



**TECHNOLOGIE
D'ELECTRICITE**

MOTEURS

SPECIAUX



Lycée L.RASCOL 10, rue de la République
BP 218. 81012 ALBI CEDEX

SOMMAIRE

Moteurs alternatifs

Moteurs universels

Moteurs asynchrones à induction et rotor à cage

Moteurs à spire de Frager

Moteurs triphasés sur réseau monophasé

Moteurs à courant continu et à aimants permanents

Moteurs à faible inertie (moteur cloche)

Moteur couple plats (pancake)

Servo moteurs (axem)

Moteur sans balais (Brushless)

Moteurs linéaires

MOTEURS ALTERNATIFS

MOTEURS UNIVERSELS

Les moteurs universels sont des moteurs série à collecteur et tôles feuilletées exécutés pour une tension unique en courant continu ou alternatif à fréquence industrielle. Ils se présentent en général sans habillage, ils sont du type “ à incorporer “.

1) Caractéristiques mécaniques

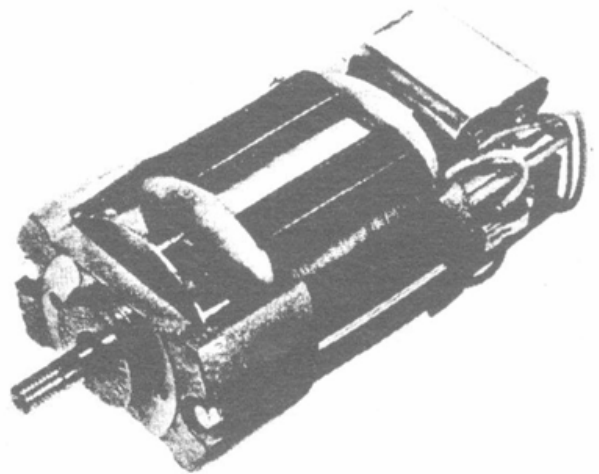
\$ Ensemble stator:

- circuit magnétique feuilleté
- bobinage en fils émaillé



\$ Ensemble rotor

- arbre en acier mi-dur
- paquet de tôles feuilletées
- bobinage en fil émaillé renforcé
- collecteur
- ventilateur



\$ Ensemble de commutation

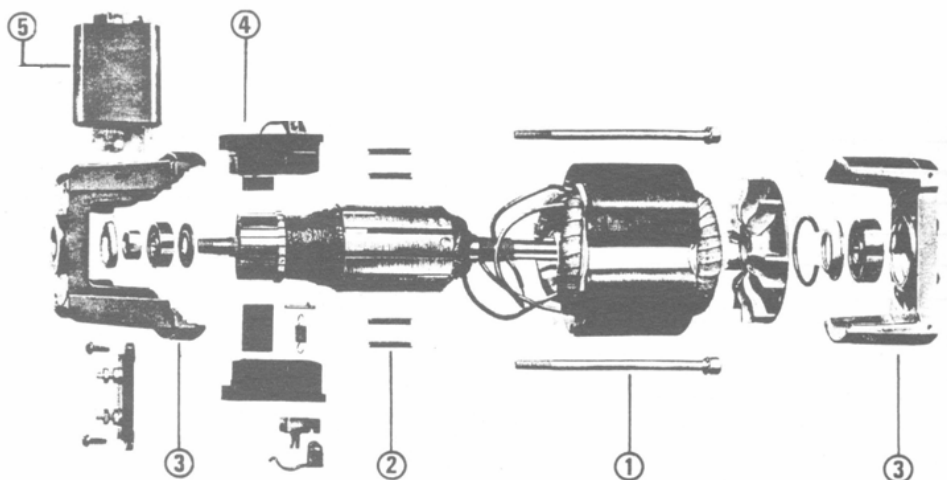
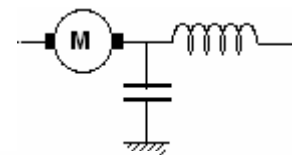
- porte balais
- charbon
- ressort de pression

\$ Ensemble flasques paliers

- à paliers lisses (coussinets autolubrifiants)
- à roulements à billes

\$ Antiparasitage

- condensateur formant avec l'inducteur un filtre



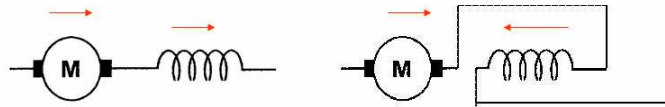
2) Caractéristiques électriques

\$ Performances

- grande vitesse de rotation, (3500 à 16000 tr/min)
- puissance réduite (1000 W Maxi)
- réservé aux outils à usage intermittent (usure des balais limitée dans le temps)

\$ Inversion du sens de rotation

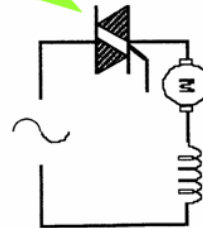
Il faut changer le sens du courant dans un seul circuit, l'inducteur par exemple.



\$ Variation de vitesse

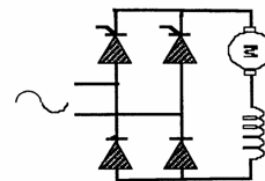
On réduit à l'aide d'un dispositif électronique la tension d'alimentation, l'induit et l'inducteur sont en série donc le couple est très faible aux faibles vitesses.

Triac ou gradateur (thyristors en tête bèches)



Redressement commandé monophasé en général

Sur les visseuses dévisseuses on inverse le courant dans un seul des circuits pour obtenir l'inversion du sens de rotation du moteur.



MOTEURS ASYNCHRONES A INDUCTION ET ROTOR A CAGE

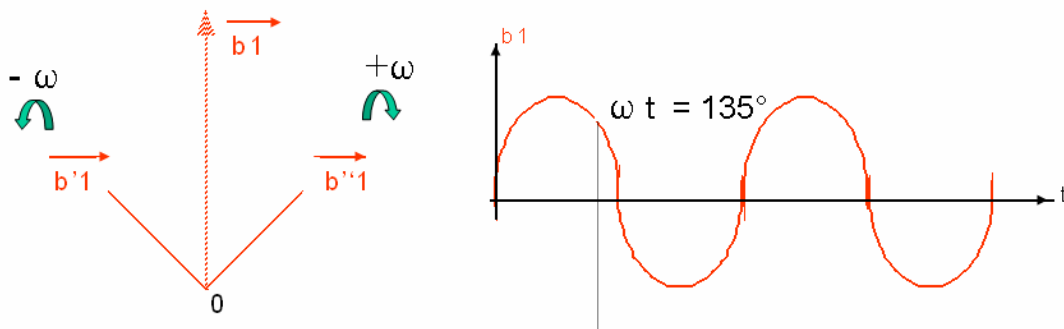
1) Principe de fonctionnement

Un bobinage alimenté par une tension sinusoïdale alternative crée un champ magnétique alternatif sinusoïdal.

La direction de ce champs est fixe (axe de la bobine); son module est variable $\vec{b1} = \hat{B1} \sin \omega t$

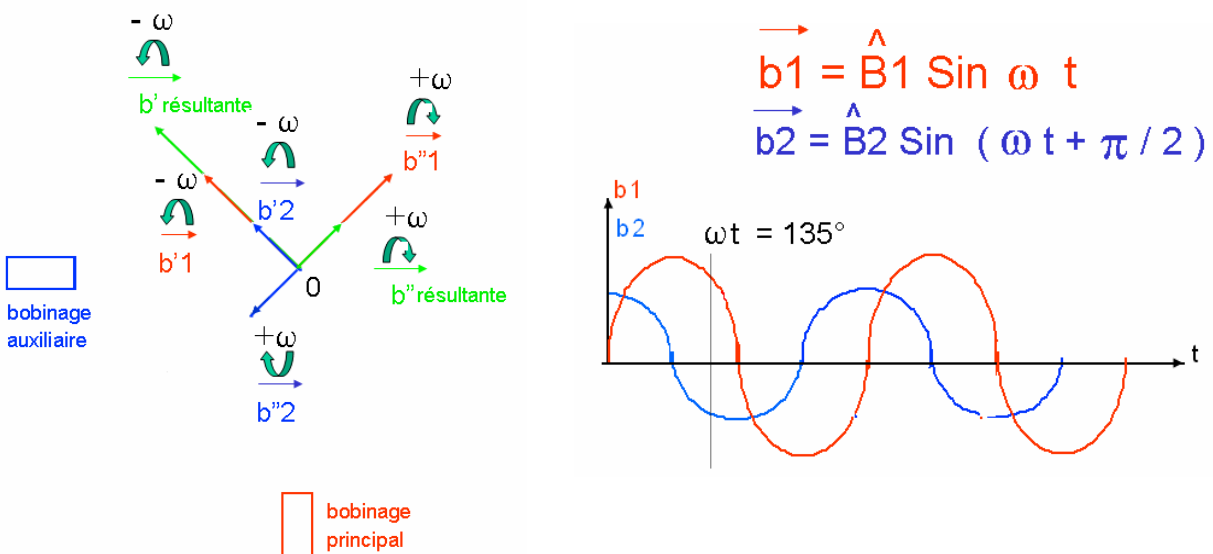
Ce champs (théorème de LEBLANC) est équivalent à deux champs de module constants $B/2$ et tournant en sens inverse l'un de l'autre à la vitesse angulaire $\Omega = \omega$.

Le rotor ne sait pas sur quel champs tournant s'accrocher, il ne démarre pas spontanément. Mais si on lui donne une direction privilégiée, il va s'accrocher sur le champ de même sens de rotation et se mettre à tourner.



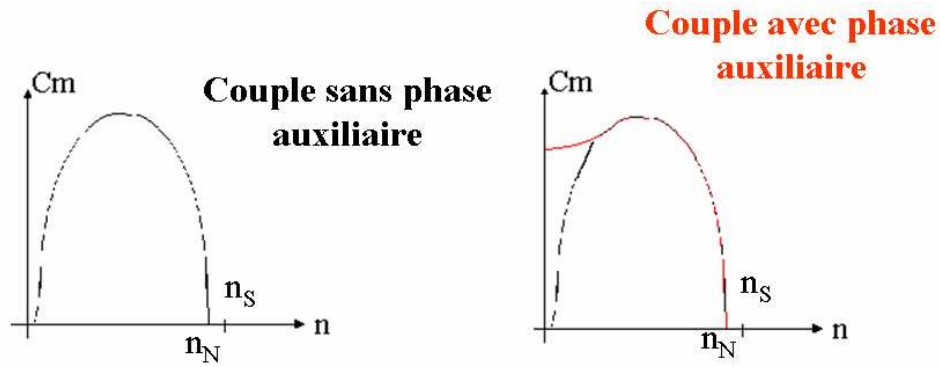
bobinage principal

Pour permettre un démarrage correct, on utilise un bobinage auxiliaire dit de "démarrage". Bobiné à 90° électrique du précédent et alimenté par un système de déphasage (généralement un condensateur).



bobinage auxiliaire

bobinage principal



2) Caractéristiques mécaniques

\$ Ensemble stator:

- circuit magnétique feuilleté.
- bobinage en fil émaillé.

\$ Ensemble rotor:

- arbre en acier mi-dur.
- paquet de tôles feuilletées et “cage“ en aluminium sous pression.
- coupleur à rupture brusque (pour type capacité temporaire).
- ventilateur.

\$ Ensemble flasques paliers:

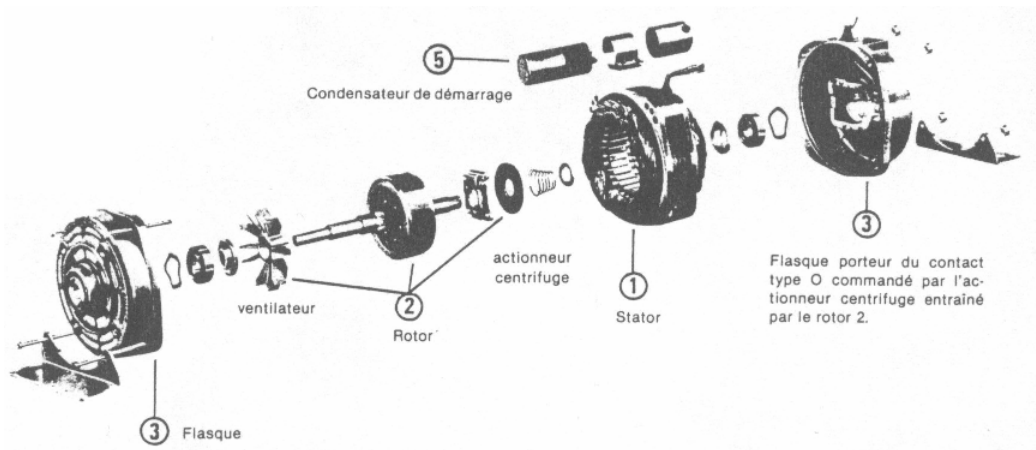
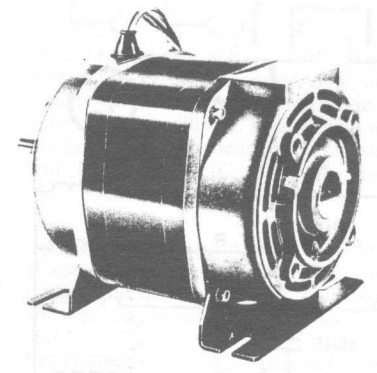
- à paliers lisses (coussinets bagués minces à réserve d’huile).
- à roulements à billes.

\$ Ensemble connexions:

- par boîte à bornes ou fils de couleurs sortis.

\$ Ensemble de démarrage:

- par condensateur temporaire (type C9).
- par condensateur permanent (type D6).



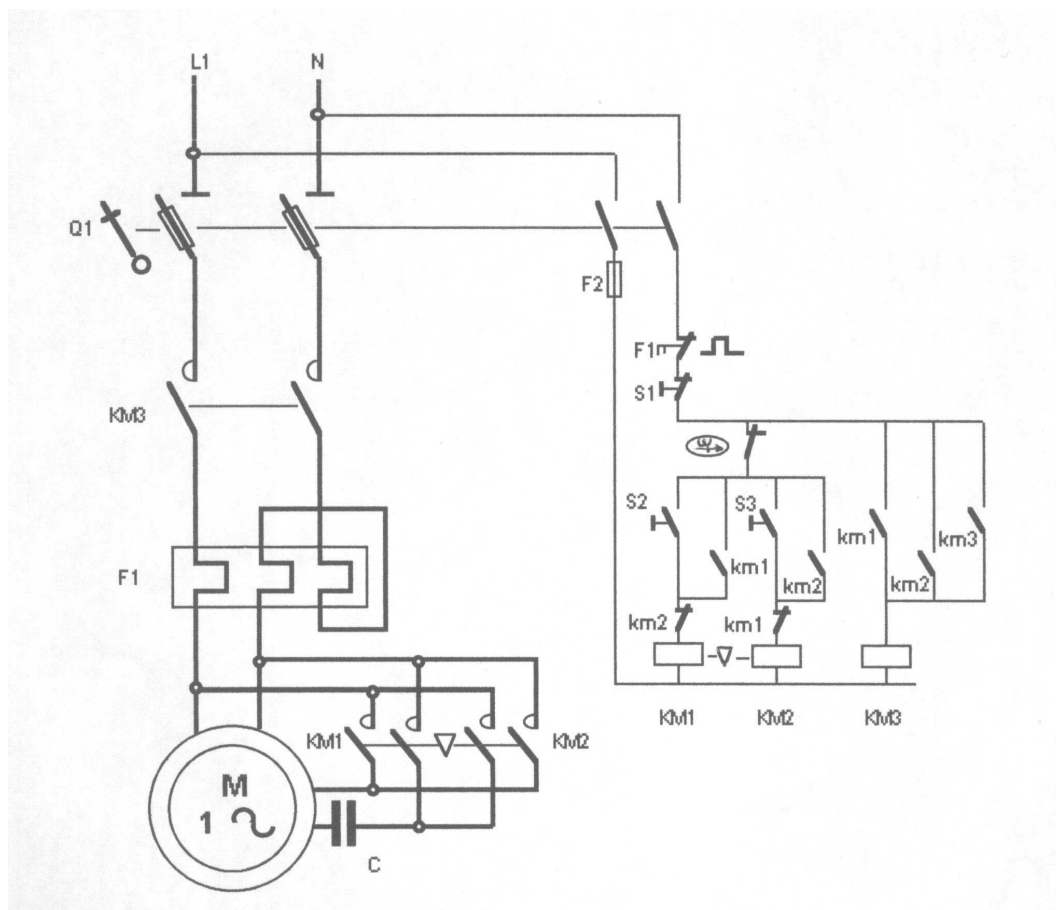
3) Caractéristiques électriques

Désignation du type	Puissance		Vitesse en charge tr/mn	Démarrage Cd / Cn	Masse kg
	kW	CV			
Type C9 (90 mm de hauteur d'axe)					
MC PR9 f2	0,37	1/2	2850	1,7	11
MC PR9 k2	0,75	1	2880	1,3	16
MC PR9 k4	0,55	3/4	1440	2,1	16
MC PR9 h6	0,25	1/3	960	2,1	13
Type D6 (63 mm de hauteur d'axe)					
ME PR6 f2	0,18	1/4	2850	0,8 à 1	5
ME PR6 c4	0,09	1/8	1400	0,5 à 0,7	3
ME PR6 c6	0,075	1/10	900	0,5 à 0,7	4

\$ La vitesse comme en triphasé dépend du nombre de pôles $n = f / p$

\$ Le glissement est plus élevé qu'en triphasé

\$ Le facteur de puissance est plus petit qu'en triphasé $\text{Cos } \varphi = 0,75$

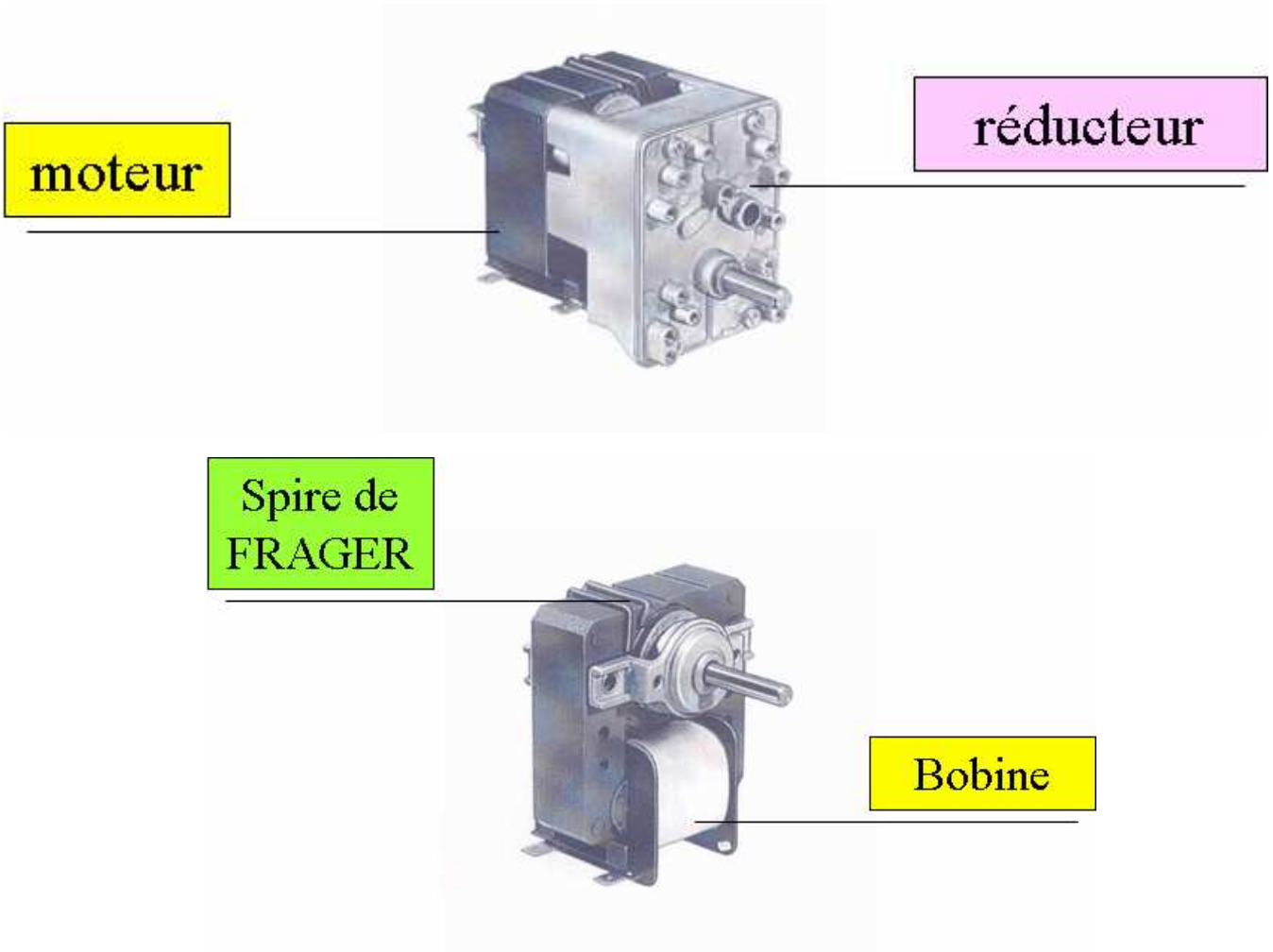


MOTEURS A SPIRES DE FRAGER

Le stator est constitué par un circuit magnétique parcouru par un flux alternatif produit par une bobine B. Ce flux, par l'action de deux bagues " F " de déphasage (spires de FRAGER), se comporte comme un flux glissant vis à vis du rotor fait de substance magnétique.

Ce sont des micromoteurs généralement équipés de réducteurs mécaniques à rapport fixe.

- leur puissance est faible.
- ils sont en général bi tension 127 / 220 V.
- leur vitesse de rotation s'étend de 3000 tr/min à 1 tr/20 min.

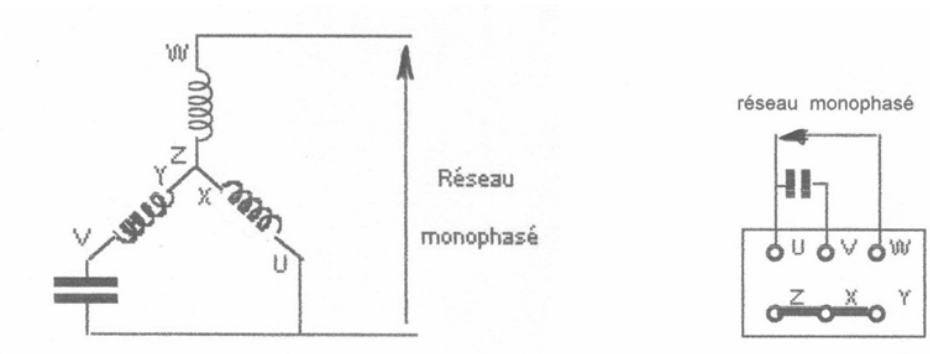
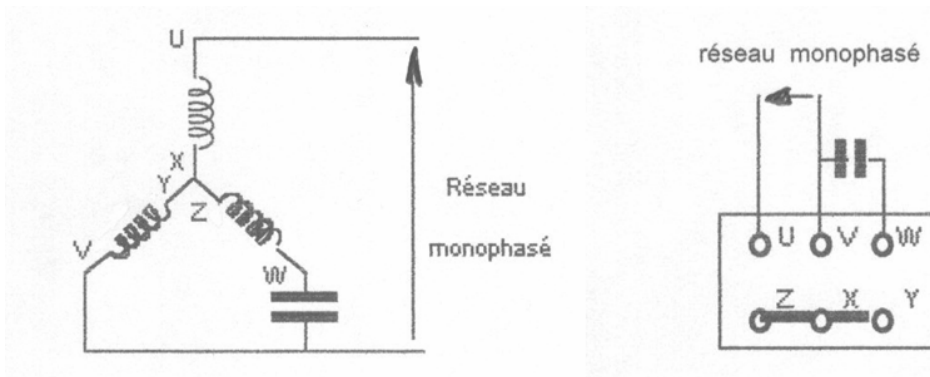


Moteur à un sens de rotation. Les bagues de déphasage (spires de FRAGER) provoquent un déphasage de sur d'où le sens de rotation.

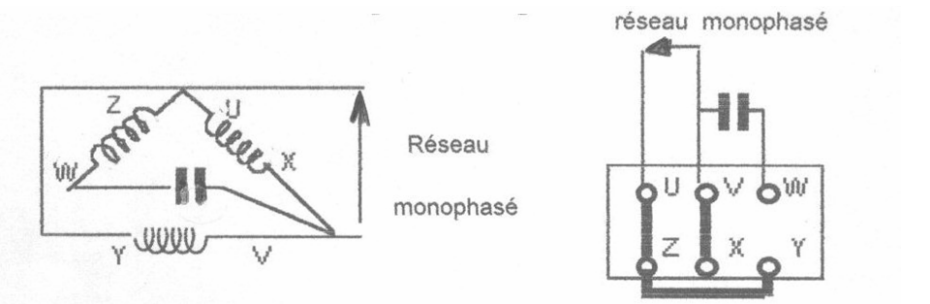
UTILISATION SUR UN RESEAU MONOPHASE D'UN MOTEUR TRIPHASE

On ne peut utiliser ce procédé que sur des moteurs dont la puissance $P < 1,5 \text{ KW}$ deux phases sont montées en série ou en parallèle selon le couplage réalisé en triphasé. La troisième est mise en série avec un condensateur, elle fait office de phase auxiliaire de démarrage.

§ Moteur couplé en étoile en triphasé.



§ Moteur couplé en triangle en triphasé.



Pour changer le sens de rotation, il suffit de changer de phase auxiliaire.
 Pour un moteur donné, la puissance sur l'arbre dans un fonctionnement en monophasé est égale à 75% de la puissance sur l'arbre en triphasé.

$$C = 70 \mu\text{F} \text{ pour } P_{\Delta} = 1 \text{ KW}$$

$$C = 16 \mu\text{F} \text{ pour } P_{Y} = 0,35 \text{ KW}$$

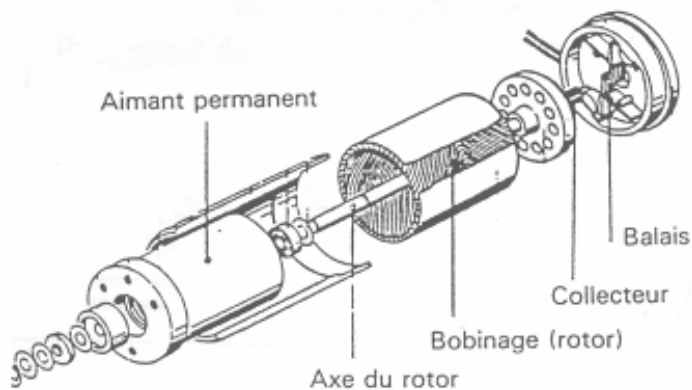
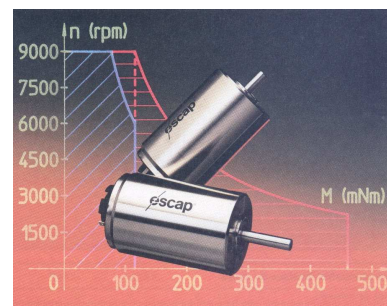
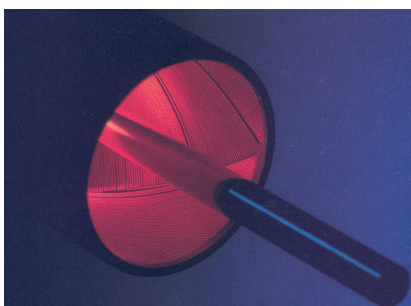
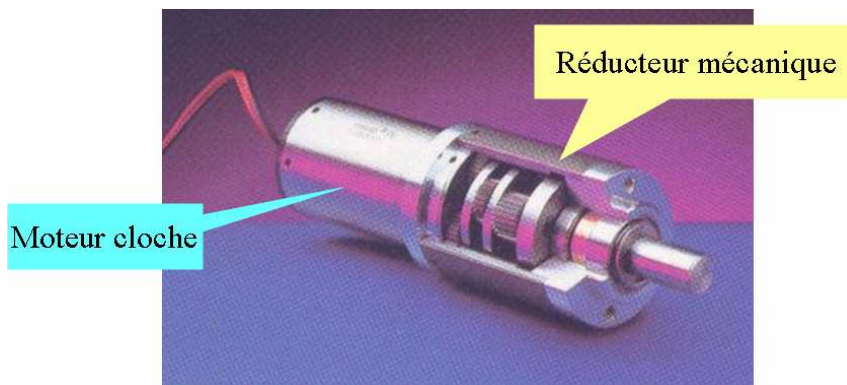
MOTEURS A COURANT CONTINU ET A AIMANTS PERMANENTS

MOTEURS A FAIBLE INERTIE

“ Moteurs cloche “

Les servomoteurs type "cloche" font appel à une technologie originale qui leur ouvre un vaste champ d'application dans les systèmes d'asservissement et d'entraînement et dans les nombreux secteurs de pointe. Le rotor est un induit intégralement en cuivre constitué par un bobinage cylindrique creux autoportant à fils croisés. Tenu sur l'axe par un disque, il tourne dans l'entrefer entre le boîtier et un aimant permanent bipolaire situé l'intérieur du rotor cloche.

Cette construction qui allège le rotor au maximum se traduit par une très faible inertie, des démarrages ultra rapide et une très grande puissance par rapport au volume. Les pertes sont minimales (absence de fer). Le couple est pratiquement exempt d'ondulation. Le rotor s'arrête sans position préférentielle. L'emploi de matériaux fins, bronze fritté pour les paliers, métaux précieux pour le collecteur (alliage d'argent) et les balais (alliage d'or) garantissent un démarrage à très faibles tensions.



MOTEURS-COUPLE PLATS

“ Pancake “

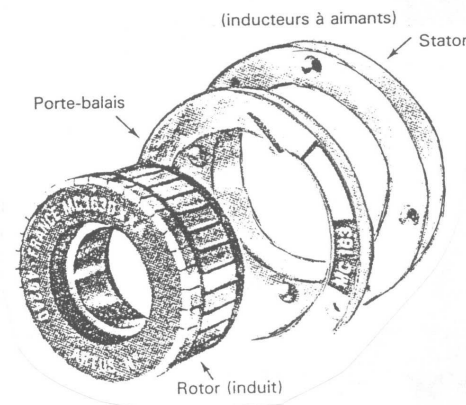
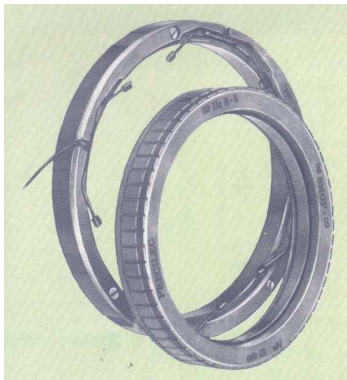
Ces moteurs sont étudiés pour maintenir un couple important à vitesse nulle d'où leur nom "moteur couple". Ils sont souvent présentés sous forme de galette, d'où leur nom de "pancake". Cette forme, (diamètre environ 4 à 8 fois l'épaisseur) est intéressante pour des dispositifs où l'entraînement est monté directement sur l'arbre. Elle donne un grand rapport couple inertie et le montage direct permet d'éliminer le réducteur et les jeux mécaniques.

Ils sont souvent présentés en "kit" sous la forme de trois bagues séparées:

- induit (rotor)
- inducteur (stator)
- et le porte balais.

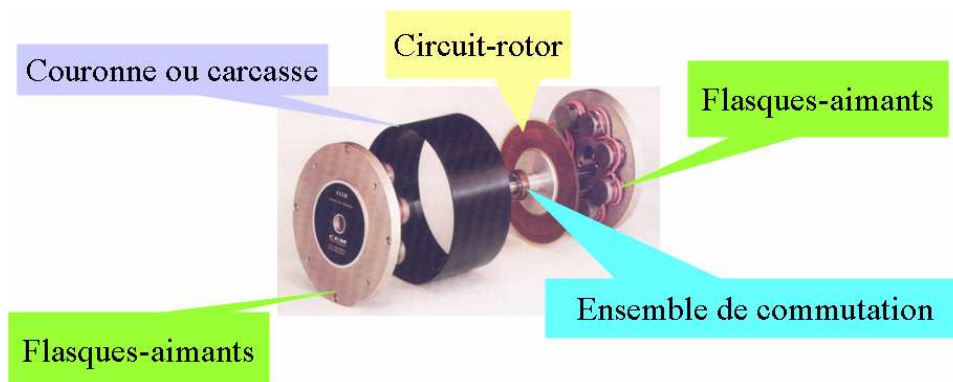
Ils ont parfois une disposition inversée:

Le stator interne est monté directement sur un arbre fixe, le rotor externe est monté dans un alésage tournant.



SERVO - MOTEURS AXEM

Par le vocable habituel de "servomoteur AXEM", on désigne des moteurs courant continu à entrefer plan et bobinage lamellaire comportant essentiellement 2 flasques munies d'aimants permanents qui créent un champ axial dans lequel tourne un rotor plan.



1) caractéristiques mécaniques

- très faible inertie.
- constante de temps mécanique très faible.
- encombrement réduit en longueur.
- diamètre de l'arbre important.
- deuxième sortie de bout d'arbre possible.
- ventilation forcée possible pour augmenter la puissance.

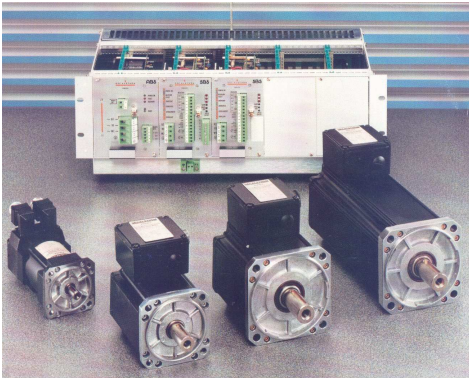
2) caractéristiques électriques

- les aimants permanents suppriment la source pour l'excitation.
- caractéristique couple -vitesse intensité parfaitement linéaire.
- possibilité de travailler à couple nominal à toutes les vitesses.
- pas de modulation de vitesse, nombre élevé de lames au collecteur.
- gamme de vitesse de 1 à 3000.
- commutation parfaite à toutes les vitesses.
- couple impulsional pouvant atteindre 10 fois le couple nominal.
- constante de temps électrique négligeable.
- linéarité parfaite de la FEM utilisation en dynamo-tachy.

MOTEURS SANS BALAIS

Si les moteurs à courant continu présentent beaucoup d'avantages, ils nécessitent malgré tout un entretien régulier pour contrôler les balais et les remplacer régulièrement.

Il existe cependant des moteurs sans balais baptisés "BRUSHLESS".



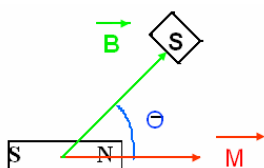
Le rotor est à aimants permanents. Le stator est bobiné, et les bobines sont alimentées par une électronique et non plus mécaniquement à l'aide d'un collecteur comme dans les "moteurs continus classiques". Dans ces moteurs les rotors sont en général creux seule leur circonférence est tapissée d'aimants:

- refroidissement par circulation de l'air plus facile.
- amélioration de l'inertie.
- réduction du poids.

Les forces développées dans le moteur, sont dues à l'attraction mutuelle:

- des pôles réels du rotor (aimants permanents)
- des pôles fictifs du stator (champs magnétiques tournants)

Le rotor peut donc tourner à la même vitesse que le champ tournant du stator, le moteur est dit synchrone.



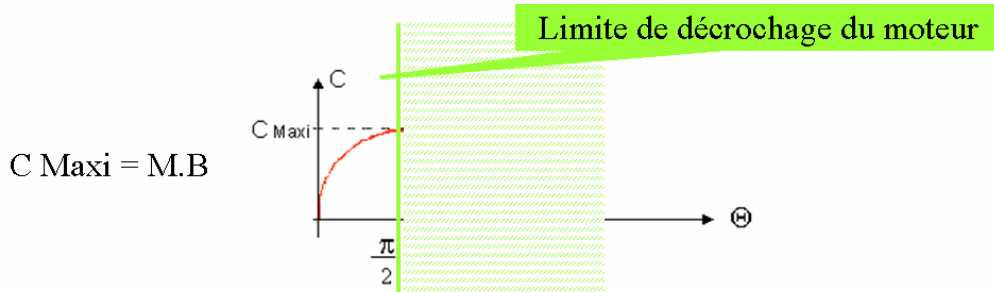
Le couple moteur dépend uniquement:

- de la force de l'aimant réel du rotor (M moment magnétique de l'aimant),
- de la force de l'aimant fictif du stator (B champ magnétique tournant),

- de leur position relative (Θ décalage angulaire des deux aimants).

$$C = M \cdot B \cdot \sin \theta$$

Le couple moteur (Nm) (Am²) (T) maximum est obtenu quand $\Theta = 90^\circ$



Remarques

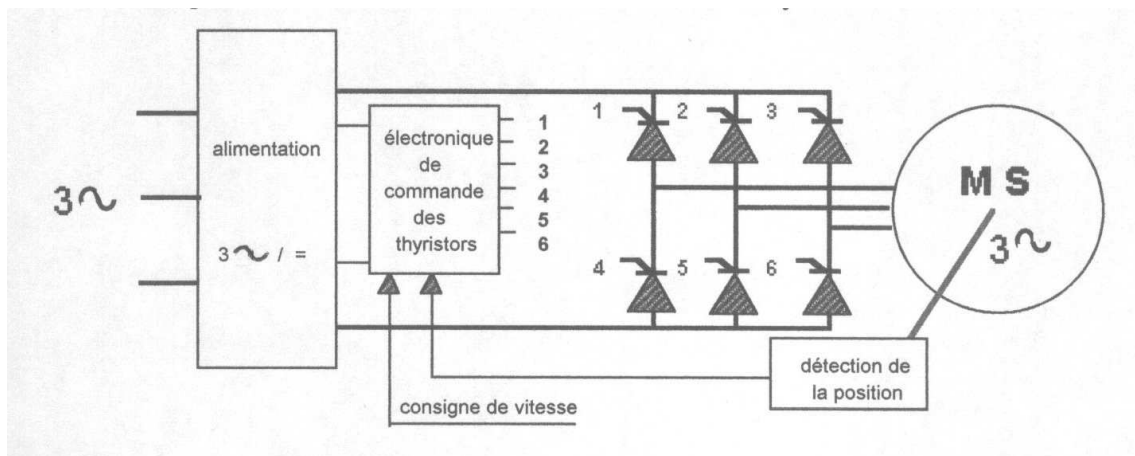
\$ Le moteur tourne à vitesse constante (vitesse de synchronisme) tant que le couple demandé par la charge est inférieur au couple maximum. Le moteur accepte la charge et y répond par un décalage du rotor par rapport au champ tournant, Θ augmente.

Au delà de 90° , le couple moteur diminue, le moteur refuse la charge "décrochage" il s'arrête. Pour contrôler la position relative du rotor et du champ tournant, un capteur haute résolution est nécessaire:

- résoudre
- codeur incrémental magnétique

\$ On peut faire varier le couple maximum développé dans le moteur à travers B donc à travers le courant statorique absorbé.

\$ On peut faire varier la vitesse du moteur à travers la vitesse du champ tournant donc la fréquence des tensions appliquées aux bobinages statoriques.



Avantages des moteurs sans balais

\$ Pas de contact glissant, cela permet un fonctionnement à grande vitesse 6000 tr/min

\$ Contrôle électronique du couple, le couple maximum peut être développé sur toute la plage de vitesse de 1 à 5000.

\$ Utilisation d'aimants performants qui autorisent la construction de rotors creux

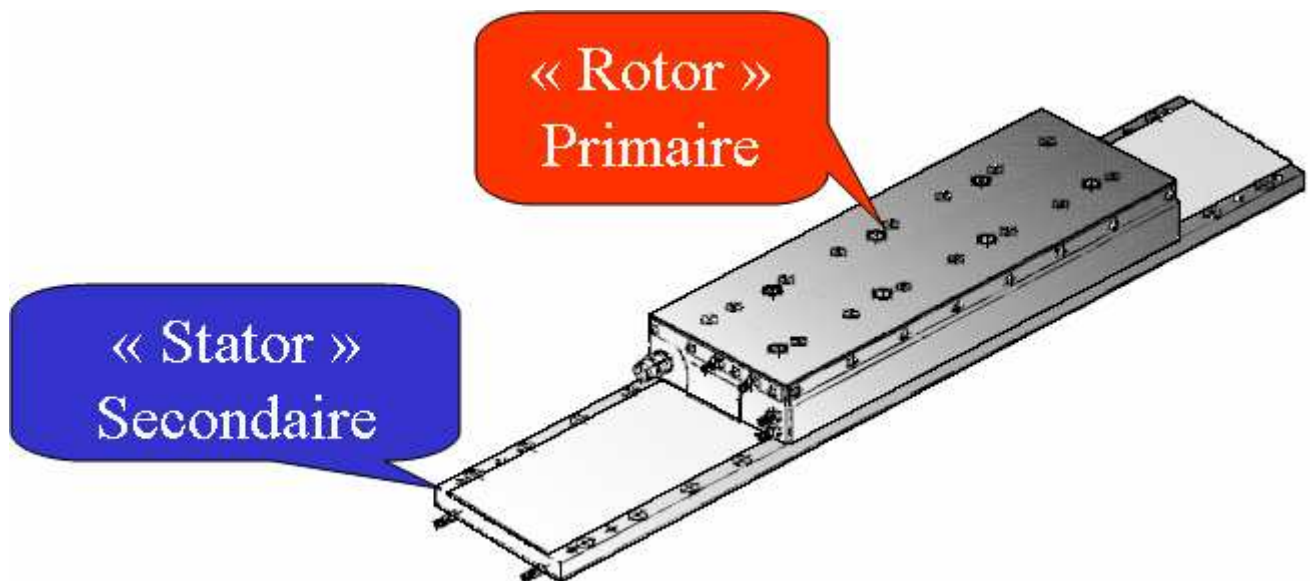
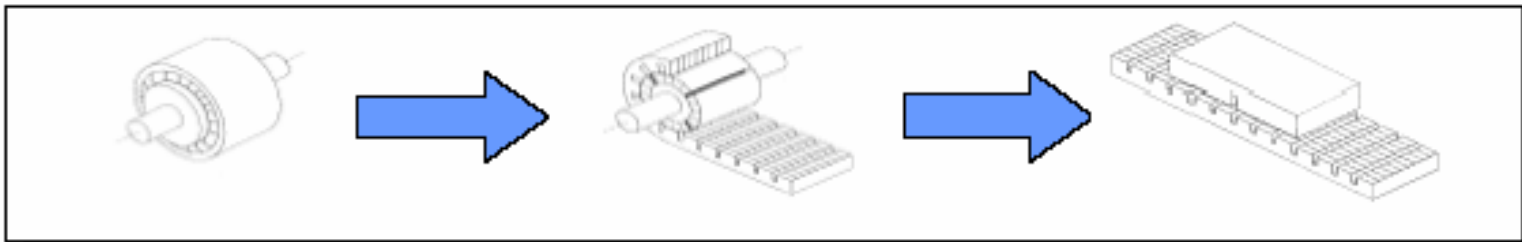
- bonne ventilation
- couple élevé
- faible inertie du rotor
- facteur de puissance important

\$ Le courant ne circule que dans le stator, possibilité de bien refroidir, carcasse radiateur.

\$ Possibilité d'un couple à vitesse nulle (maintien).

MOTEURS LINEAIRES

Le principe du moteur linéaire consiste à couper le stator d'un moteur "classique" et de le développer à plat.



On rencontre des moteurs linéaires de type:

- synchrones,
- asynchrones,
- à courant continu,
- à réluctance

Le montage et la construction sont très variables et entraînent des moteurs de formes très différentes.

Montage:

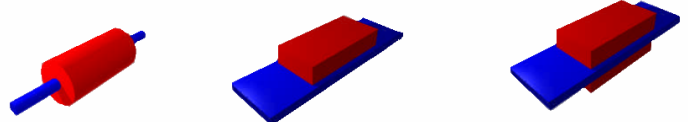
- Primaire plus petit que Secondaire,



- Primaire plus grand que Secondaire,



Différents constructions



Forme Solénoïde

Forme Simple Face

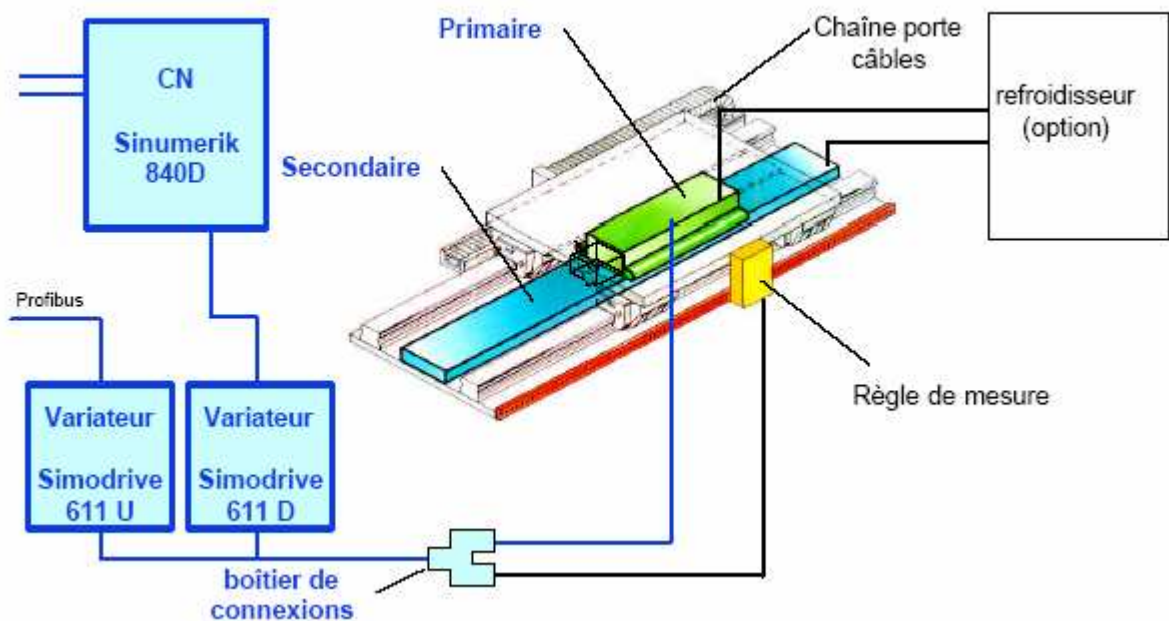
Forme Double Face

Les moteurs linéaires augmentent la dynamique des mouvements et la précision des mises en position, cela permet donc un gain de production.

Le montage de machines complexes et leur maintenance se trouve simplifiés par l'utilisation des moteurs linéaires très flexibles de par leurs multiples formes.

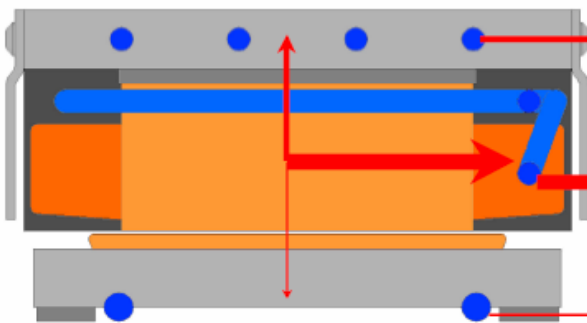
Le domaine d'application des moteurs linéaire est très vaste de la machine outil à la manutention.

On retrouve dans l'utilisation des moteurs linéaires les différents éléments qui permettent d'effectuer du positionnement numérique.



Le principal inconvénient du moteur pas à pas est la dissipation thermique au niveau du primaire qui va nécessiter l'utilisation d'une isolation spéciale et des circuits de refroidissement sophistiqués.

ΔT maximum 2°C



Refroidisseur secondaire de précision.

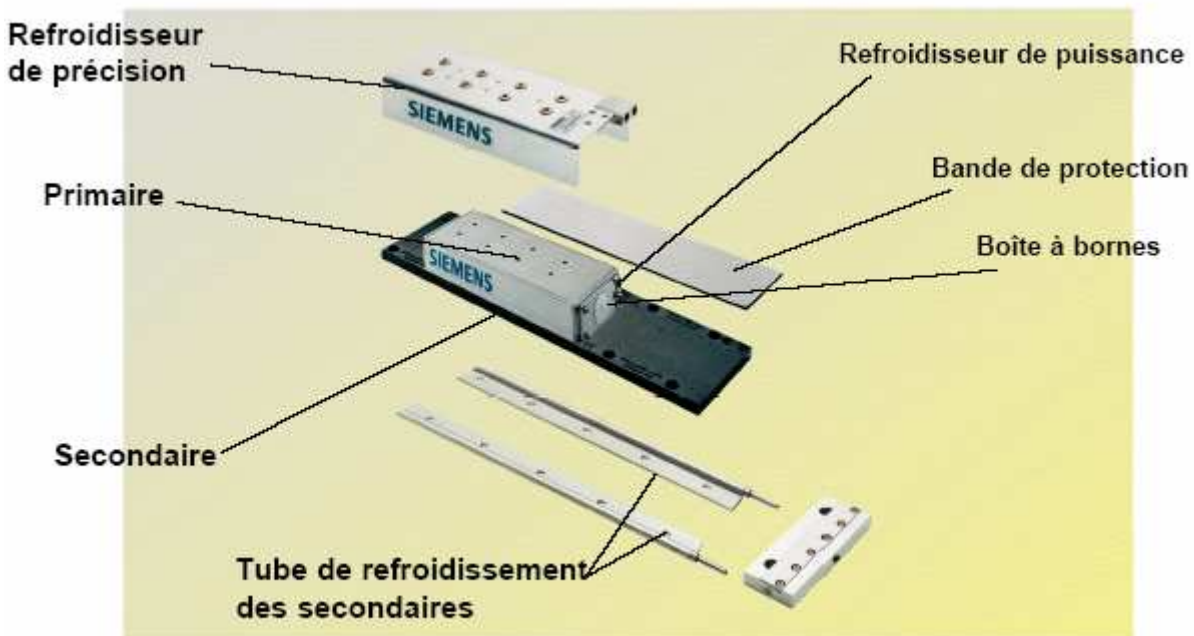
Refroidisseur de puissance 85% de la température.

Refroidisseur secondaire de précision.

Automation and Drives
Moteur linéaire SIEMENS 1FN3 Thermo-Sandwich®



- Moteur modulaire
- Principe Thermo-Sandwich®
- Poussée jusqu'à 20 kN
- Accélération jusqu'à 32 g
- Vitesse jusqu'à 830 m/min



Comparaison des performances

	Moteur Linéaire	Vis à billes
* Force maximum	< 20 000 N (par moteur)	< 240 000 N
* Accélération maximum	< 320 m/s ²	< 15 m/s ²
* Vitesse maximum	< 830 m/min	< 80 m/min
* Longueur maximum	< 50 m	< 6 m

La combinaison de certaines valeurs maximum n'est pas possible.