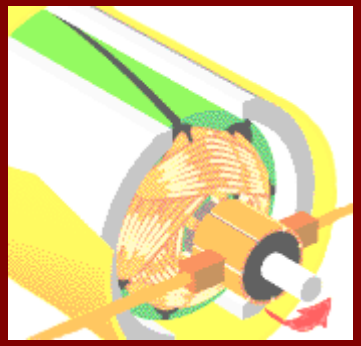
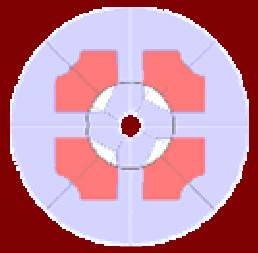


# Moteurs de grandes séries

# Moteurs de petites séries



Denis Guérin Eiffel Dijon

## Moteurs de grandes séries

**Les fabricants des moteurs** de grandes séries

Des producteurs d'équipement

- La plupart des équipementiers automobiles (DelcoRemy, NipponDenso, Bosch, Ford, TRW, Valeo, MagnetiMarelli, Lucas, pour n'en citer que quelques uns),
- des fabricants de produits électroménagers (Whirlpool, Moulinex, Seb…).

des spécialistes des moteurs de grande diffusion.

- Ametek produit 23 millions de moteurs universels pour aspirateurs entre 600 et 1400 W,
- Mabuchi expulse de ses chaînes plus d'un milliard et demi de moteurs par an, (principalement des petits moteurs à collecteur) soit environ 50 moteurs chaque seconde !

# Plan

## Moteurs asynchrones monophasés

à bagues de déphasge

À condensateur de démarrage

## Moteurs à collecteurs mécaniques

Excitation à aimants

Excitation bobinée

## Machines synchrones

excitation séparée

À aimants à fréquence fixe

Pas à pas à aimants, hybride, autopilotés

Machines à réluctance variable

## À bobine mobile (Voice coil)

# Plan

- Moteurs asynchrones monophasés

# Asynchrone monophasé

Couple de démarrage nul, nécessité d'un artifice

Circuit magnétique feuilleté

Barres inclinées ou en chevron

applications pompes et ventilation  à couple de démarrage faible

# Asynchrone monophasé

## à bague de déphasage

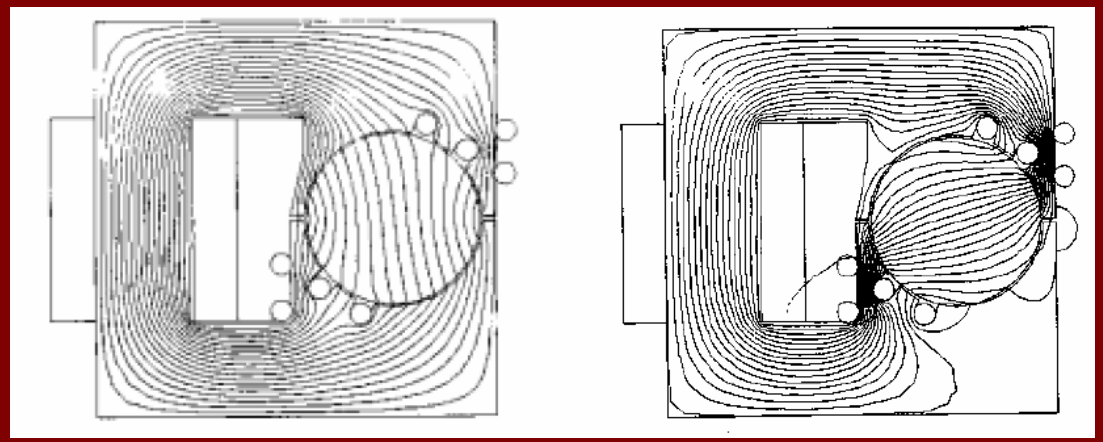
Shaded Pôles

Pôles fantômes

À bobine écran

À spire de Frager

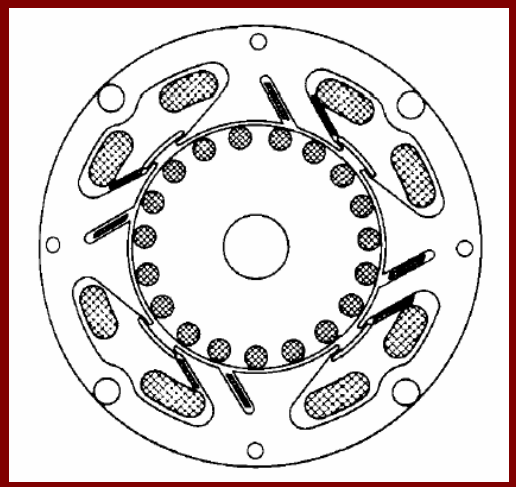
un seul sens de rotation



Stator à pôles saillants

Rotor extérieur

Ventilateurs 5 à 100 W



# Asynchrone monophasé

## à bague de déphasage

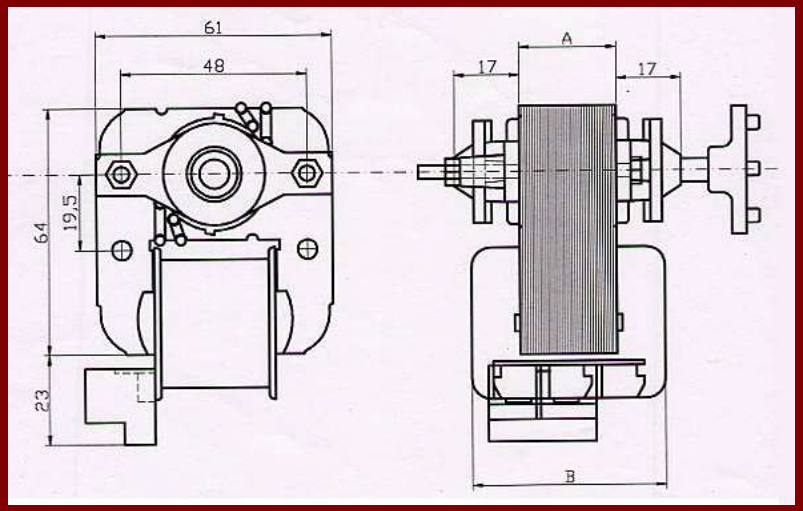
Simplicité de fabrication

Rendements 10 à 30 %

Glissement 20 %

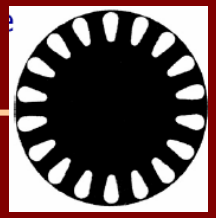
Facteur de puissance 0.4 à 0.6

Coût matière élevé



Remplacés par des moteurs synchrones type Lavet

# Asynchrone monophasé



## à condensateur de déphasage

- Remplace les structures précédentes pour :
  - Les Puissances > qq dz de Watts
  - Pb de couples de démarrages
  - Pb de rendements
- Inversion du sens de marche possible
- Deux vitesses possibles (Dalhander)
- Puissance 1 à 2 kW (10 kW)
- Calcul du condensateur
  - Optimisation du couple de démarrage
  - Optimisation du rendement
  - Optimisation du facteur de puissance

Applications :

Stores

Lave linge

Pompes chauffage

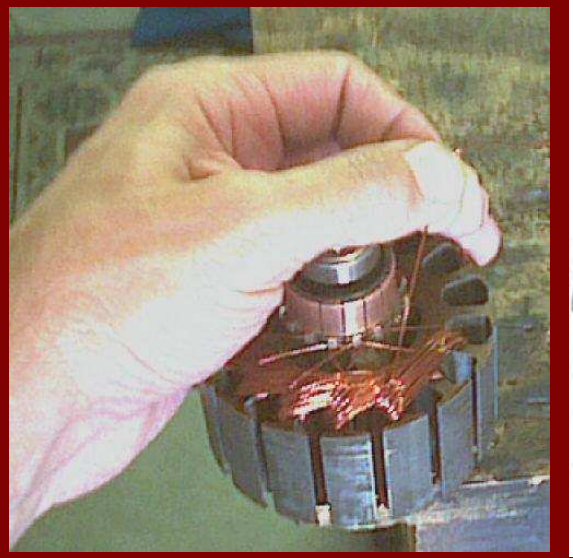
# Plan

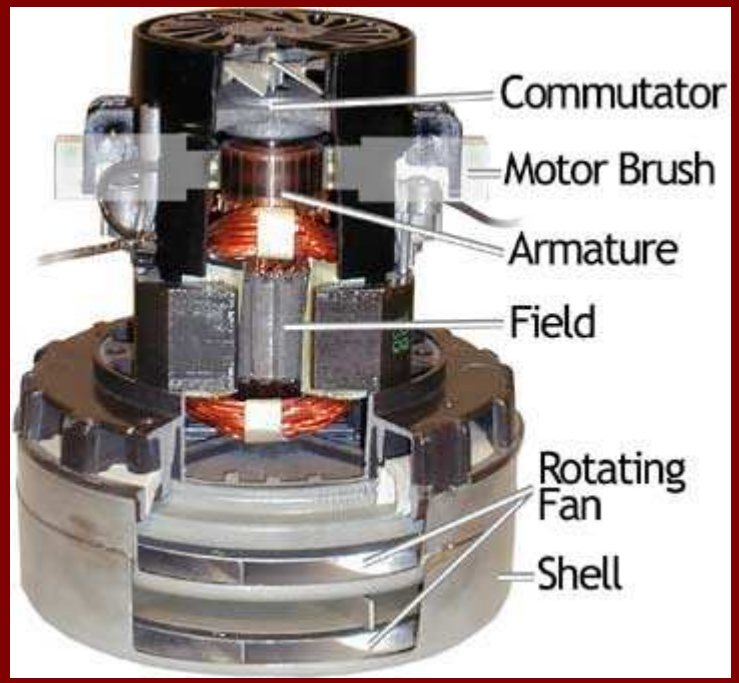
- Moteurs asynchrones monophasés
  - à bagues de déphasge
  - À condensateur de démarrage
- Moteurs à collecteurs mécaniques

# Introduction

- Alimentation en courant continu (automobiles, portatif, jouets…)
- Alimentation en courant alternatif pour des vitesses > synchronisme

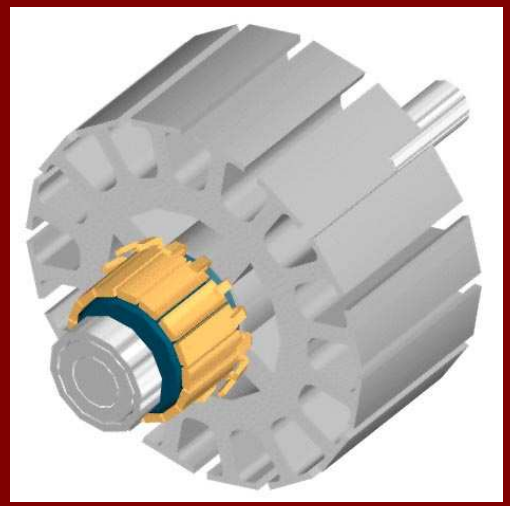
  Universels jusqu'à 50 000 tr/mn (turbines d'aspirateur)
- Poussières, vibrations





# Machine à collecteur

- Structure de variation de vitesse élementaire avec un hacheur à transistor
- Usure des balais et du collecteur  MTBF dz Mh (une année 8000h)
- Balais en métaux précieux pour les petits moteurs (qq Watts)
- Balais au carbone pour fonct. Impulsionnel (rétroviseur, verrouillage portes)
- Excitation série ou à aimants permanents



# Machine à collecteur

## Excitation bobinée

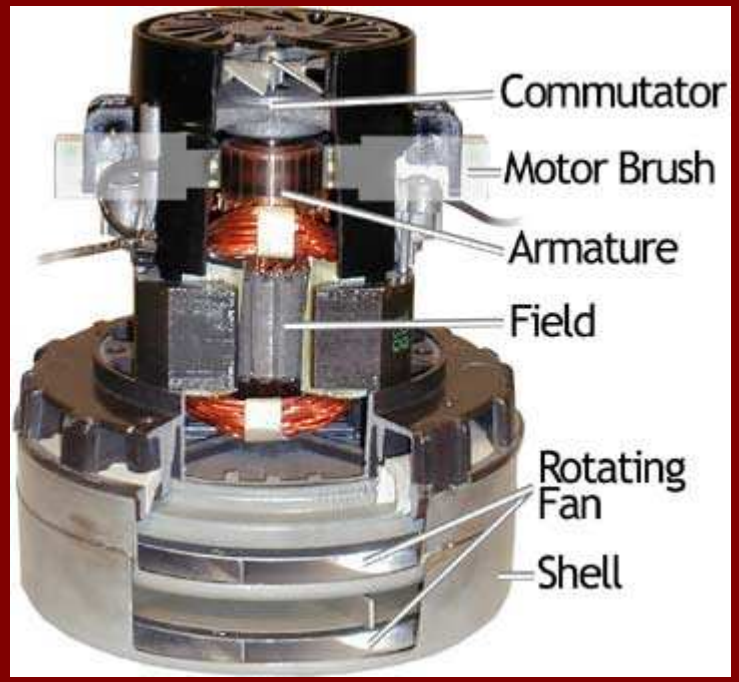
- Position dominante sur le marché : moteurs universels
- Vitesses élevées Grande compacité même avec un réducteur
- Vitesse variable avec un simple gradateur
- Aspirateurs, lave linges, perceuses
- Commutation difficle en AC : étincelles
- Couple massique modeste

Exemple : aspirateur

Collecteur 24 lames, (limites de commutation sous 230 Volts)

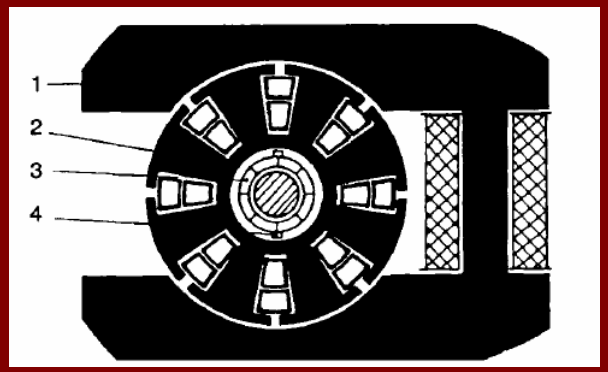
Durée de vie 500 à 1500h

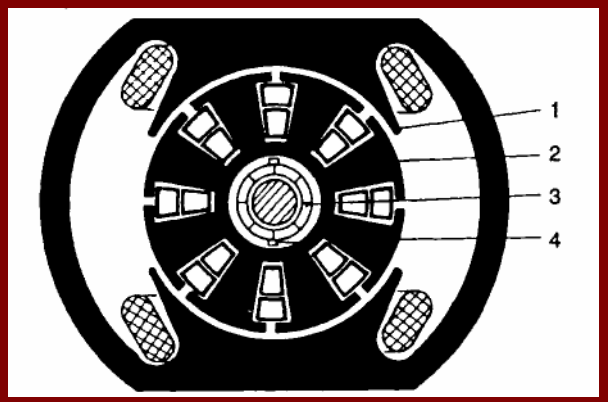
Prix de revient 10€



# Excitation bobinée

- Bobinages d'excitation asymétriques (rasoirs jouets) + rares
- en DC, réduction du bruit acoustique : solution redresseur + triac ou hacheur



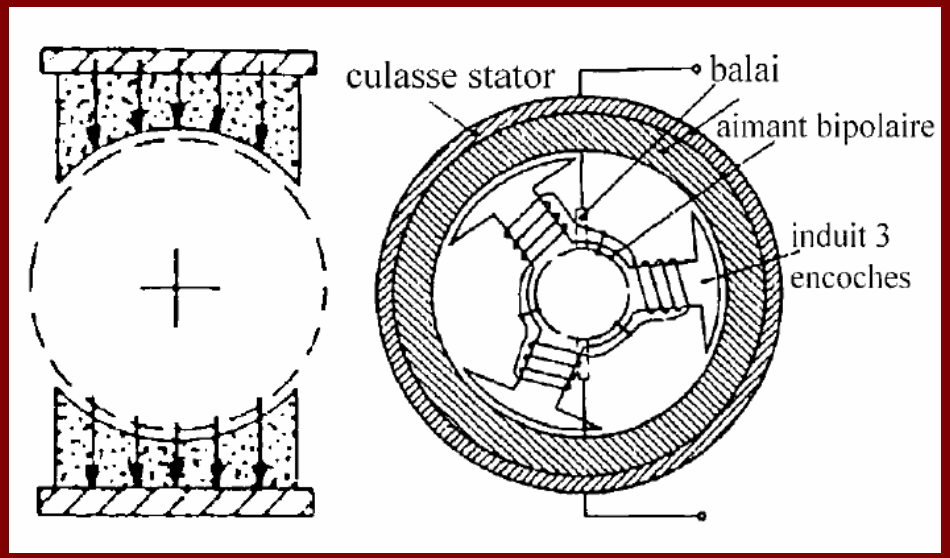



# Machine à collecteur

## Excitation à aimants

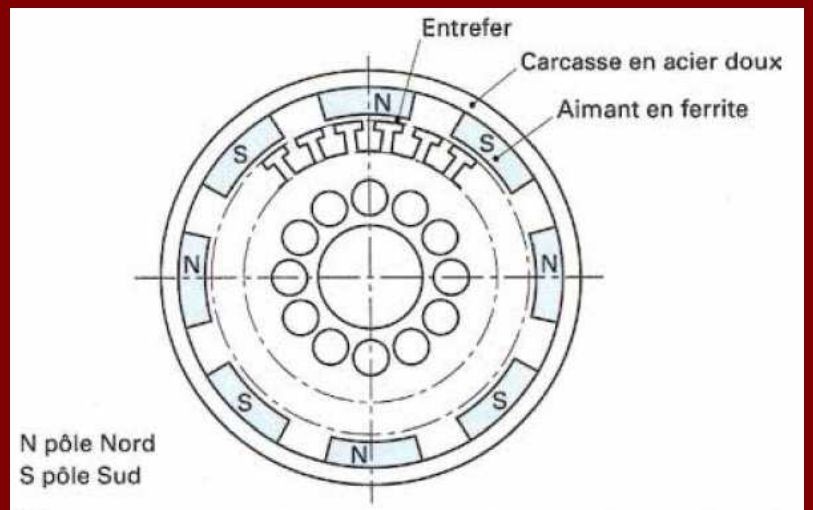
- Basse tension (piles…)
- Jouets, automobile, éjecteurs cassettes…
- Aimants en ferrite ou plastoferrite
- En modélisme : SmCo NifeB 20000 tr/mn collecteurs 7 ou 11 lames

- minimum 3 encoches : induit Siemens avec une seule paire de pôles
- Les ondulations de couple et la commutation sont liées au nombre d'encoches

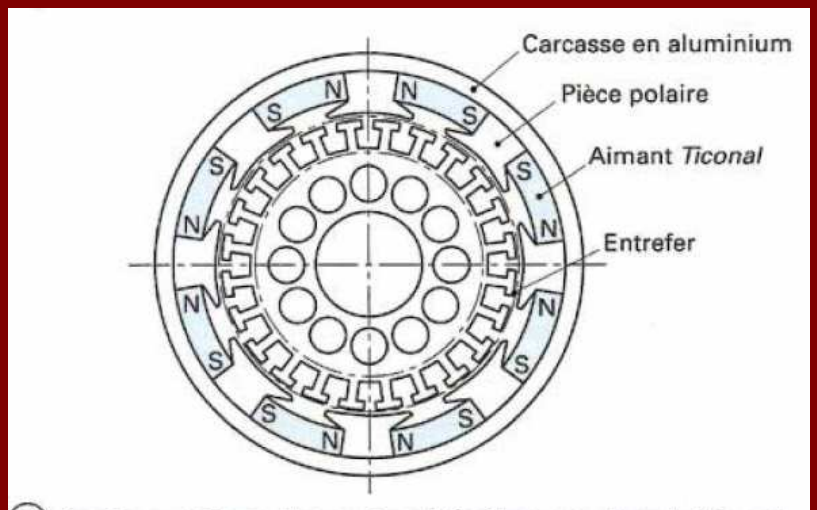


# Excitation à aimants

## Mise en œuvre des aimants permanents




(c) circuit magnétique d'un moteur à 8 pôles avec aimants disposé en tuiles




(b) circuit magnétique d'un moteur à 8 pôles avec aimants *Ticonal* et pièces polaires

La mise en œuvre est simple

x 2 ou 3 la densité de flux dans l'entrefer

Mise en œuvre + difficile

# Excitation à aimants

- Rendements peuvent être très bons
- 0,1 W avec rendement 50%

Moteur Astroflight modélisme
à aimants samarium-cobalt Cobalt 05,
collecteur à 7 lames,
400 W à 24 000 tr/mn,
rendement 78%,
Masse 150 grammes
(diamètre 33,5 mm, longueur 63,5 mm),
soit une puissance et un couple massiques
de 2,6 kW/kg et 1,1 N.m/kg,
valeurs excellentes pour un prix 150 €…

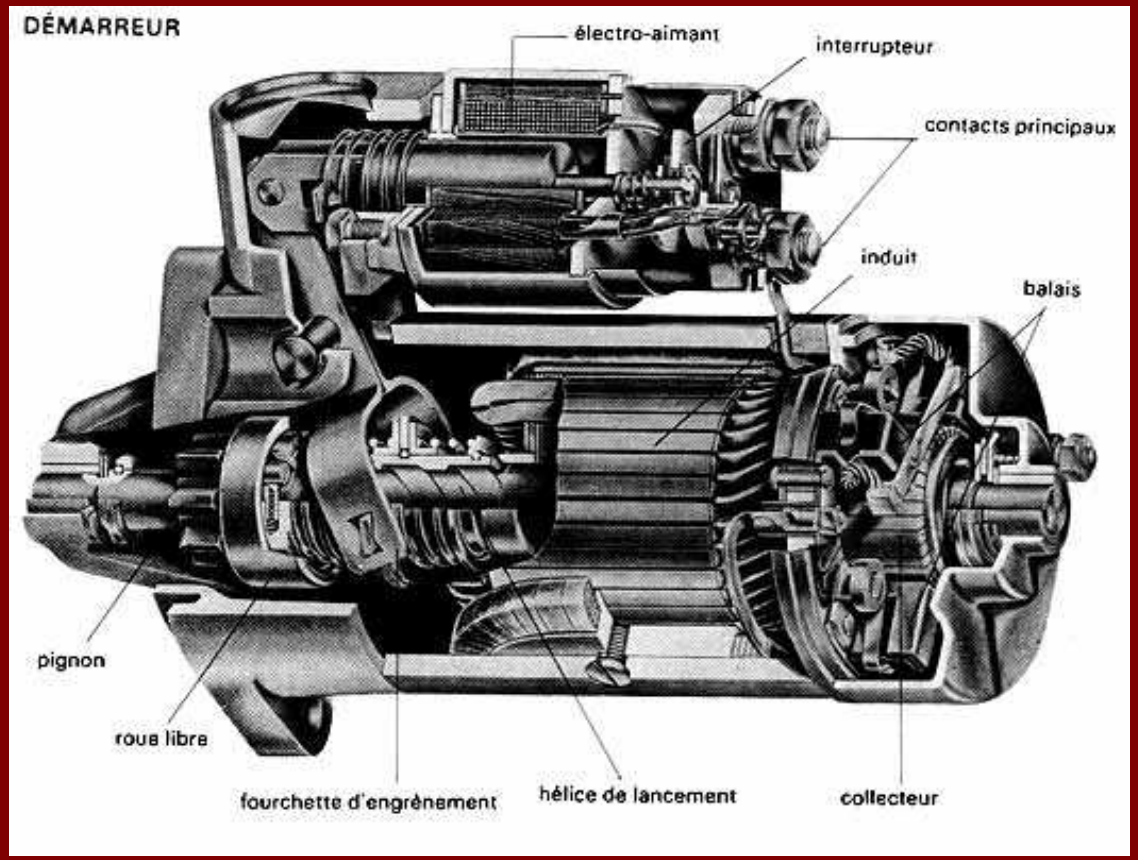
# Excitation à aimants

- Les plus puissants : démarreurs automobiles
- Couple démarrage extrême
- Gamme température étendue

- 30 000 tr/mn
- 400 °C
- Balais en cuivre ou en graphite (400 A)

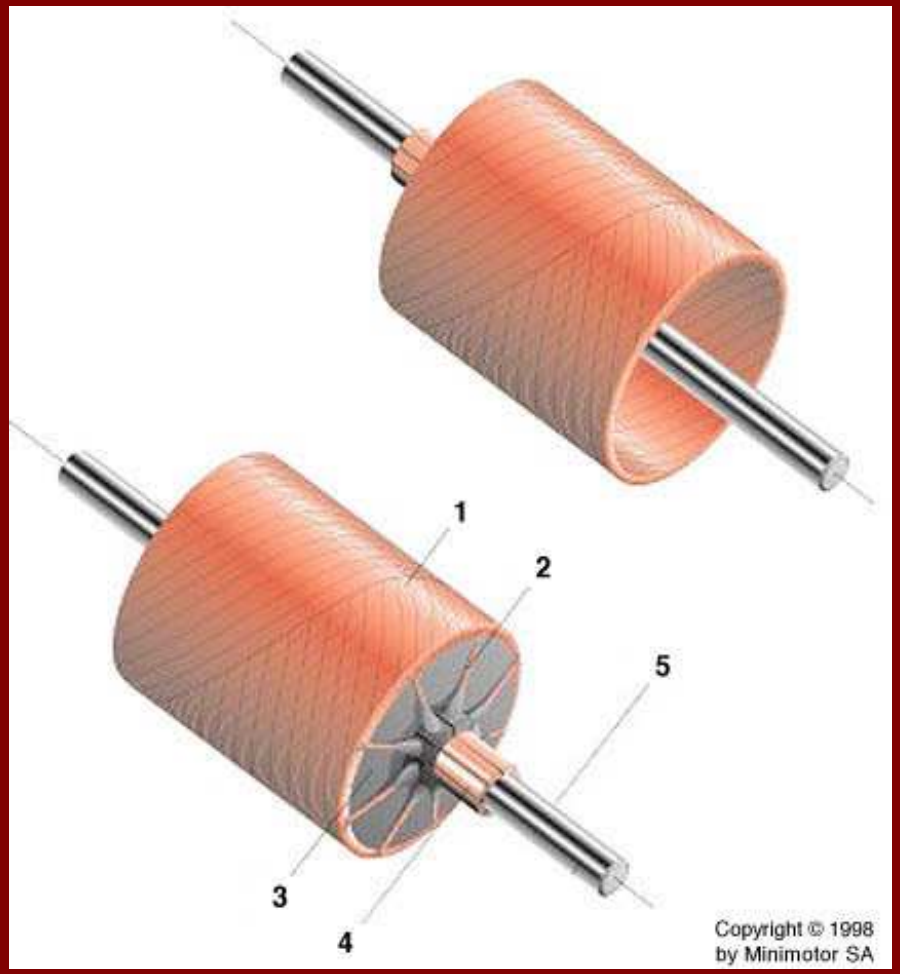
- Excitation bobinée puis à aimants (de 12 à 4 kg / 2 kW)

- Démarreur à train épicycloïdal



# Moteurs à rotor sans fer

- dit à conducteurs libres ou induit en cloche
- Faible inertie (0,1 g/cm2)
- 10 000 tr/mn
- qq Watts
- Flux radial
- Système Faulhaber



# Moteurs à rotor discoïde

- disque rotorique en matériau isolant
- Aimants en forme de plots
- Servomoteurs
- Constante de temps thermique très faible (150 s)
- Constante de temps électrique très faible (0.1 ms)
- Accélération typ. De 0 à 4000 tr/mn en 1/6° de tour

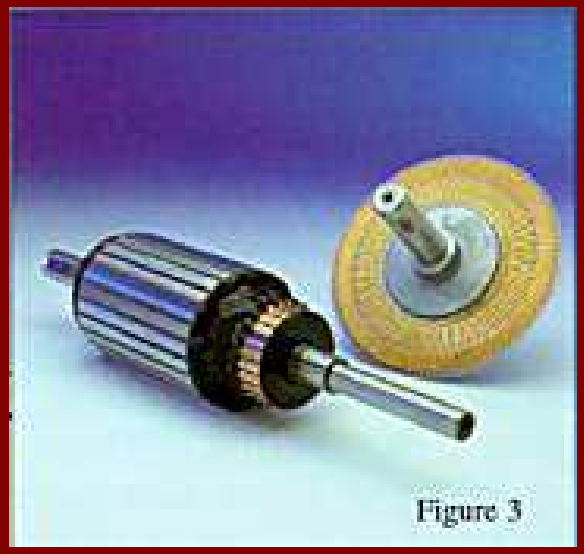


Figure 3

# Moteurs pancake

- Moteurs couple jusqu'à 15000 Nm

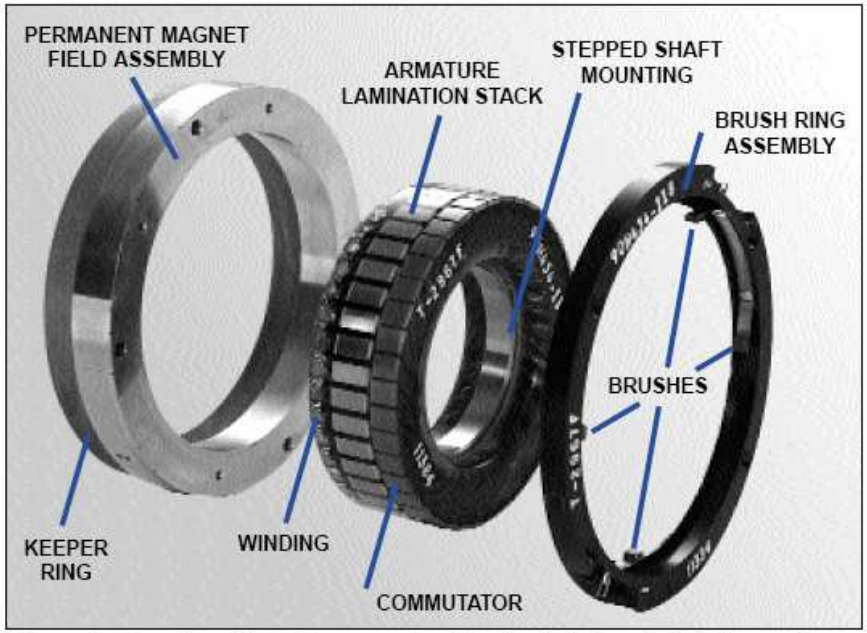



**Figure 2 -** Frameless Alnico torque motor, showing hole for axial-shaft mounting.

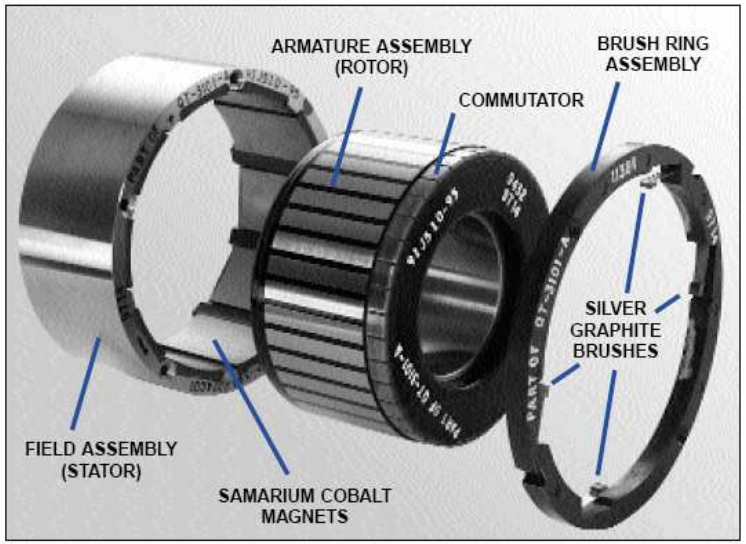



**Figure 3 -** Frameless rare earth torque motor.

# Moteurs pancake

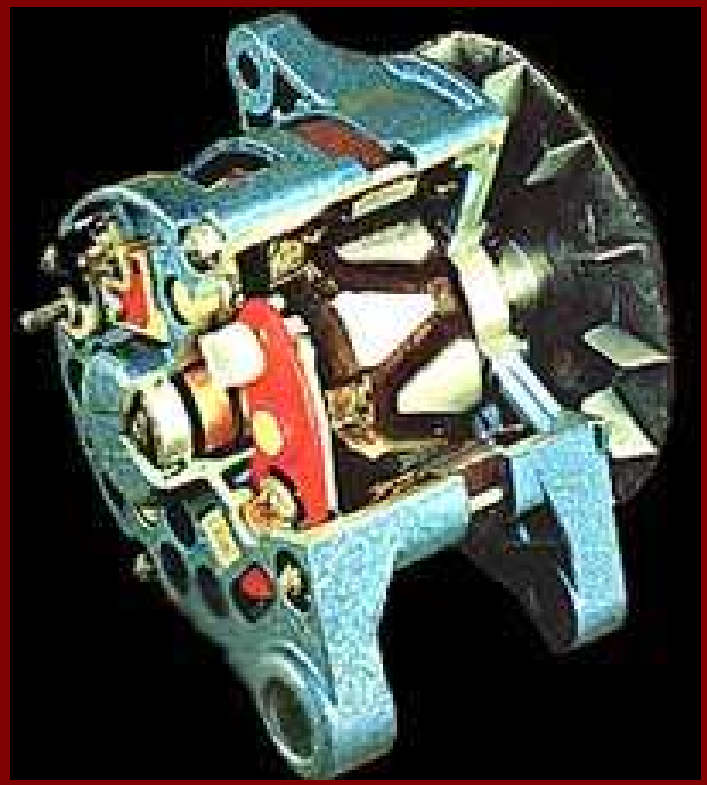
Diamètre 6 mm
Hauteur 3.75 mm
30 mW
0.019mNm
20000 tr/mn
0,32 g
Optique, laser, bio-médical,…

# Plan

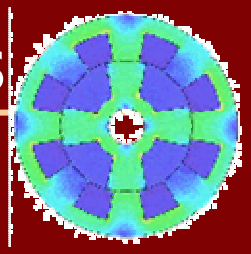
- Moteurs asynchrones monophasés
  - à bagues de déphasge
  - À condensateur de démarrage
- Moteurs à collecteurs mécaniques
  - Excitation à aimants
  - Excitation bobinée
- Machines synchrones

# Excitation séparée

- Intérêt : génération d'énergie à vitesse variable
- Alternateurs triphasés 2,5 kW à 5 kW (24 V) en automobile
- Rotor à griffes : gd nombre de pôles, enroulements globalisés, faibles pertes joules
- Refroidis à eau
- Alterno-démarreurs Valéo : C3



# Machines synchrones



## à aimants, fréquence fixe

- Condition de démarrage direct sur la fréquence réseau :
  - Inertie totale ramenée sur l'arbre faible
  - Couple résistant quasi nul
  - Pb du monophasé, champ pulsant : couple de détente ou bague de déphasage

À deux pôles

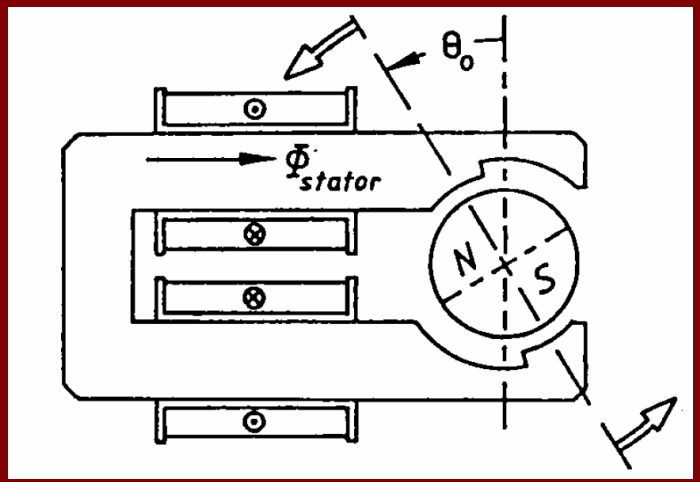
dissymétrie du stator

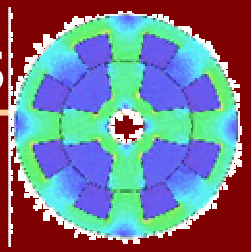
Aimants ferrite

qq diz. de Watts

+ petit et moins cher que les asynchrones shaded pôles

Moteurs de pompe lave linge



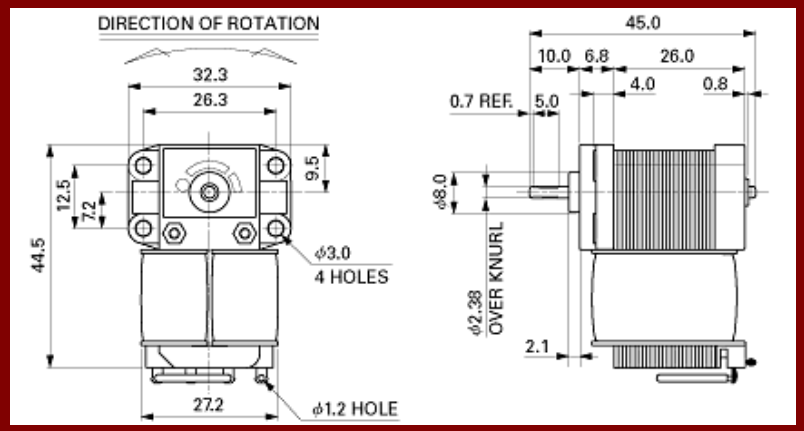


# à aimants, fréquence fixe

Exemple : moteur de presse fruit

MabuchiC0-241PA
130 g, empilage de tôles : 26 mm,
hauteur : 44 mm, largeur : 27 mm ;
3000 tr/mn à 50 Hz-230 V,
10 W utiles,
32,3 mN.m,
0,13 A,

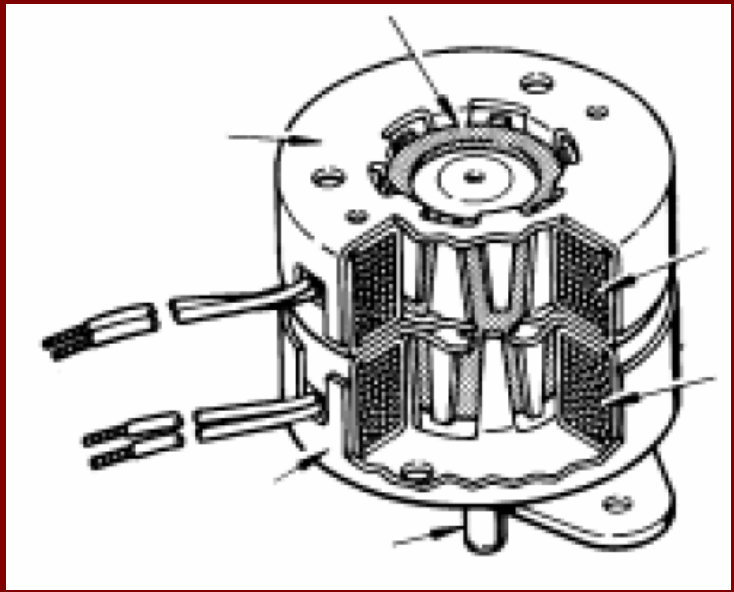
0,24 Nm/kg



# Pas à pas à aimants

- Pilotage de position en boucle ouverte
- Facile à commander

Pas à pas classique :
48 pas,
induit à griffes,
deux phases juxtaposées,
Rotor aimant en ferrite (qq fois SmCo)
12 paires de pôles

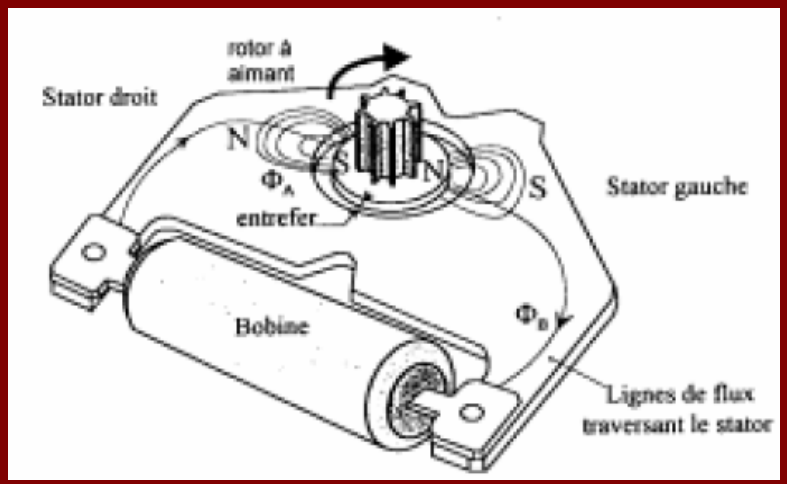


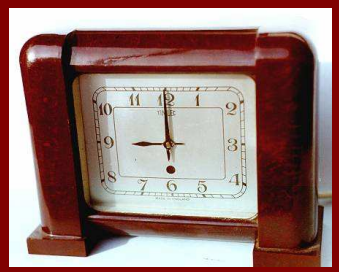
# Pas à pas à aimants

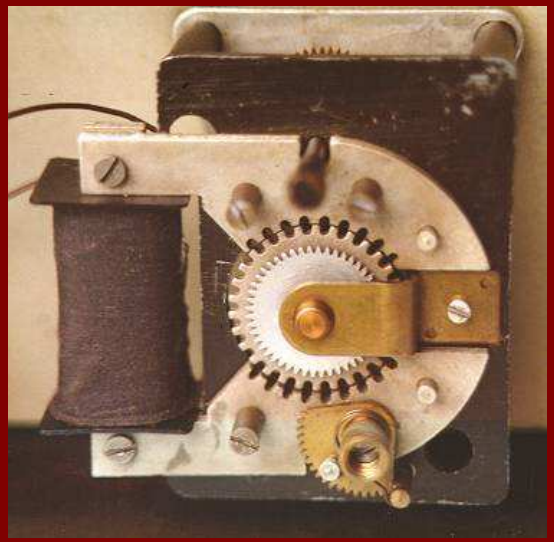
## Moteur de type lavet

- Montres et pendules
- 600 millions ex /an
- Couple de détente, un seul sens de rotation

Marius Lavet
Promotion Cluny 1910
Clermont-Ferrand 1894 - Paris 1980
père du micro-moteur pas à pas,
inventeur de la montre à quartz

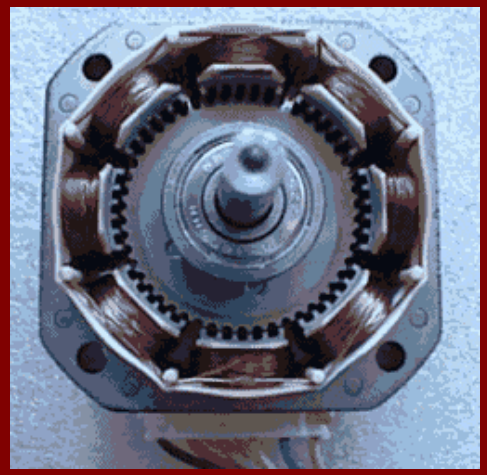


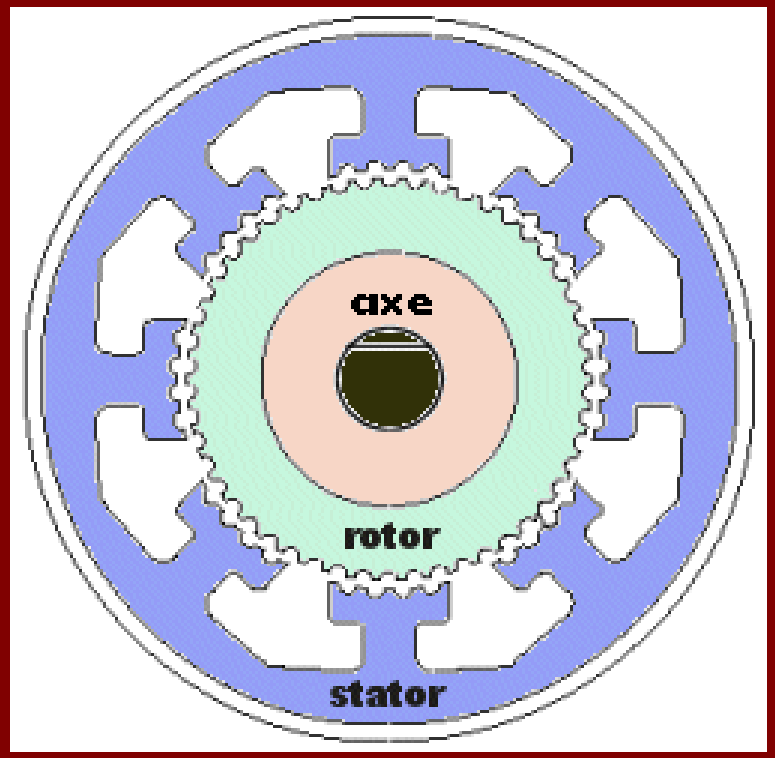





# Pas à pas hybride

- Aimantation axiale au rotor
- Deux dentures décalées d'un demi-pas
- Flux inducteur alternatif au stator
- 4 pôles stator 50 dents rotor : 200 pas /tour



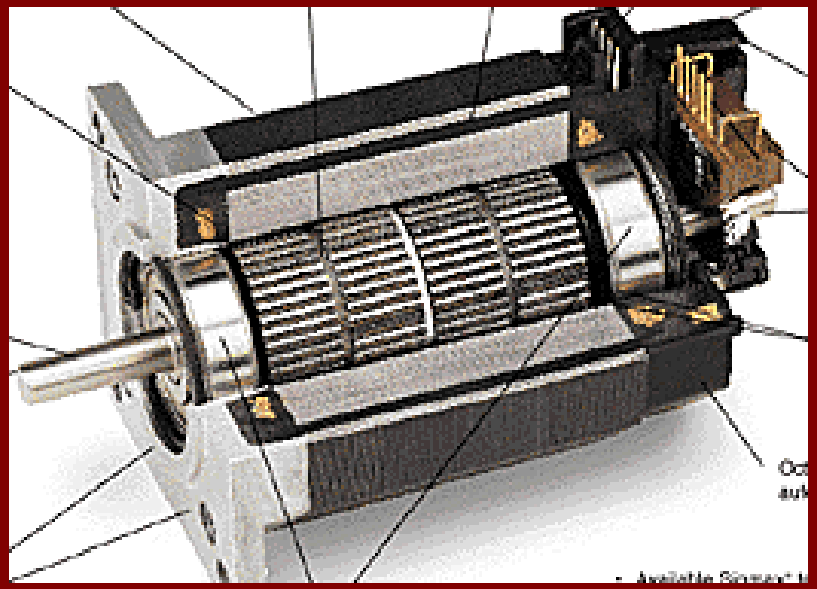


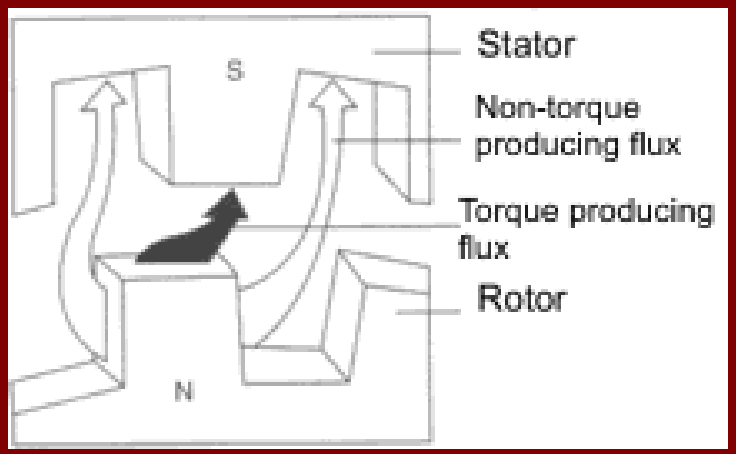
# Pas à pas hybride

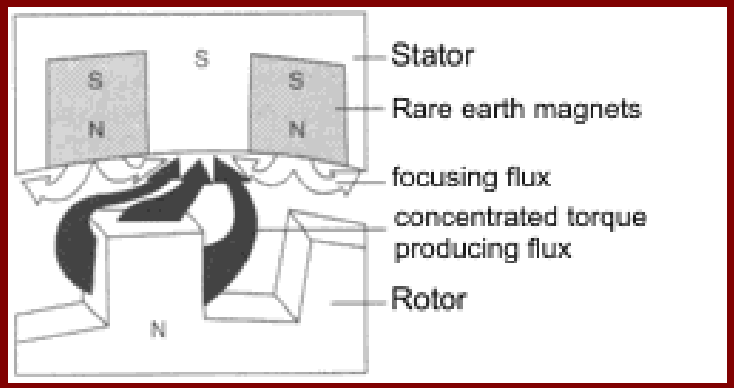
Motor Technology Power max II

stepper motors up to 1.8Nm

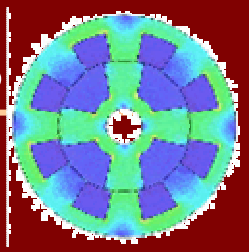
200 pas





# Machines synchrones



## À aimant disque

Moteur Portescap

**90 mm - P852**

Faible inertie 0,000013 kg.m2

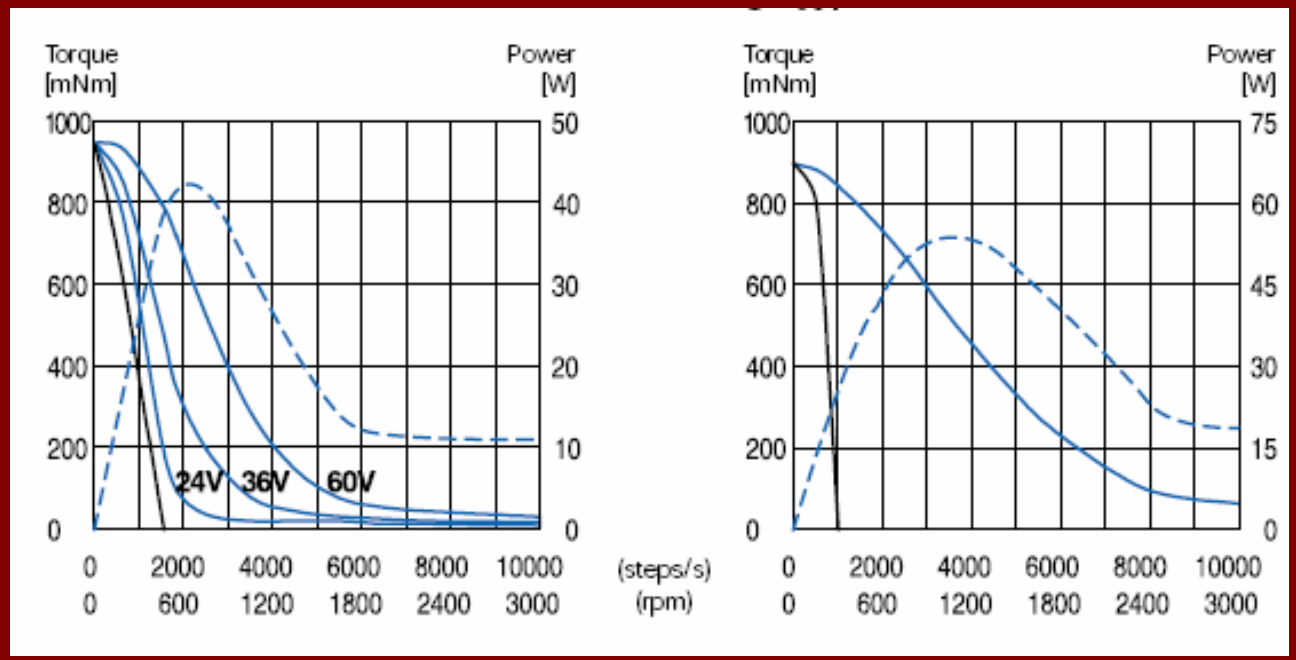
grandes accélérations 81 000 rd/s2

Couple 1 Nm

Faibles pertes fer

Enroulements glob.

1 kg



# Autopilotées

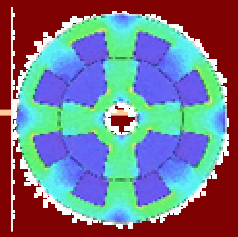
## Stator à pôles saillants

- Compromis nb de phases (électronique de Cde), ondulation de couple
- Capteur à effet Hall pour l'autopilotage (1 par phase)

Ex : Ventilateurs

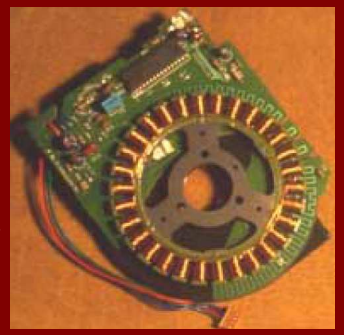
- Rotor en plastoferrite
- Un sens de rotation
- Rotor externe
- Monophasé
- Démarrage par couple de détente par dissymétrie des pôles d'induit (chamfreinage d'un bord de chaque pôle ou pôle intermédiaire non bobinés)

# Machines synchrones



## Autopilotées

30 encoches



### Moteurs synchrones autopilotés triphasés

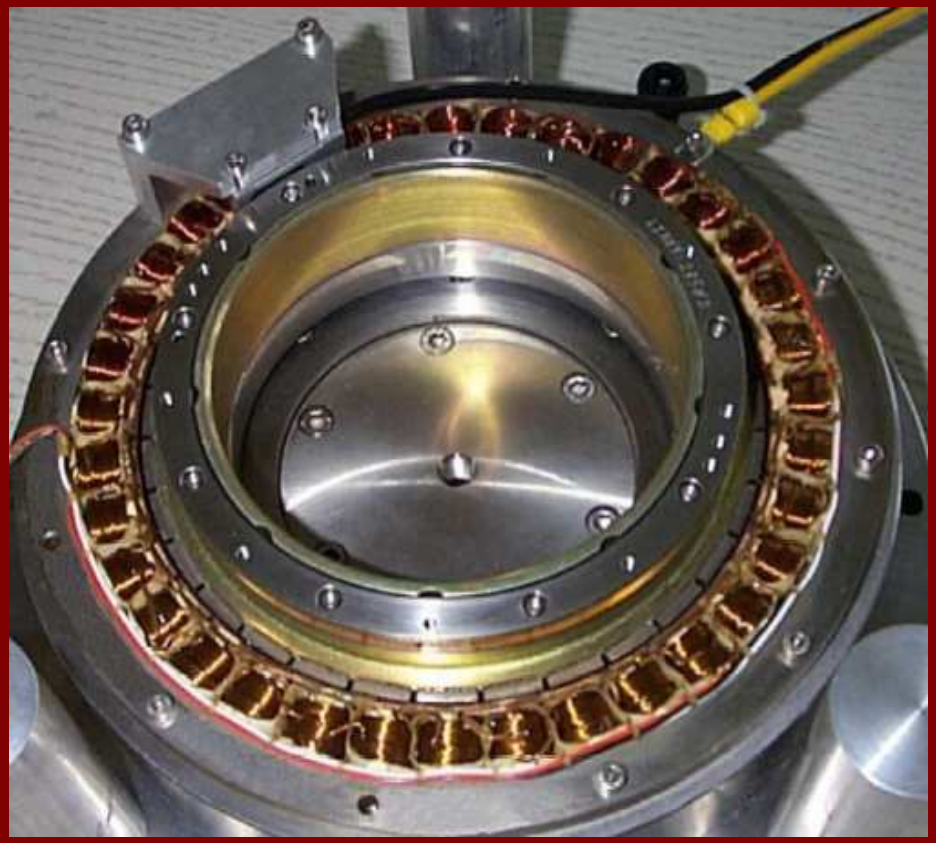
- 3 sondes de hall
- Réduction du couple de détente par inclinaison des encoches
- HDD, magnétoscopes

# Autopilotées

## Moteurs synchrones autopilotés triphasés

Aimants NiFeBo
20 Nm, 3kg
Couple massique 6.3 Nm/kg
48 pôles
0.011kg.m2

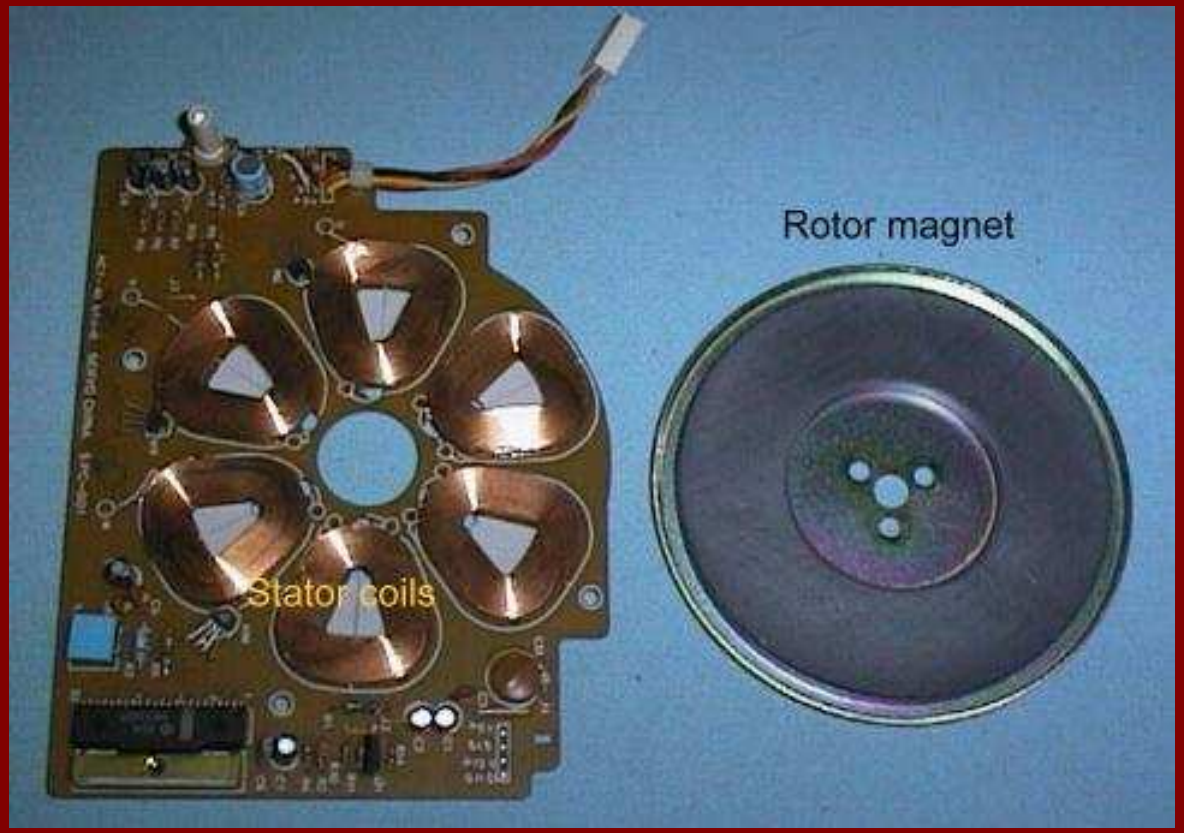
(jusqu'à 128 pôles, 2000Nm, 110 kg)



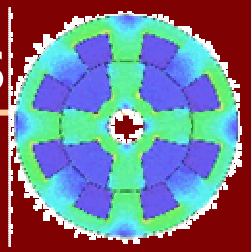
# Autopilotées

## Structure à stator sans encoches

- Pour améliorer la rotation et réduire le bruit,
- Triphasé à champ axial,
- Magnétoscopes.



# Machines synchrones



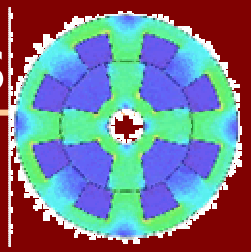
## à réluctance variable

SR 130 switched reluctance motor
15 000 tr/mn
15 kg
1,3 kW permanent à 2,6 kW crête
3,7 Nm crête
Axe 14 mm
205 x 130 mm
Contrôle de température
pas de ventilation

Drive
Contrôle 4 Q
4 phases 24 / 48 V  25/ 50 A

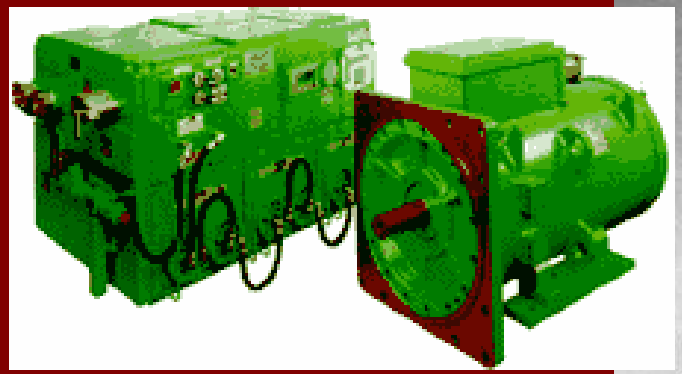
Prix… 4000$ moteur + drive

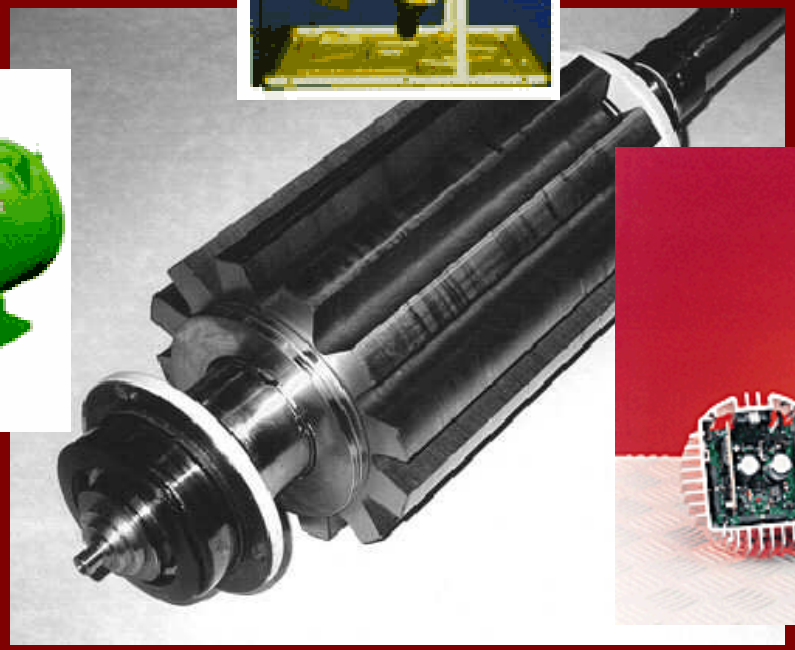
# Machines synchrones



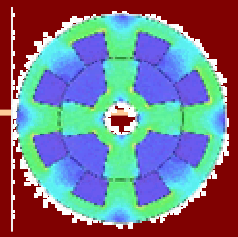
## à réluctance variable

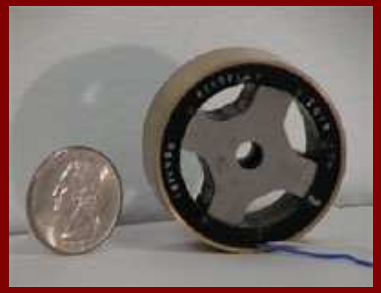
Simples, robustes, mais bruyants
autopilotage
Rasoirs électriques
Perceuses
Lave  linge à tambour incliné
150 kW antidéflagrant





# Machines synchrones





## à enroulement toroïdal

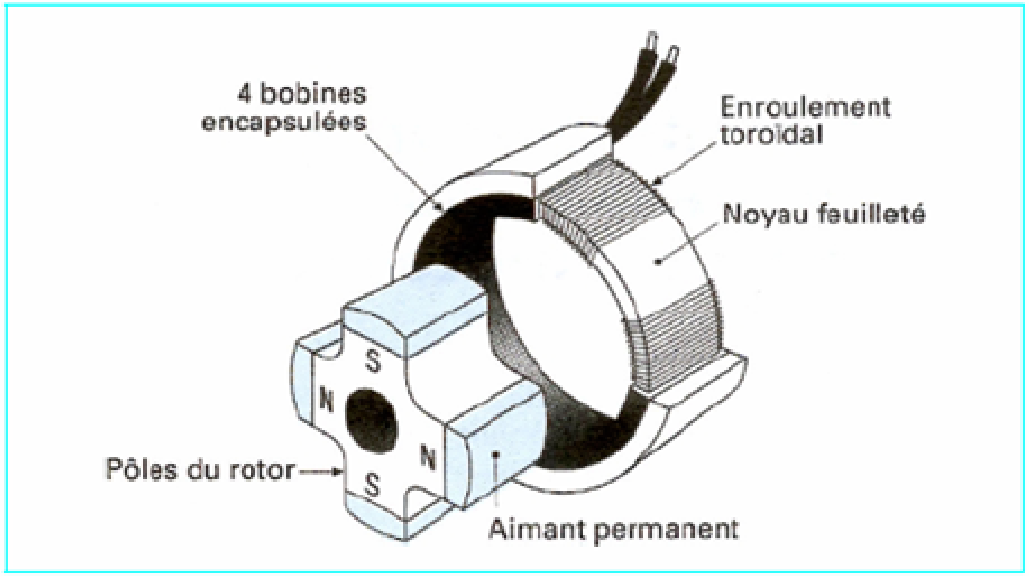
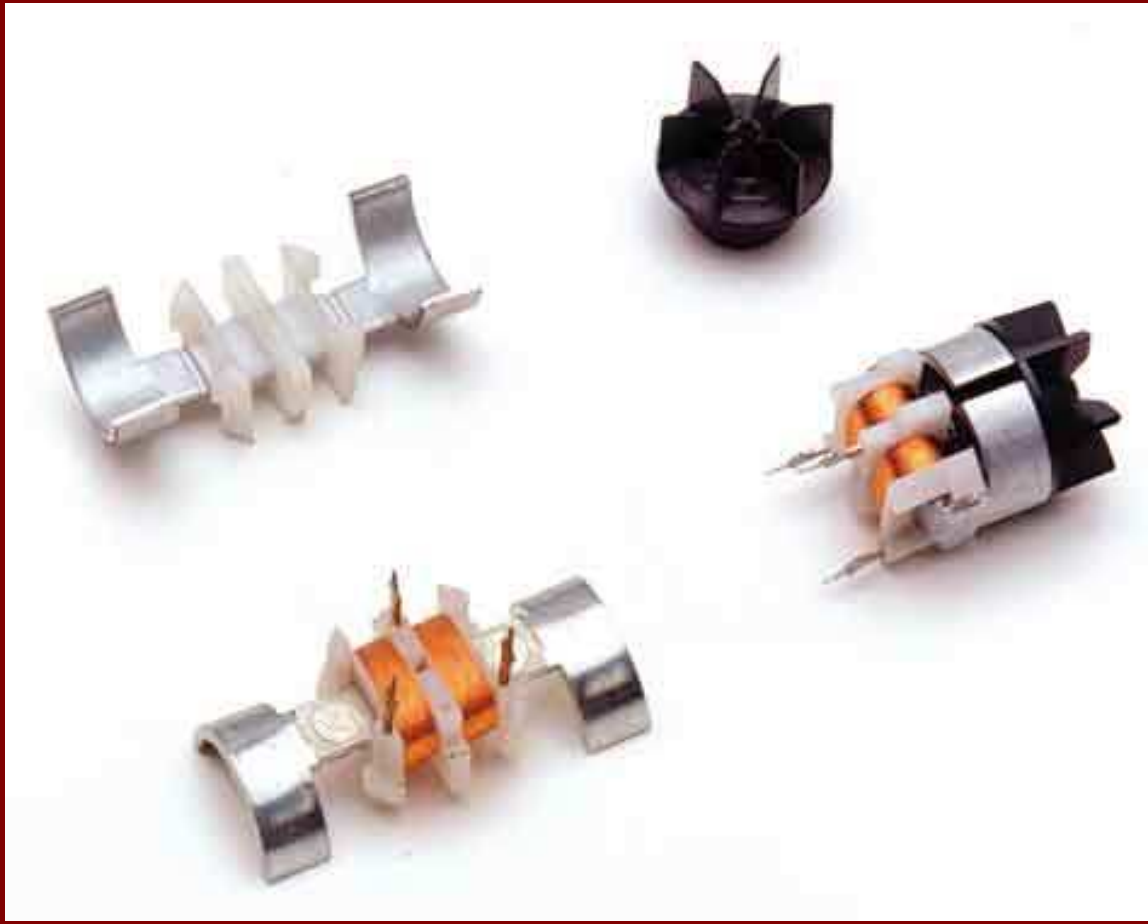



**Figure 29 – Structure d'un moteur-couple à enroulements toroïdaux**
[doc. Muirhead Vactric]

# Introduction



# Plan

## Moteurs asynchrones monophasés

à bagues de déphasge

À condensateur de démarrage

## Moteurs à collecteurs mécaniques

Excitation à aimants

Excitation bobinée

## Machines synchrones

excitation séparée

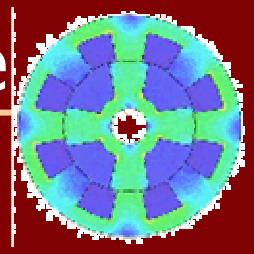
À aimants à fréquence fixe

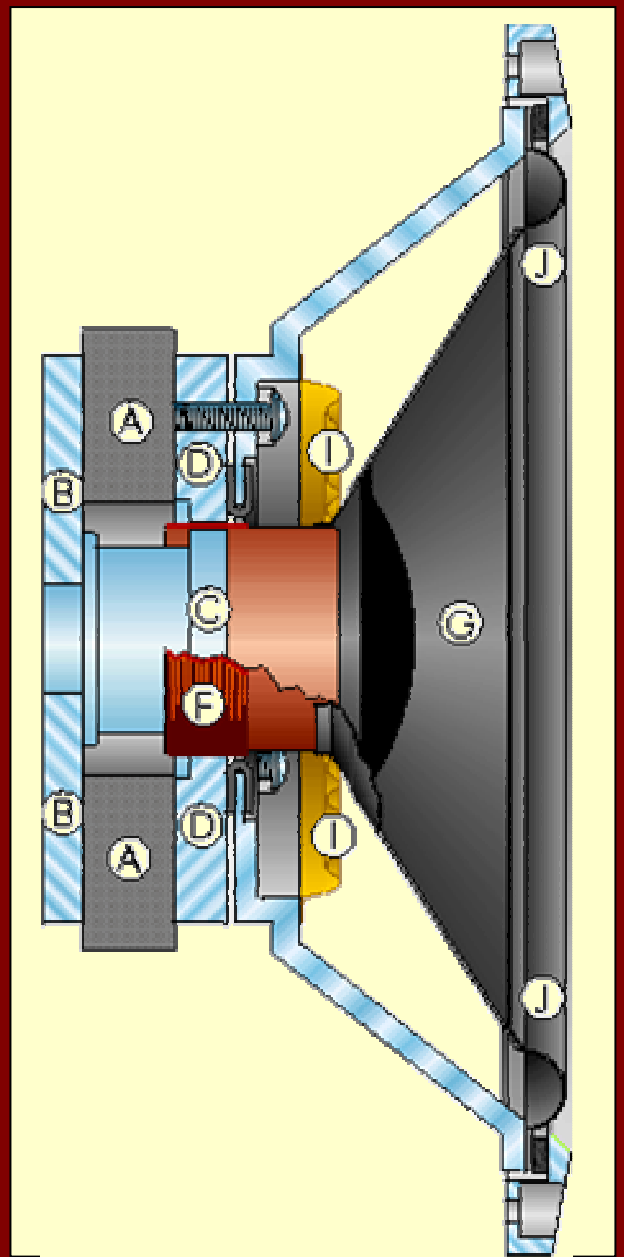
Pas à pas à aimants, hybride, autopilotés

Machines à réluctance variable

## À bobine mobile (Voice coil)

# À bobine mobile



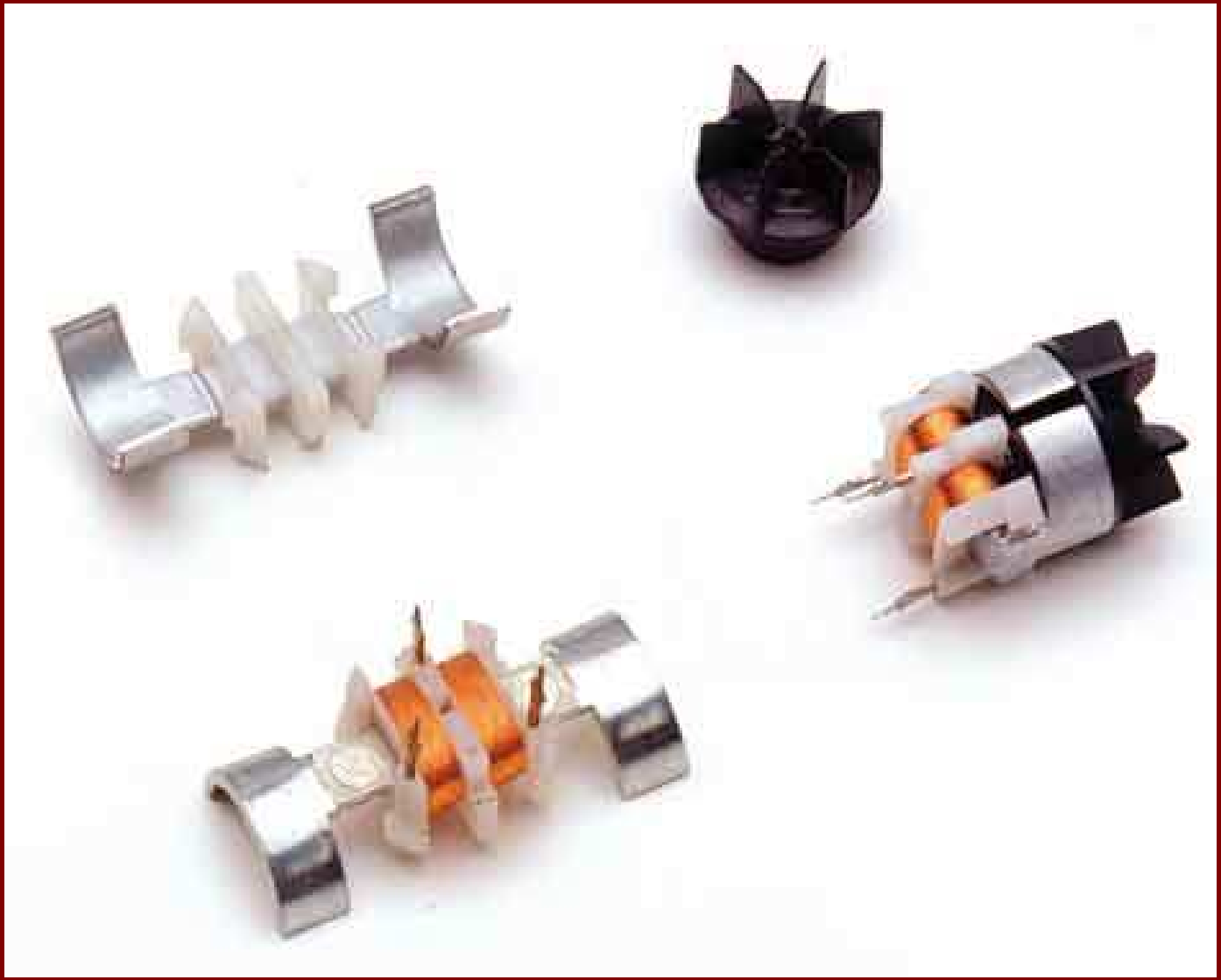



## Voice Coil

Pilotage des têtes de lecture, écriture

1,5 kg de poussée

45 W

# Quiz

Quel type ?