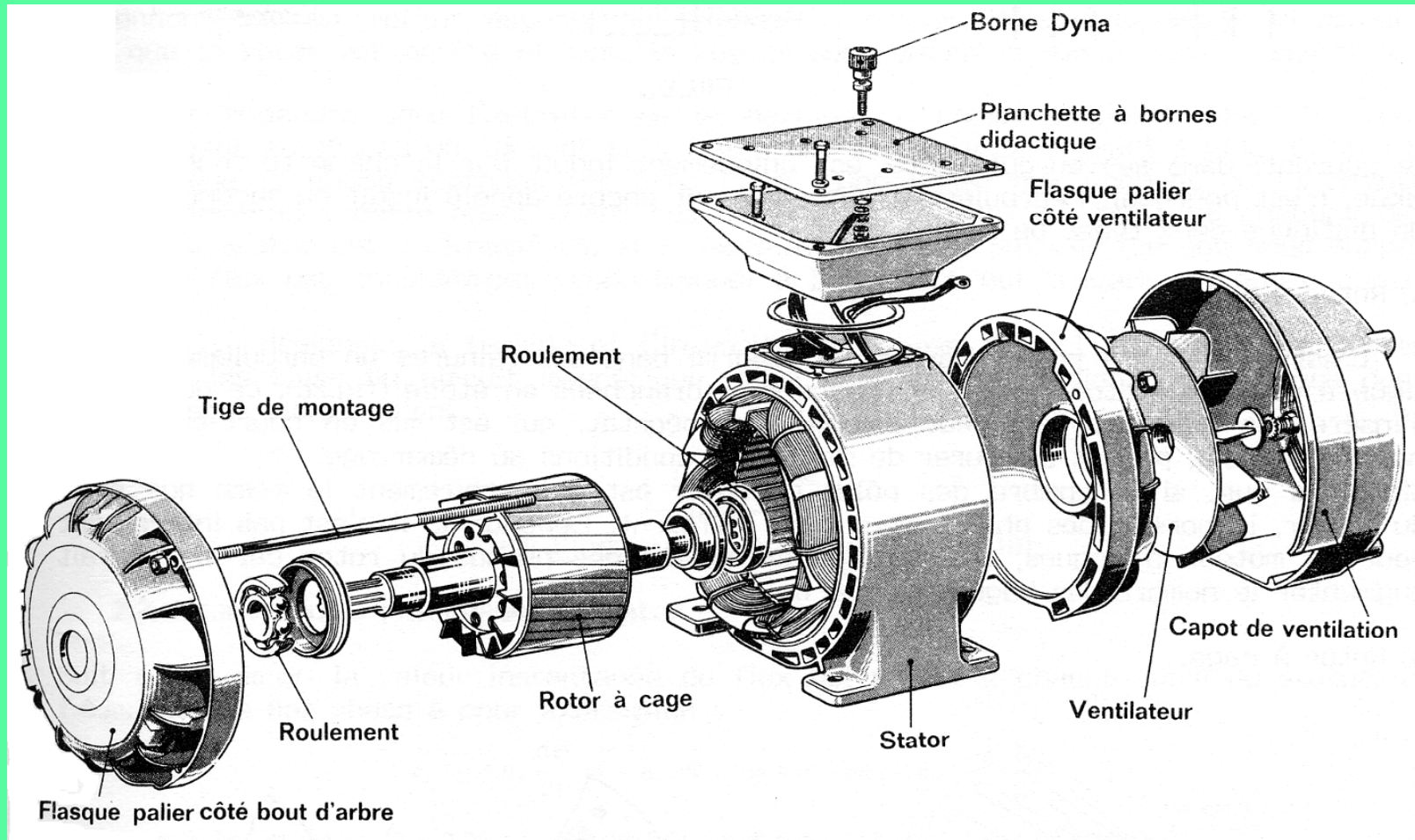


Machine asynchrone



Machine asynchrone

Fonctionnement à vide

Le comportement est très voisin de celui d'un mauvais transformateur (entrefer). Les courants triphasés absorbés au stator sont essentiellement réactifs (création du champ tournant). Le rotor tourne à une vitesse Ω légèrement inférieure à la vitesse de synchronisme,

$\Omega_s = 2\pi N_s = \frac{2\pi f}{p}$ et on appelle « **glissement** » cet écart relatif de vitesse.

$$g = \frac{\Omega_s - \Omega}{\Omega_s} = \frac{N_s - N}{N_s} = \frac{f - pN}{f}$$

La vitesse relative des conducteurs du rotor par rapport au champ tournant est $\Omega_s - \Omega = g \Omega_s$ et donc la fréquence des f.e.m. induites au rotor sera : $f_2 = g f = f - pN$

La f.e.m. induite au rotor sera donc : $E_2 = K_2 n_2 f_2 \hat{\Phi} = K_2 n_2 g f \hat{\Phi} = g E_{2AR}$
soit g fois celle obtenue à l'arrêt.

Machine asynchrone

Fonctionnement en charge

Le rotor étant court-circuité, les courants rotoriques, à la fréquence **$g.f$** , créent à leur tour un champ tournant qui tourne lui aussi à la vitesse **Ω_s** par rapport à un repère fixe. Les deux champs tournants (celui du stator et celui du rotor) vont donc pouvoir se composer vectoriellement pour donner un **flux résultant constant** (pour une tension et une fréquence d'alimentation données). Leur direction et leur amplitude évolueront de sorte que l'amplitude de la somme reste constante.

Machine asynchrone

Schéma équivalent

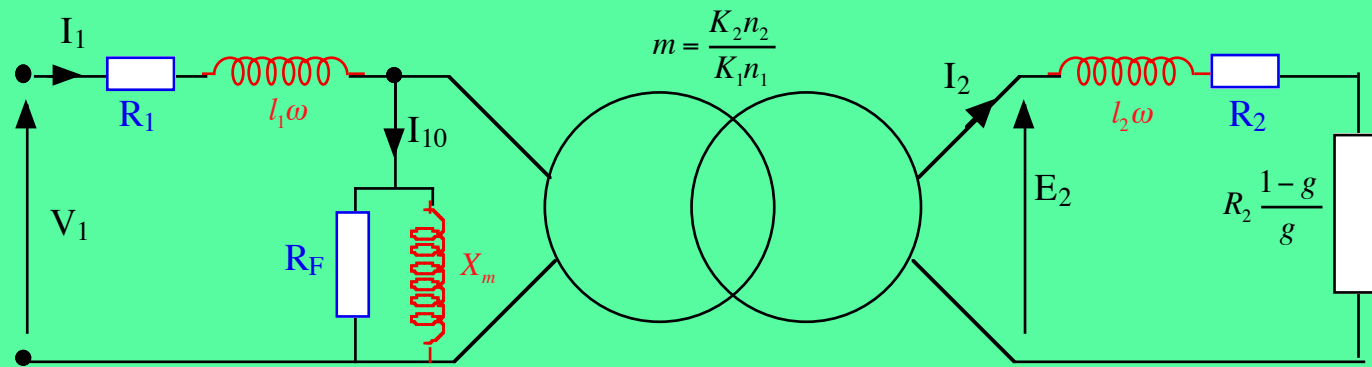
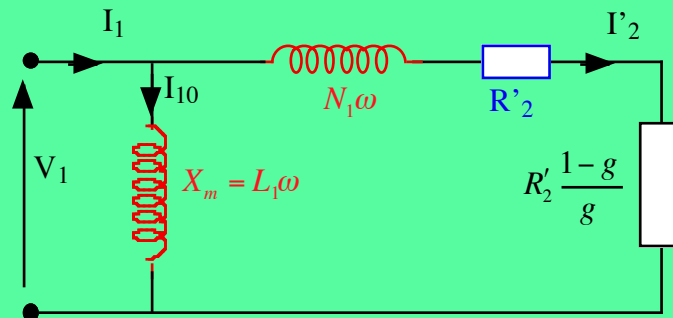


Schéma simplifié



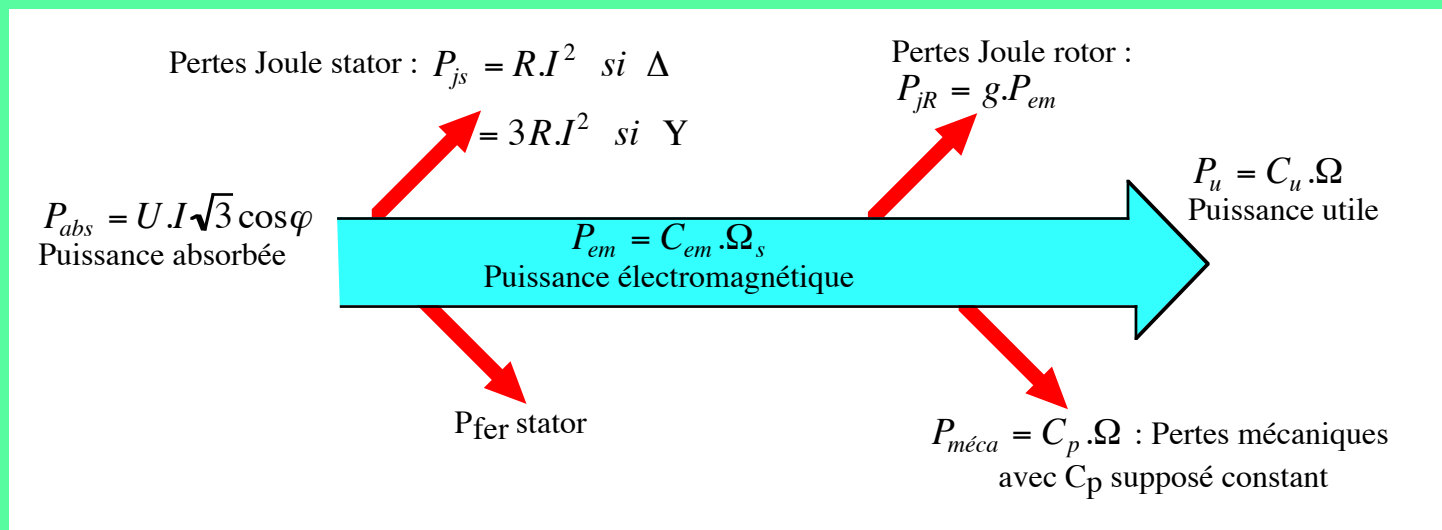
$$R'_2 = \frac{R_2}{m^2}$$

$$\text{Avec : } N_1\omega = \left(l_1 + \frac{l_2}{m^2} \right) \omega$$

$$I'_2 = m I_2$$

Machine asynchrone

Bilan de puissances



Machine asynchrone

Caractéristique mécanique

Le couple électromagnétique s'écrit :

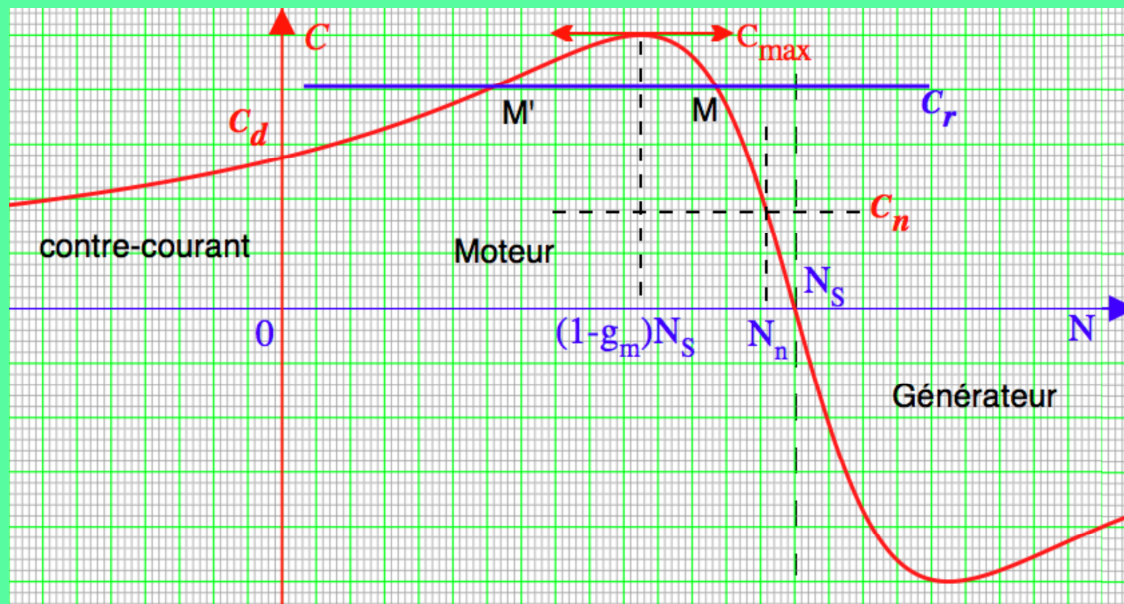
$$C_{em} = \frac{3pV_1^2}{\omega} \frac{R'_2}{\frac{R_2'^2}{g} + g(N_1\omega)^2}$$

Il présente un maximum

$$C_{emMax} = \frac{3p}{2N_1} \frac{V_1^2}{\omega^2}$$

pour un glissement :

$$g_M = \frac{R'_2}{N_1\omega}$$



Seuls les points de type M sont stables; cette zone de courbe, dite « utile », est souvent considérée comme linéaire. Elle correspond à :

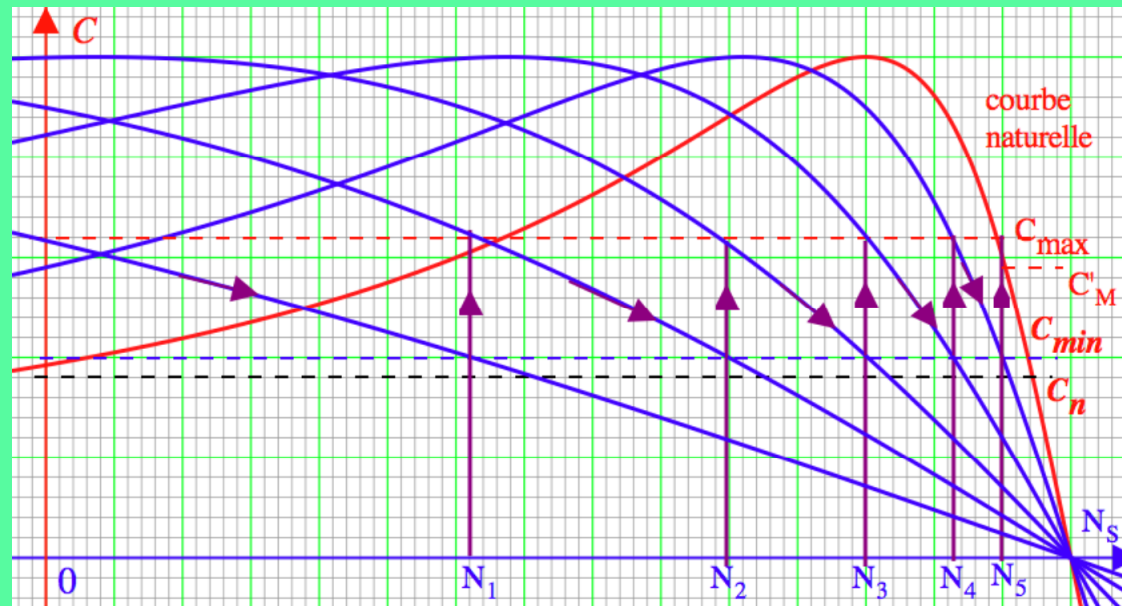
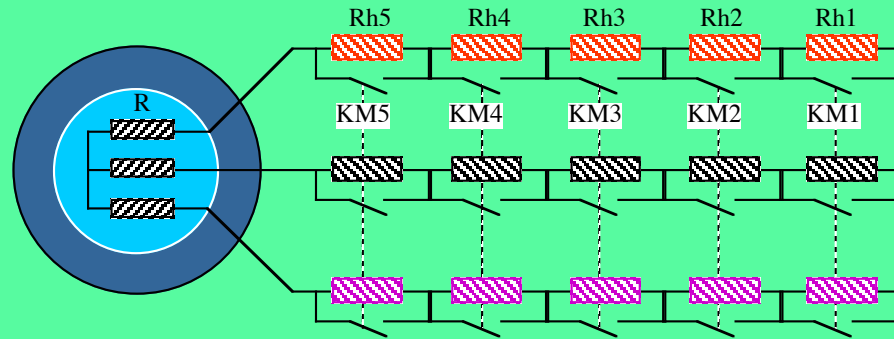
$$g(N_1\omega)^2 \ll \frac{R_2'^2}{g} \quad \text{D'où :}$$

$$C_{em} \approx \frac{3pV_1^2}{\omega} \frac{g}{R'_2} = \frac{3p^2V_1^2}{\omega^2} \frac{\Delta\Omega}{R'_2}$$

C_{em} est alors proportionnel à $\Delta N = N_s - N$ avec une pente en $(V/f)^2$

Machine asynchrone

Démarrage par rhéostat rotorique



Machine asynchrone

Démarrage direct

On alimente sous pleine tension un mauvais transformateur en court-circuit.
Pour limiter la surintensité, on a recours à diverses solutions :

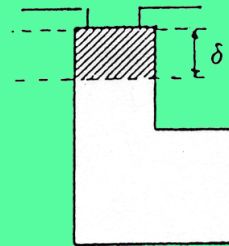
- rotor à encoches profondes,
- à double cage,
- à cage résistante,
- à encoches à déplacement de courant



Double cage



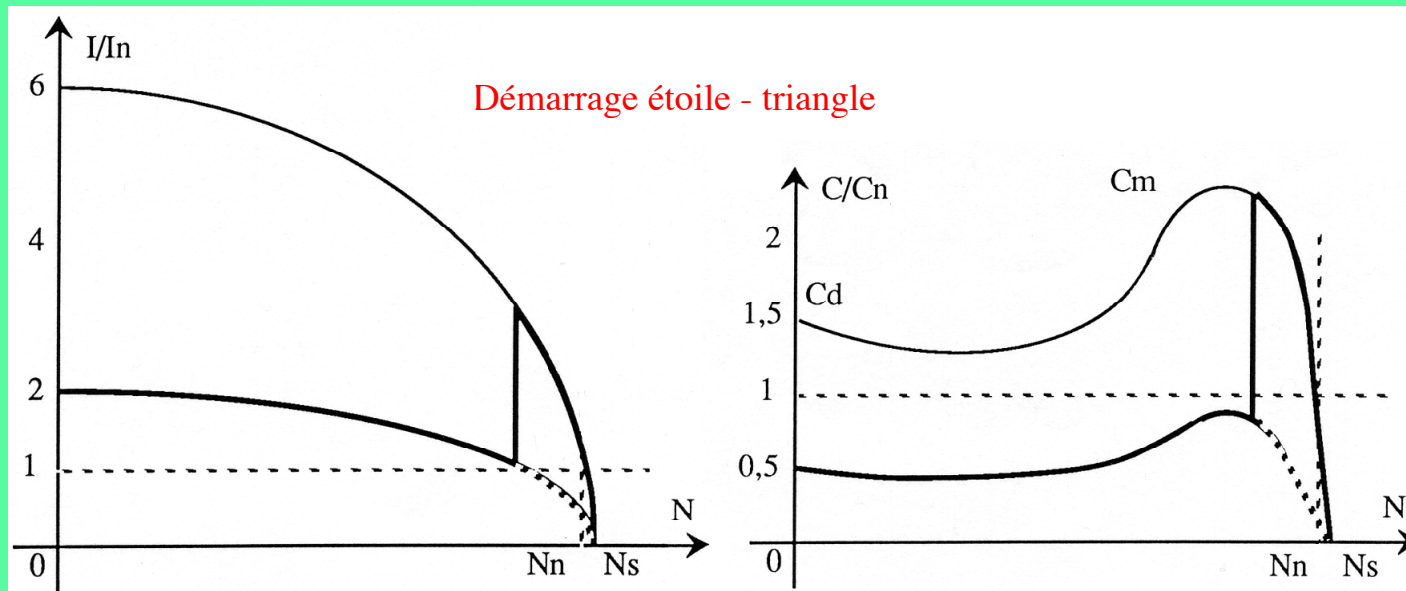
Encoches à déplacement de courant



$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\pi \mu f}}$$

Machine asynchrone

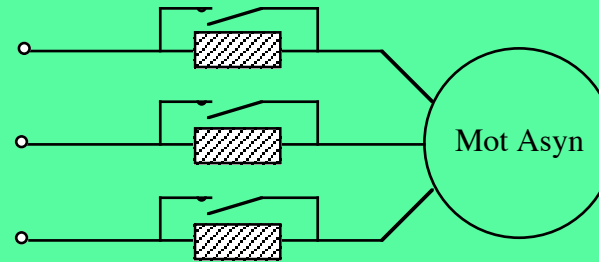
Démarrage Etoile-Triangle



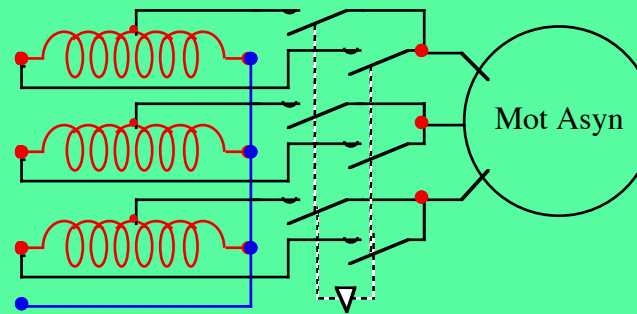
Si le courant est divisé par 3, le couple l'est aussi.

Machine asynchrone

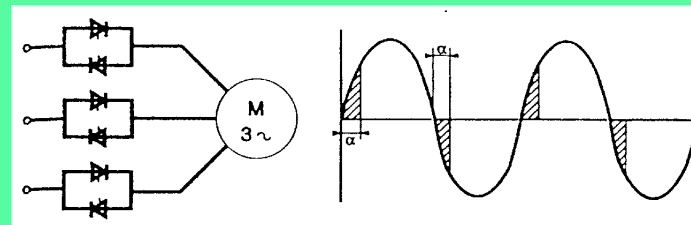
Démarrage par résistances au stator



Démarrage par autotransformateur



Démarrage par gradateur



Machine asynchrone

Freinage à contre-courant

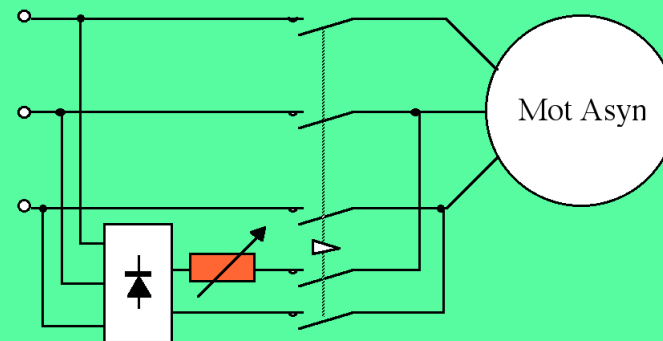
On croise deux phases d'alimentation donc : $\Omega_s \rightarrow -\Omega_s$ soit $g \approx 2$
Procédé très contraignant : $P_{JR} \implies 2 P_{em}$ plutôt utilisé avec des moteurs à bagues munis d'un rhéostat au rotor

Freinage en Hypersynchrone

Si la charge est entraînant, alors $N > N_s$ et la machine passe en générateur. Elle renvoie de la puissance active au réseau mais consomme du réactif.

Freinage par injection de courant continu

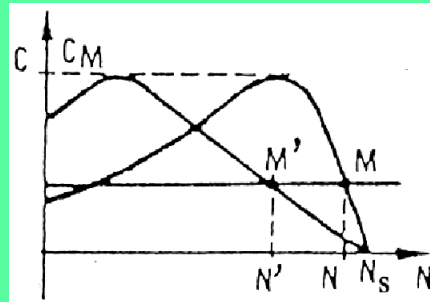
Situation inverse du démarrage : Le champ du stator est fixe et le rotor tourne. Les courants induits au rotor créent un couple de freinage.



Machine asynchrone

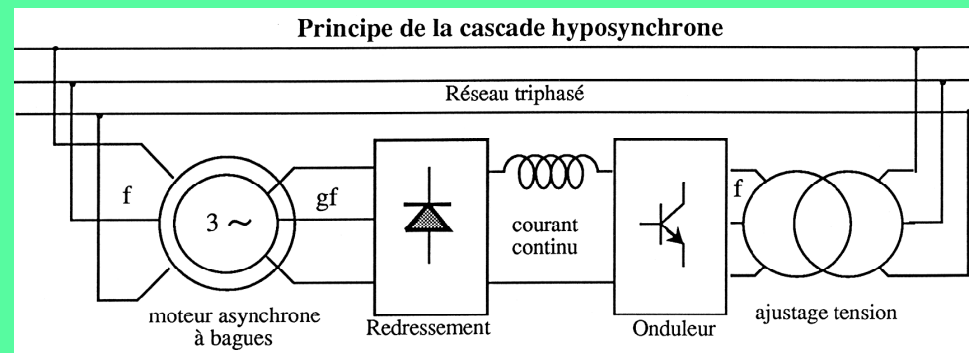
Variation de vitesse

Par rhéostat rotorique



- La chute de puissance utile se retrouve sous forme de pertes Joule, dans le rhéostat.
- La variation de vitesse varie avec la charge.

Cascade Hyposynchrone



L'énergie de glissement gP_{em} est ici renvoyée vers le réseau après changement de fréquence et ajustement de la tension.

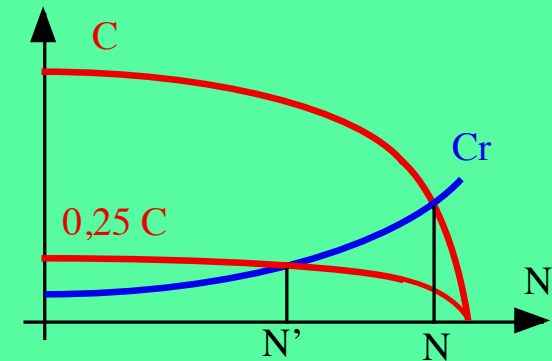
Plage de vitesse importante et fonctionnement dans les quatre quadrants.

Machine asynchrone

Variation de vitesse

Réduction de la tension statorique à fréquence constante.

- Il y a accroissement du glissement donc des pertes Joule au rotor;
- le couple est réduit dans le rapport de la tension élevée au carré;
- plutôt utilisé avec des moteurs à cage résistante entraînant une machine centrifuge dont le couple est de la forme : $C_r = K N^2$



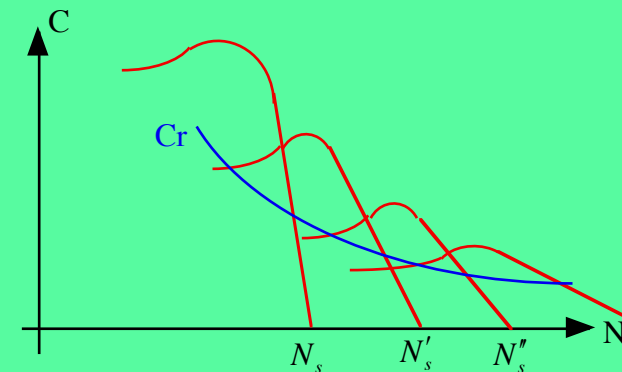
Variation de la fréquence statorique à tension constante

- A tension constante, la fréquence ne peut que augmenter (et le flux baisser) : $V_1 \approx K_1 n_1 f \hat{\Phi}$

- le couple maximal va varier en $\frac{1}{f^2}$ de même que la pente de la caractéristique;

- procédé propice aux entraînements à puissance constante

donc tels que : $C_r = \frac{K}{N}$

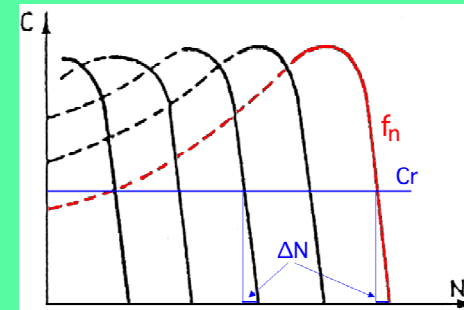


Machine asynchrone

Variation de vitesse

Variation de la tension et de la fréquence avec

$$\frac{V}{f} = C^{te}$$



- Le flux ne varie pas; le couple maximal et la pente de la caractéristique non plus (en $\frac{V^2}{f^2}$)
- un couple résistant constant déterminera des écarts de vitesse $\Delta N = N_s - N$ identiques.

Convertisseur de fréquences à V/f constant

