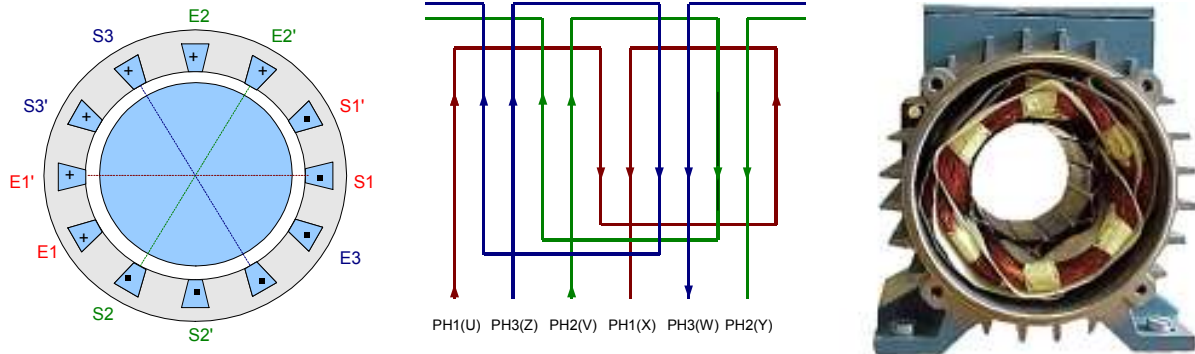


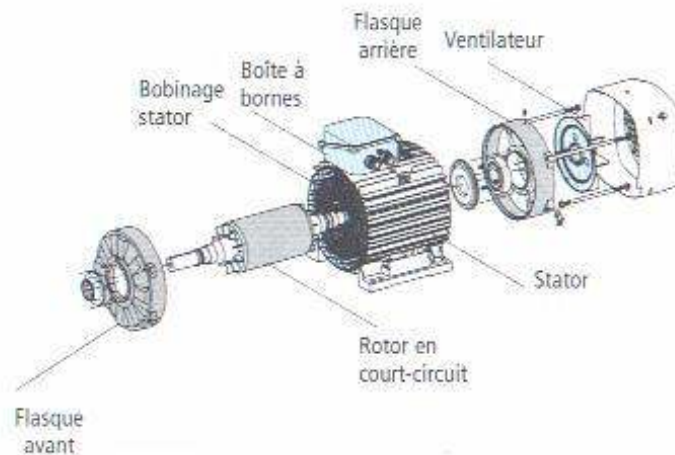
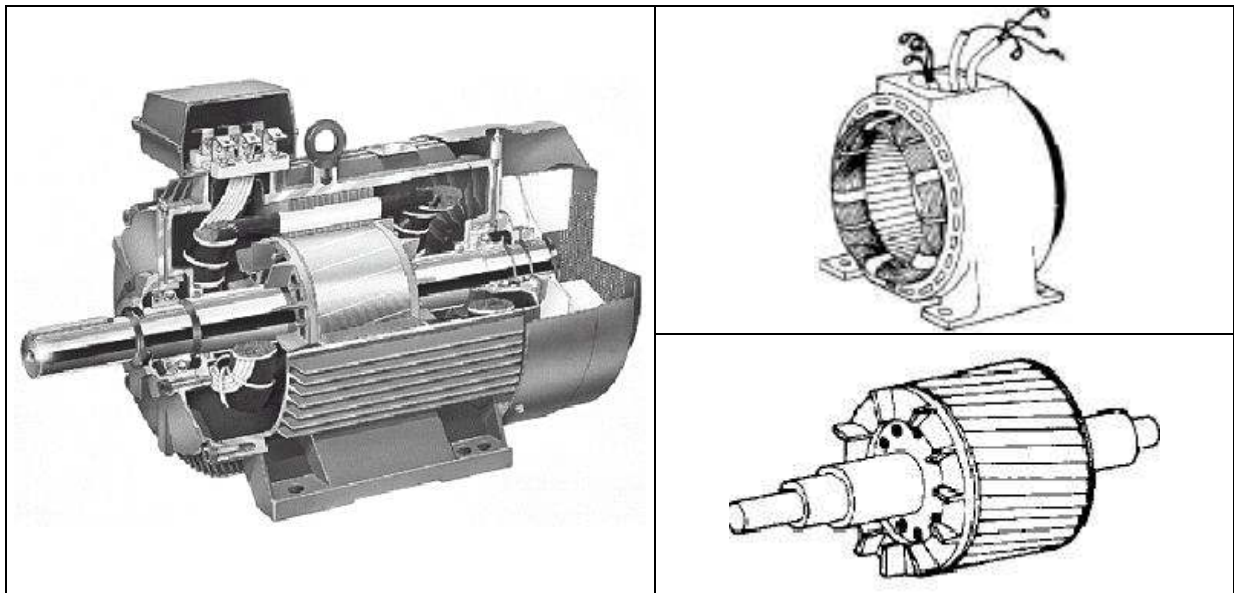
Machine asynchrone triphasée

1 - Technologie

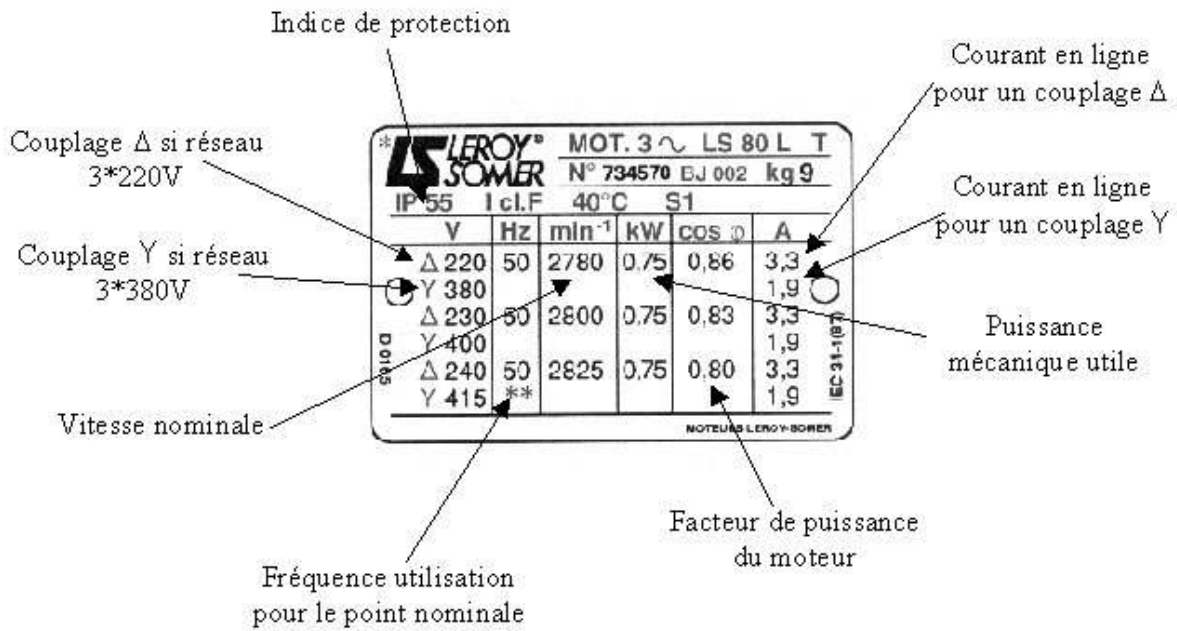
stator 2 pôles



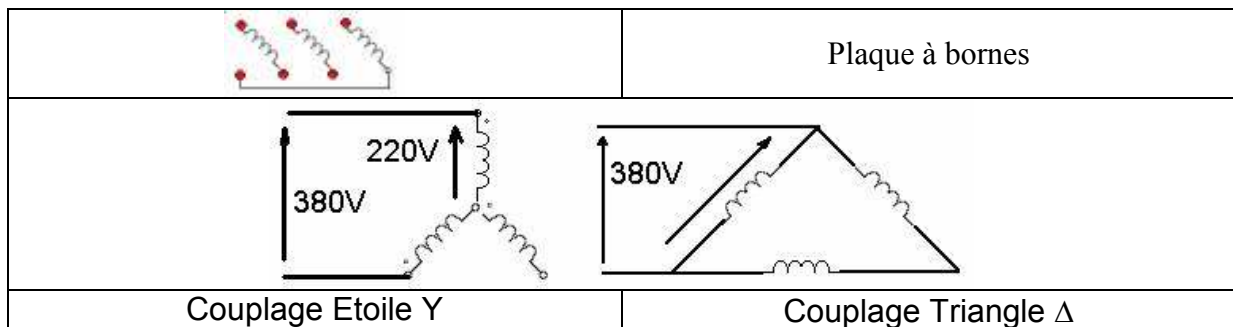
Stator & rotor



Plaque signalétique



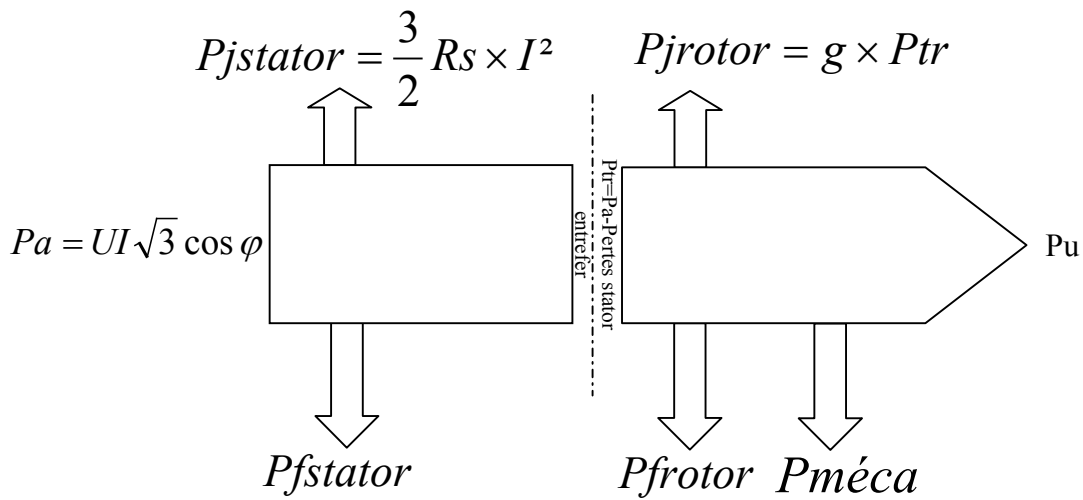
Couplage



2 – Relation de bases

$n = \frac{f}{p}$	n : vitesse de synchronisme tr/s f : fréquence en Hz p : nombre de paires de pôles
$P_u = C \times \Omega$ $\Omega = 2 \times \pi \times n$	P _u : puissance utile en watt C : couple en Nm Ω : vitesse angulaire en rad/s
$P_a = U \times I \times \sqrt{3} \times \cos \varphi$	P _a : Puissance électrique absorbée φ: déphasage courant tension
$g = \frac{ns - nr}{ns}$	g : glissement ns : vitesse de synchronisme nr : vitesse réelle du rotor
$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{P_u}{P_u + pertes}$	P _u : puissance utile P _a : puissance absorbée

3 – Bilan des puissances



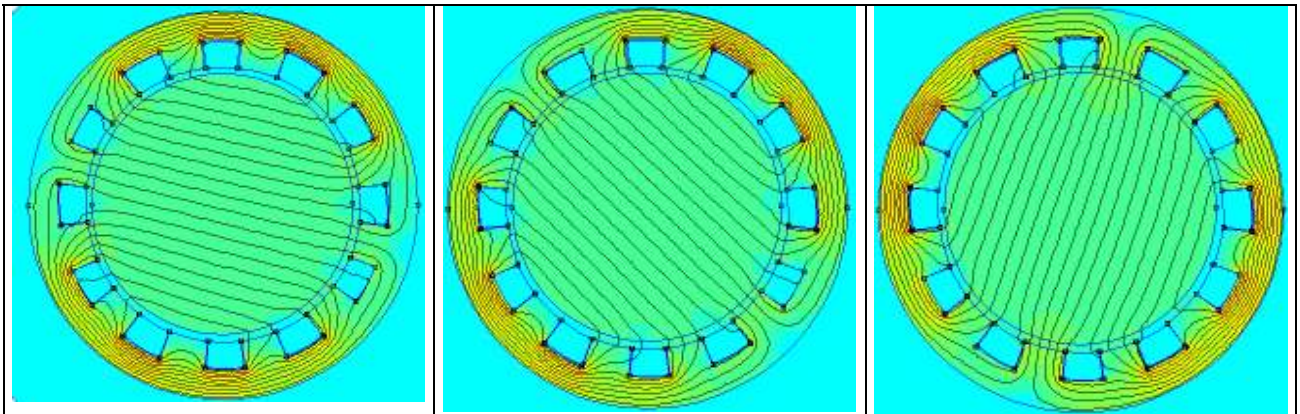
4 – Principe

- Création d'un champ tournant
- Création de pôles au stator
- Création d'une force électromotrice d'induction au rotor
- Création de courants induits au rotor
- Création de pôles au rotor
- Création d'un couple moteur

Création d'un champ tournant

<p>Les tensions triphasés créent des courants dans les bobines.</p> <p>Les bobines créent des champs magnétiques : $B = \frac{\mu_0 NI}{2R}$</p> <p>Le champ magnétique est transmis dans l'entrefer, il en résulte une excitation magnétique $H = \frac{1}{\mu_0} \times B$ tournante.</p>	<p>alternance de pôle N et S avec l'alternance de I</p>

Création de pôles tournants au stator



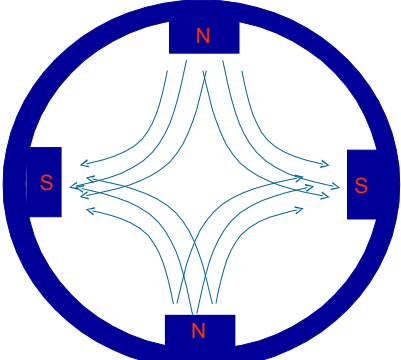
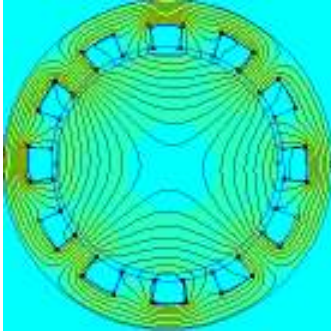
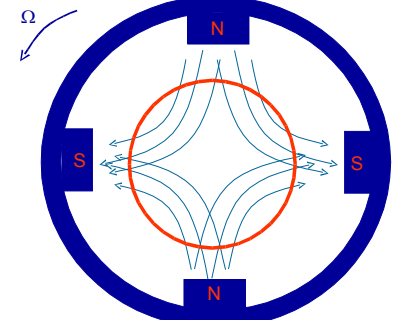
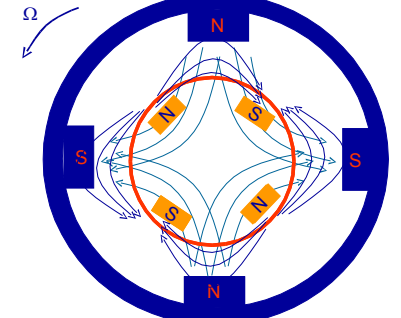
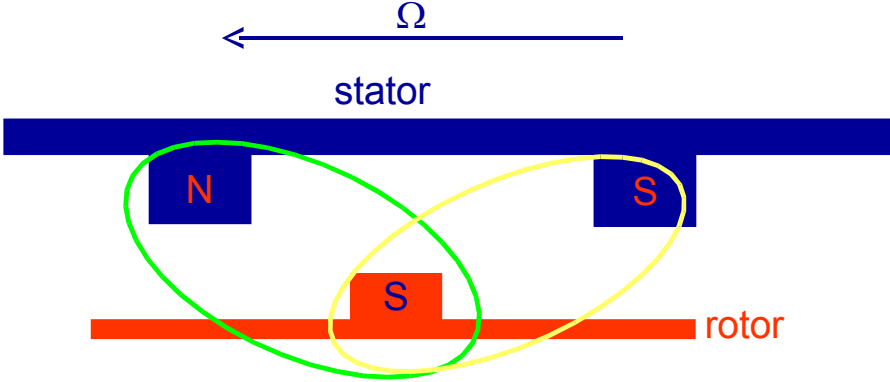
Création d'une force électromotrice d'induction au rotor

La loi de Faraday est égale à $e = -\frac{d\phi}{dt}$

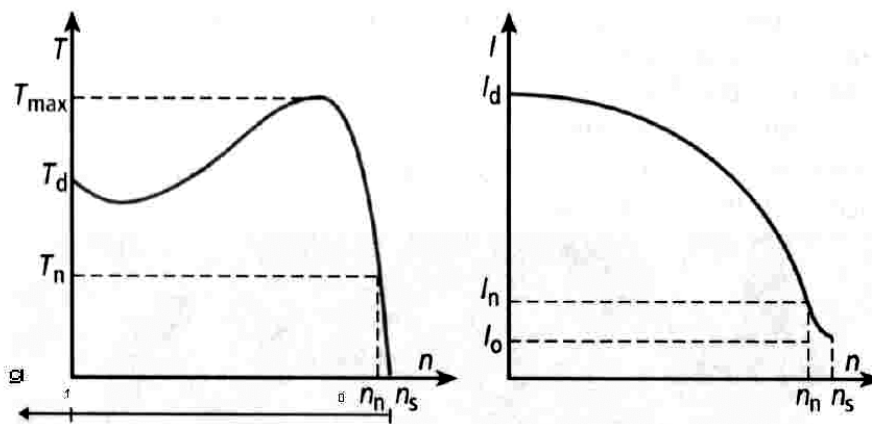
<p>P et M sont sous des pôles contraires :</p> $E_{cp} = -E_{cm}$	$\phi = B \times S$ $d\phi = B \times dS$ $dS = L \times R \times \alpha\theta$ $d\phi = \mu_0 \times H \times dS$
<p>On considère une surface dS qui voit une variation du champ tournant, il y a création d'une tension induite.</p>	

<p>Création de courants induits</p>	<p>Création de pôle induit au rotor</p>
<p>On court circuite les deux barres en série, ce qui ferme le circuit et donc produit un courant.</p>	<p>Ce courant dans la spire ainsi formée crée un champ magnétique induit B au rotor</p>

Création d'un couple moteur

 <p>A circular stator with four poles: North (N) at the top and bottom, and South (S) on the left and right. Magnetic field lines are shown as blue arrows originating from the North poles and terminating at the South poles.</p>	<p>Création d'un champ tournant</p>  <p>A 3D visualization of a rotating magnetic field, showing a series of green and yellow lines forming a circular pattern that rotates around a central axis.</p>
 <p>The stator is shown with a rotor (orange circle) inside. A blue arrow labeled Ω indicates the direction of rotation. The rotor is shown with induced current loops (red lines) and magnetic field lines (blue arrows) passing through it.</p>	<p>Création de force électromotrice Création de courant induit</p>
 <p>The stator is shown with a rotor (orange circle) inside. A blue arrow labeled Ω indicates the direction of rotation. The rotor is shown with induced poles (yellow and orange blocks) and magnetic field lines (blue arrows) passing through it.</p>	<p>Création de pôle induit au rotor Création d'un couple moteur</p>
<div style="text-align: center;">  <p>← Ω</p> <p>stator</p> <p>N S</p> <p>S rotor</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div data-bbox="197 1727 587 1818"> <p>Le pôle nord stator tire le pôle sud rotor</p> </div> <div data-bbox="667 1720 1145 1809"> <p>Le pôle sud stator repousse le pôle sud rotor</p> </div> </div>	

5 – Caractéristiques des MAS



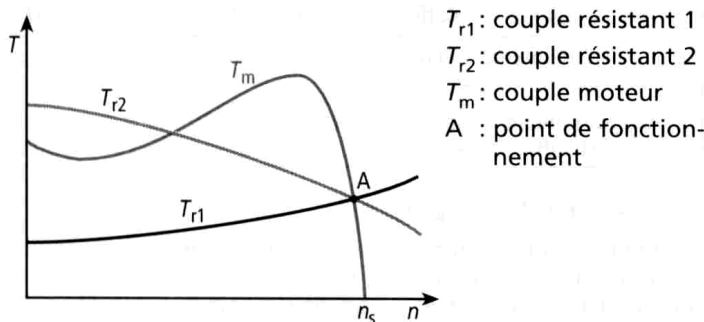
- T_n couple nominal
- T_d couple d'accrochage ($1.8 T_n$)
- T_{max} couple maximum ($2.5 T_n$)
- I_0 courant à vide ($0.4 I_n$)
- I_d courant de démarrage ($7 I_n$)

Glissement

n_s : vitesse de synchronisme tr/s
 n_r : vitesse nominal tr/s

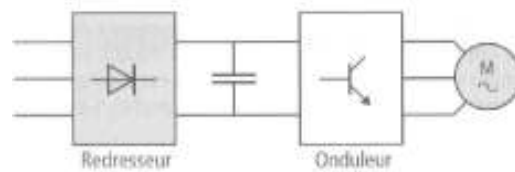
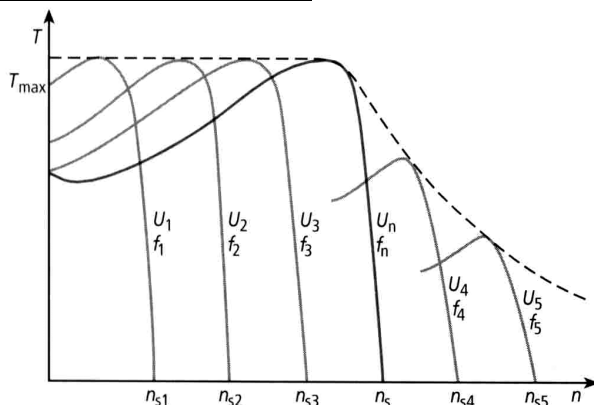
$$g = \frac{n_s - n_r}{n_s}$$

Exemple de fonctionnement



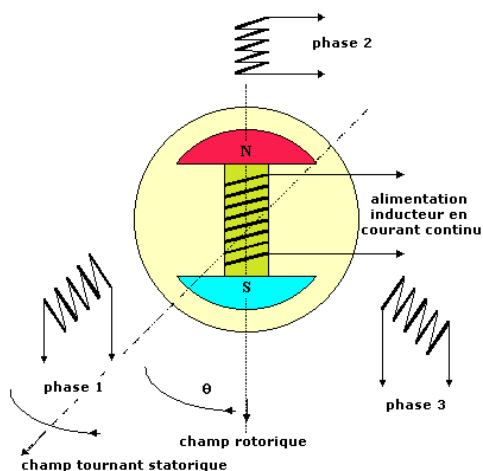
Le point de fonctionnement A correspond à une vitesse stabilisée lorsque $T_m = T_r$.
 La machine ne pourra entraîner la charge ayant le couple T_{r2} car celui-ci est supérieur à T_m lors du démarrage

Démarrreur à U/f constant



Machines Synchrones

Principe de fonctionnement

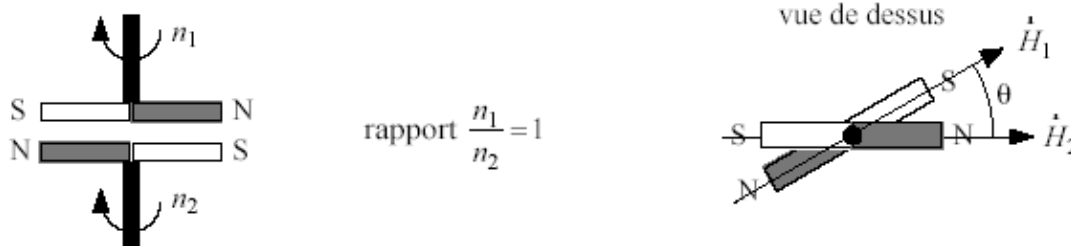


Le rotor, alimenté en **courant continu**, par un système de contacts glissants (bagues), crée un champ magnétique rotorique qui suit le champ tournant statorique avec un retard angulaire θ lié à la charge (plus la charge est importante, plus θ est grand). Étant donné que le rotor tourne à la même vitesse que le champ tournant, ce moteur ne peut pas être démarré directement sur le réseau 50 Hz.

On peut utiliser un convertisseur de fréquence dont la fréquence augmente progressivement lors de la phase de démarrage.

Ce moteur peut également être utilisé pour relever le facteur de puissance d'une installation. Dans ce cas, il doit être " surexcité ". Il fournit alors de la puissance réactive au réseau (charge capacitive).

Couple Electromagnétique

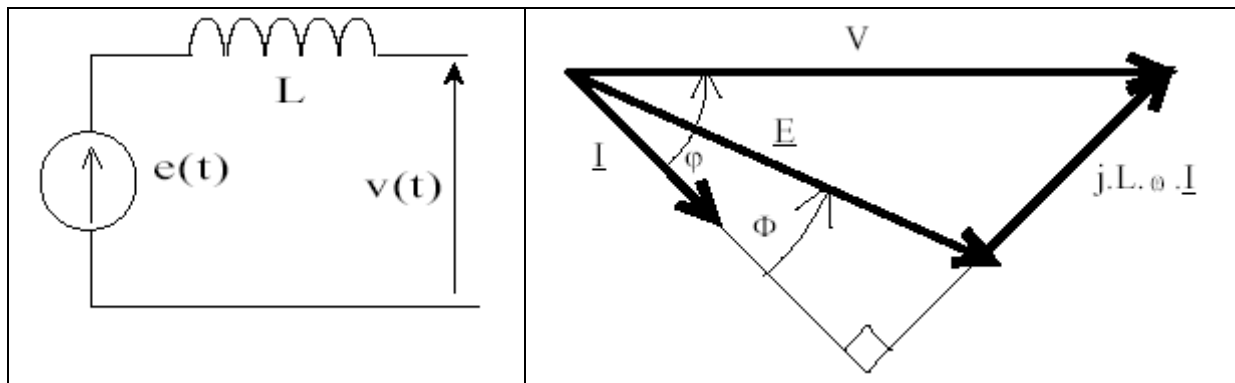


On a toujours $C_{\text{moteur}} = C_{\text{résistant}}$ mais le couple qu'il est possible de transmettre est limité. A vide $\theta = 0$ mais en charge l'angle séparant les deux aimants augmente avec le couple résistant.

On montre que le couple transmissible vaut :

$$C = k \times H_1 \times H_2 \times \sin \theta$$

Equation de la machine



Ω_s : vitesse du champ tournant statorique

L : Inductance de la machine

$E(t)$ la f.e.m créée par le champ magnétique rotorique dans une phase de la machine

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

E la valeur efficace de $e(t)$

I la valeur efficace du courant dans une phase de la machine

φ Le déphasage entre V et I

ϕ Le déphasage entre E et I

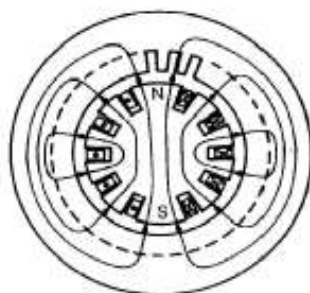
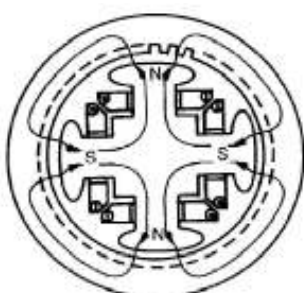
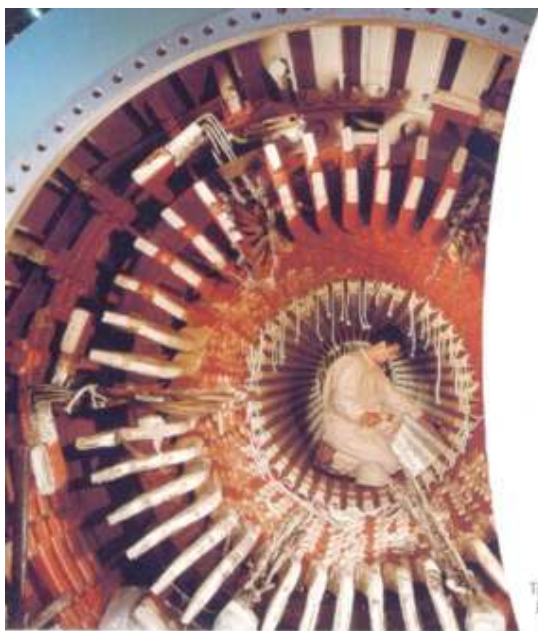
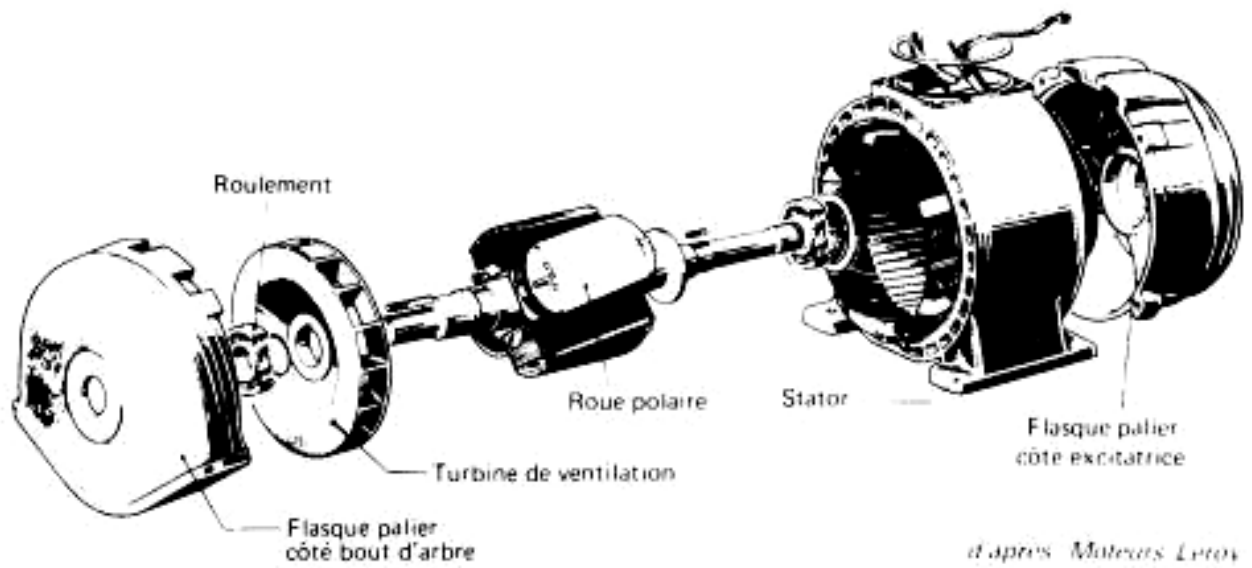
Il est alors possible de tracer le diagramme de Fresnel correspondant à l'équation des tensions d'une phase de la machine $\bar{V} = \bar{E} + jL\omega\bar{I}$

$$P_{\text{électrique}} = P_{\text{méca}} = C \cdot \Omega_s = 3 \cdot V \cdot I \cdot \cos(\varphi) = 3 \cdot E \cdot I \cdot \cos(\phi)$$

$$C = \frac{3 \cdot E \cdot I \cdot \cos(\phi)}{\Omega_s}$$

Un bon contrôle du couple lors de la commande d'une machine synchrone passera donc par un contrôle de l'angle ϕ .

Constitution

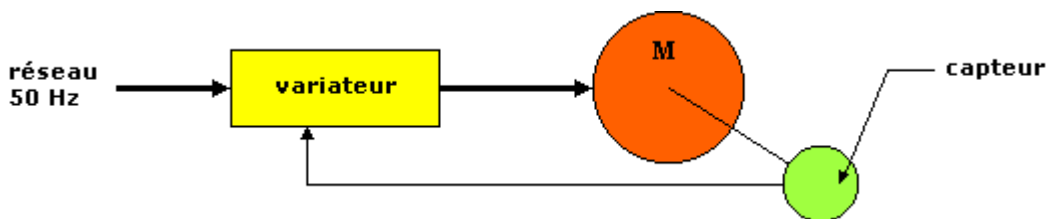


Moteur synchrone autopiloté

Un capteur (codeur ou resolver) détecte la position exacte du rotor et permet au convertisseur de fréquence, de maintenir un angle θ e 90° entre le champ tournant statorique H_s et le champ rotorique H_r , de façon à ce que le couple moteur puisse toujours être maximal. H_s , modulé en amplitude, fixe la valeur du couple. Il n'y a plus possibilité de décrochage. Le capteur donne également l'information " vitesse ".

Fonctionnement à vitesse constante: si la charge diminue, pour que la vitesse reste constante, il faut diminuer le couple moteur. Le variateur réduit donc l'amplitude du champ tournant statorique H_s , sans changer sa fréquence.

Fonctionnement à couple constant: si la consigne de vitesse diminue, le couple moteur reste constant si l'amplitude du champ tournant statorique reste constante. Le variateur réduit la fréquence de H_s , en conservant son amplitude.



Moteur synchrone sans balais ou Brushless

Il est constitué:

- D'un stator fait d'un empilement de tôles dans lequel est disposé un bobinage généralement triphasé connecté en étoile.
- D'un rotor formé d'un assemblage de tôles et d'aimants créant le flux inducteur.

L'absence de contacts glissants améliore la fiabilité.

Les aimants utilisés sont :

- Les ferrites, peu coûteuses,
- Le samarium cobalt ($SmCo_5$, Sm_2Co_{17}), dont les performances du point de vue de l'énergie spécifique sont exceptionnelles. L'énergie spécifique est le produit $B \times H$ exprimé en J/m^3 .

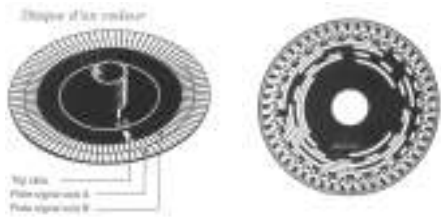
Le rotor du moteur peut être à " aimants déposés " ou à " concentration de flux ".

Cette dernière réalisation utilise un plus faible volume d'aimants.



Les capteurs utilisés

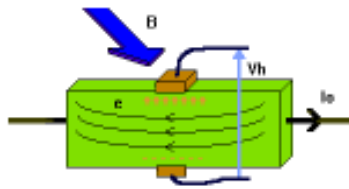
Codeurs incrémentaux ou absolus



Fréquence = résolution x fréquence de rotation en tr/s
 Résolution = nombre de points par tour
 Précision = déplacement / résolution

Capteur effet hall

Un capteur à effet hall donne un signal lorsqu'il détecte un champ magnétique ou une pièce métallique. La tension de Hall (du nom de celui qui remarqua le phénomène en 1879) et amplifié dans le capteur.



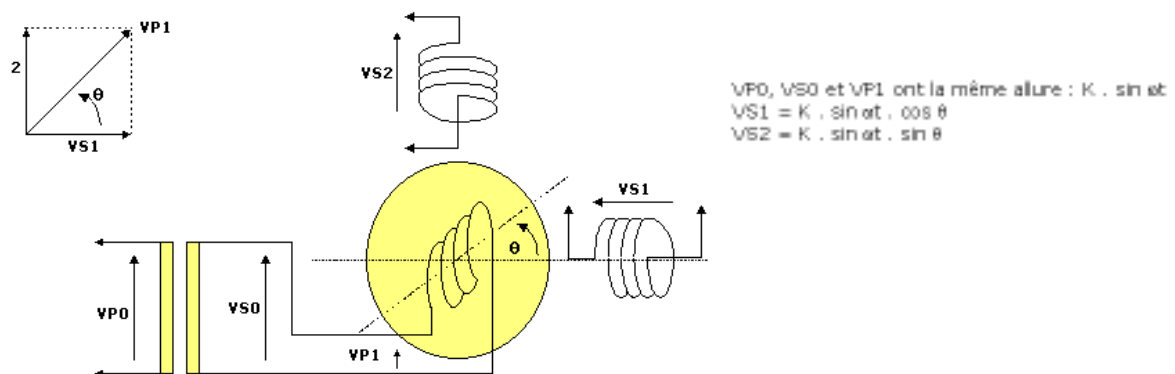
Si un courant I_0 traverse un barreau en matériau conducteur ou semi-conducteur, et si un champ magnétique d'induction B est appliqué perpendiculairement au sens de passage du courant, une tension V_h , proportionnelle au champ magnétique et au courant I_0 , apparaît sur les faces latérales du barreau.

Les électrons sont déviés par le champ magnétique, créant une différence de potentiel appelée tension de Hall. Le champ magnétique déforme la trajectoire des électrons car il engendre une force de LORENTZ (e)

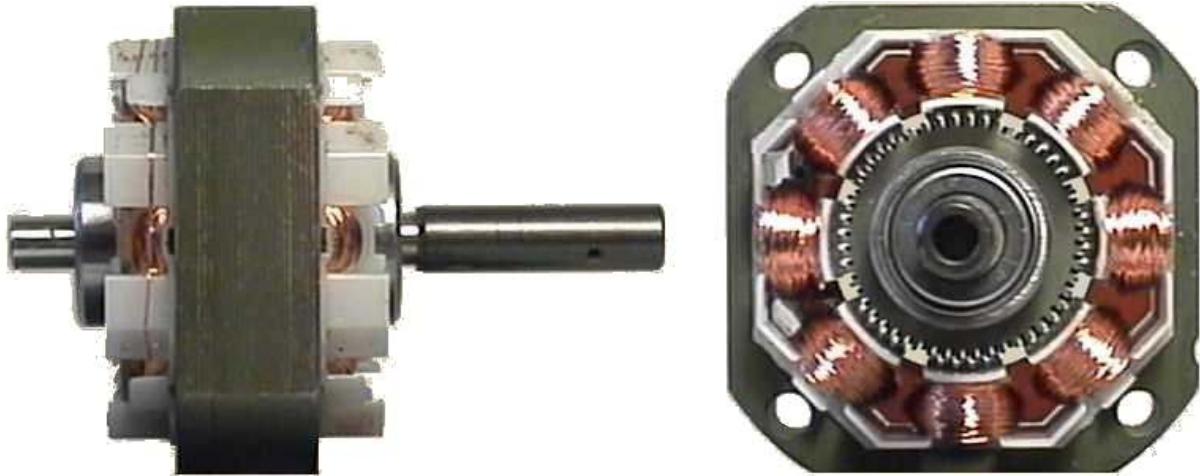
$V_h = K_h \cdot B \cdot I_0$ avec K_h : constante de Hall, qui dépend du matériau utilisé.

La Constante de HALL étant inversement proportionnelle à la densité des porteurs, la tension de HALL est beaucoup plus importante dans les semi-conducteurs que dans les métaux.

Resolver



Moteur pas à pas



Les moteurs pas à pas sont utilisés dans de nombreux appareils (imprimantes, fax, photocopieurs, traceurs ... etc) le but étant de déplacer des ensembles mobiles avec une grande précision.

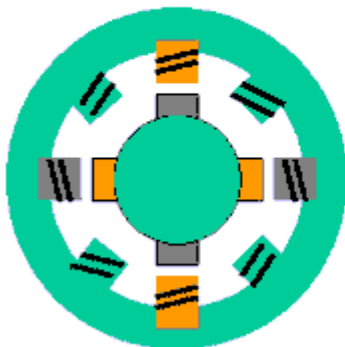
Il existe 3 types :

Moteur à aimant permanent : simple à comprendre, peu de pas mais couple à l'arrêt

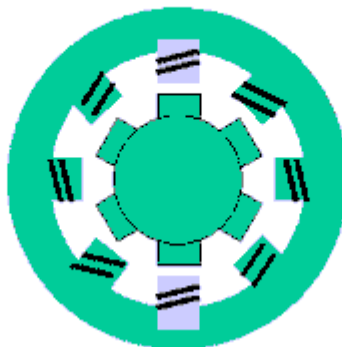
Moteur à réluctance variable : grand nombre de pas

Moteur hybride : réluctance + aimant permanent permettant un couple à l'arrêt.

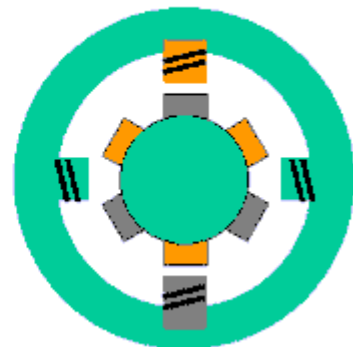
Aimant permanent



Réluctance variable



Hybride

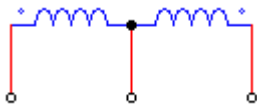


Principe de fonctionnement

Quel que soit le type de moteur, il faut alimenter successivement les bobines pour faire tourner un champ magnétique.

Il existe deux types de bobinages :

Unipolaire → une bobine ne produira qu'un seul type de pôle



Bipolaire → une bobine peut produire de type de pôle



Courbe couple / fréquence d'alimentation des bobines

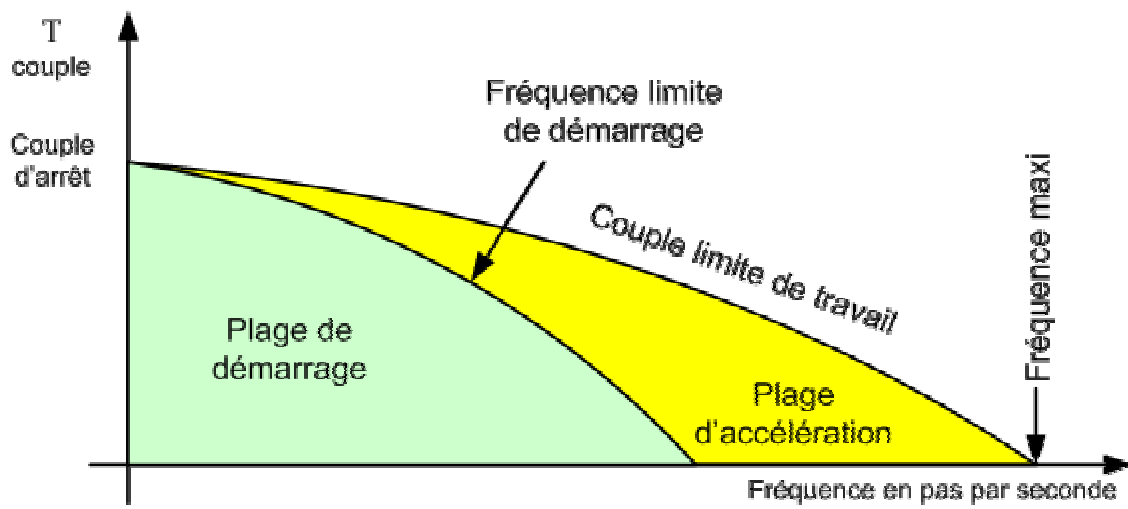


Schéma de commande

