EPFL

Rappel : Calcul d'une force :

— Dérivée de l'énergie :

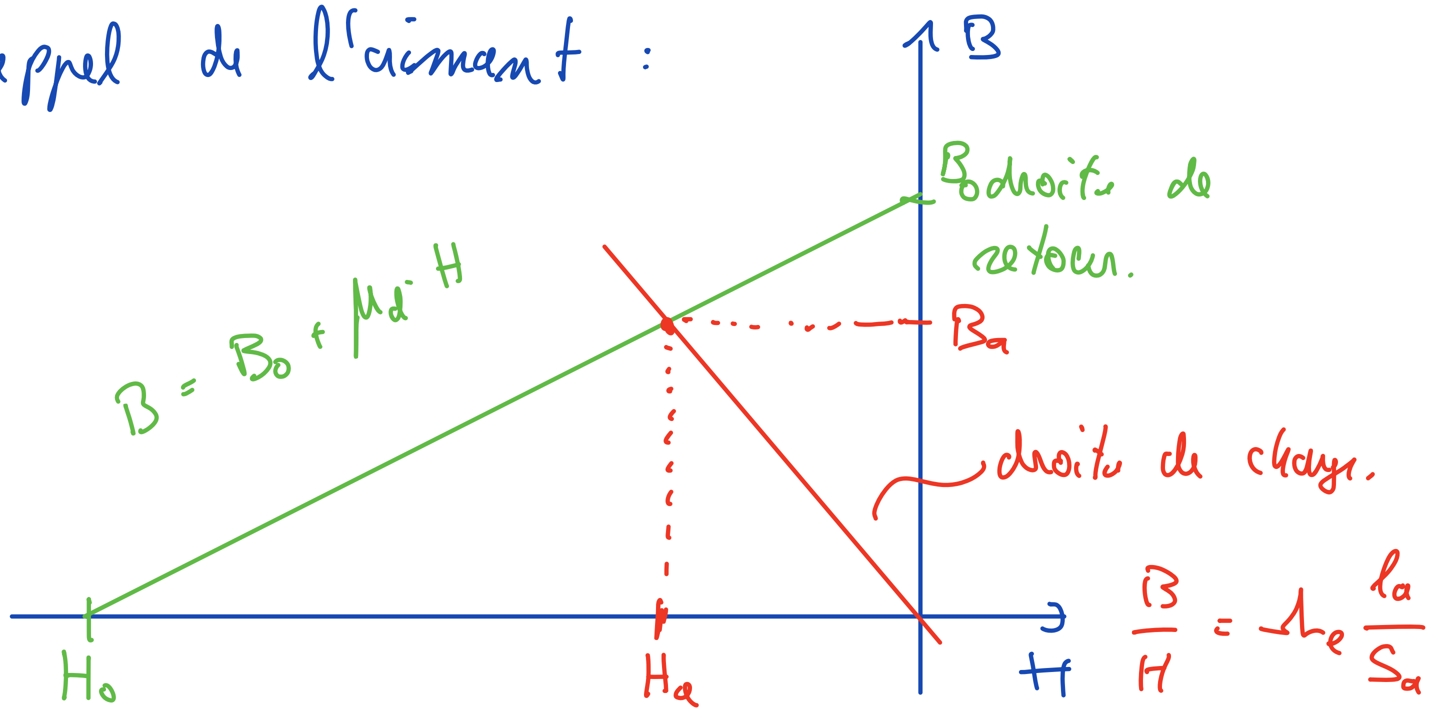
$$F_x = \frac{1}{2}\frac{dL}{dx}\, i^2 = \frac{1}{2}\frac{d\Lambda}{dx}\,\theta_s^2$$

$$\Lambda = \frac{\mu \cdot S}{\ell}$$

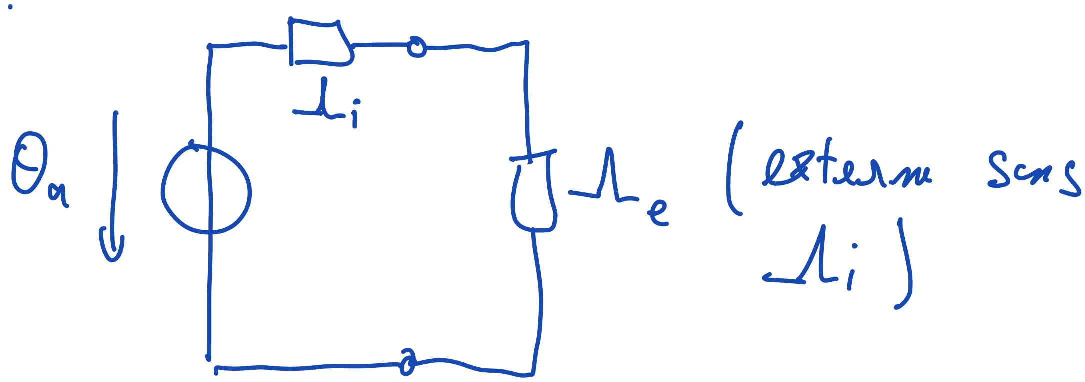
— Tenseur de Maxwell :

— Laplace

Rappel de l'aimant :



Modèle :



$$F_x = \frac{1}{2} \frac{d\Lambda_{tot}}{dx} \Theta_a^2$$

Si on a aimant et bobine ensemble :

$$F_x = \frac{1}{2}\frac{d\Lambda_b}{dx}\Theta_b^2 + \frac{1}{2}\frac{d\Lambda_a}{dx}\Theta_a^2 + \underbrace{\frac{d\Lambda_{ab}}{dx}\Theta_a\Theta_b}_{\text{équivalent à Laplace}}$$

$$F = \frac{d\Lambda_{ab}}{dx}\Theta_a \cdot \Theta_b$$

$$u = R\cdot i + \frac{d\psi}{dt}$$

$$= R\cdot i + \underbrace{L\frac{di}{dt}}_{\text{Tension induite de transformation}} + \underbrace{\frac{d\psi_{ab}}{dt}}_{\text{Tension induite de mouvement}}$$

$$\frac{d\psi_{ab}}{dt} = \frac{d(N\cdot\Phi_{ab})}{dt} = \frac{d(N\cdot\Theta_a\cdot\Lambda_{ab})}{dt}$$

$$= \underbrace{N\cdot\Theta_a\cdot\frac{d\Lambda_{ab}}{dx}}_{K}\cdot\frac{dx}{dt} = K\cdot v = U_{i\,mcf}$$

$$K = N\cdot\Theta_a\cdot\frac{d\Lambda_{ab}}{dx} = \frac{F_x}{i}$$

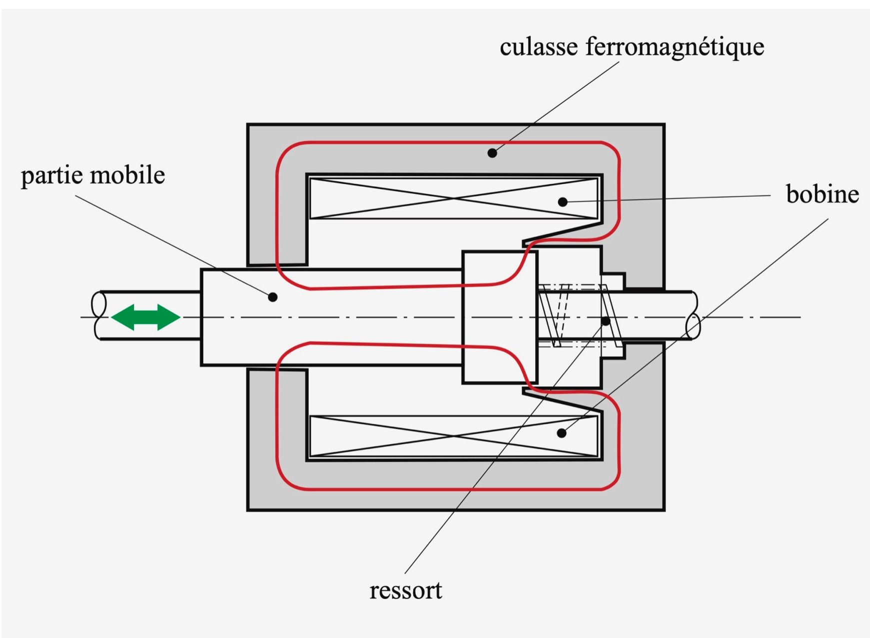
$$\Longrightarrow \quad F_x = K \cdot i$$

Classification :

basé sur l'observation de l'aimant :

1. Sans aimant
2. Avec aimant $\left\langle \begin{array}{l} \text{Fixe} \\ \text{Mobile} \end{array} \right.$

a) Système sans aimant : Réluctant



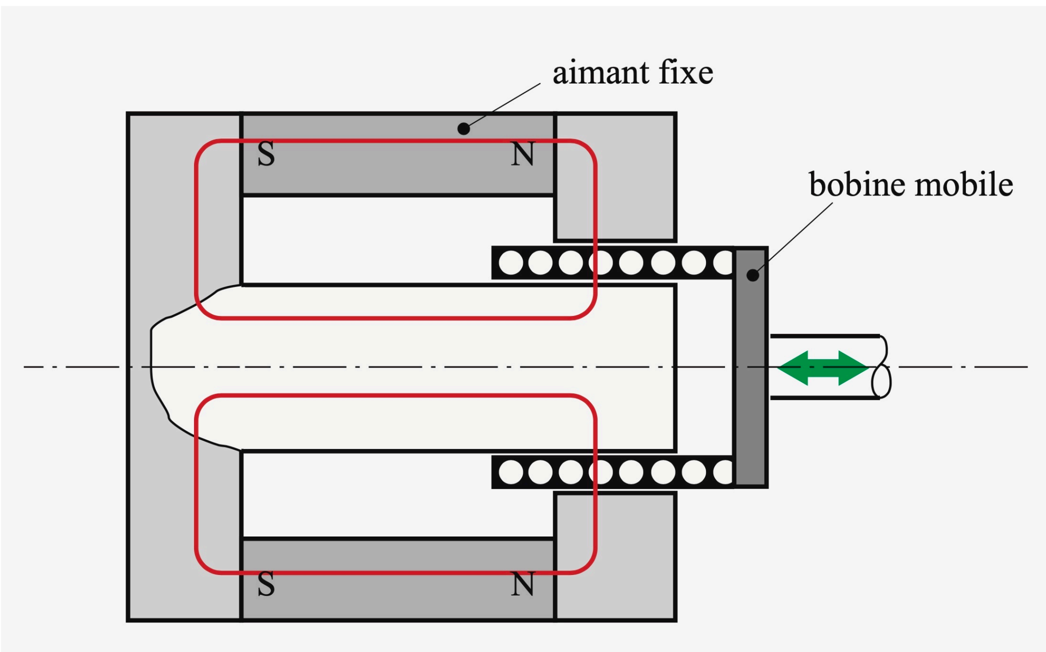
$$F = \frac{1}{2}\frac{dL}{dx} \cdot i^2 = \frac{1}{2}\frac{d\Lambda}{dx}\Theta_b^2$$

Avantage : - bon marché

Inconvénient - rendement mauvais
- Bruit
- $F \sim i^2$

b) Système Electrodynamique (voice-coil)

On a 1 bob et 1 aimant fixe
↳ mobile.



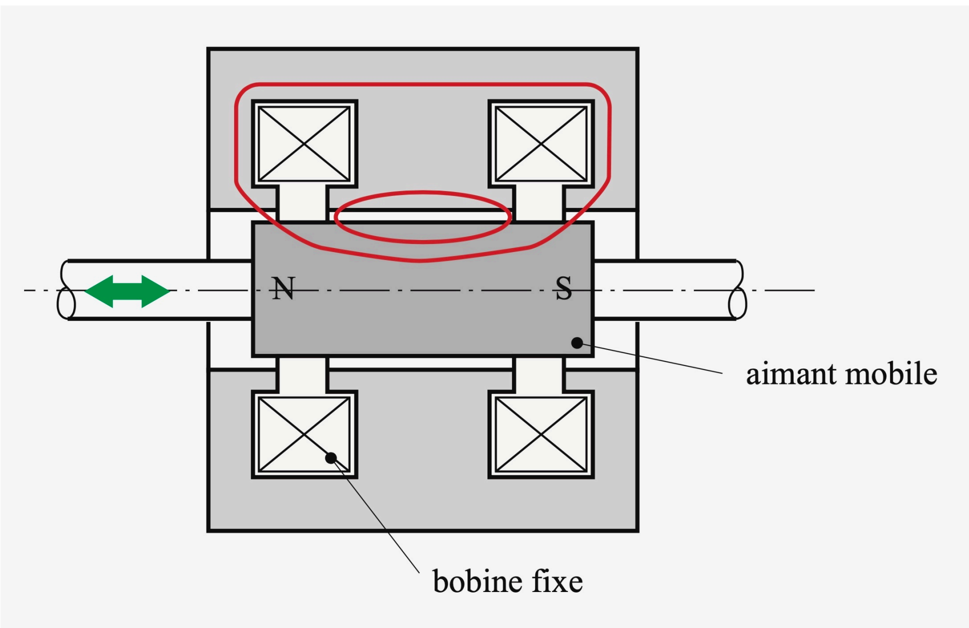
$$F_x = \underbrace{\frac{d\Lambda_{ab}}{dx}\,\theta_a \cdot \theta_b}_{\text{Laplace} \to \text{à utiliser !!}} = N \cdot i \cdot l \cdot B_\delta$$

Avantage : – 2 directions
– $F \sim i$

Inconvénient : – bobine à guider et à alimenter

c) Système Electromagnétique :

bobine fixe et aimant mobile



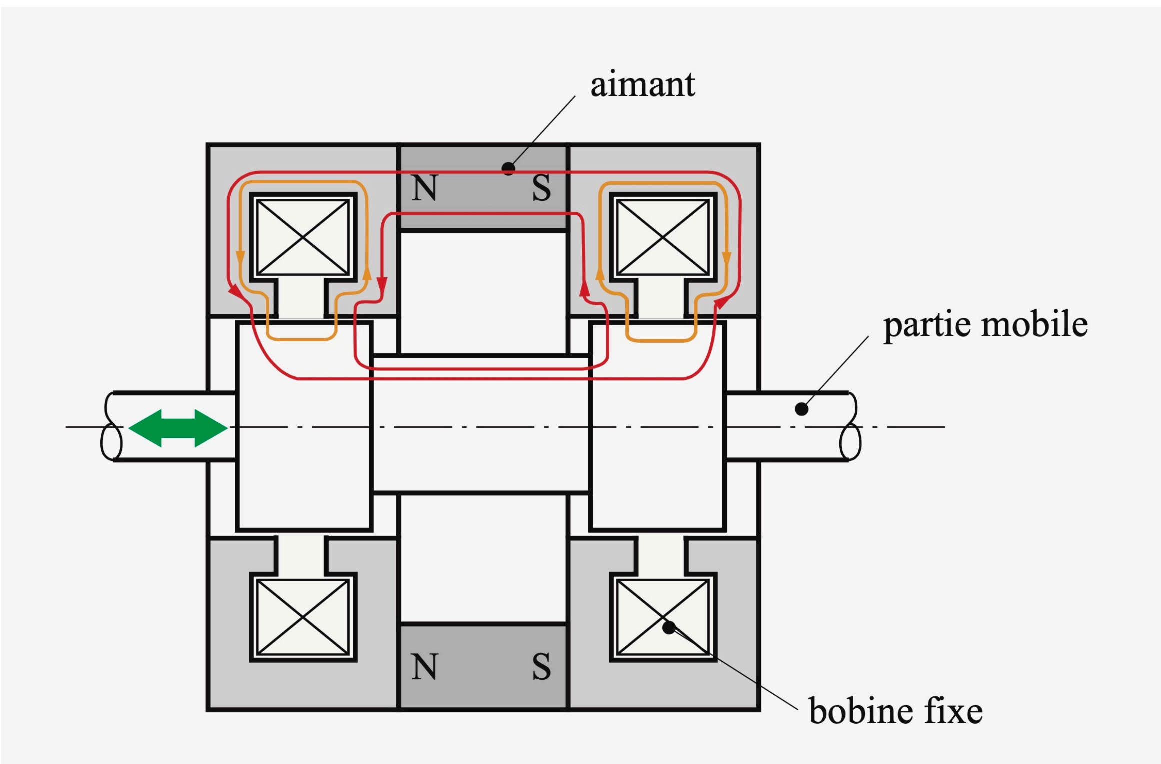
$$F_x = \underbrace{\frac{d\Lambda_{ab}}{dx}\Theta_a \cdot \Theta_b}_{\text{Laplace}} + \underbrace{\frac{1}{2}\frac{d\Lambda_a}{dx}\Theta_a^2}_{\text{parasite}}$$

Avantages : - grande densité de force
- rendement élevé

Inconvénient : - aimant à guider

d) Système Réluctant polarisé ou hybride

- aimant et bobine fixe
- partie métallique mobile :



$$F = \frac{1}{2}\frac{d\Lambda_b}{dx}\Theta_b^2 + \frac{1}{2}\frac{d\Lambda_a}{dx}\Theta_a^2 + \frac{d\Lambda_{ab}}{dx}\Theta_a\Theta_b$$

Avantage : - bon rendement

— fonctionne pas à pas

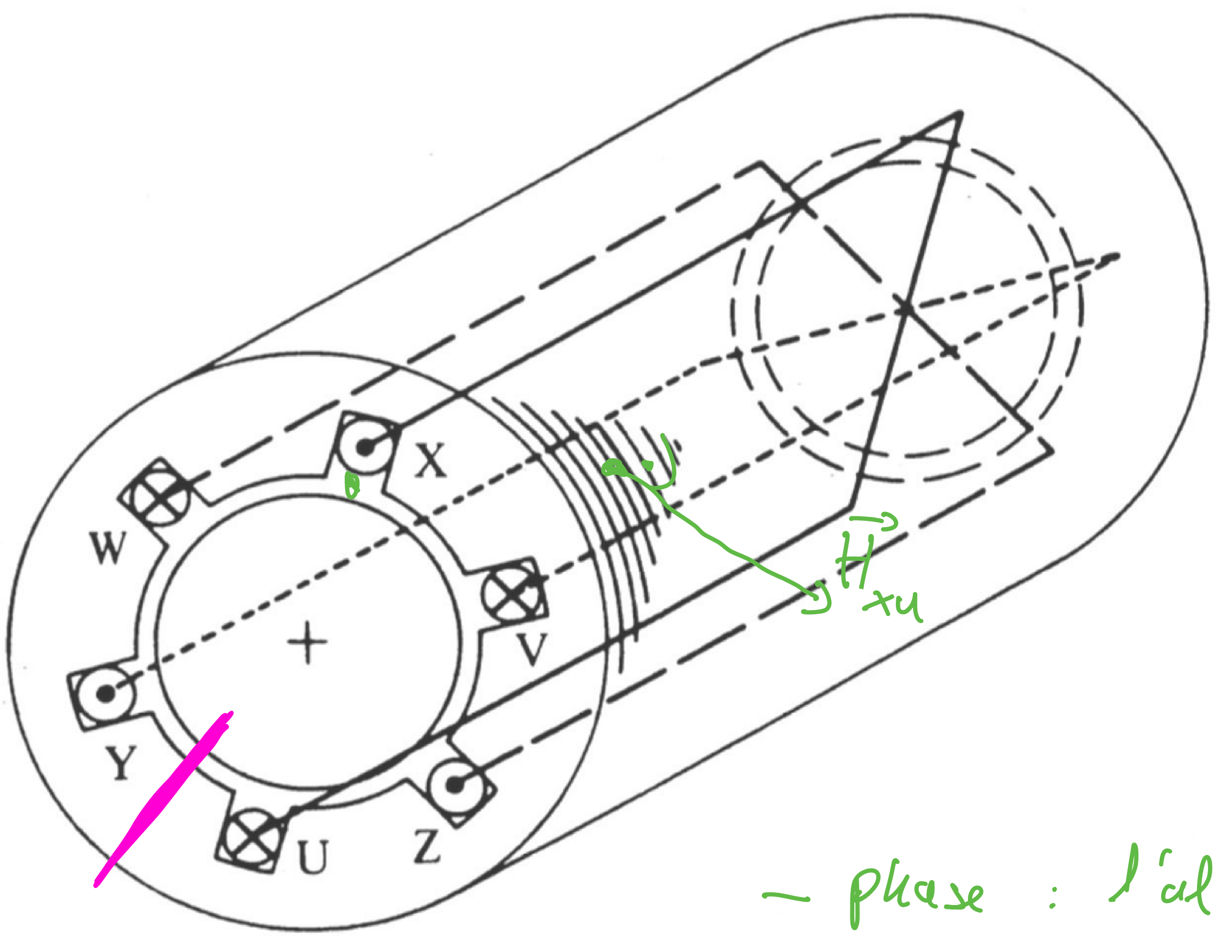
Inconvénient : — bruit

—

7. Champ tournant

conversion : $E_{el} \to E_{mec}$

$E_{mec} \to E_{el}$

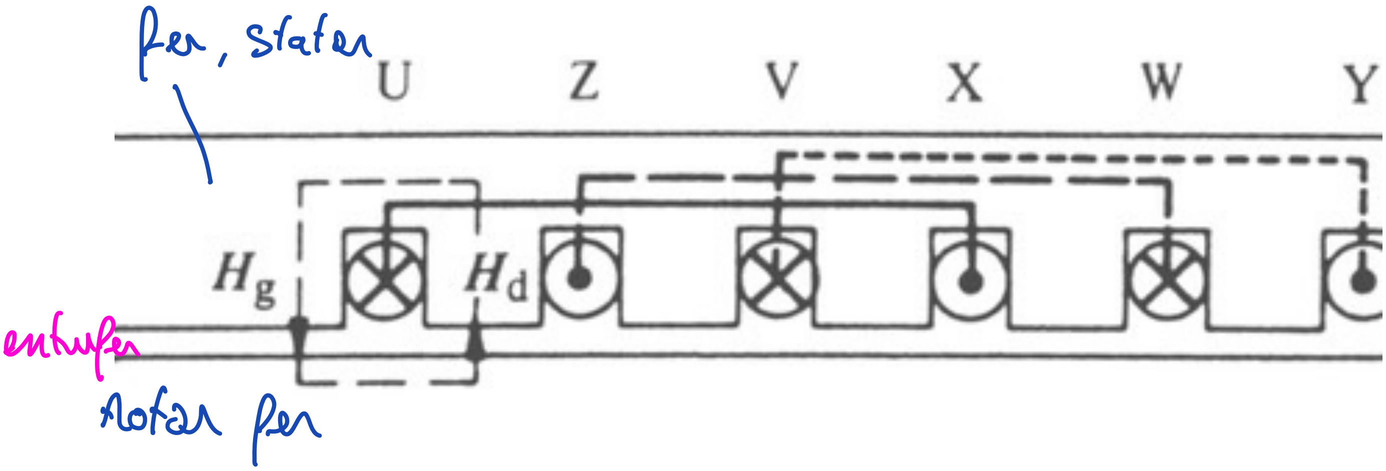


— phase : l'alimentation

— pôle : champ magnétique.

— 6 encoches

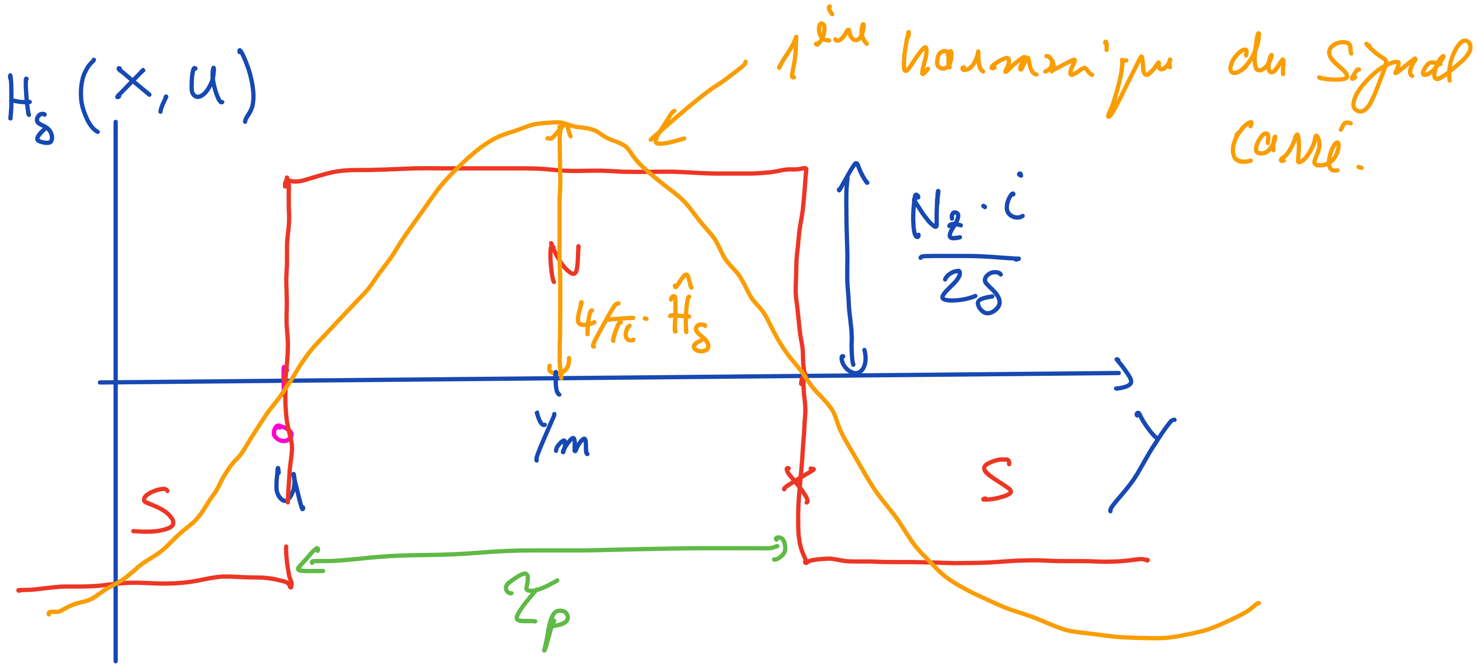
— 3 phases



hypothèses : – pas de fuite, frange
– $\mu_{fer} = \infty$
– $\perp$ à la surface

$$\oint H\,dl = \Theta_b \Rightarrow H_g \cdot \delta + H_d \cdot \delta = N_2 \cdot i$$

$$H_g = H_d \rightarrow \boxed{H_\delta = \frac{N_2 \cdot i}{2\delta}}$$



y : abcisse curviligne dans l'entrefer.

τ_p : largeur d'un pôle, pas polaire

Eq. Fondamental : $${}^1H_{ux} = \frac{4}{\pi}\hat{H}_S \cdot \sin\frac{\pi y}{\tau_p}$$

Phase ux : $${}^1H_{ux} = \frac{4}{\pi}\frac{N_z \cdot i}{2\delta} \cdot \sin\frac{\pi y}{\tau_p}$$

$$i = \hat{I}\sin(\omega t)$$

$${}^1H_{ux} = \underbrace{\frac{4}{\pi}\frac{N_z \hat{I}}{2\delta}}_{{}^1\hat{H}} \cdot \underbrace{\sin\frac{\pi y}{\tau_p}}_{\text{spatial}} \cdot \underbrace{\sin(\omega t)}_{\text{temporel}}$$

On prend les 2 autres phases, alimentées avec 2 autres sinus déphasés de 120°.

$${}^1H_{ux} = {}^1\hat{H}\sin\frac{\pi y}{\tau_p} \cdot \sin\omega t$$

$${}^1H_{vy} = {}^1\hat{H}\sin\left(\frac{\pi y}{\tau_p} - \frac{2\pi}{3}\right) \cdot \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right.$$

$$\hat{H}_{wt} = \hat{\hat{H}} \sin\left(\frac{\pi y}{\tau_p} - \frac{4\pi}{3}\right) \cdot \sin\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right)$$

$$\sin x \cdot \sin y = \frac{1}{2}\left(\cos(x-y) - \cos(x+y)\right)$$

$$\hat{H}_{ux} = \frac{1}{2} \hat{\hat{H}} \left[\cos\left(\frac{\pi y}{\tau_p} - \omega t\right) - \cos\left(\frac{\pi y}{\hat{\tau}_p} + \omega t\right)\right]$$

$$\hat{H}_{vy} = \frac{1}{2} \hat{\hat{H}} \left[\cos\left(\frac{\pi y}{\tau_p} - \omega t\right) - \cos\left(\frac{\pi y}{\tau_p} + \omega t - \frac{4\pi}{3}\right)\right]$$

$$\hat{H}_{wt} = \frac{1}{2} \hat{\hat{H}} \left[\cos\left(\frac{\pi y}{\hat{\tau}_p} - \omega t\right) - \cos\left(\frac{\pi y}{\tau_p} + \omega t - \frac{2\pi}{3}\right)\right]$$

$$\hat{H}_{tot} = \frac{3}{2} \hat{\hat{H}} \cos\left(\underbrace{\frac{\pi y}{\tau_p}}_{\text{espace}} - \underbrace{\omega t}_{\text{temps}}\right) - 0$$

Onde magnétique rétrograde

- Onde magnétique progressive
- Champ tournant

Vitesse du champ tournant :

y : abcisse curviligne.

y_m : Maximum du champ tournant.

$$\cos\Big(\underbrace{\frac{\pi y_m}{\tau_p} - \omega t}_{0}\Big)$$

$$y_m = \frac{\omega \cdot \tau_p}{\pi} \cdot t \qquad \omega = 2\pi f$$

$$V_m = \frac{d y_m}{d t} = \frac{\omega \cdot \tau_p}{\pi} = 2 \cdot f \cdot \tau_p$$

$$2 \cdot \pi r = 2 \tau_p$$

$\uparrow$

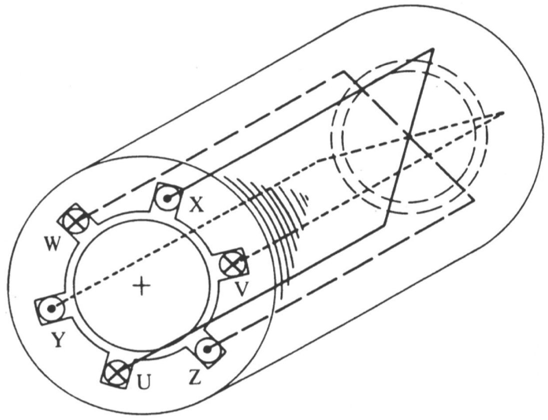
rayon moyen de l'entrefer.

$$\rightarrow r = \frac{\tau_p}{\pi}$$

$$\Omega = \text{vitesse de rotation} = \frac{V_m}{r}$$

$$\Omega = 2 \cdot \pi \cdot f = \omega$$

- Généralisation :



U Z V X W Y U Z V X W Y

1 période — 1 période

2 pôles — 2 pôles

4 pôles => $p = 2$

$2p$ = nb de paire de pôle.

p = " " "

$$(2\pi r = 2\tau_p)$$

$$\tau_p = \frac{2\pi r}{2p} = \frac{\pi \cdot r}{p}$$

Vitesse du champ tournant : $\Omega = \frac{\omega}{p}$

$p = 1$ $\quad f = 50\ Hz$ $\quad \omega = 314$ $\quad \Omega = 3000\ t/min$

$p = 2$ $\quad$ " $\quad$ " $\quad \Omega = 1500\ t/min$

$p = 6$ $\quad$ " $\quad$ " $\quad \Omega = 500\ t/min$

Sens du champ tournant :

"normal" $\quad \cos\left(\omega t - \frac{\pi y}{\tau_p}\right)$

$$v = \frac{\omega \cdot \tau_p}{\pi}$$

"permuté" $\quad \cos\left(\omega t + \frac{\pi y}{\tau_p}\right)$

$$v = -\frac{\omega \cdot \tau_p}{\pi}$$