

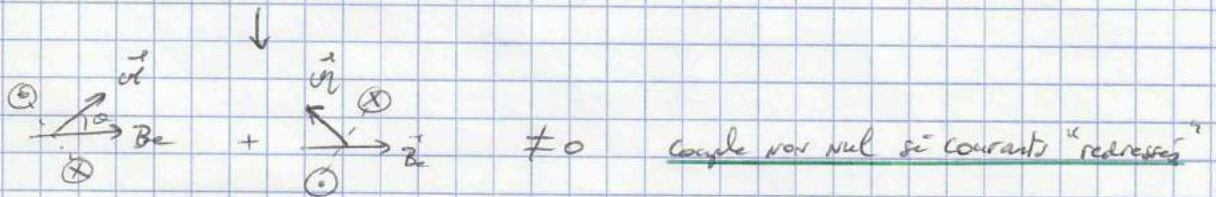
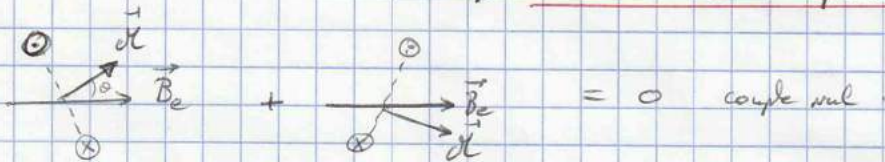
7] Machines à courant continu

7.1] Architecture, redressement mécanique (balais, collecteur)

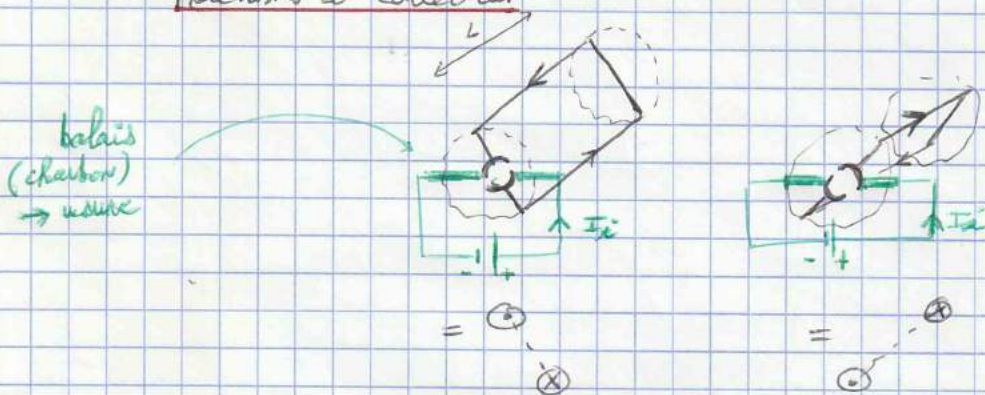
- Stator porte circuit inducteur \Rightarrow magnétisation entrefer par champ constant
- Rotor porte circuit d'induit \Rightarrow nécessité de contacts glissants. (comme P.S.)
(Courants continus)

On a vu sur l'exemple spire dans \vec{B}_e constant : couple moyen nul (Chap.)

Maximiser couple \Rightarrow conserver $\vec{B}_e \perp$ spires de courant rotatives



\Rightarrow Machines à collecteur



- En pratique, on accumule N spires sur la périphérie du rotor (en série)

$$C = N R L I_i B_e$$

$$= k \Phi_e I_i$$

$R =$ rayon spire
 $L =$ longueur spire
Flux excitateur

(\uparrow couple et limite les à coups de couple)

- Fonctionnement réversible en génératrice courant continu

Intérêts = - fonctionnement simple et commande aisée (vitesse/couple)

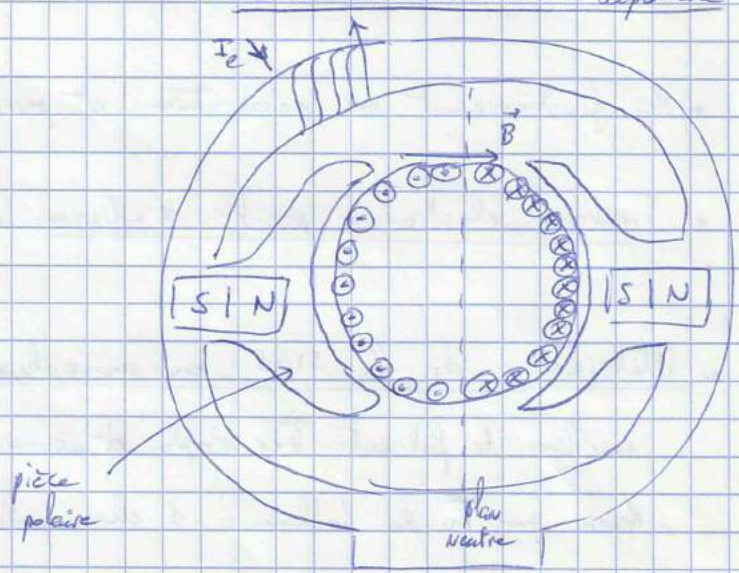
- Couple (vitesse assez indépendants.

- utilisable en courant alternatif (excitation série = moteur universel)

Inconvénients : - complexité de fabrication

- usure balais/collecteur

Structure machine bipolaire



7.2] Modélisation d'une RCC et équations d'évolution

Couple proportionnel à courant induit I et flux inducteur Φ_e

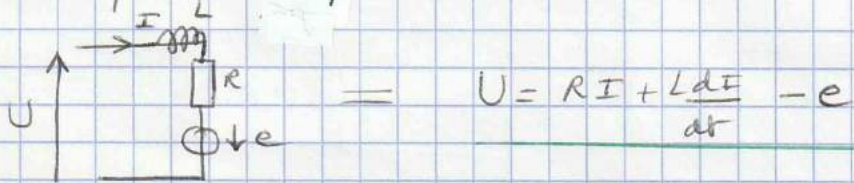
$$C = k \Phi_e I$$

Or, couple électromécanique idéal = $\underline{C \Omega + e I = 0}$

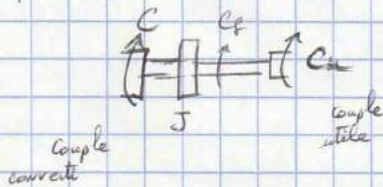
$$\Rightarrow e = -k \Phi_e \Omega \quad \text{f.e.m.}$$

(e en convention générateur)

Schéma équivalent électrique induit :



Equation mécanique :



$$-C_u + e - C_f = J \frac{d\Omega}{dt}$$

avec $C_f = f \Omega$

$$\Rightarrow \underline{C - C_u = J \frac{d\Omega}{dt} + f \Omega}$$

Equa diff couplés :

$$\begin{cases} U = RI + L \frac{dI}{dt} + k \Phi_e \Omega \\ k \Phi_e I - C_u = J \frac{d\Omega}{dt} + f \Omega \end{cases}$$

$k \Phi_e = \text{constante de couple}$

↳ Permet de décrire et contrôler transitoires de la machine à courant continu

• Régime permanent continu linéaire : $\left(\frac{d}{dt} \rightarrow 0 \right)$

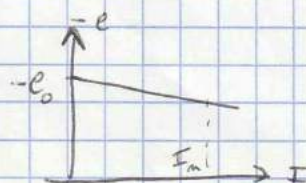
$$U = RI - e = RI + k \Phi \Omega$$

$$e = -k \Phi \Omega$$

$$0 = C - C_f - C_u \Rightarrow \boxed{C = C_f + C_u = k \Phi I}$$

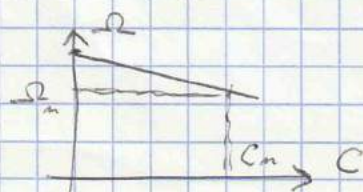
À tension d'induit U imposée :

$$-e = U - RI$$



$$\text{Donc } \Omega = \frac{-e}{k \Phi} = \frac{U}{k \Phi} - \frac{R}{k \Phi} I$$

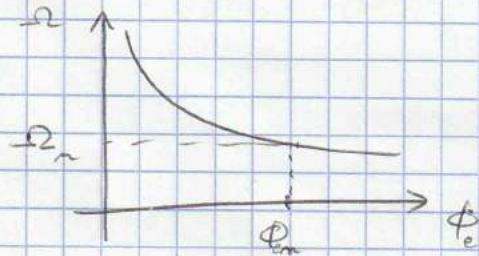
$$= \frac{U}{k \Phi} - \frac{R}{(k \Phi)^2} C$$



DONC $\Omega = \frac{U}{k\Phi} - \frac{R}{(k\Phi)^2} C$

Rque = Pour un $k\Phi$ élevé, on a une relative indépendance de la vitesse Ω avec le couple demandé par la machine
 ↳ avantageux en traction

À U fixé or C fixé, la vitesse rotation varie inversement au flux inducteur Φ_e

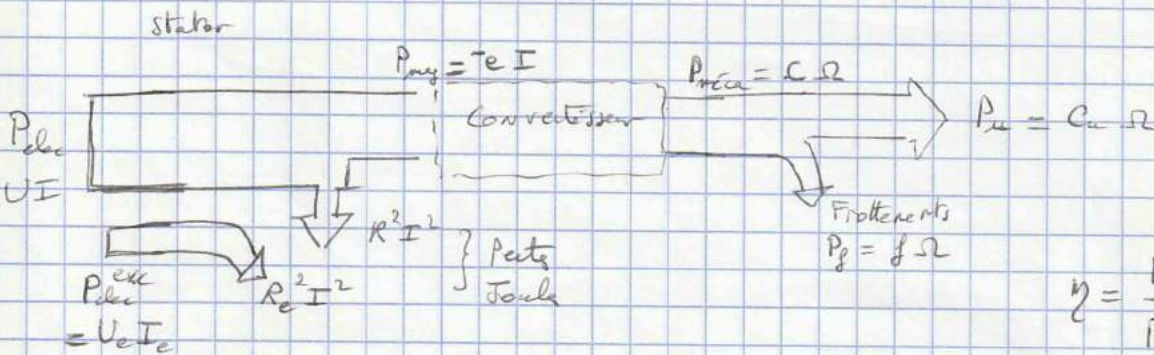


Zone de sur vitesse par défluxage

→ ex: démarrage machine
 ↳ lever.

→ Risque d'emballement
 Toujours couper
 alim induit avant
 circuit inducteur

Bilan d'énergie - Rendement :



$$\eta = \frac{P_u}{P_{in}} = \frac{P_u}{UI + U_e I_e}$$

$$\eta = \frac{P_u}{P_{in} + P_f + P_{joule} (+ P_{per})}$$

7.3] Formalisme de Laplace → Cf. Rappels

7.4] Fonctions de transfert - Associerement en courant (couple) et vitesse

Formalisme de Laplace =
$$\begin{cases} U(p) = (R + Lp) I(p) + \overbrace{E(p)}^{k\Phi\Omega(p)} & \text{g. élec} \\ C_{em}(p) = k\Phi_e I(p) = (f + Jp) \cdot \Omega(p) + \omega(p) & \text{g. méca} \end{cases}$$

On obtient une fo de transfert vitesse-tension :

$$G(p) = \frac{\Omega(p)}{U(p)} = \frac{k\Phi}{(R + Lp)(f + Jp) + (k\Phi)^2}$$

On pose $\tau_e = \frac{L}{R}$ (s) cte temps électrique

$\tau_m = \frac{J}{f}$ (s) cte temps méca

$\tau_{em} = \frac{RJ}{(k\Phi)^2}$
 cte temps électroméca

En supposant $K\Phi \gg R_f$, on obtient

$$G(p) = \frac{\frac{1}{K\Phi}}{1 + (T_e + T_m) \frac{R_f}{(K\Phi)} p + T_e T_m \frac{R_f}{(K\Phi)^2} p^2} = \frac{1/K\Phi}{1 + \left(1 + \frac{T_e}{T_m}\right) T_m p + T_e T_m p^2}$$

Or $T_e \ll T_m$

$$G(p) \approx \frac{1/K\Phi}{1 + T_m p + T_e T_m p^2}$$

Fonction transfert
2nd ordre

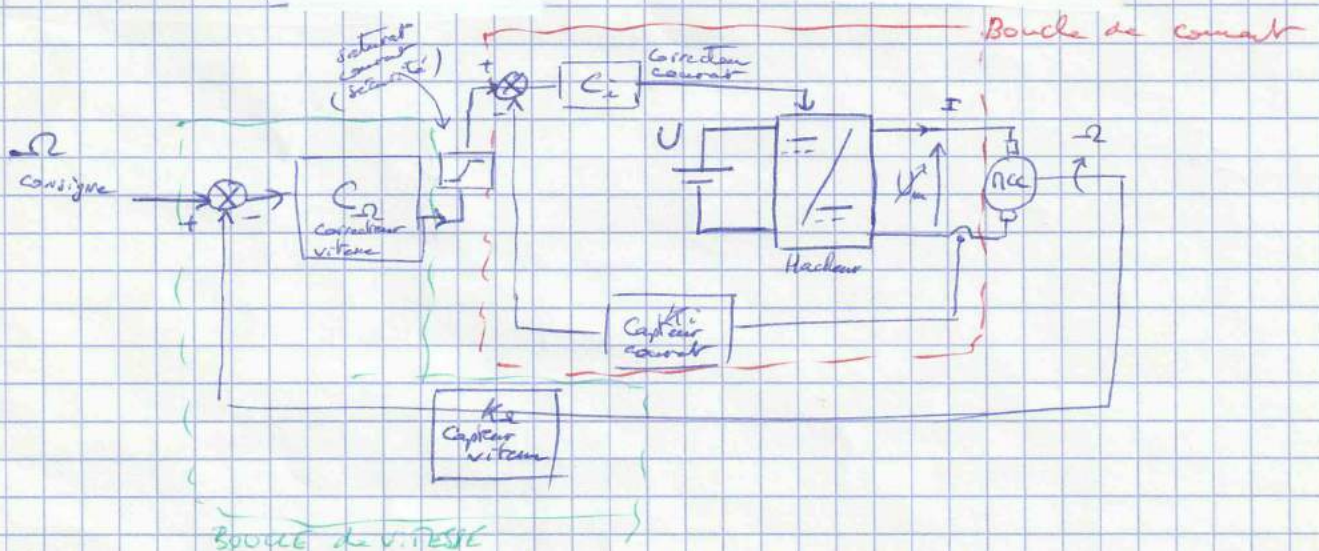
• Fonction de transfert Couple - tension :

$$H(p) = \frac{C(p)}{U(p)} = \left(\frac{1}{f} + j p\right) \frac{\Omega(p)}{U(p)} = \frac{1}{f} (1 + T_m p) G(p)$$

$$= \frac{1/K\Phi f}{1 + T_m p + T_e T_m p^2}$$

$$H(p) = H_0 \frac{1 + T_m p}{1 + T_m p + T_e T_m p^2}$$

- Connaître les caractéristiques de l'asservissement, on peut optimiser les correcteurs et boucles de contrôle pour réguler couple et vitesse de MCC indépendamment :

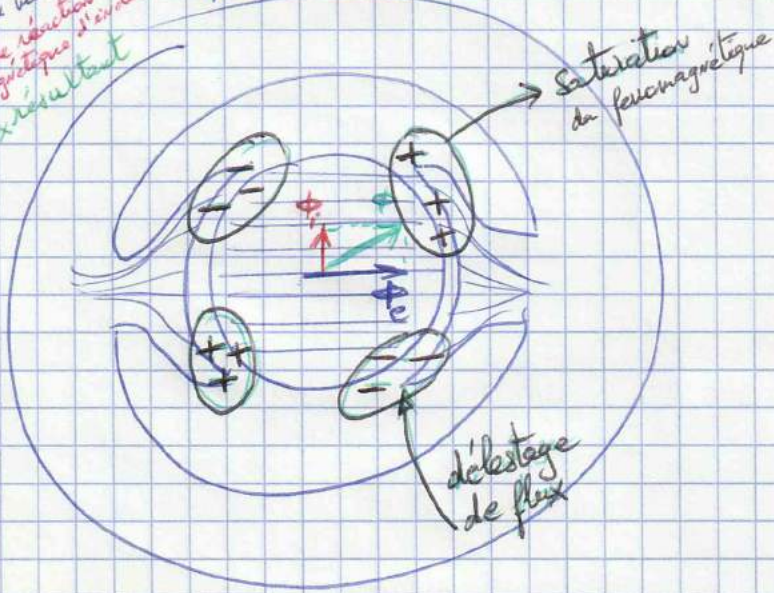


7.4) Réaction magnétique d'induit

- En régime linéaire, le flux magnétisant est proportionnel à I_e , mais les RCC fonctionnent en limite de zone linéaire.
- Comme pour les D.S., le courant d'induit, en charge, contribue à la création d'un flux dans le circuit magnétique

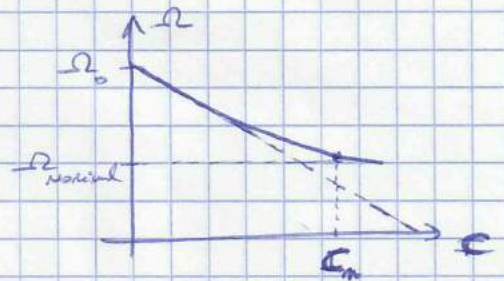
Celui-ci est équivalent au flux créé par une bobine fixe, d'axe \perp au flux inducteur

Φ_e = flux inducteur
 Φ_i = flux de réaction magnétique d'induit
 Φ = flux résultant



⇒ Apparition de zones de concentration de flux et de délestage de flux.

→ Les concentrations induisent saturation et non linéarité du comportement de la RCC

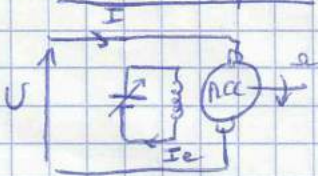


Les constructeurs pallient ce souci avec des spires de compensation placées sur le stator et traversées par le courant d'induit (normalent au rotor seulent)

7.5) Types d'excitation (sépérée, série, shunt) - Moteurs universel :

Sauf pour l'excitation à aimants permanents, on distingue 3 montages :

Excitation séparée

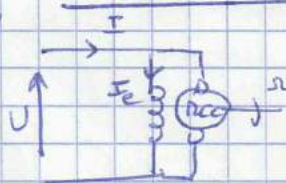


$$C = k\Phi I \quad \text{et} \quad E = k\Phi \Omega \\ = k'I_e I \quad = k'I_e \Omega$$

C'est celui vu jusqu'ici

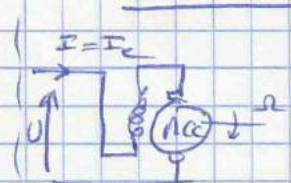
⇒ assure simplicité de modèle et commande ($k\Phi$ est \perp cste)

Excitation // (shunt)



$$C = \frac{k'IU}{R_e} \quad E = k'\frac{\Omega U}{R_e}$$

Excitation série



$$C = k'I^2 \quad E = k'I \Omega$$

shunt
 - Pontage // :
 - Machines outils
 - Pompe
 - Levage

- ⊕ : - Économie d'une source de tension
- ⊖ : - L'inducteur supporte la pleine tension d'induit \rightarrow résistance doit être suffisante
- ⊖ : - Fort courant consommé à basse tension Δ démarrage
- ⊕ : - vitesse semblable constante avec tension

- Pontage série :

- ⊕ - Économie d'une source
- ⊕ - Couple de démarrage important
- ⊖ - Bobinage inducteur supporte I_{induit} \rightarrow grosse section et faible résistance
- ⊖ : risque d'emballement en l'absence de charge
- ⊕ : - couple assez indep de la tension.

Appo :
 - Traction élec
 - Ventilateur
 - Compresseur
 - Démarrage

Autre avantage = Le signe du couple produit est indépendant du sens de circulation du courant.

\Rightarrow utilisable en régime alternatif !

\rightarrow MCC série sur 220V monophasé = **MOTEUR UNIVERSEL**

(Perceuse, outillage...)