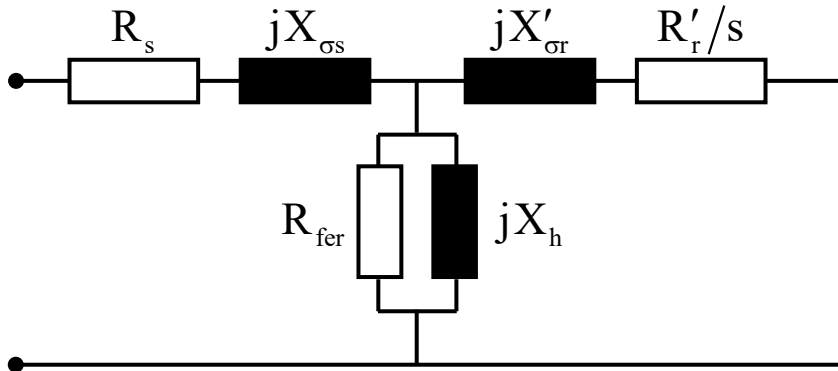
Différents types de machines :

- Machine asynchrone
- Machine à courant continu
- Machine synchrone
- Moteur synchrone à aimants permanents
- Moteur pas à pas

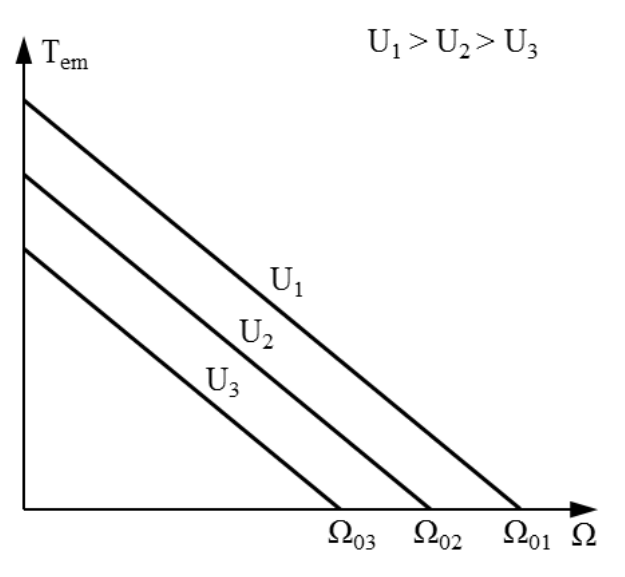
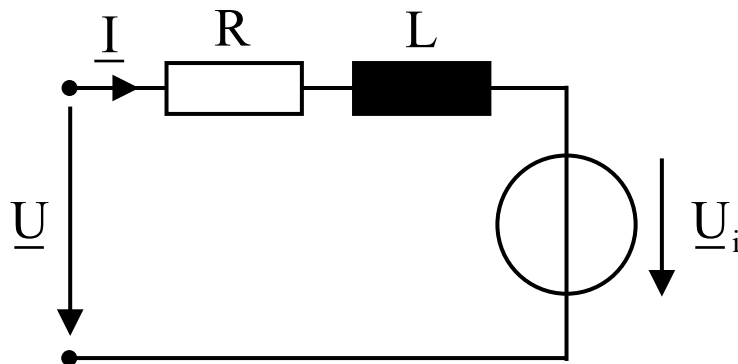


Caractéristique de couple et schémas équivalents

Machine asynchrone



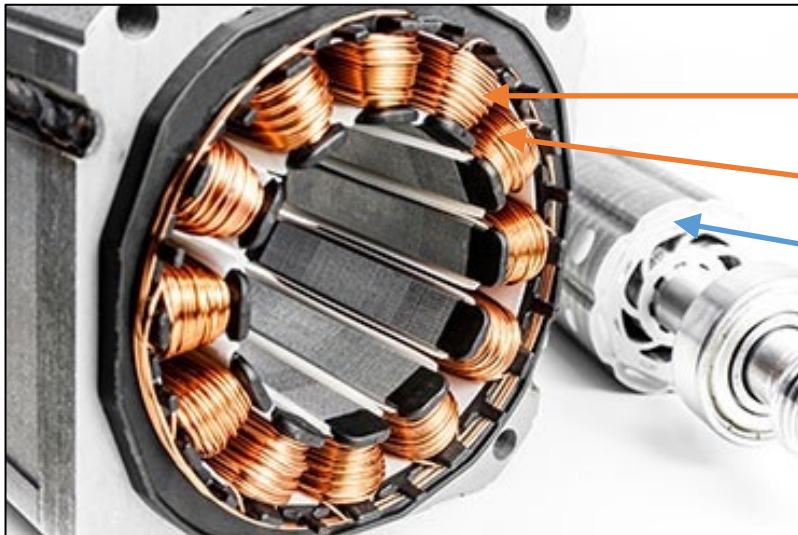
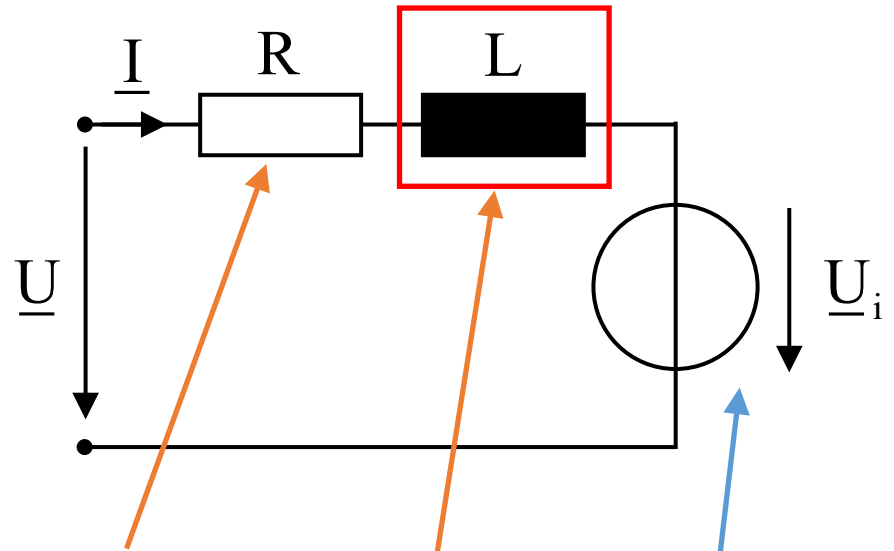
Moteur synchrone à aimants permanents



Inductances



Schéma équivalent d'un moteur synchrone à aimants permanents



Résistance (du fil de la bobine)

Inductance (de la bobine)

Effet de la rotation du rotor

Inductances

Schéma équivalent d'une machine à courant continu

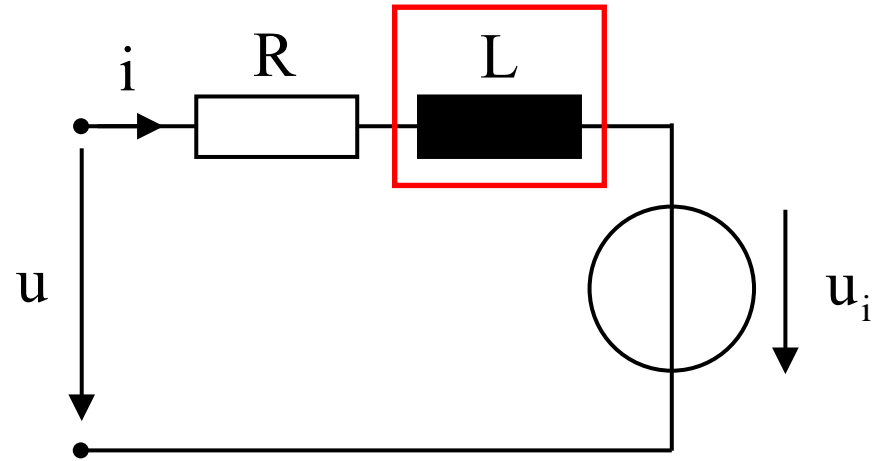
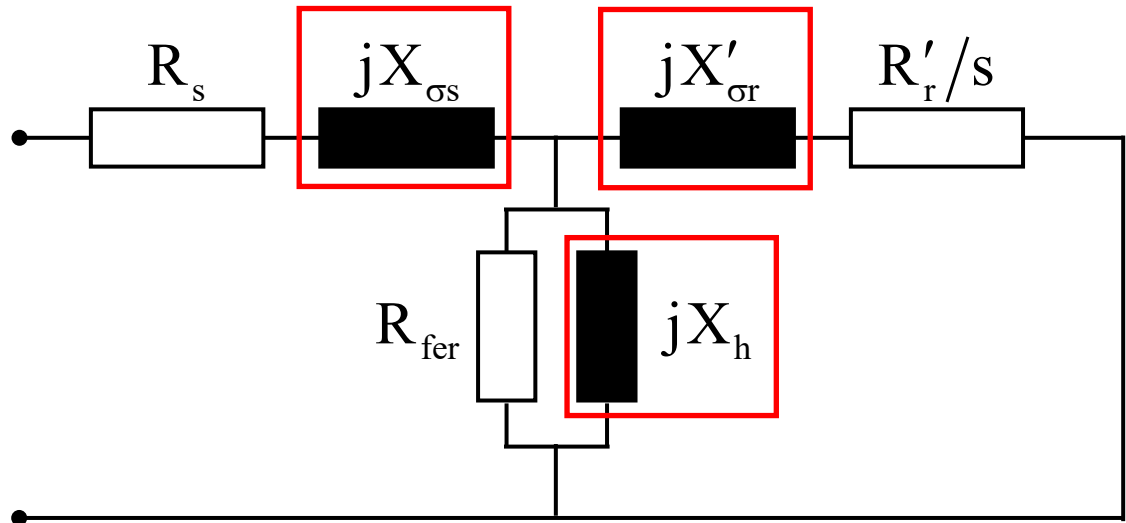


Schéma équivalent d'une machine asynchrone



$$X = \omega L \text{ } [\Omega]$$

Inductances

Différentes inductances :

- Inductance propre
 - Inductance de fuite
 - Inductance de champ principal
- Inductance mutuelle

$$L = \frac{\Psi}{i} = N^2 \Lambda \quad [\text{H}]$$

$$L_{21} = \frac{\Psi_2}{i_1} = N_1 N_2 \Lambda_{21}$$

Perméance : $\Lambda = \mu \frac{S}{l}$

μ : perméabilité

S : section

l : longueur moyenne

Flux totalisé : Ψ