

Plan Machines Synchrones

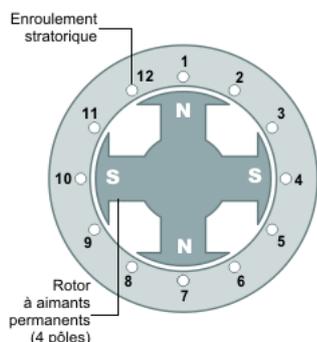
La machine synchrone est un exemple de convertisseur électromécanique réversible fonctionnant soit en moteur soit en générateur (alternateur)

I. Manipulation introductive

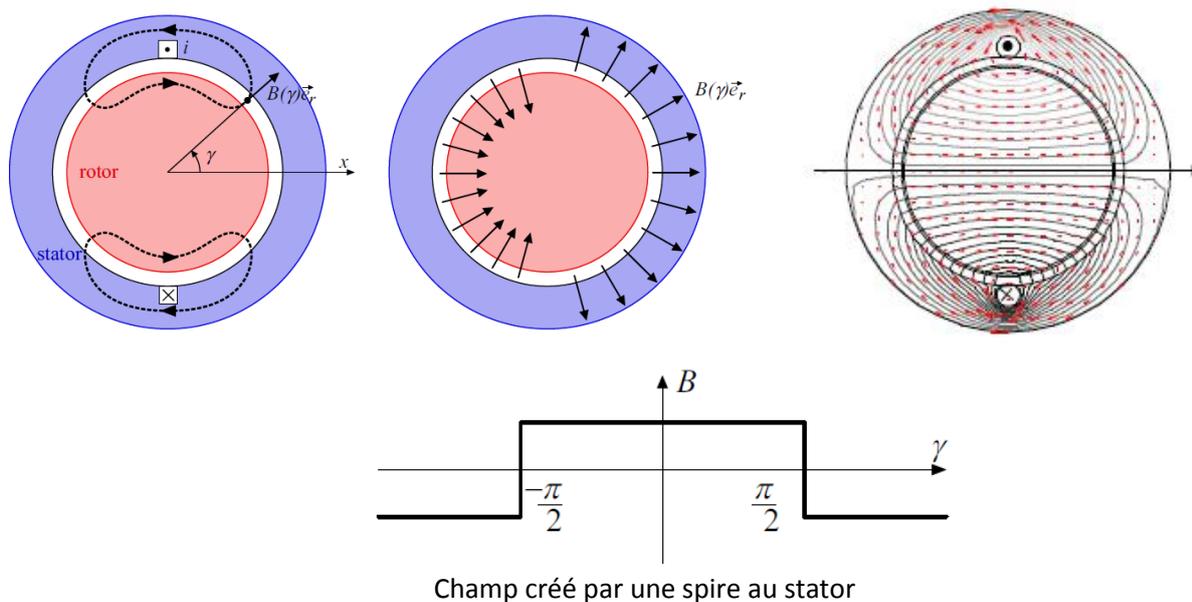
Voir doc http://www.lycee-champollion.fr/IMG/pdf/manipulation_principe_du_moteur_synchrone.pdf

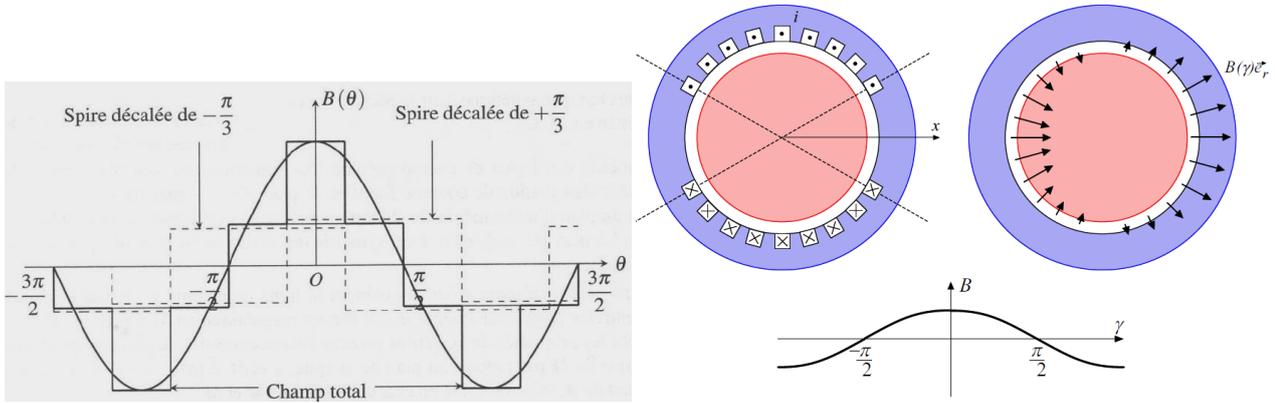
II. Présentation d'une machine synchrone

- Circuits magnétiques en fer doux de perméabilité μ_r infinie, l'un fixe, le STATOR, l'autre en rotation, le ROTOR ; l'entrefer occupe l'espace entre le rotor et le stator.
- Il existe deux sources de champ magnétique au niveau de l'entrefer :
 - o les circuits de l'induit bobinés sur le stator
 - o les *aimants permanents* ou les circuits inducteurs alimentés en *courant continu* et bobinés sur le rotor.



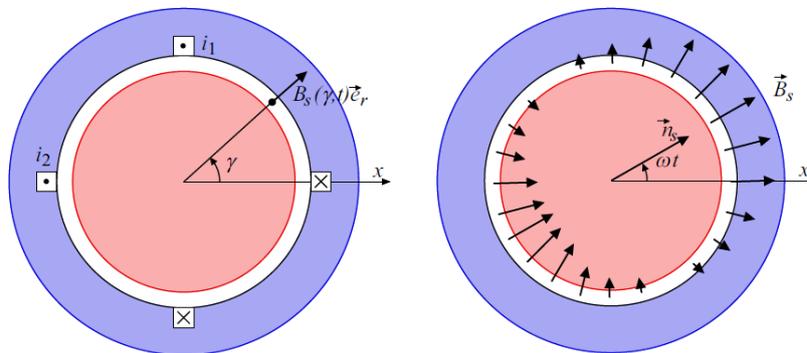
III. Enroulement statorique bipolaire





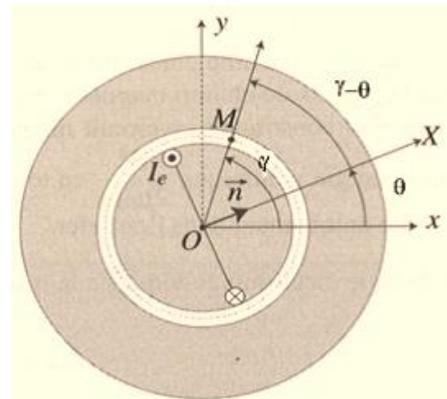
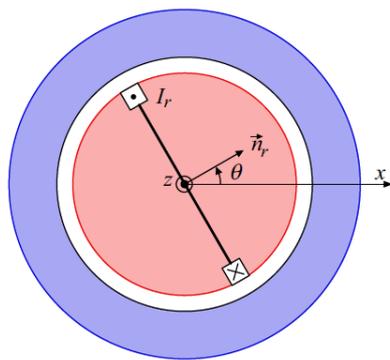
Champ créé par la même intensité circulant dans des encoches décalées

IV. Champ statorique tournant bipolaire diphasé



- $\vec{B}_s = K_s I_{s,m} \cos(\omega t - \gamma) \vec{e}_r$, où ω est la pulsation des courants statoriques.
- Le champ statorique est un champ glissant suivant \vec{e}_γ .
- Le champ statorique est un champ tournant à la vitesse angulaire ω .

V. Champ rotorique



- $\vec{B}_r = K_r I_r \cos(\gamma - \theta) \vec{e}_r$
- Le champ rotorique est maximal dans la direction $\gamma = \theta$; c'est un champ glissant, qui tourne à la vitesse angulaire $\dot{\theta}$, c'est-à-dire à la même vitesse que le rotor.

VI. Couple électromagnétique

A. Energie magnétique

Expression des termes statorique, rotorique et du terme de couplage ; seul ce dernier dépend de l'angle θ : $E_{\text{mag},R,S} = \frac{V}{2\mu_0} B_{s,m} B_r \cos(\omega t - \theta)$, où V est le volume de l'entrefer.

B. Calcul du couple

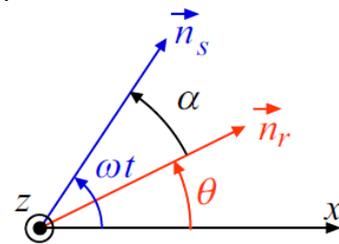
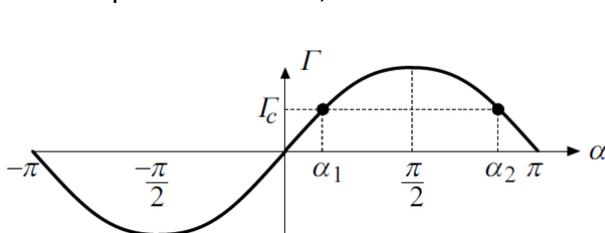
$$\Gamma = \frac{V}{2\mu_0} B_{s,m} B_r \sin(\omega t - \theta).$$

C. Condition de synchronisme

Le couple moyen n'est non nul que si la condition $\alpha = \omega t - \theta = \text{cte}$ ou $\omega = \dot{\theta}$, dite **condition de synchronisme**, est réalisée. C'est à cette condition seulement que la machine peut fonctionner.

$$\text{Alors : } \langle \Gamma \rangle = \Gamma = \frac{V}{2\mu_0} B_{s,m} B_r \sin(\alpha)$$

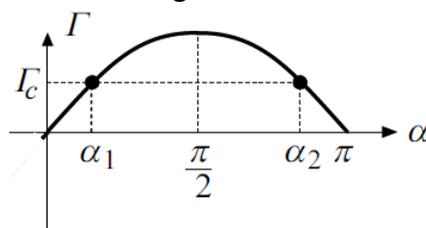
Si α est compris entre 0 et π , la machine est un moteur synchrone ; sinon c'est un alternateur.



Cas moteur : le rotor « suit » le champ statorique

VII. Fonctionnement moteur

Points de fonctionnement – Stabilité - Démarrage



α_1 correspond à un équilibre stable - α_2 à un équilibre instable

VIII. Aspect énergétique

A. Equations électriques des phases du stator et du rotor

$$u_1 = R_s i_1 + L_s \frac{di_1}{dt} - M_0 \omega_l r \sin(\omega t - \alpha) ;$$

$$u_2 = R_s i_2 + L_s \frac{di_2}{dt} + M_0 \omega_l r \cos(\omega t - \alpha) ;$$

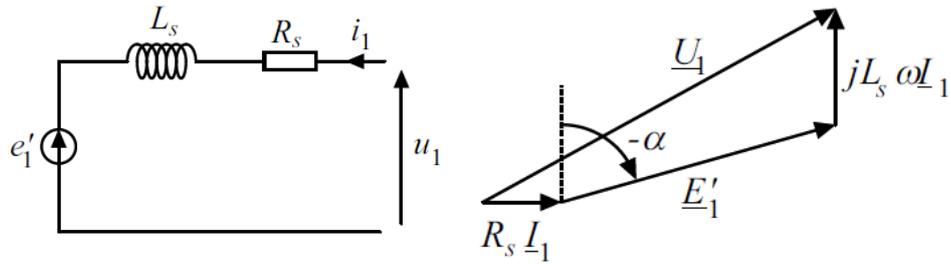
$$u_r = R_r i_r.$$

$$e'_1 = -M_0 \omega_l r \sin(\omega t - \alpha) ; e'_2 = M_0 \omega_l r \cos(\omega t - \alpha).$$

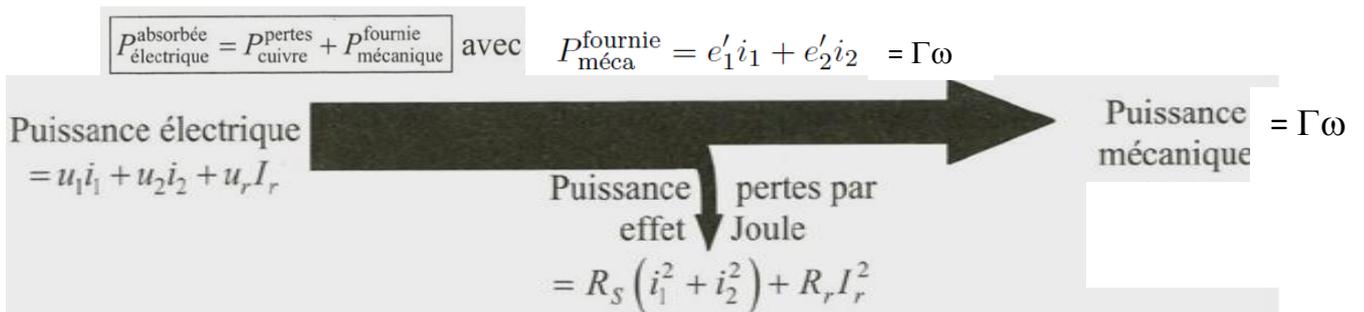
Il n'y a pas d'induction dans le circuit du rotor

Le rotor est l'**inducteur** et les bobinages du stator constituent l'**induit**

Schéma électrique et diagramme de Fresnel :



B. Bilan de puissance



IX. Réversibilité – Fonctionnement en alternateur

