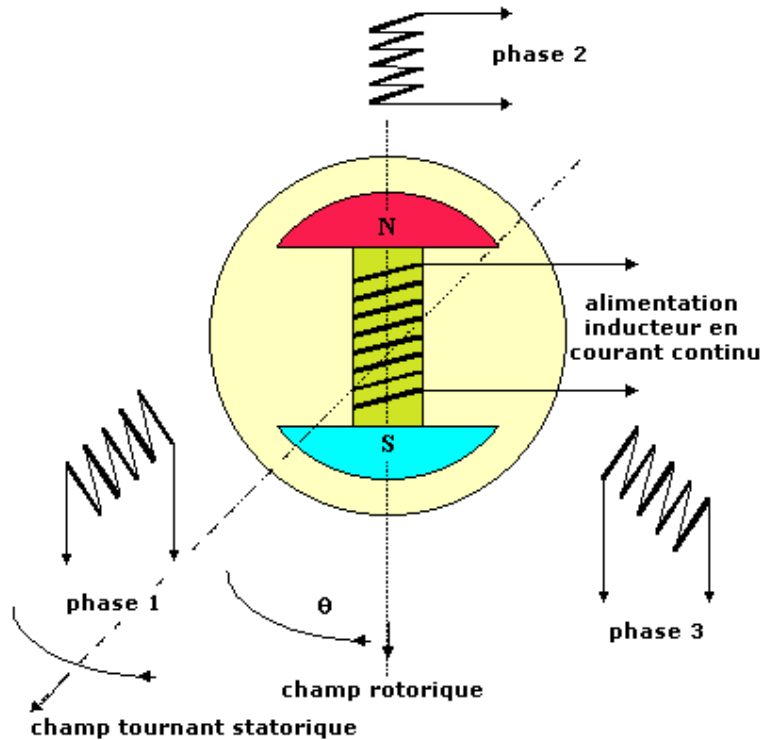


## Principe de fonctionnement

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  $\theta$  lié à la charge (plus la charge est importante, plus  $\theta$  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 (rampe). On peut aussi démarrer ce moteur en " [asynchrone](#) ", en utilisant l'enroulement inducteur comme secondaire. 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 électromagnétique (couple moteur)

$\vec{C} = K (\vec{H}_r \wedge \vec{H}_s)$  avec  $\wedge$  produit vectoriel

$$C = K \times H_r \times H_s \times \sin\theta$$

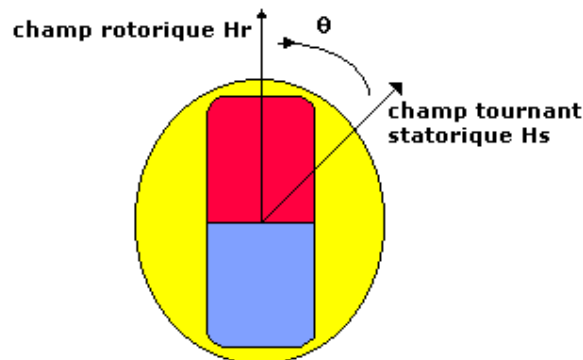
Si  $\theta = 0^\circ$  :  $C = 0$

Si  $\theta = 90^\circ$  :  $C = K \cdot H_r \cdot H_s = C_{max}$

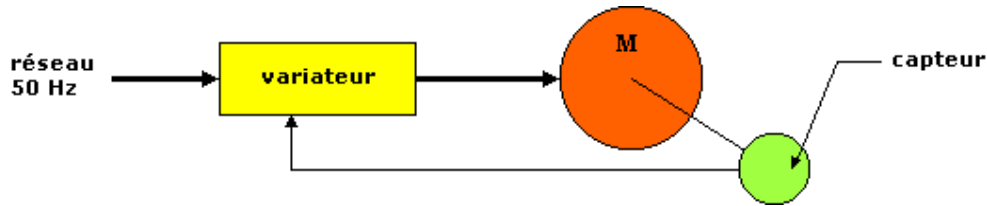
Si  $\theta = 30^\circ$  :  $C = C_{max}/2$

Si  $\theta > 90^\circ$  : il y a " décrochage "

$\theta$  est l'angle électrique (égal à l'angle mécanique dans le cas d'une machine bipolaire)



## Moteur synchrone autopiloté



Un capteur (codeur ou resolver) détecte la position exacte du rotor et permet au convertisseur de fréquence, de maintenir un angle  $\theta$  de  $90^\circ$  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.

## Le moteur synchrone à aimants

Il est aussi appelé moteur " brushless " (sans balais) ou moteur à courant continu sans collecteur. 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.

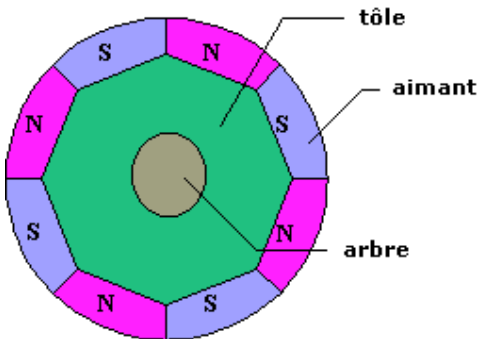
L'absence de contacts glissants améliore la fiabilité.

Les aimants utilisés sont:

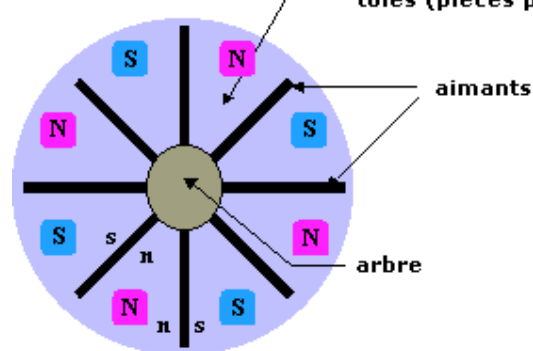
- les ferrites, peu coûteuses,
- le samarium cobalt ( $SmCo_5$ ,  $Sm_2Co_{17}$ ), dont les performances du point de vue de l'énergie spécifique sont exceptionnelles. L'énergie spécifique est le produit  $B \cdot H$  exprimé en  $J/m^3$ .

Le rotor du moteur peut être à " aimants déposés " ou à " concentration de flux ". Cette dernière réalisation utilise un plus faible volume d'aimants.

**rotor à " aimants déposés "**  
(sans pièces polaires)

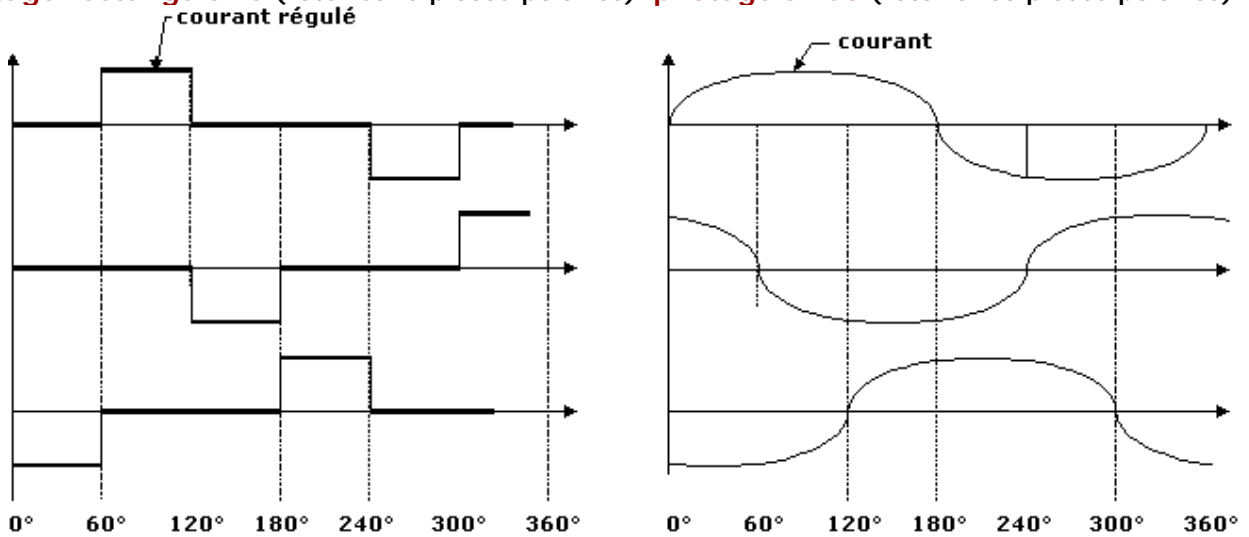


**rotor à " concentration de flux "**  
(avec pièces polaires)  
tôles (pièces polaires)



## Les différents pilotages

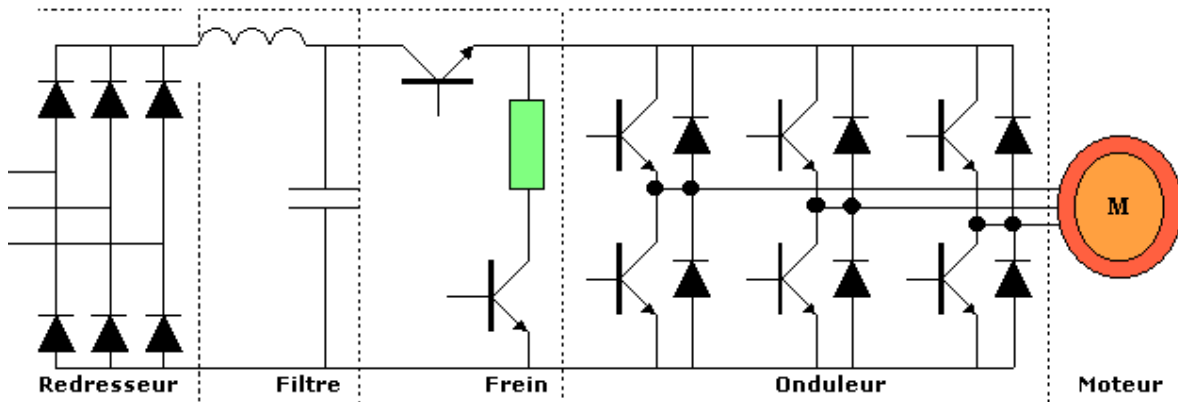
**pilotage rectangulaire** (rotor sans pièces polaires) **pilotage sinus** (rotor avec pièces polaires)



Le pilotage en courants rectangulaires est plus simple à réaliser et ne nécessite qu'un capteur de position du rotor à faible résolution ( 6 informations par période ).

Le pilotage du moteur en courants sinusoïdaux permet de supprimer les commutations brutales ( sources de bruit ) et d'obtenir une meilleure régularité du couple moteur. La génération de courants sinusoïdaux est faite par onduleur à modulation de la tension M.L.I. Le capteur de position du rotor doit avoir une grande résolution (de l'ordre de 2000 points par tour). On utilise un resolver associé à un C.A.N., ou un codeur incrémental.

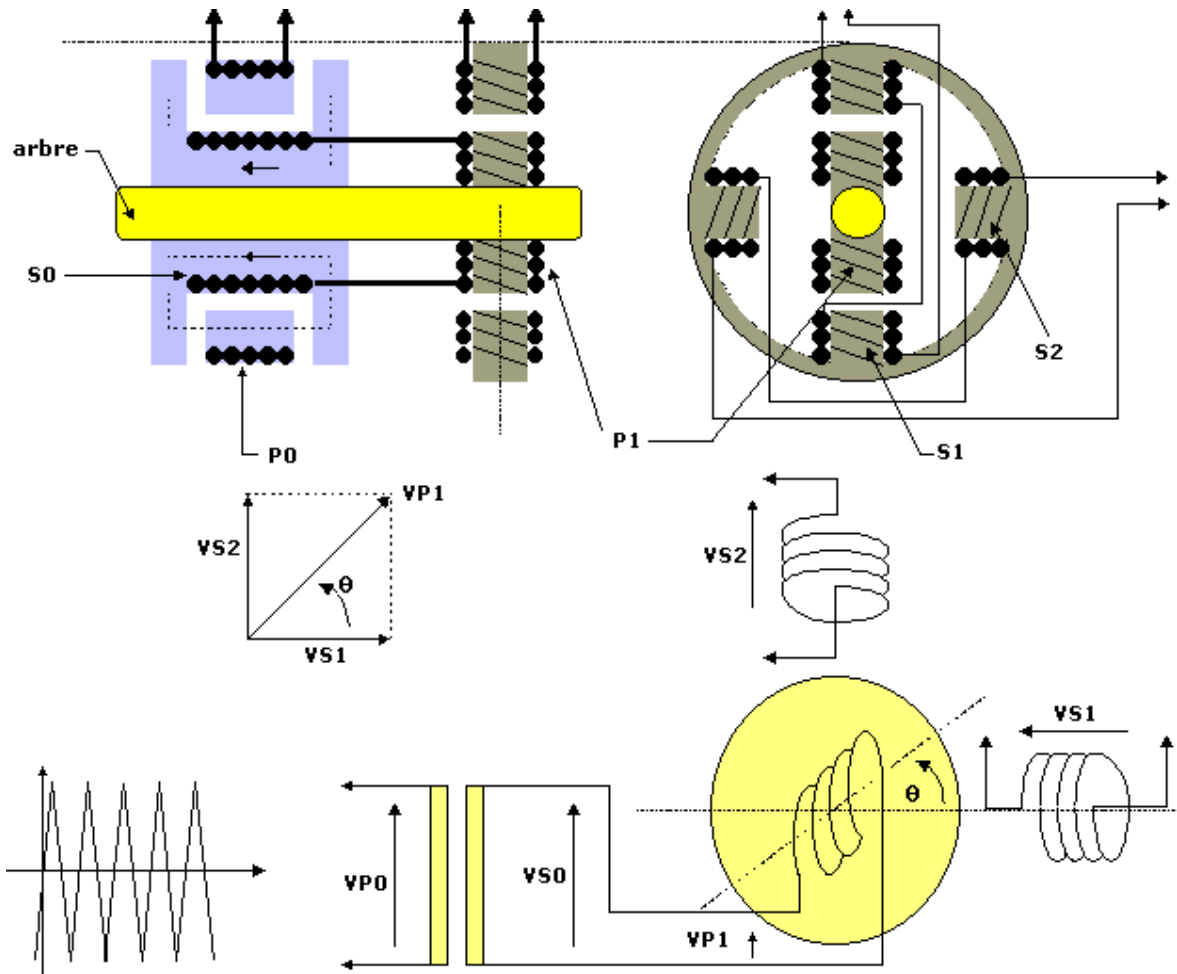
## Structure d'une alimentation par onduleur de tension



## Capteur resolver

Un transformateur, dont le primaire P0 est sur le stator et le secondaire S0 sur le rotor, est alimenté par une tension alternative de fréquence proche de 10 kHz, appelée porteuse. Un autre enroulement rotorique P1 reçoit son alimentation par le secondaire S0 du transformateur précédent. Il produit un champ tournant qui induit dans deux enroulements secondaires S1 et S2 placés au stator et décalés de 90°, deux tensions dont la combinaison permet de déterminer la position du rotor.

L'intérêt de ce capteur réside dans sa robustesse et sa grande fiabilité, du fait qu'il n'y a pas de contacts glissants. Sa précision est de l'ordre de 15 minutes d'angle.



$V_{P0}$ ,  $V_{S0}$  et  $V_{P1}$  ont la même allure :  $K \cdot \sin \omega t$

$$V_{S1} = K \cdot \sin \omega t \cdot \cos \theta$$

$$V_{S2} = K \cdot \sin \omega t \cdot \sin \theta$$

