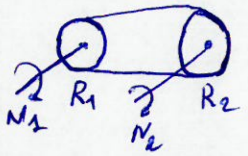
Mochine synchrone

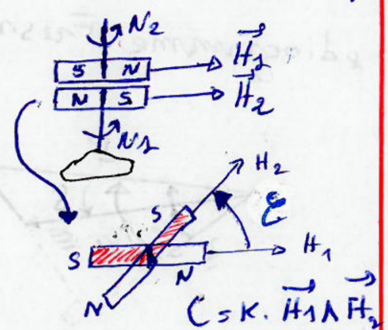
* Dommaines d'applicot

- production de l'énergie electrique
- Moteur electique
  - → TGV
  - → disque dure
  - → Navire

* Notion de synchronisme

* transmission mécanique | transmission magnetique





$C = K.\vec{H_1} \wedge \vec{H_2}$

si $R_1 = R_2 \Rightarrow N_1 = N_2$

les deux viterse sont synchronisé $\Rightarrow \boxed{C_1 = C_2}$

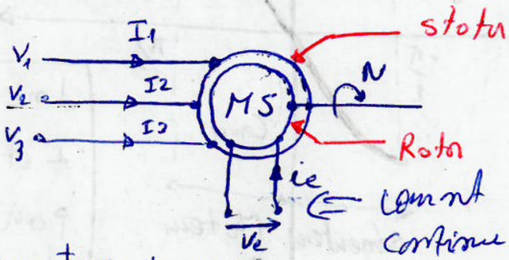
$C = K.H_1.H_2.\sin(\mathcal{E})$

- a vide $C = 0 \Rightarrow$ l'angle entre H_1 et H_2 est nulle $\rightarrow N_1 = N_2$
- en charge : $C \neq 0 \Rightarrow \mathcal{E} \neq 0$, si on augmente plus $C_r \Rightarrow \varphi\nearrow$, si $\varphi > 90° \Rightarrow$ on rentre dans la zone instable : $\boxed{Cr\nearrow\ Cem\searrow}$

> → Ce principe de transmission résume le principe de la MS, $\mathcal{E} < 90°$ pour ne pas décrocher la Machine (s'arrête)

* constitution de la MS

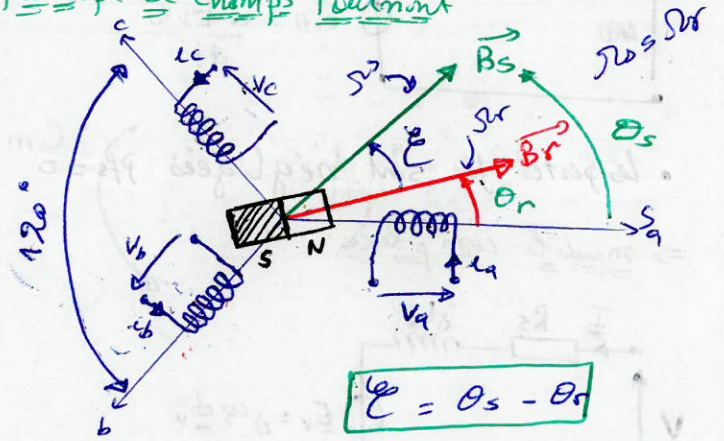
* stator (Induit)
  - 3 enroulement identique
  - phaser entre eux d'un angle de 120°
* Rotor
  - → aimont permanent Φ_v = cte
  - → électro_aimant



Il y a deux type de rotor

- pôle lisse : entrefer = cte $\Rightarrow$ moteur
- pôle saillant : entre fer variable $\Rightarrow$ Générateur

* principe de champs tournant



$$\boxed{\mathcal{E} = \theta_s - \theta_r}$$

- **théoreme de Ferraris** : 3 bobines placés entre eux d'une angle de 120°, si ils sont traversés par des courants triphasé, équilibrés créent un champ tournant $\vec{B_s}$ avec une vitesse dite synchronisme : $\boxed{\Omega_s = \frac{\omega_s}{p}}$, $\boxed{N_s = 60.\frac{f}{p}}$
  $\omega_s = 2\pi f \leftarrow$ Réseau
- le rotor crée un champs rotorique fixe par rapport au rotor. $\vec{Br}$.
- l'interaction entre $\vec{Br}$ et $\vec{Bs}$, crée un couple électromagnétique qui fait tourner la machine $\boxed{\Omega_r = \Omega_s} \Rightarrow Cem = K_1.\vec{Br} \wedge \vec{Bs}$

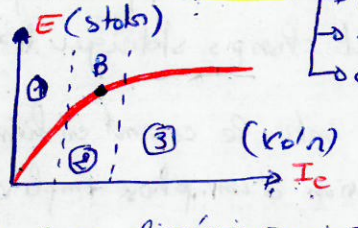
$Cem = K_1.Br.Bs.\sin(\mathcal{E})$, si $B_s = K' I_s$ ← courant statorique efficace

$\hookrightarrow \boxed{Cem = K_2.Br.I_s\sin(\mathcal{E})}$

- → Zone stable : $\boxed{\mathcal{E} < \pi/2}$
- → Zone instable : $\boxed{\mathcal{E} > \pi/2}$

* force electromotrice

$E = K.N.f.\Phi_v \Rightarrow$
- → K : $2.2 < k < 2.6$
- → N : Nbre conducteur actif
- → f : fréquence statorique
- → Φ_v : flux embrace par un spire

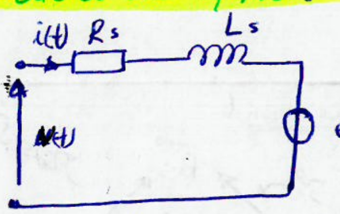


1 : Zone linéaire $E_v = k I_e$
2 : Code de saturat
3 : Zone de saturat

Point B et le point nominal pour fonctionner la MS

أنس (N) فيد (f) بن (B) صالح (S)

* Modèle de la MS :

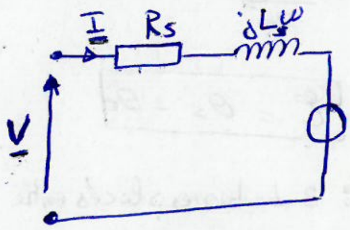


$$e(t) = \frac{d\Phi_v(t)}{dt}$$

$$u(t) = R_s\, i(t) + L_s \frac{di(t)}{dt} + e(t)$$

Complexe

=> modèle complexe



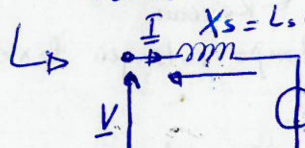
$$\underline{E}_v = j\omega\underline{\Phi}_v$$

=> hypothèse

les pertes joules et perte fer sont faible

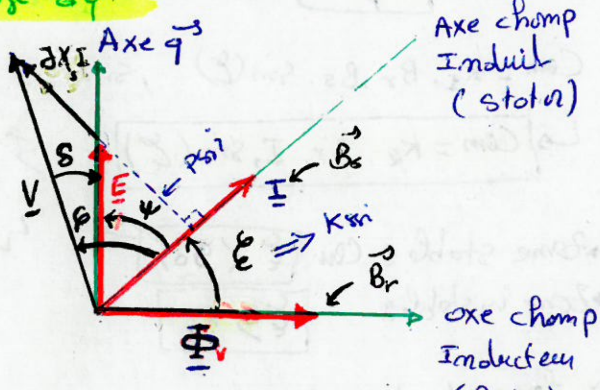
=> ils n'influent pas sur les formes d'onde

↳



$$\underline{E} = j\omega\Phi_v$$

Représentation de Fresnel d'un plan biphasé dq.



- $\varepsilon = (\underline{\Phi}_v, \underline{I})$: angle entre champ rotorique Br et champs statorique Bs
- $\varphi = (\underline{V}, \underline{I})$: angle entre le courant en ligne et tension d'une phase simple V
- $\delta = (\underline{E}, \underline{V})$: angle interne de la machine
  ↳ angle mécanique $\delta = P.\theta$ entre fonctionnement à vide et en charge.
- $\psi = (\underline{E}, \underline{I})$: angle d'autopilotage pour contrôler la MC en couple.

* caractéristique mécanique

$$\Rightarrow P_a = 3.V.I.\cos(\varphi)$$

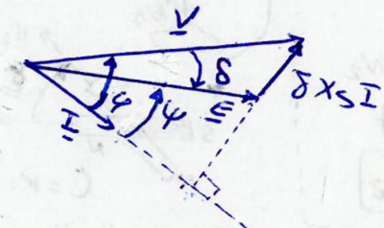
si les pertes fer et joules sont négligées

$$\Rightarrow P_{em} = P_a = 3V.I.\cos\varphi$$

Sachant que : $P_{em} = C_{em}.\Omega_s$

$$\Rightarrow \boxed{C_{em} = \frac{3V.I}{\Omega_s}.\cos\varphi}$$

* diagramme Fresnel



Projection sur l'axe de courant I

$$E\cos\psi = V.\cos\varphi$$

$$\Rightarrow C_{em} = 3.\frac{EI}{\Omega_s}.\cos(\psi)$$

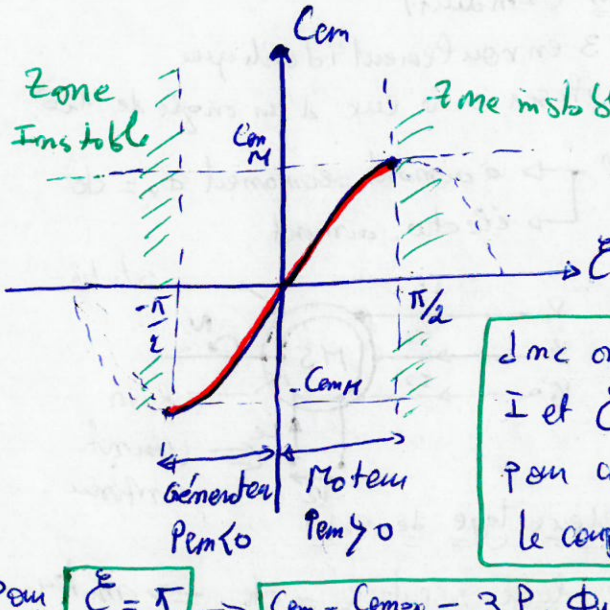
d'après diagramme dq : $\psi + \varepsilon \leqslant \frac{\pi}{2}$

$$C_{em} = 3\frac{EI}{\Omega_s}.\sin(\varepsilon)$$

et :

$$E = \omega.\Phi \;,\quad \Omega_s = \frac{\omega}{P} \Rightarrow E = P\Omega_s.\Phi$$

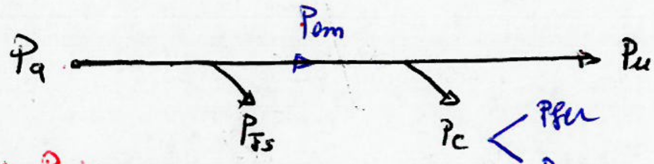
$$↳ \boxed{C_{em} = 3.P.\Phi_v.I.\sin(\varepsilon)}$$



donc on contrôle I et ε => pour contrôler le couple

Pour $\boxed{\varepsilon = \frac{\pi}{2}} \Rightarrow \boxed{C_{em} = C_{emax} = 3P.\Phi_v.I}$

* Bilan des puissances en moteur



* **Puissances** (Y)

- $\boxed{P_a = 3\,V.I.\cos(\varphi)}$ ou $\boxed{\sqrt{3}\,U\,I\cos\varphi}$ ∀ couplage
- $\boxed{P_{Js} = 3\,R_s I^2}$ si (Y)

  $\boxed{P_{Js} = R_s I^2}$ si (Δ)

  $\boxed{P_{Js} = \frac{3}{2} R_b I^2}$ ∀ le couplage

  R_b : Résistance mesurée entre deux phase du stator
- $\boxed{P_c = P_{fer} + P_{pmec}}$
- $\boxed{P_u = P_{em} - P_c}$

* **Le couple**

- $\boxed{C_{em} = \frac{P_{em}}{\Omega_s}}$ • $\boxed{C_p = \frac{P_c}{\Omega_s}}$, $\boxed{C_u = \frac{P_u}{\Omega_s}}$

* **Le rendement**

$$\eta = \frac{P_u}{P_a + P_{ex}} \leftarrow \boxed{P_{ex} = U_e I_e}$$

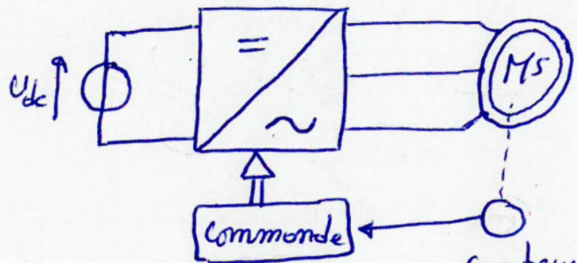
↳ $\boxed{P_{ex} = 0}$ si rotor à aimant permanent

* Commande de la machine synchrone

1- Commande scalaire en courant

L'angle de décalage entre $\vec{B_r}$ et $\vec{B_s}$ noté ε augmente dans le cas de changement du couple résistance ou changement brutal de courant statorique => le risque de décrocher la machine => d'où la nécessité d'asservir cette angle $\boxed{\varepsilon = \frac{\pi}{2} - \psi}$

ce fonctionnement est realisé par la MCC d'une façon naturelle $\psi = 0$



capteur de position

ce capteur est pour l'objectif de contrôler la posit du champ rotorique $\vec{B_r}$ par rapport au champs statorique $\vec{B_s}$ afin d'envoyer la commande adéquate.

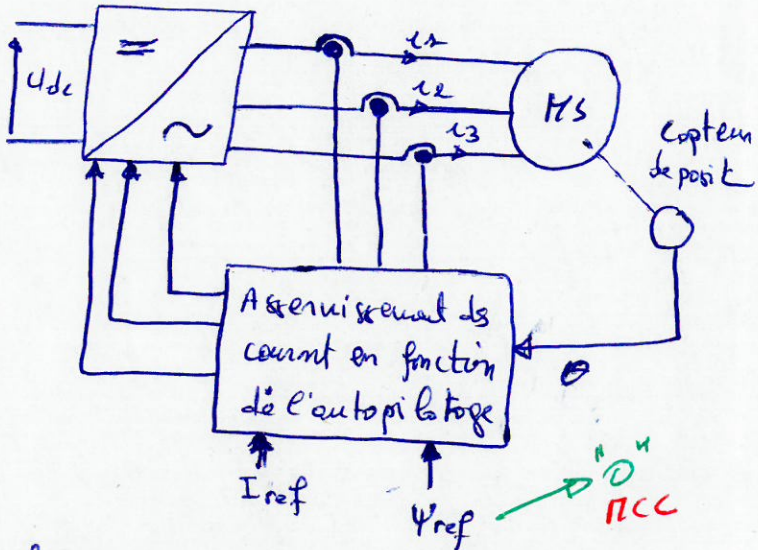
Commande à réaliser

- on fixe l'angle d'autopilotage $\psi = 0$ ↳ $\varepsilon = \frac{\pi}{2}$

  ↳ $C_{em} = 3.p.\Phi_v.I$

  ↳ le couple est controlé maintenant par le courant I_s

donc on doit realiser deux boucles de régulat, comme le montre synoptique suivant:



la vitesse est controlée par la frequence : $N = N_s = \frac{f}{p} \times 60$