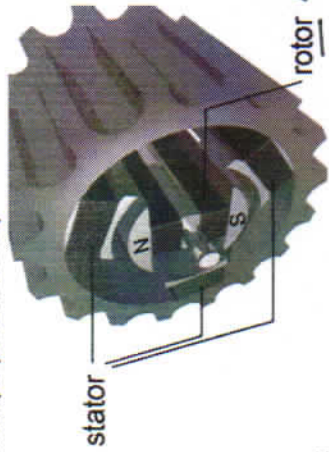


## Machine synchrone : Brushless ou synchrone autopiloté

Principe (rotor bobiné)



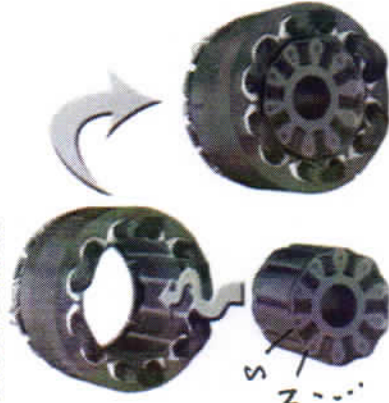
Machine Synchrone

$N_R = N_S = \frac{F}{P}$

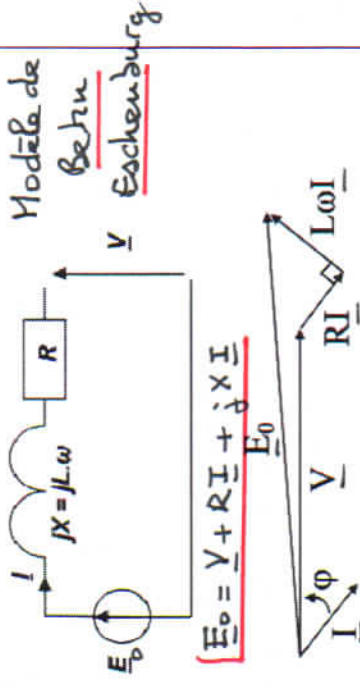
pas de glissement

Roue polaire aimants ou pôles bobinés

Stator et rotor à aimant

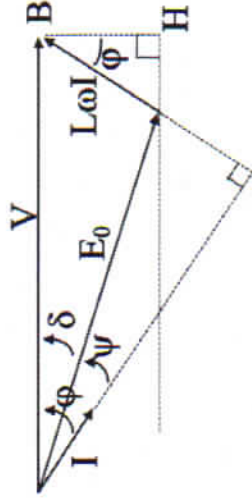


Modèle en convention générateur et tracé de Fresnel



Modèle de Behn Eschenburg

Tracé de Fresnel en moteur



Ici R négligée



$V = E_0 + jX I$

Expressions de la puissance électromagnétique

Rappel  $P = P_{em} \cos \phi$   $\Rightarrow$  produit scalaire de type  $P = \vec{U} \cdot \vec{I}$  et 3 enroulements

$P_{em} = 3 E_0 I \cos \psi \Rightarrow$  puissance électromagnétique au niveau de la fem  $E_0$

ou

$P_{abs} = 3 V I \cos \psi \Rightarrow$  puissance fournie à la machine

Ici  $P_{abs} = P_{em}$  car  $P_f = 0$

La puissance réactive est en quadrature avec  $\sin \psi$

$Q = 3 V I \sin \psi = 3 E_0 I \sin \psi + 3 L \omega I^2$

Expressions du couple électromagnétique

$T_{em} = \frac{P_{em}}{\omega_s} = \frac{3 E_0 I \cos \psi}{\omega_s}$

Si machine à aimants  $E_0 = k_f \omega_s$

$T_{em} \approx 3 k_f I \cos \psi$  maxi pour  $I$  donné si  $\cos \psi = 1$

$\psi$  dépend de la position du rotor.

$\hookrightarrow$  capteur de position rotor pour piloter la machine c'est à dire la position en phase du courant I.

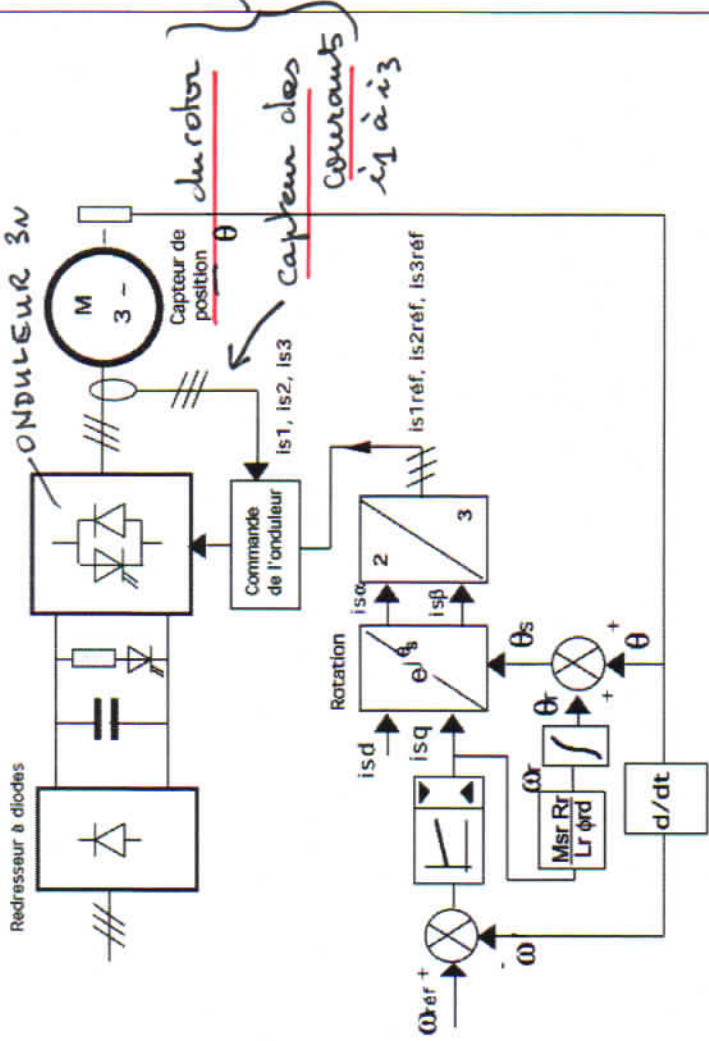
AUTOPILOTAGE  $\Leftrightarrow$  moteur BRUSHLESS

On reproduit par l'ensemble

Inducteur + capteur + contrôle

l'équivalent de l'ensemble balais + collecteur d'une TCC.

Autopilotage d'une machine synchrone (BRUSHLESS) schéma de structure



du rotor  
capteur des  
courants  
 $i_1$  à  $i_3$

Principe de pilotage

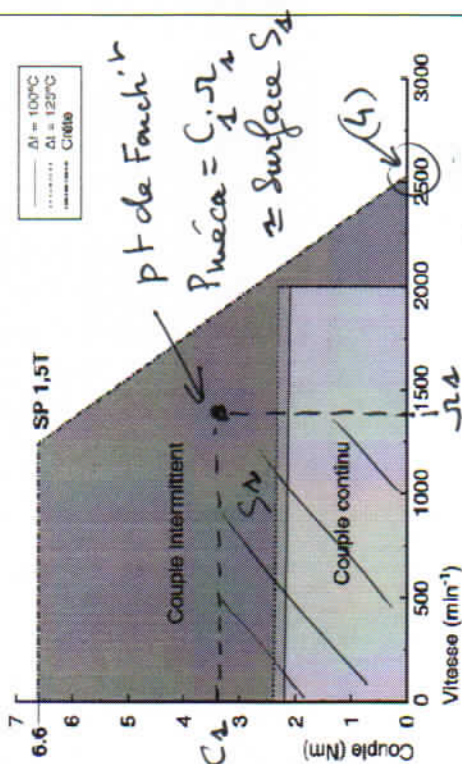
→ La position du rotor étant connue et celles des courants aussi on déduit l'angle  $\varphi$

On peut alors, par la commande des transistors de l'ONDULEUR 3N, autopiloter en temps réel l'amplitude et la phase de chaque courant  $i_1$  à  $i_3$ .



Zones de fonctionnement thermique

Unimotor 75UMB200



- (1) Couple nominal en service continu.
- (2) Couple crête en service intermittent limité par le variateur SP2T.
- (3) Couple crête en service intermittent délivrable par le moteur avec un variateur SP 3,5 T.
- (4) Limite de vitesse. } limites thermiques

(1) Service continu  $\Rightarrow$  24H/24 permanent.

(2) et (3) Service intermittent  $\Rightarrow$  de durée limitée car risque d'échauffement.

(4) Vitesse maximale, tenue mécanique des paliers et du rotor (force centrifuge...)

Exemple de données

Taille moteur		75		
Toutes versions (min <sup>-1</sup> )		A	B	C
Couple permanent au calage (Nm)		1,2	2,2	3,1
Couple crête (Nm)		3,6	6,6	9,3
Inertie élevée (kgcm <sup>2</sup> )		1,2	1,6	2,1
Inertie standard (kgcm <sup>2</sup> )		0,3	1,0	1,5
Masse (kg)		3,0	3,7	4,4
Coste de temps thermique du bobinage t <sub>c</sub> (sec)		81	74	94
Cogging max (Nm)		0,02	0,03	0,04

Vitesse nominale : 2 000 min<sup>-1</sup>  
 Kt nom/chaud (Nm/A) 2,4/2,1  
 Ke nom/chaud (V/k min<sup>-1</sup>) 147/129

Influence de la température sur les caractéristiques des aimants





**Précision de positionnement (usage d'un capteur de position résolueur ou codeur incrémental)**

large bande passante sans risque d'instabilité. Le tableau ci-dessous permet de sélectionner le capteur le plus adapté à l'application.

Un servomoteur ne peut fonctionner que s'il est équipé d'un capteur de position.

Le très haut niveau de performances généralement requis par un système servo, dépend de la rigidité mécanique du système, afin de permettre des gains très élevés et une

Type de capteur	Type de moteur	ST moteur °C	Résolution	Précision de position	Absolument variable	Multi tour disponible	Commentaires
Résolveur	UM	125	1,3 minute d'arc 16384 impuls./tour	40 min réparti	Oui	Non	Utilisation avec Unidrive SP et module SM resolver. Adapté aux températures élevées et aux environnements difficiles.
Codeur incrémental avec voies de commutation 4096 ppt en quadrature	UM < 3000 min <sup>-1</sup>	100	1,3 minute d'arc 16384 impuls./tour	± 60 sec	Non	Non	Convient à la plupart des applications. Performances maximum jusqu'à 1 min <sup>-1</sup> Bande passante: 300 KHz.

**Refroidissement**

**A1.4 - ECHANGE THERMIQUE DES CARTERS DE MOTEUR A AILETTES RADIALES**

L'une des caractéristiques les plus importantes d'un moteur électrique réside dans sa valeur nominale de couple par unité de volume du moteur. De plus, les servomoteurs doivent fournir le couple nominal à vitesse nulle.

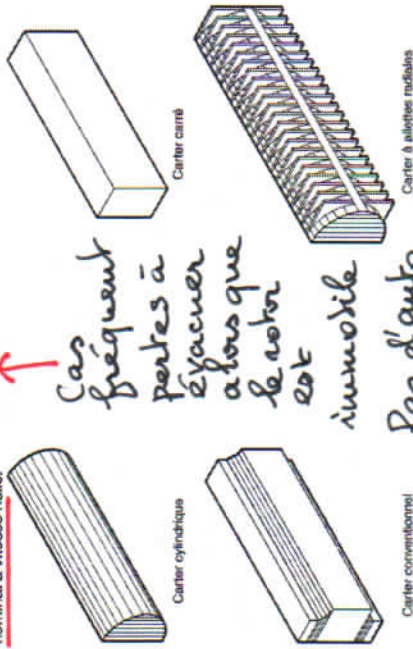


Figure 1. Les moteurs à convection naturelle présentent une surface de châssis relativement régulière. Le châssis est de forme cylindrique ou rectangulaire ou un mélange des deux. Les illustrations ci-dessus montrent des demi-sections transversales des différents types de moteurs utilisés lors de la modélisation.

L'ajout d'ailettes sur une surface accroît la dissipation : les radiateurs en sont un exemple quotidien.

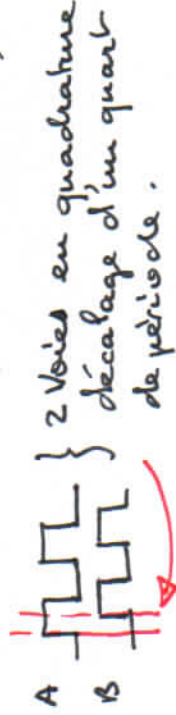
Il faut alors une ventilation forcée

**Rappels:**

1 tour = 360°

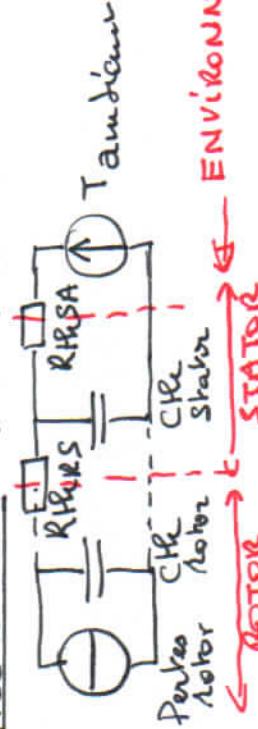
1° = 60' (minutes d'arc)

1' = 60" (secondes d'arc)



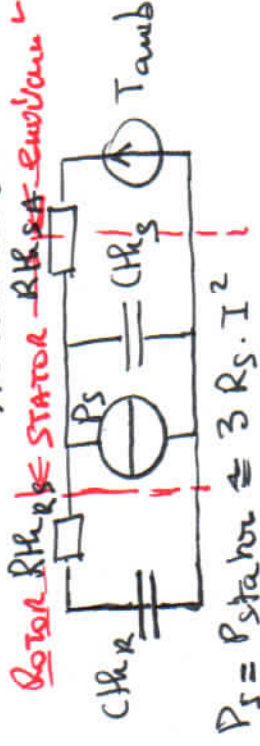
**Modèles thermiques des machines (rotor chaud / rotor froid)**

MCC et MAS => ROTORS CHAUDS



$P_{cc} : P_{ch\ rotor} = R \cdot I^2$   $MAS : P_{gr} = g \cdot P_{tr}$

M. Synchrone => Rotor froid, surtout si aéroventilés...



$P_s = P_{stator} \approx 3 R_s \cdot I^2$