

Cours machine

Fonctionnement

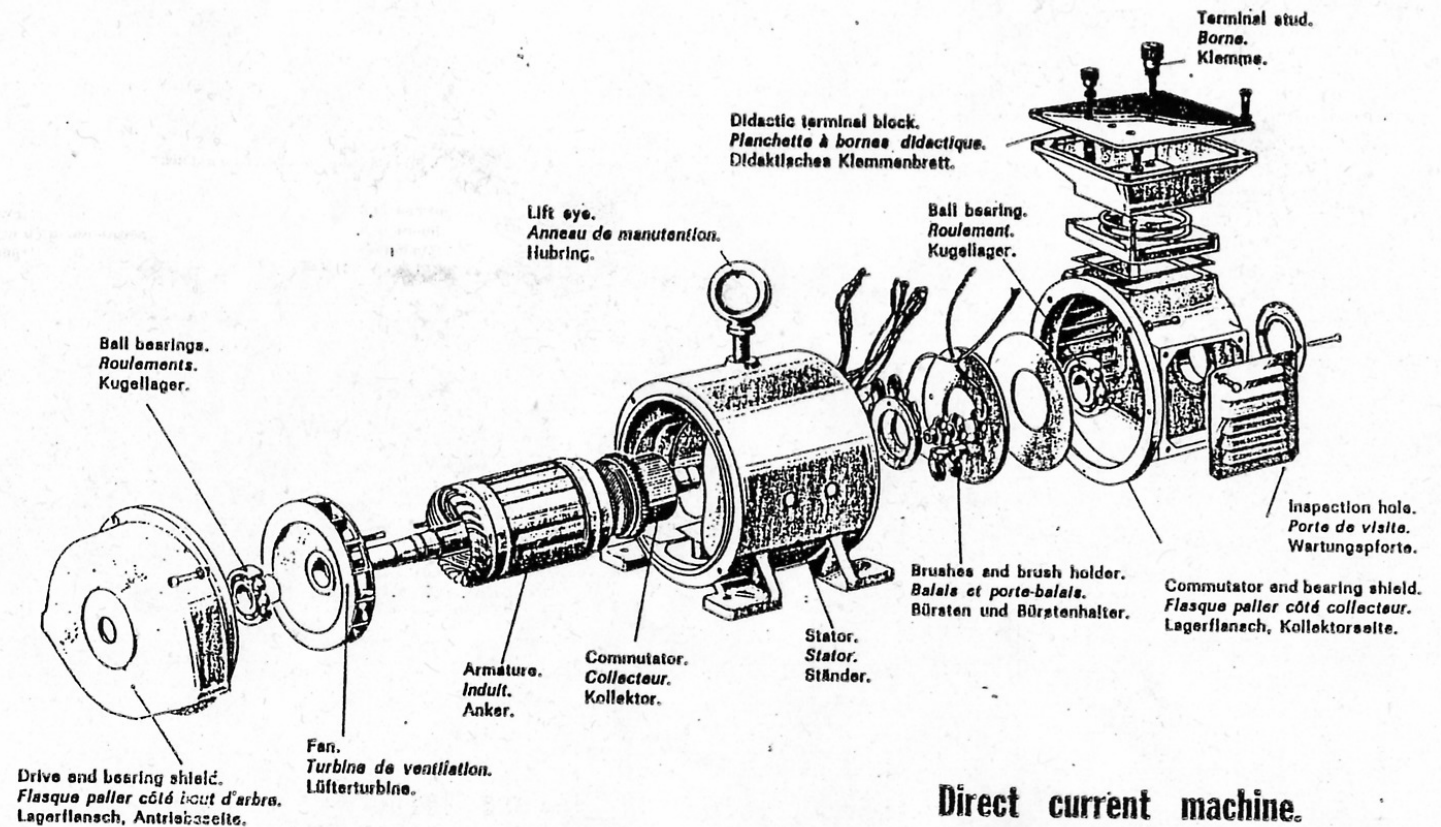
Moteur et génératrice continu

Génératrice

MCC indép

Mcc Série

LEROT-SOMER



Direct current machine.
Machine à courant continu.
Gleichstrommaschine.

Sommaire GENERATRICE

Génératrice

1. Rôle
2. Notation des grandeurs mise en jeu
3. Génératrice à excitation séparée
4. Caractéristique à vide
5. Caractéristique en charge
6. Caractéristique permettant de maintenir U_a constants
7. Bilan énergétique

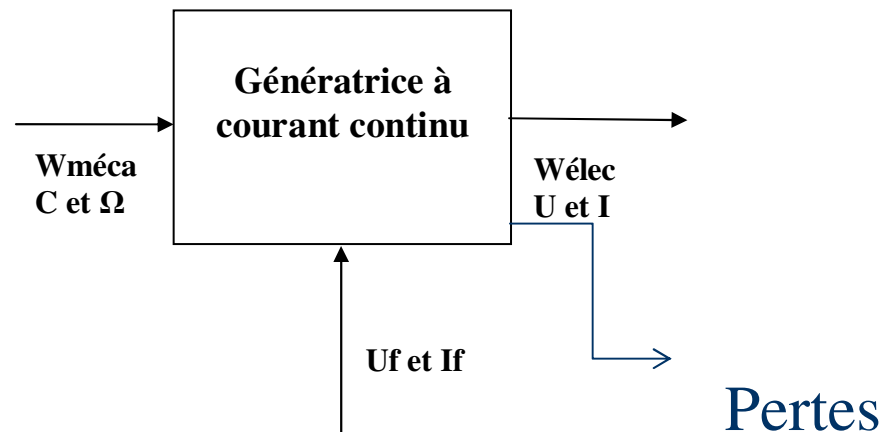
MCC indép

Mcc Série

Rôle

Génératrice

Convertir l'énergie mécanique reçu sur l'arbre (rotor) par une mécanique d'entraînement et la convertir en énergie électrique par l'intermédiaire de l'induit.



MCC indép

Mcc Série

Notation des grandeurs mise en jeu

Génératrice

- Le couple utile sur l'arbre moteur : T_u en N.m
- La vitesse de rotation de l'arbre moteur : Ω en rad/s
- I_a sera le courant circulant dans l'induit et I_f celui dans l'inducteur.
- U_a sera la tension présente en sortie sur l'induit et E_a la f.e.m en charge débitée par la génératrice (E_{a0} sera la f.e.m à vide)

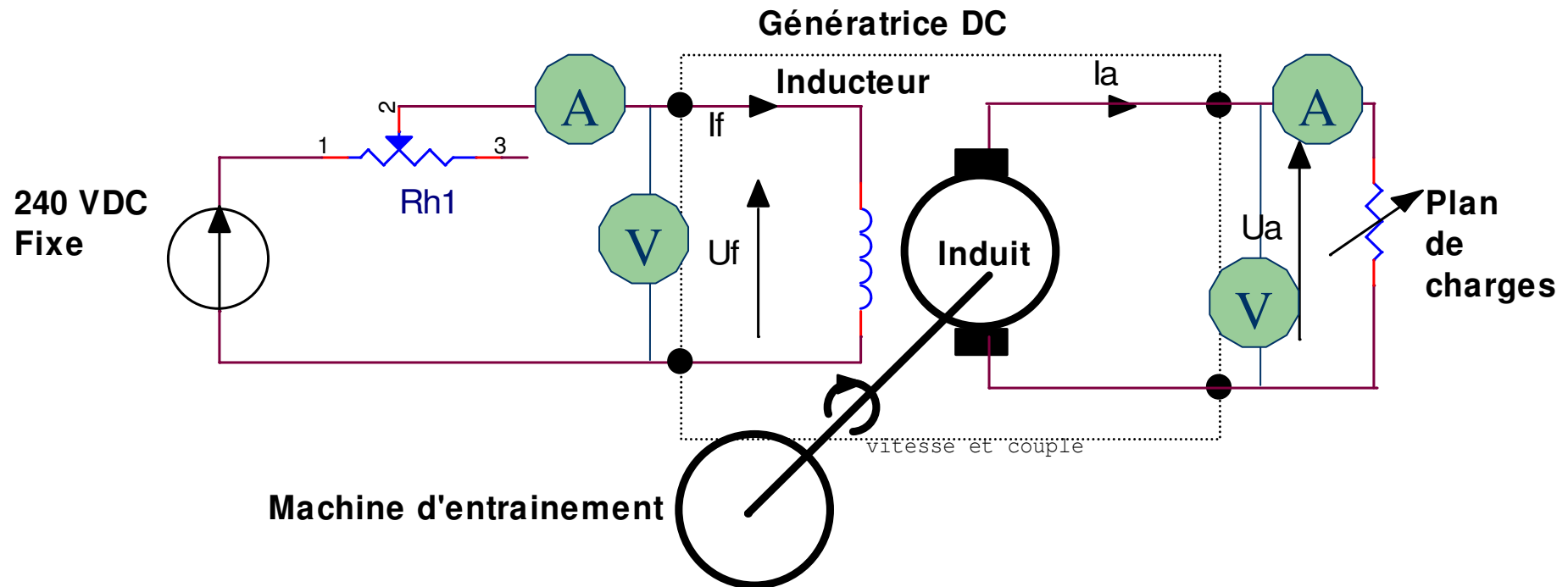
MCC indép

Mcc Série

Génératrice à excitation séparée

Génératrice

- Schéma de branchement d'une génératrice



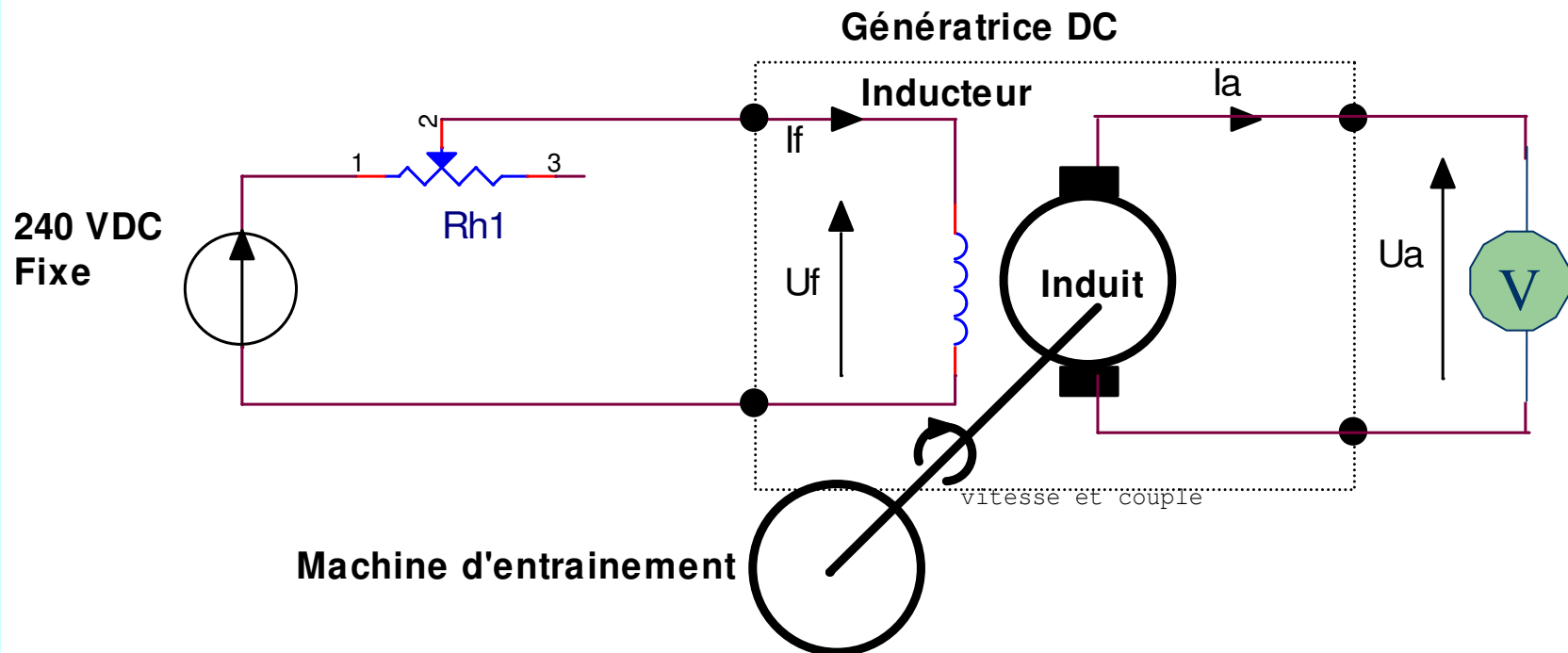
MCC indép

Mcc Série

Caractéristique à vide

Génératrice

- Permet de définir une caractéristique essentielle pour cette machine



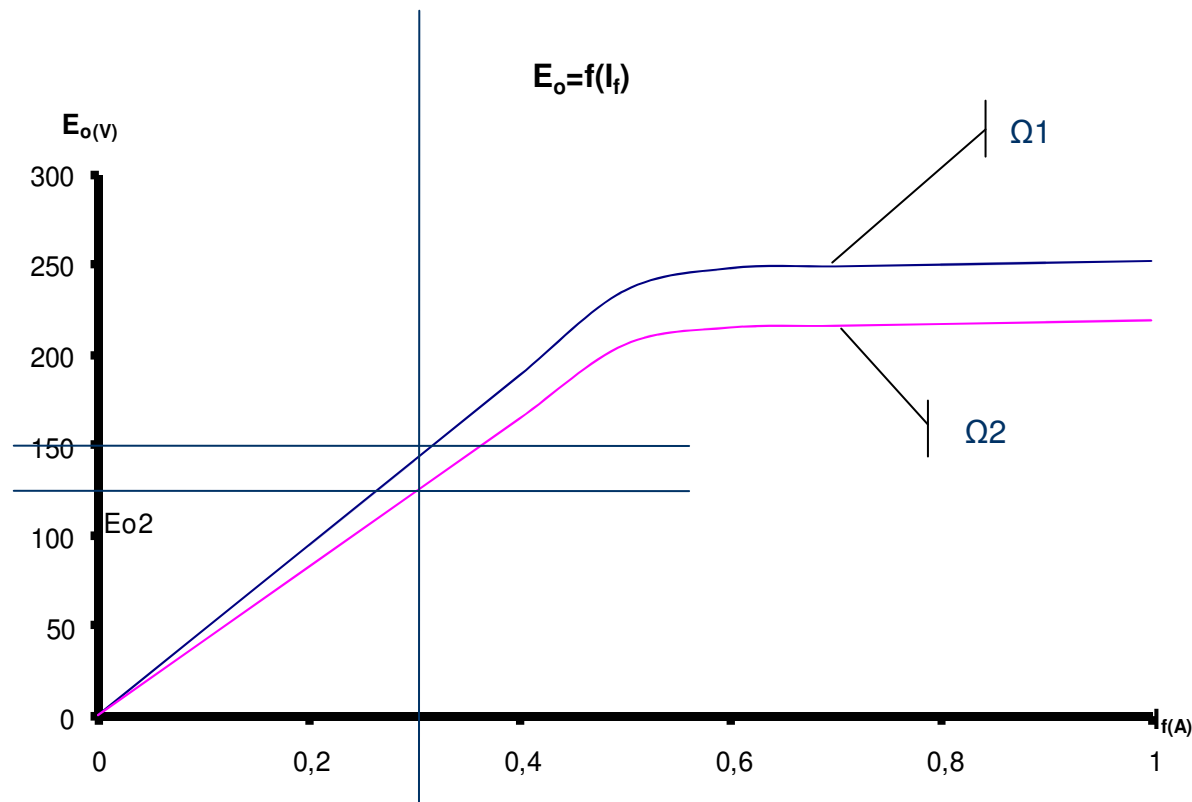
MCC indép

Mcc Série

Caractéristique à vide

Génératrice

- Pour des essais à des vitesses différentes, on obtient les réseaux de courbes différentes



$$E_{o1} = K_f \cdot \Omega_1$$

$$E_{o2} = K_f \cdot \Omega_2$$

$$\frac{E_{o1}}{E_{o2}} = \frac{\Omega_1}{\Omega_2}$$

MCC indép

Mcc Série

Caractéristique en charge

Génératrice

Force de Laplace sur la machine :

$$F = BIL$$

Force de Laplace sur un conducteur :

$$F = B \frac{I}{2a} L$$

Car la machine se partage en 2 et possède des voies d'enroulements

Le couple sur ce conducteur :

$$T_e = F \cdot \frac{D}{2}$$

Pour N conducteurs :

$$T_e = B \frac{I}{2a} L \frac{D}{2} \quad T_e = N \cdot B \cdot \frac{I}{2a} \cdot L \frac{D}{2}$$

Comme le flux d'induction est lié au le champ d'induction par la surface :

$$\phi = B * S$$

Et que la surface d'un pôle ressemble à un demi-cylindre :

$$S = \frac{\pi D}{2} L \frac{1}{p}$$

Donc

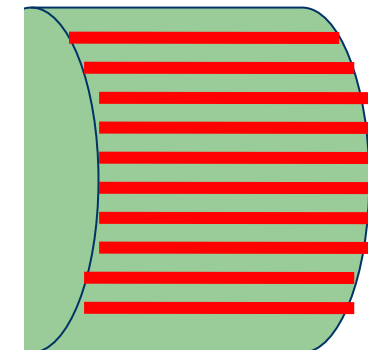
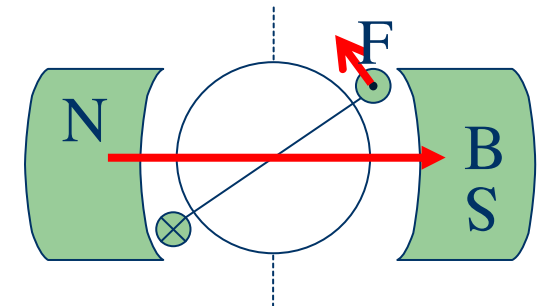
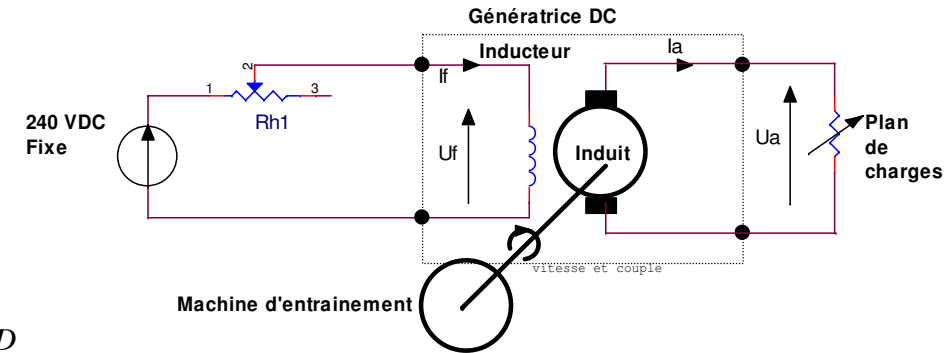
$$T_e = N \frac{\phi \cdot 2p \cdot I \cdot L \cdot D}{\pi \cdot D \cdot L \cdot 2a \cdot 2}$$

et après simplification

$$T_e = \frac{p}{a} N \frac{1}{2\pi} \phi \cdot I \quad K_f = \frac{p}{a} N \frac{1}{2\pi} \phi_u$$

On a alors

$$T_e = K_f * I_a$$



MCC indép

Mcc Série

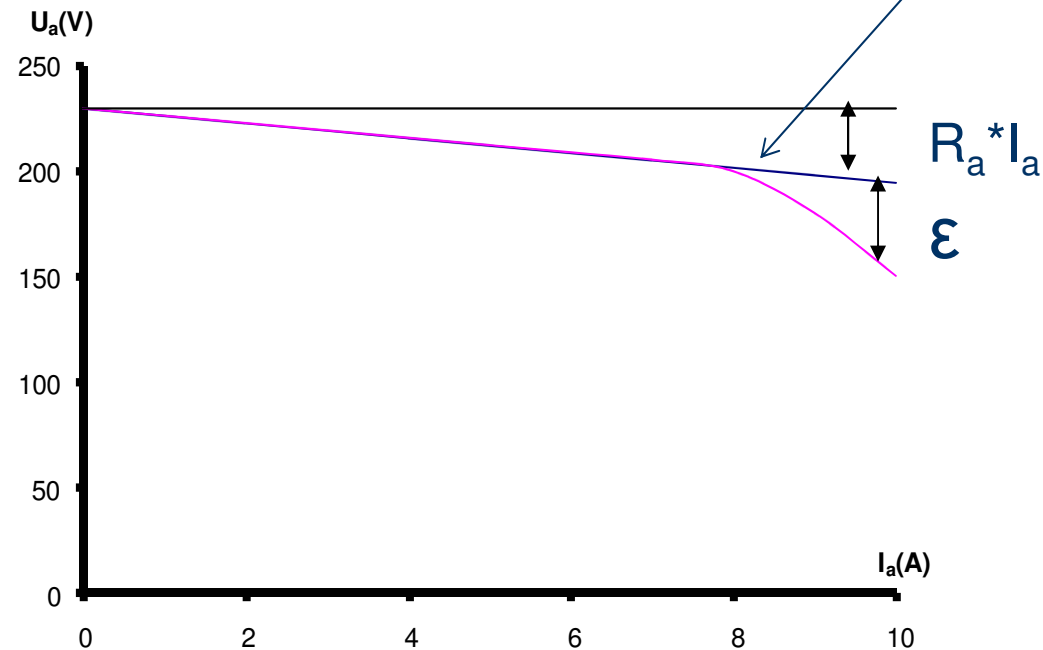
Caractéristique en charge

Génératrice

ϵ est du à la réaction magnétique d'induit (RMI)

$$E_a = U_a + R_a \cdot I_a$$

$U_a = f(I_a)$ pour une génératrice continu



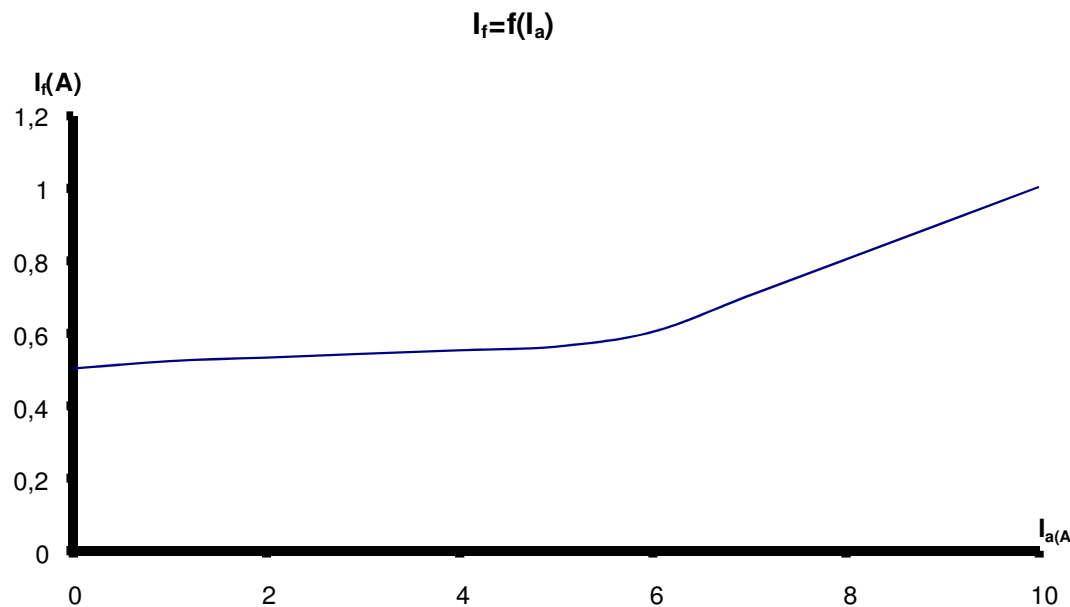
MCC indép

Mcc Série

Caractéristique permettant de maintenir U_a constants

Génératrice

Comme nous venons de le voir précédemment la tension U_a chute au fur et à mesure que le courant I_a augmente et cela est parfaitement intolérable pour une distribution électrique.



$$U_a = E_a - R_a \cdot I_a$$

=cts

$$E_a = K_f \cdot \Omega$$

$$K_f = \frac{p}{a} N \frac{1}{2\pi} \phi$$

I_f

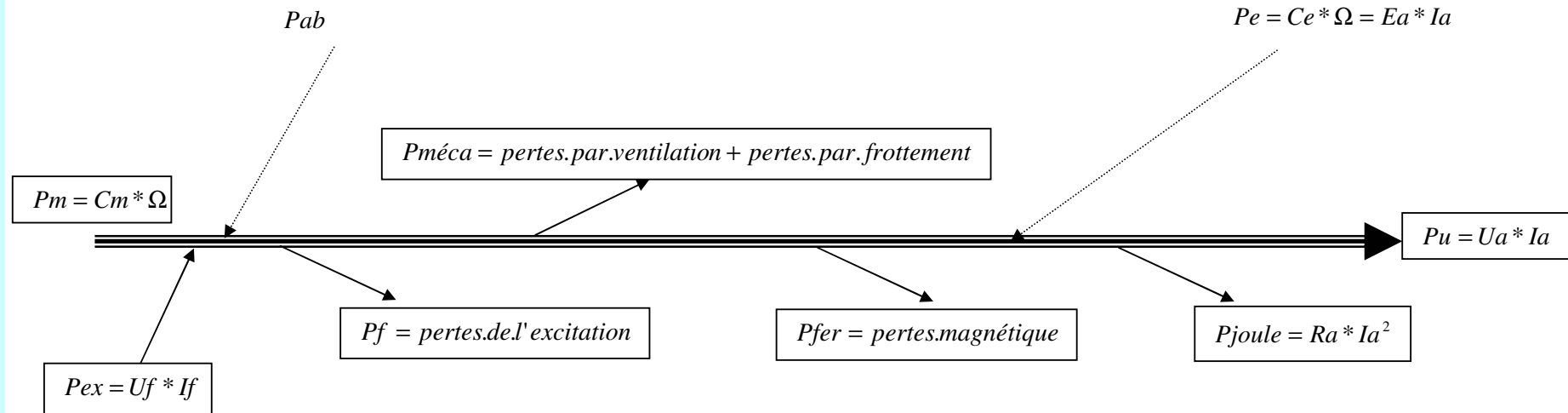
MCC indép

Mcc Série

Bilan énergétique

Génératrice

- Permettre d'établir la relation du rendement



$$\eta = \frac{P_u}{P_m} = \frac{U_a \cdot I_a}{T_m \cdot \Omega + U_f \cdot I_f}$$

ou

$$\eta = \frac{P_u}{P_u + \text{Pertes}}$$

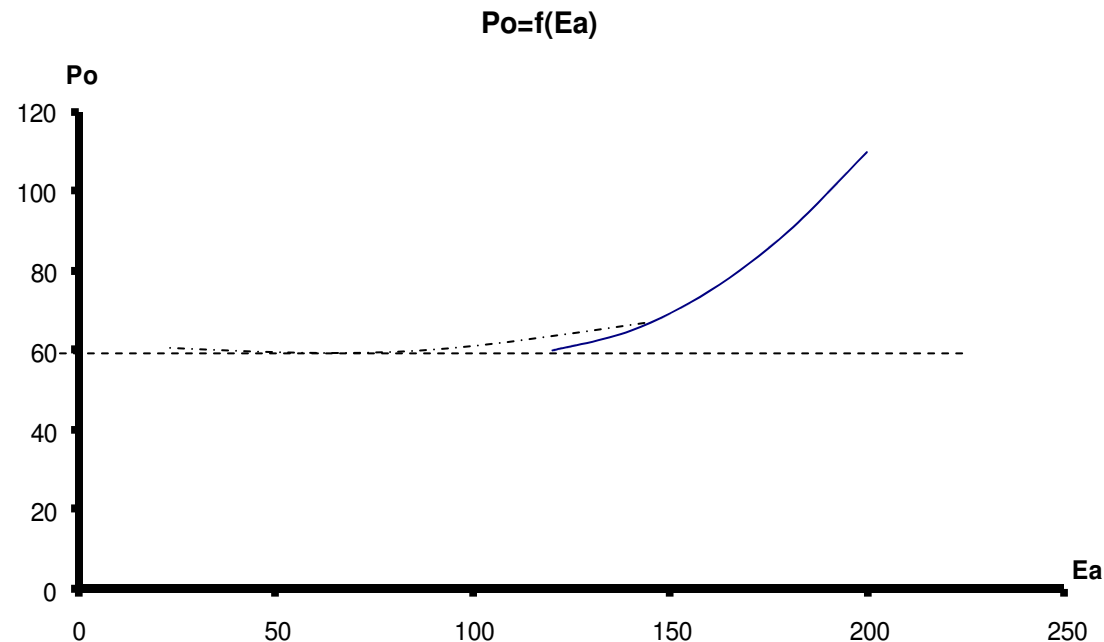
MCC indép

Mcc Série

Bilan énergétique

Génératrice

- Permettre d'estimer les pertes mécaniques et fers



MCC indép

Mcc Série

$$Po = Ua * Iao = Pméca + Pfer + Ra * Iao^2$$

Sommaire MOTEUR excitation indépendante

MCC indép

1. Rôle

2. Caractéristique de vitesse

3. Caractéristique de couple

4. Caractéristique mécanique

5. Couples résistants et équation dynamique

6. Bilan de puissance et rendement

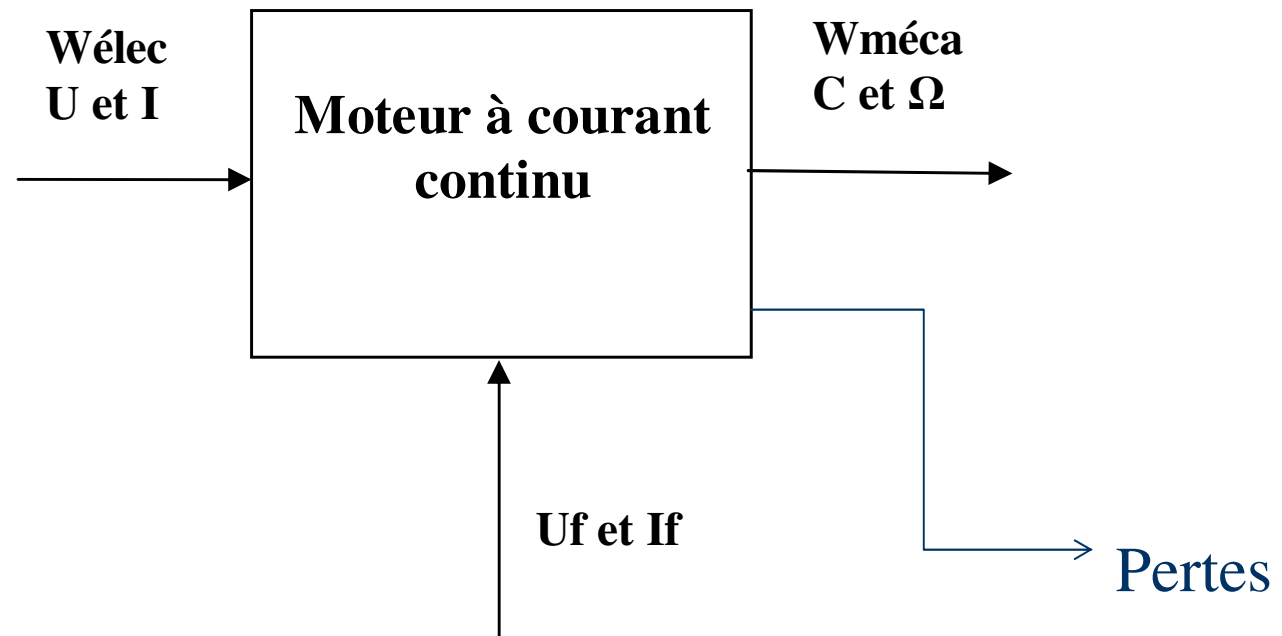
Génératrice

Mcc Série

Rôle

MCC indép

Convertir l'énergie électrique reçu par un réseau continu sur l'induit en énergie mécanique sur l'arbre de sortie.



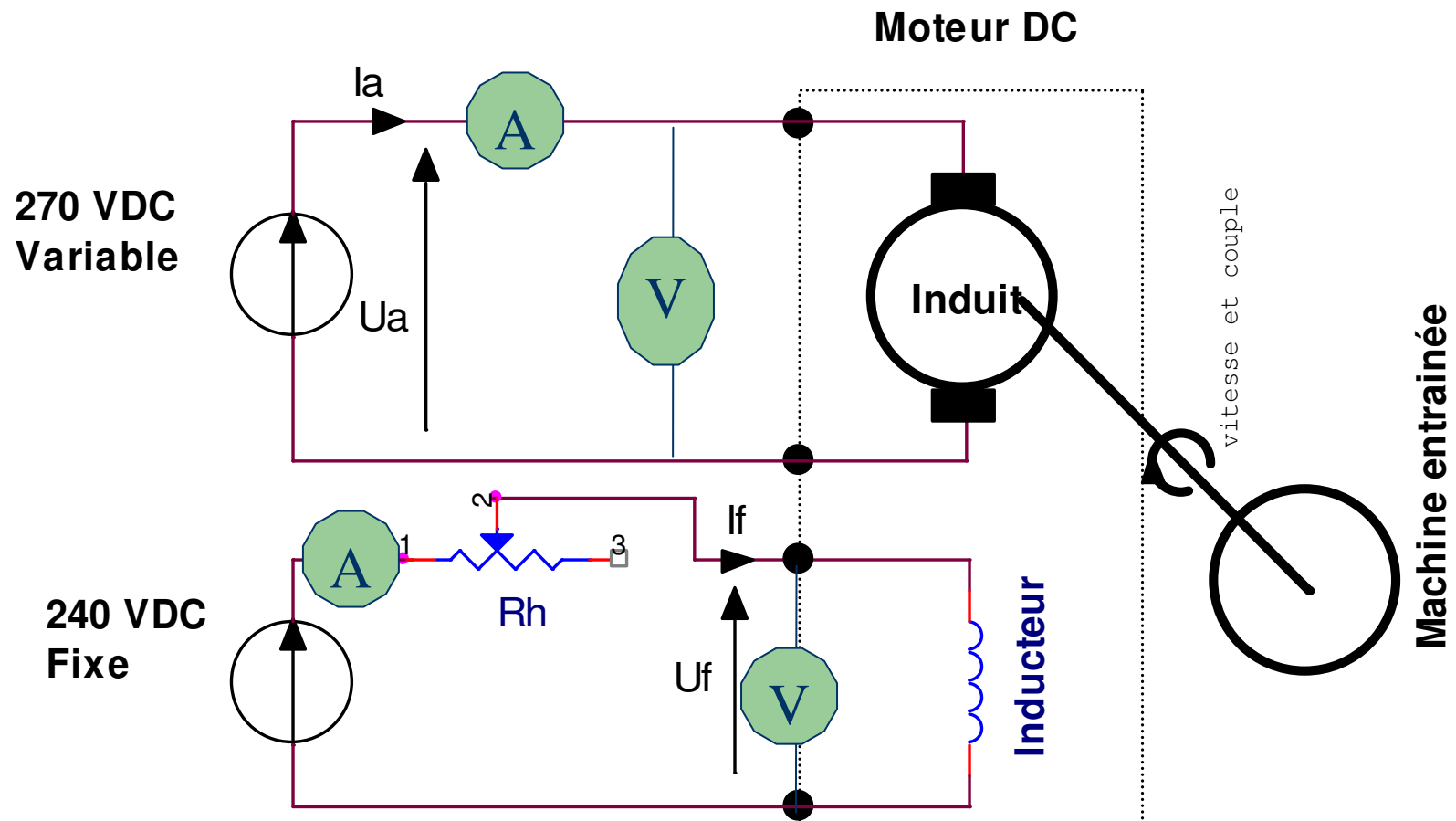
Génératrice

Mcc Série

Schéma de montage

MCC indép

- Moteur à excitation indépendante



il faut impérativement excité en premier le circuit inducteur

Génératrice

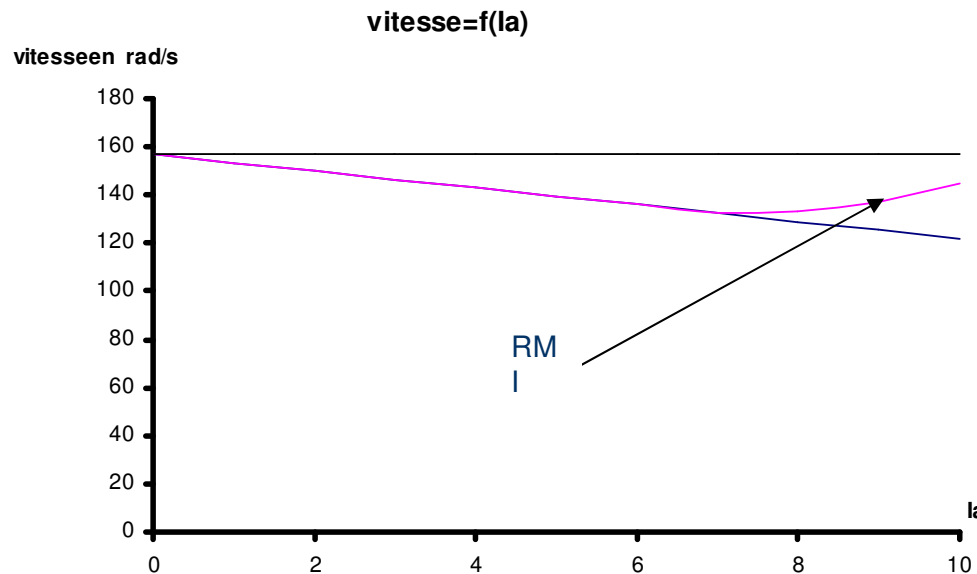
Mcc Série

Caractéristique de vitesse

MCC indép

Le moteur est alimenté sous tension nominale constante donc $U_a = \text{cts}$ et pour un courant d'excitation aussi constant

$$E_a = U_a - R_a \cdot I_a = K_f \cdot \Omega$$



$$\Omega = \frac{U_a - R_a \cdot I_a}{K_f}$$

Génératrice

Mcc Série

Caractéristique de vitesse

MCC indép

De plus l'action réalisé par la RMI quand $I_a \nearrow$, cela entraîne que le $\Phi_{ch} < \Phi_v$ (comme dans K_f il a le flux qui intervient) alors $K_f \searrow$ d'où une $\nearrow \Omega$.

Cela explique pourquoi il faut toujours alimenter l'inducteur en premier.

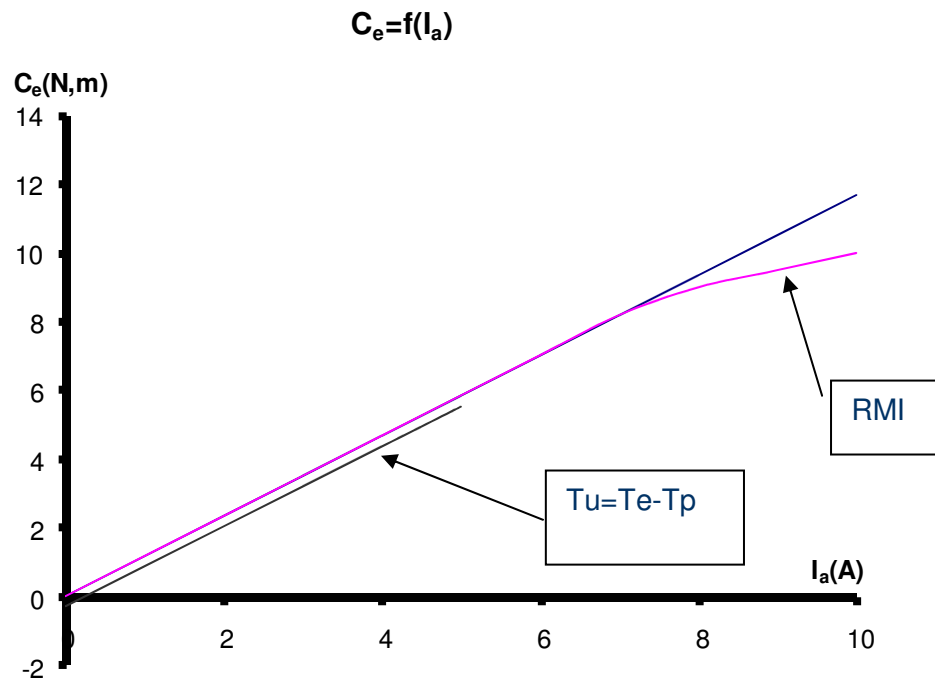
Génératrice

Mcc Série

Caractéristique de couple

MCC indép

- l'énergie électrique se transforme en énergie mécanique



$$P_e = C_e * \Omega = E_a * I_a$$

$$\text{et } E_a = k_f * \Omega$$

donc

$$C_e = \frac{K_f * \Omega * I_a}{\Omega} \text{ alors } C_e = K_f * I_a$$

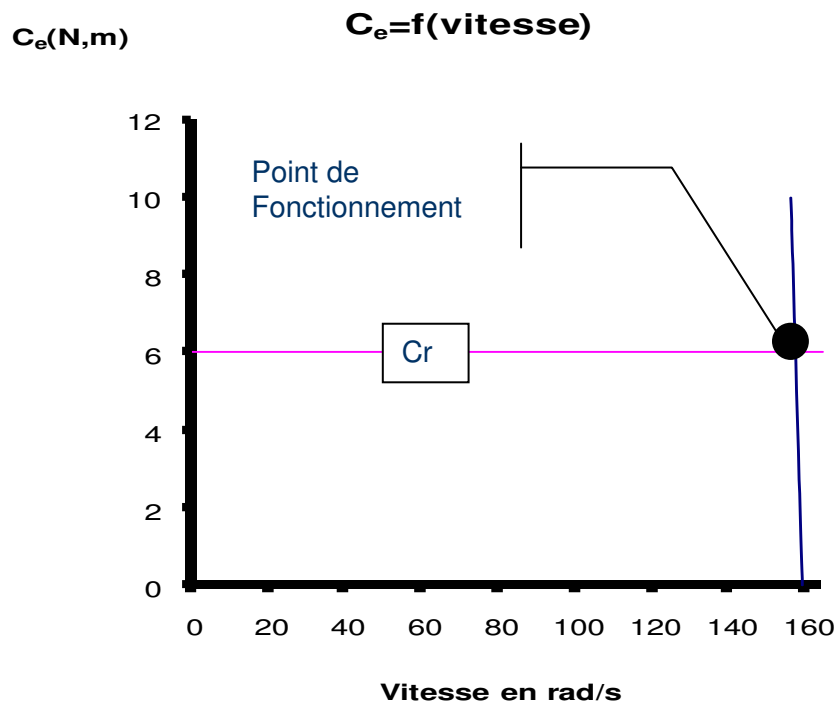
Génératrice

Mcc Série

Caractéristique mécanique

MCC indép

Le point de fonctionnement est un point d'équilibre entre le couple fourni par le moteur et celui demandé par la charge $C_u = C_r$.



$$E_a = U_a - R_a * I_a = K_f * \Omega$$

$$\text{et } C_e = K_f * I_a$$

d'où

$$\Omega = \frac{U_a - R_a * \frac{C_e}{K_f * \Omega}}{K_f}$$

$$K_f * \Omega = U_a - R_a * \frac{C_e}{K_f * \Omega}$$

$$R_a * \frac{C_e}{K_f * \Omega} = U_a - K_f * \Omega$$

$$C_e = \frac{K_f * U_a}{R_a} - \frac{K_f^2 * \Omega}{R_a} = K_f * \frac{U_a}{R_a} - \frac{(K_f)^2}{R_a} * \Omega$$

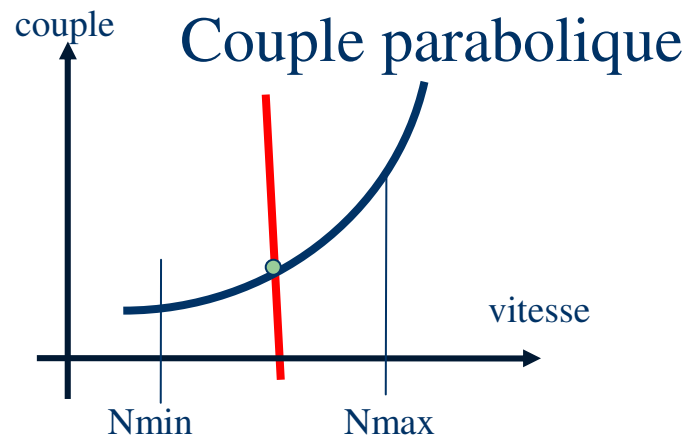
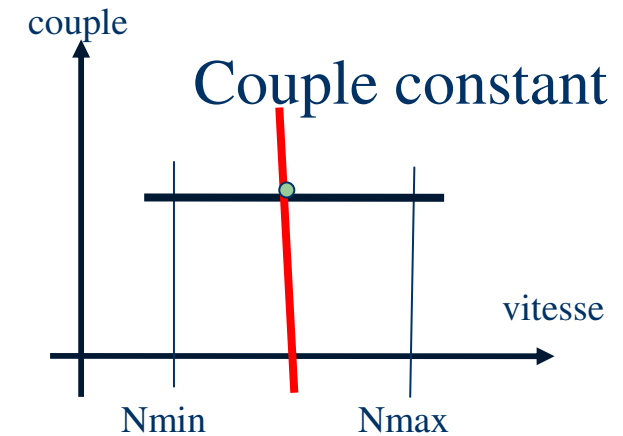
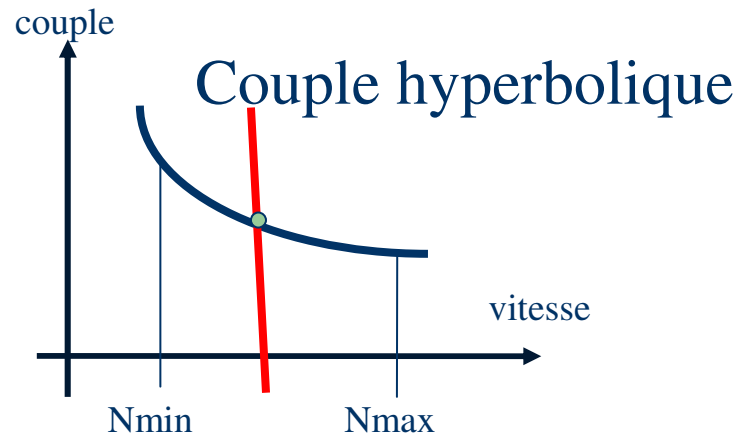
de la forme $y = -ax + b$

Génératrice

Mcc Série

Couples résistants et équation dynamique

MCC indép



Equation fondamentale de la dynamique

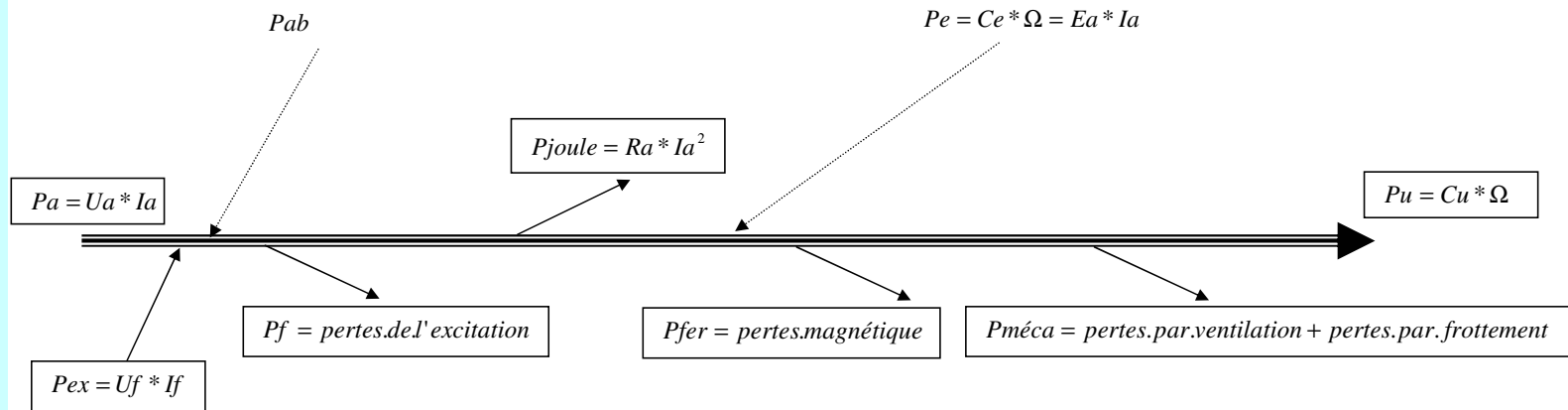
$$C_m - C_r = J \frac{d\Omega}{dt}$$

Génératrice

Mcc Série

Bilan de puissance et rendement

MCC indép



$$\eta = \frac{P_u}{P_{ab}} = \frac{C_u \cdot \Omega}{U_a \cdot I_a + U_f \cdot I_f}$$

$$\eta = \frac{P_{ab} - P_{ertes}}{P_{ab}}$$

L'expression de la puissance électromécanique P_e se retrouve de la façon suivante :

$$E_a = U_a + R_a \cdot I_a \Rightarrow E_a \cdot I_a = U_a \cdot I_a + R_a \cdot I_a^2$$

$$C_e = K_f \cdot I_a$$

$$E_a = K_f \cdot \Omega$$

$$K_f \cdot \Omega \cdot I_a = U_a \cdot I_a + R_a \cdot I_a^2 \Rightarrow C_e \cdot \Omega = E_a \cdot I_a = P_e$$

Génératrice

Mcc Série

Sommaire Moteur Série

Mcc Série

1. Rôle

2. Caractéristique de vitesse

3. Caractéristique de couple

4. Caractéristique mécanique

5. Couples résistants et équation dynamique

6. Bilan de puissance et rendement

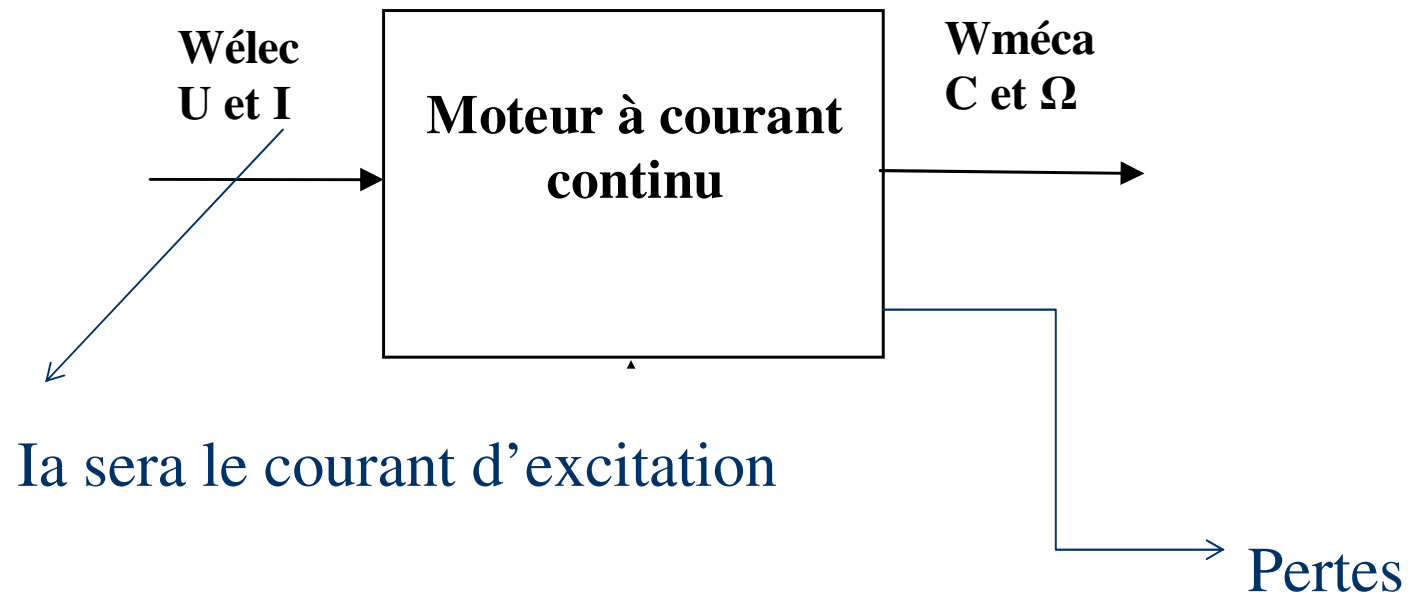
Génératrice

MCC indép

Rôle

Mcc Série

Convertir l'énergie électrique reçu par un réseau continu sur l'induit en énergie mécanique sur l'arbre de sortie.



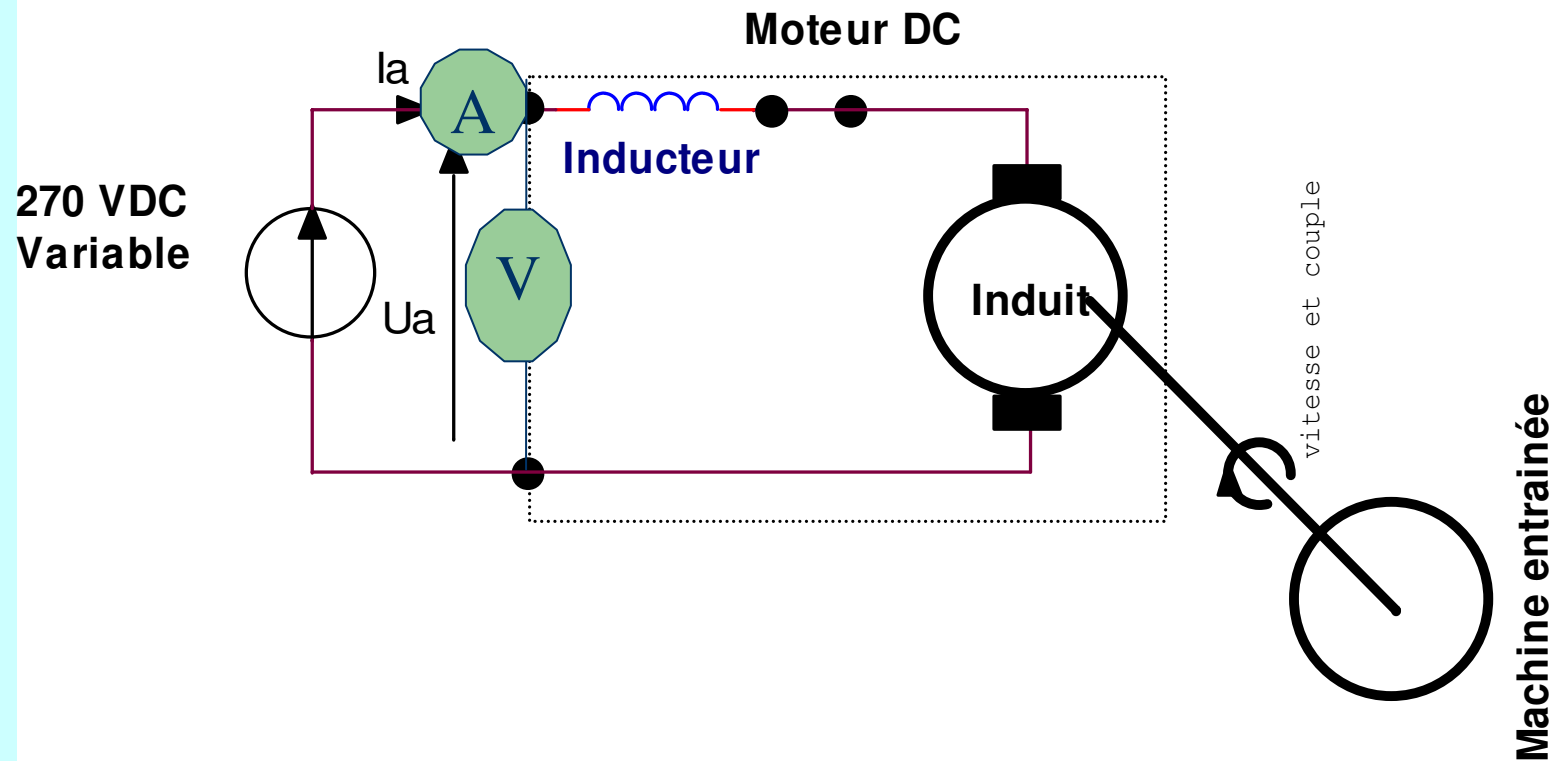
Génératrice

MCC indép

Schéma de montage

Mcc Série

- Moteur à excitation série



Attention l'inducteur n'a pas les mêmes caractéristiques

Génératrice

MCC indép

Equations

Mcc Série

- Rappels équation Moteur

$$Ea = Ua - Ra * Ia$$

$$Ea = Kf * \Omega$$

$$Ce = Kf * Ia$$

$$\Omega = \frac{Ua - Ra * Ia}{Kf}$$

Mais dans un montage série, l'inducteur est parcouru par le courant I_a donc le flux de la machine dépend maintenant de I_a .

$$Kf = \frac{p}{a} N \frac{1}{2\pi} \phi$$

$$\text{et } \phi = L * Ia$$

donc

$$Kf = \frac{p}{a} N \frac{1}{2\pi} * L * Ia = Kf' * Ia$$

Génératrice

MCC indép

Caractéristique de vitesse

Mcc Série

Le moteur est alimenté sous tension variable pour la mise en vitesse puis l'on fait varier le couple résistant.

Pour des faibles charge :

$$\Omega = \frac{U_a - R_a * I_a}{K_f} = \frac{U_a - R_a * I_a}{K_f' * I_a} = \frac{U_a}{K_f' * I_a} - \frac{R_a}{K_f'}$$

$$\text{donc de la forme } y = \frac{A}{x} - B$$

Hyperbole

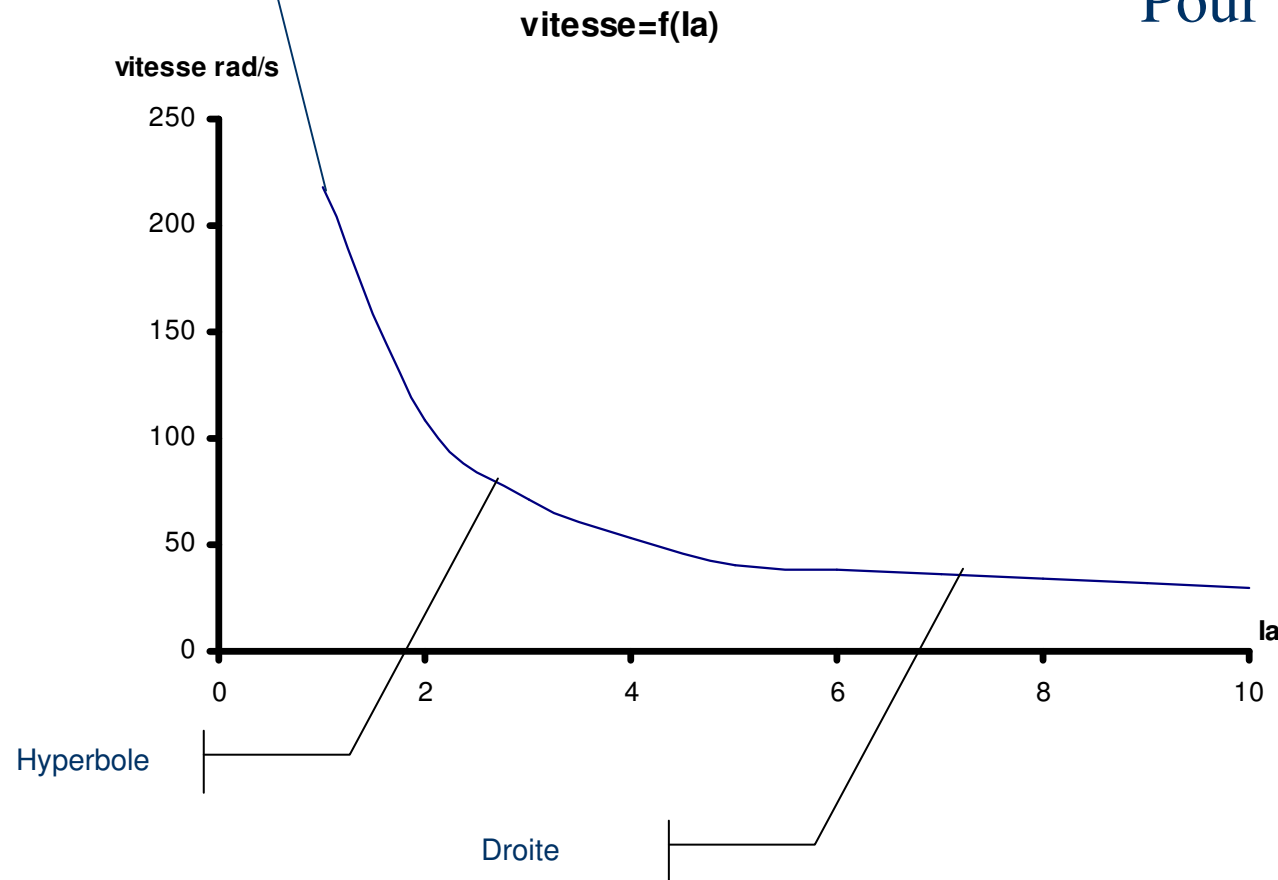
Génératrice

MCC indép

Caractéristique de vitesse

Mcc Série

Vers l'infini



Pour de fortes charges :

$$\Omega = \frac{Ua - Ra * Ia}{Kf}$$

$$\phi = cst$$

donc

$$Kf = cst$$

car saturation

de la forme $y = ax - b$

Génératrice

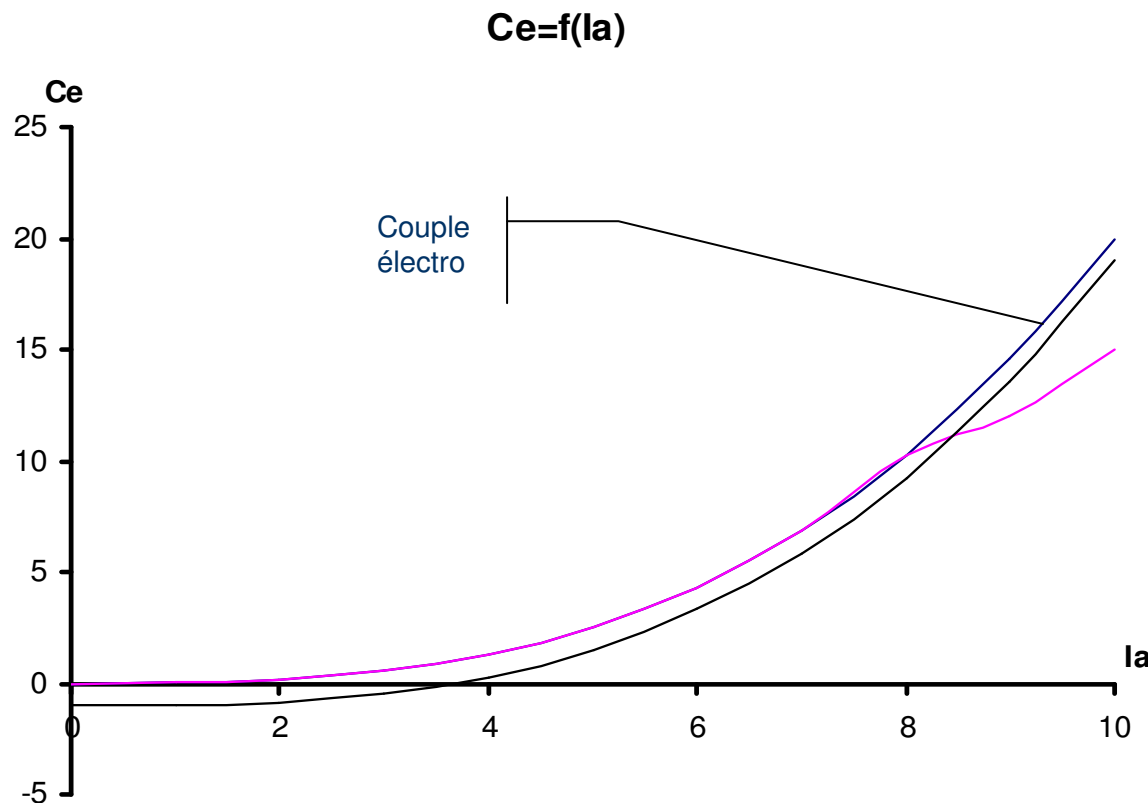
MCC indép

**ON NE DEMARRE JAMAIS UN MOTEUR
SERIE A VIDE**

Caractéristique de couple

Mcc Série

- l'énergie électrique se transforme en énergie mécanique mais en fonction de la charge



Une forme parabolique

$$E_a * I_a = C_e * \Omega$$

$$E_a = K_f * \Omega$$

Donc

$$K_f * \Omega * I_a = C_e * \Omega$$

$$C_e = K_f * I_a$$

comme

$$K_f = K_f' * I_a$$

alors

$$C_e = K_f' * I_a^2$$

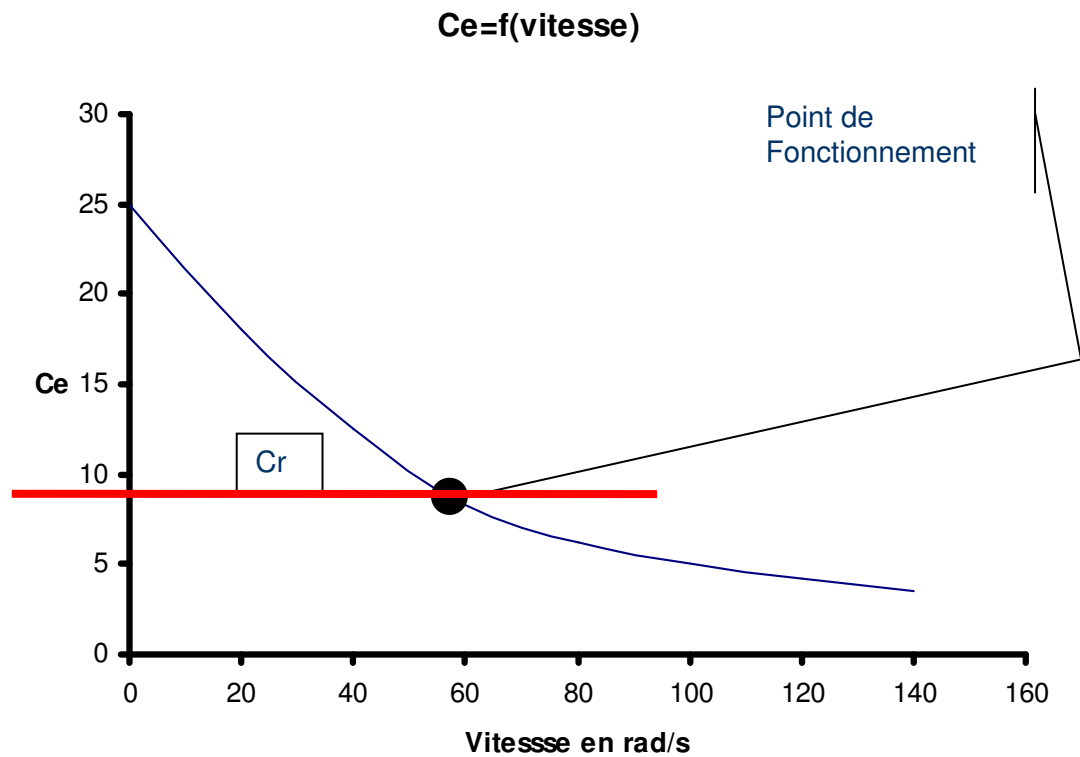
Génératrice

MCC indép

Caractéristique mécanique

Mcc Série

Le point de fonctionnement est un point d'équilibre entre le couple fourni par le moteur et celui demandé par la charge $C_u = C_r$.



Génératrice

MCC indép

Caractéristique mécanique

Mcc Série

$$\Omega = \frac{U_a}{K_f} - \frac{R_a}{K_f} * I_a$$

$$C_e = K_f' * I_a^2$$

Equations de départ

$$C_e = K_f' * I_a^2$$

et

$$U_a = R_a * I_a + E_a = R_a * I_a + K_f' * \Omega * I_a = I_a(R_a + K_f' * \Omega)$$

donc

$$C_e = K_f' \frac{U_a^2}{(R_a + K_f' * \Omega)^2}$$

De la forme d'une
Hyperbole.

Pour des faibles
Charges :

Pour les fortes
charges :

$K_f = \text{cst}$ donc $C_e = K_f * I_a$
il y a saturation.

$$C_e = \frac{K_f * U_a}{R_a} - \frac{K_f^2 * \Omega}{R_a} = K_f * \frac{U_a}{R_a} - \frac{(K_f)^2}{R_a} * \Omega$$

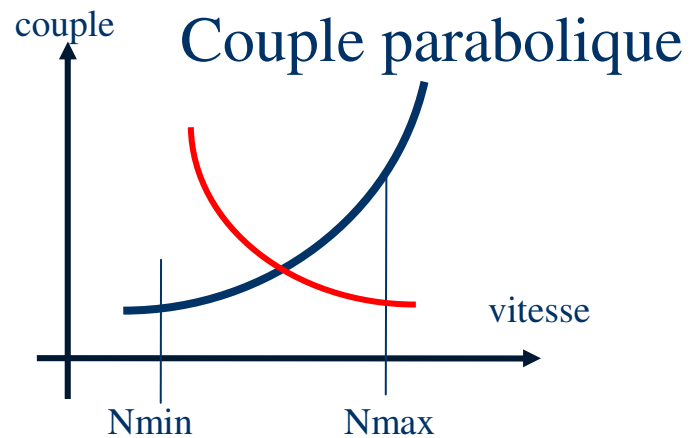
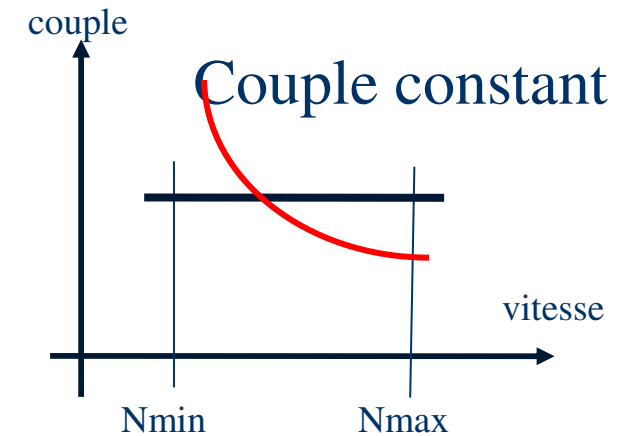
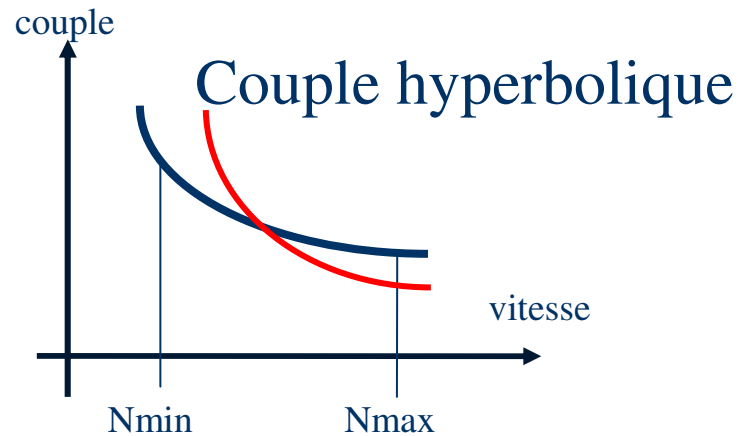
de la forme $y = -ax + b$

Génératrice

MCC indép

Couples résistants et équation dynamique

Mcc Série



Equation fondamentale de la dynamique

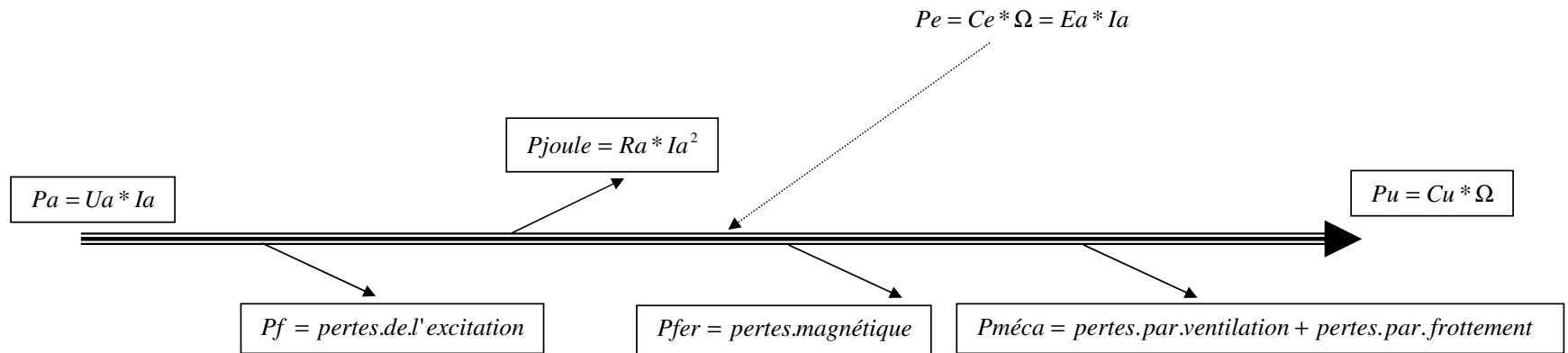
$$C_m - C_r = J \frac{d\Omega}{dt}$$

Génératrice

MCC indép

Bilan de puissance et rendement

Mcc Série



$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{C_u * \Omega}{U_a * I_a}$$

$$\eta = \frac{P_a - \text{Pertes}}{P_a}$$

Génératrice

MCC indép