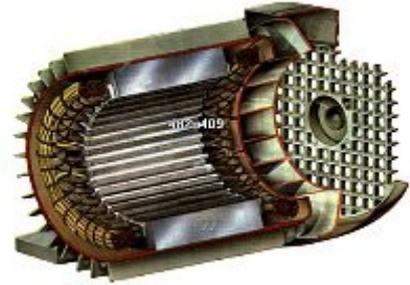
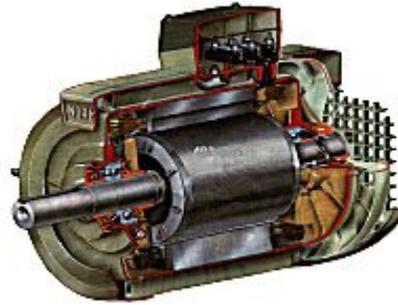


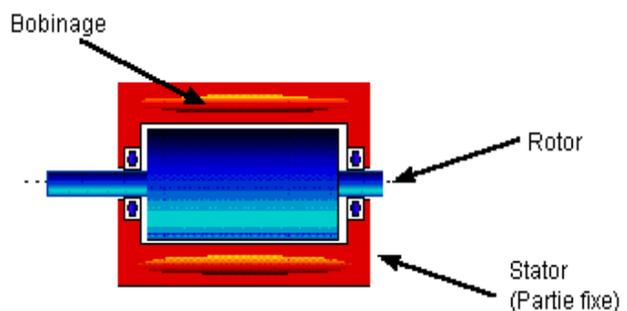
Le moteur asynchrone triphasé



1) Généralités



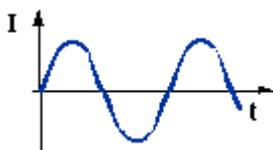
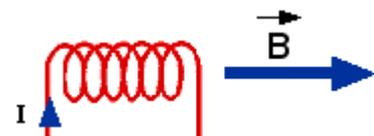
Le moteur asynchrone triphasé est largement utilisé dans l'industrie, sa simplicité de construction en fait un matériel très fiable et qui demande peu d'entretien. Il est constitué d'une partie fixe, le stator qui comporte le bobinage, et d'une partie rotative, le rotor qui est bobiné en cage d'écureuil. Les circuits magnétiques du rotor et du stator sont constitués d'un empilage de fines tôles métalliques pour éviter la circulation de courants de Foucault.



2) Principe de fonctionnement

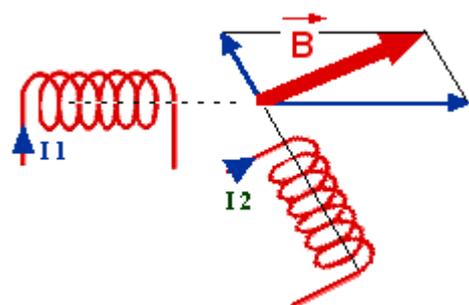
Le principe des moteurs à courants alternatifs réside dans l'utilisation d'un champ magnétique tournant produit par des tensions alternatives

La circulation d'un courant dans une bobine crée un champ magnétique \mathbf{B} . Ce champ est dans l'axe de la bobine, sa direction et son intensité sont fonction du courant I . C'est une grandeur vectorielle.

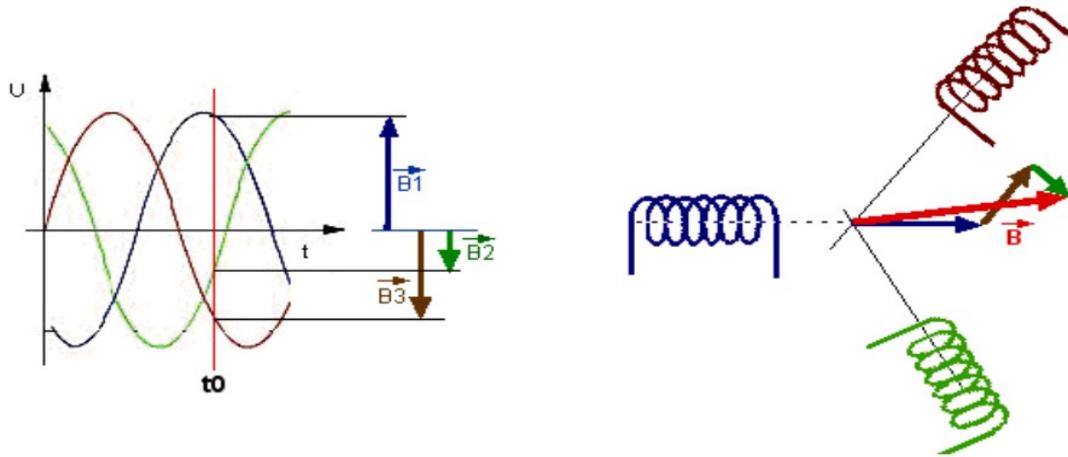


Si le courant est alternatif, le champ magnétique varie en sens et en direction à la même fréquence que le courant.

Si deux bobines sont placées à proximité l'une de l'autre, le champ magnétique résultant est la somme vectorielle des deux autres. Dans le cas du moteur triphasé, les trois bobines sont disposées dans le stator à 120° les unes des autres, trois champs magnétiques sont ainsi créés

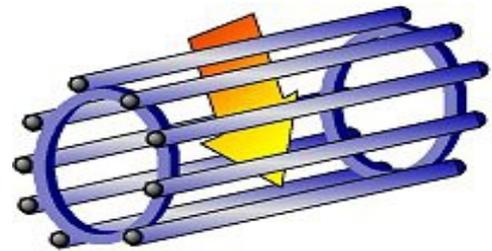


Compte-tenu de la nature du courant sur le réseau triphasé, les trois champs sont déphasés (chacun à son tour passe par un maximum). Le champ magnétique résultant tourne à la même fréquence que le courant soit $50 \text{ tr/s} = 50 \text{ Tr/s} = 3000 \text{ tr/mn}$.



Les 3 enroulements statoriques créent donc un champ magnétique tournant, sa fréquence de rotation est nommée fréquence de synchronisme. Si on place une boussole au centre, elle va tourner à cette vitesse de synchronisme.

Le rotor est constitué de barres d'aluminium noyées dans un circuit magnétique. Ces barres sont reliées à leur extrémité par deux anneaux conducteurs et constituent une "cage d'écureuil". Cette cage est en fait un bobinage à grosse section et très faible résistance.



Cette cage est balayée par le champ magnétique tournant. Les conducteurs sont alors traversés par des courants de Foucault induits. Des courants circulent dans les anneaux formés par la cage, les forces de Laplace qui en résultent exercent un couple sur le rotor. D'après la loi de Lenz les courants induits s'opposent par leurs effets à la cause qui leur a donné naissance. Le rotor tourne alors dans le même sens que le champ mais avec une vitesse légèrement inférieure à la vitesse de synchronisme de ce dernier.

Le rotor ne peut pas tourner à la même vitesse que le champ magnétique, sinon la cage ne serait plus balayée par le champ tournant et il y aurait disparition des courants induits et donc des forces de Laplace et du couple moteur. Les deux fréquences de rotation ne peuvent donc pas être synchrones d'où le nom de **moteur asynchrone**.

Prenons l'exemple d'un moteur dont la fréquence de rotation nominale relevée sur la plaque signalétique est de 2840 tr/mn, ce moteur étant alimenté en courant de 50Hz, la fréquence de rotation du champ magnétique est donc de 50 tr/s soit 3000 Tr/mn. Le rotor est donc balayé par un champ magnétique qui tourne à une fréquence de rotation relative de $3000-2840=160$ tr/mn.

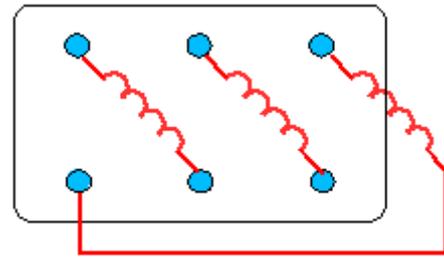
3) Le bobinage



Les bobines sont logées dans les encoches du stator. S'il y a une paire de pôles magnétique pour chacune des trois phases, la fréquence de synchronisme est alors de 3000 tr/mn. si on augmente le nombre de paires de pôles, il est possible d'obtenir des moteurs avec des fréquences de rotation différentes.

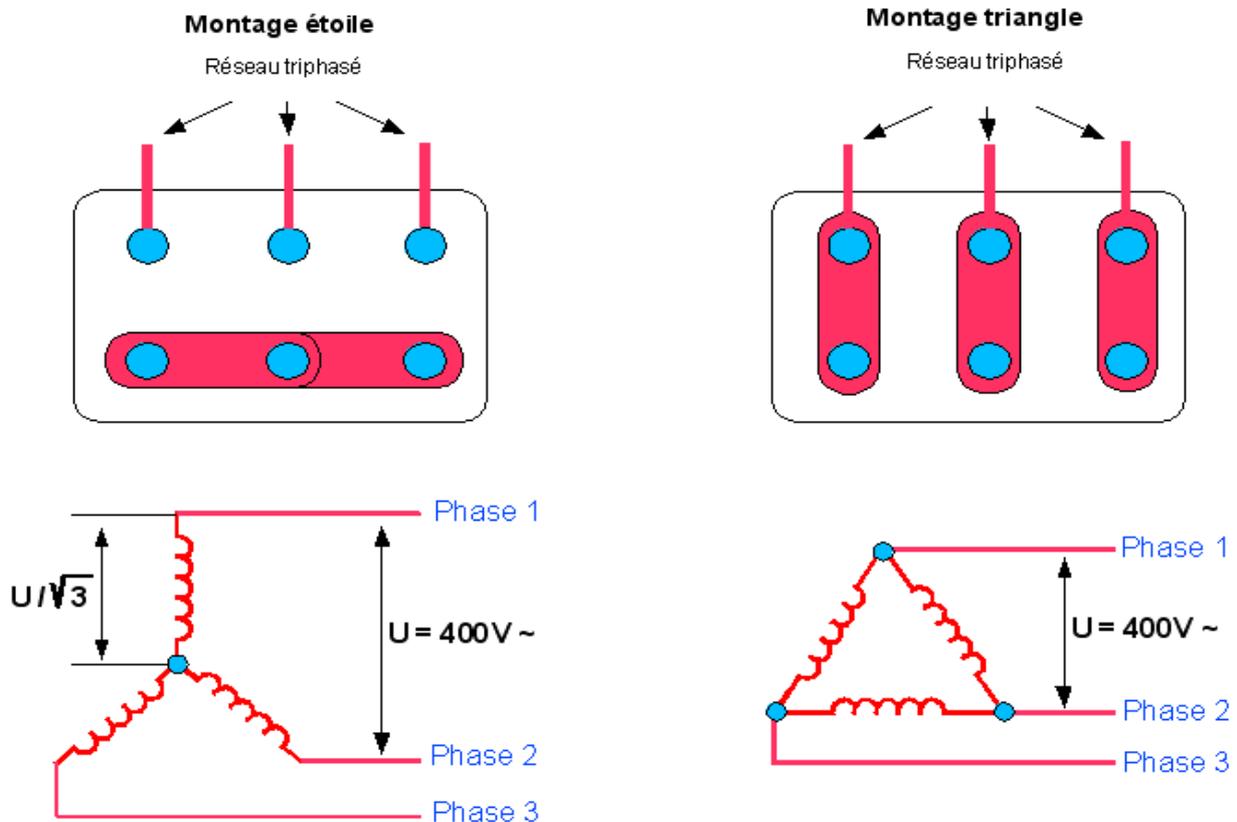
1 paire de pôles => 3000 tr/mn
2 paires de pôles => 1500 tr/m

Le branchement des bobines sur le réseau se fait au niveau de la plaque à borne située sur le dessus du moteur. On dispose ainsi de 6 connexions, une pour chacune des extrémités des trois bobines. Les bornes sont reliées aux bobines selon le schéma ci-contre.

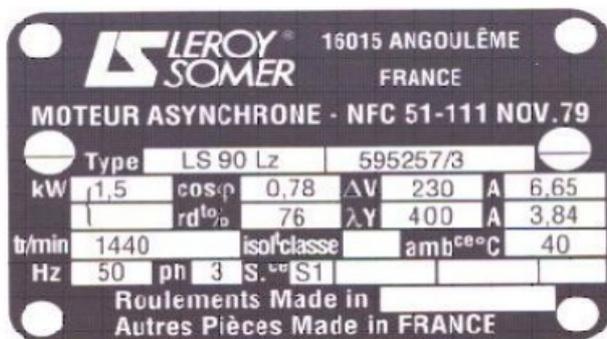


4) Branchement étoile ou triangle

Il y a deux possibilités de branchement du moteur au réseau électrique triphasé. Le montage en étoile et le montage en triangle. Avec un branchement en étoile, la tension aux bornes de chacune des bobines est d'environ 230V. Dans le montage en triangle, chacune des bobines est alimentée avec la tension nominale du réseau (400V). On utilise le montage étoile si un moteur de 230V doit être relié sur un réseau 400V ou pour démarrer un moteur à puissance réduite dans le cas d'une charge avec une forte inertie mécanique.



5) Plaques signalétiques



MOT. 3 ~ LS 100 L		22 kg			
N° 8945/79		Code : T			
IP 55	I cl. F	40°C	S1	%	c/h
	Hz	min ⁻¹	kW	cos φ	A
Δ 380	50	1415	3	0,83	7,1
Δ 400	50	1420	3	0,78	7,2
Δ 415	50	1430	3	0,74	7,3

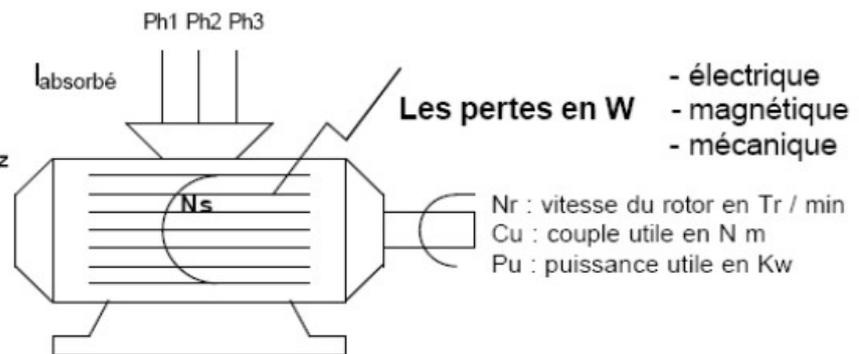
MADE IN FRANCE | I.E.C. 34-1 (87)

- **Type** : (LS90Lz) référence propre au constructeur
- **Puissance** : (1,5Kw) puissance utile délivrée sur l'arbre du moteur.
- **Facteur de puissance ou cos phi** : (0,78) permet le calcul de la puissance réactive consommée .
- **rendement** (76%) : permet de connaître la puissance électrique consommée ou absorbée
- **Tensions** : (230v/400v) la première indique la valeur nominale de la tension aux bornes d'un enroulement. Elle détermine le couplage (étoile ou triangle) à effectuer en fonction de la tension du réseau d'alimentation.
- **Intensités** : (6,65A/3,84A) Elles représentent l'intensité en ligne (dans chaque phase) pour chacun des couplages .
- **vitesse** : (1440 Tr/min) Indique la vitesse nominale du rotor. On dit aussi vitesse réelle. On connaît alors La vitesse de synchronisme **ns** du moteur (ici 1500 tr/min)
- **classe d'isolement** : (non indiquée) .
- **Température ambiante** : (40°C) utilisation recommandée maximum
- **Fréquence** : (50Hz) fréquence du réseau d'alimentation.
- **Nombre de phases** : (Ph 3) moteur triphasé
- **service** : (S1) utilisation en marche continue, intermittente...
- **Indice de protection IP** : (non indiquée) défini par trois chiffres le degré de protection du moteur à la poussière, à l'eau et aux chocs mécaniques.

6) Puissance et rendement

$$N_s = \frac{f}{p}$$

N_s = vitesse du champ tournant en Tr / s
 p = nombre de paires de pôles
 f = fréquence du réseau d'alimentation en Hz



$$P_a = U \times I \times \sqrt{3} \times \cos\phi$$

$$P_u = \eta \times P_a$$

$$P_u = C_u \times \omega$$

$$\omega = (2 \times \pi \times N_r) / 60$$

P_a : puissance absorbée (W)

U : tension entre 2 phases

P_u : puissance utile (W)

η : rendement du moteur

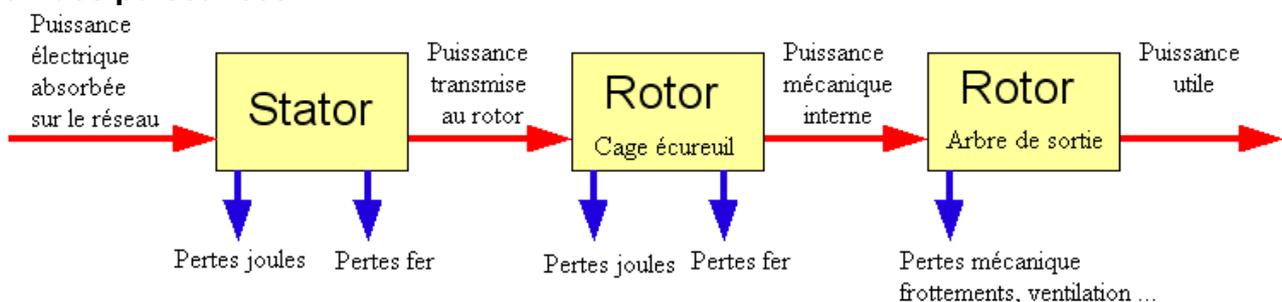
P_u : puissance utile (W)

C_u : couple utile (Nm)

ω : rotation du moteur (rad / s)

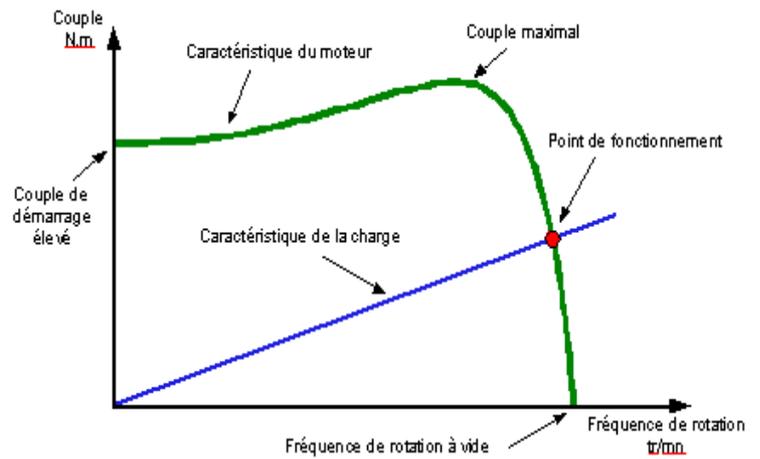
N_r : vitesse de rotation nominale (tr / min)

Bilan des puissances



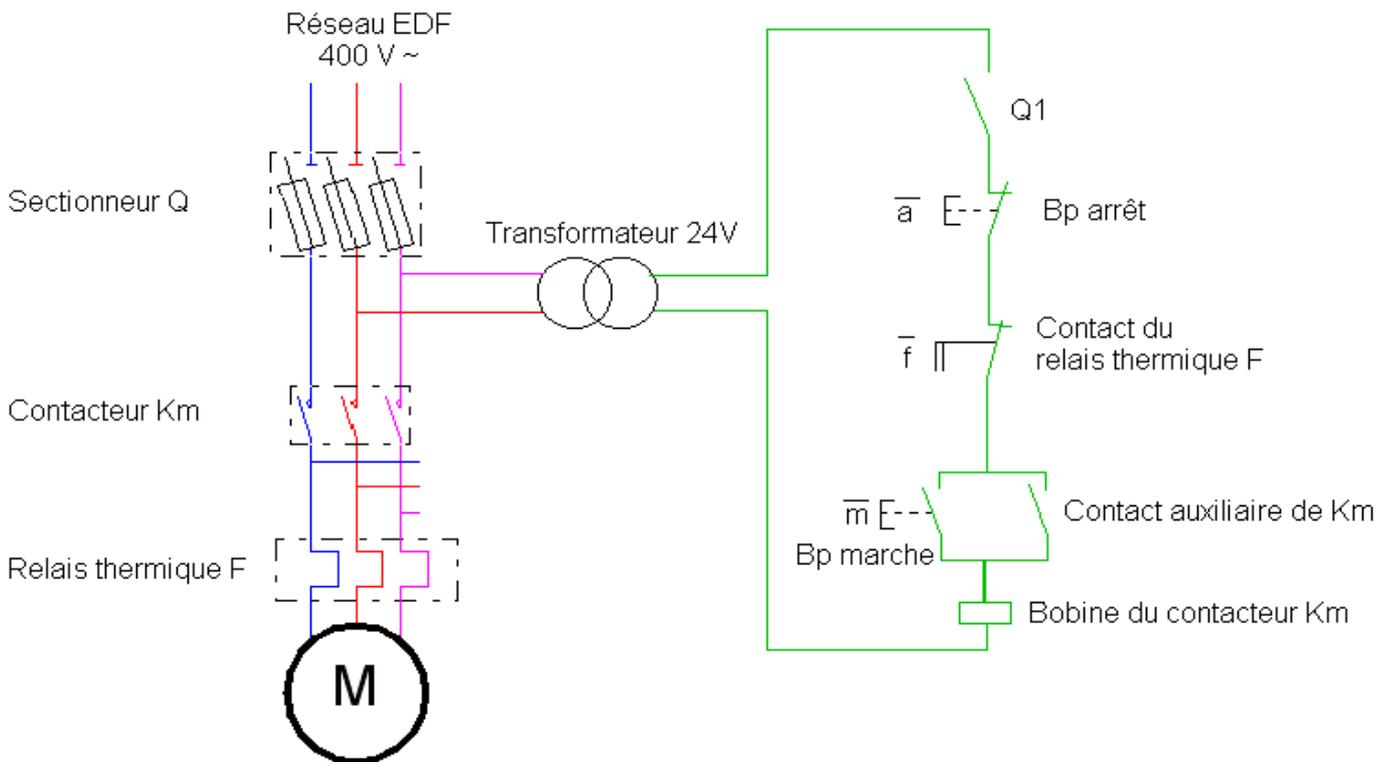
7) Caractéristique du moteur asynchrone

Le couple (N.m) varie avec la fréquence de rotation (tr/min) du moteur accouplé à la charge entraînée (supposée fixe). Les caractéristiques du moteur et de la charge se croisent au point de fonctionnement pour lequel les couples moteur et résistant sont identiques. D'une manière générale, le point de fonctionnement en moteur doit être choisi pour $N < N_s$ et doit être placé dans la partie verticale de la courbe, au plus près de la vitesse de rotation nominale N_r (appelée aussi N_n).



8) Liaison avec le réseau EDF

Le moteur est relié au réseau par un certain nombre de dispositifs de sécurité et de commande.



- Le sectionneur d'isolement avec fusibles permet de déconnecter le moteur du réseau pour des opérations de maintenance par exemple. Il protège également le dispositif en aval contre les risques de court circuit grâce aux fusibles.
- Le contacteur permet d'alimenter le moteur avec une commande manuelle ou automatique avec un automate programmable.
- Le relais thermique protège le moteur contre les surcharges de courant, l'intensité maximale admissible est réglable. Son action différentielle permet de détecter une différence de courants entre les phases en cas de coupure d'une liaison par exemple.
- Le transformateur abaisse la tension secteur à une valeur de 24V pour garantir la sécurité des utilisateurs sur la partie commande.

Sectionneur



Contacteur



Relais thermique



NB : Pour modifier le sens de rotation d'un moteur asynchrone triphasé, il suffit de permuter deux des trois phases.

9) La variation de vitesse

Malgré sa conception ancienne, le moteur asynchrone reste toujours d'actualité car l'électronique permet maintenant de faire varier sa fréquence de rotation. Pour faire varier celle-ci, il faut modifier la fréquence de rotation du champ magnétique et donc la fréquence du courant d'alimentation. Les variateurs de vitesse sont des variateurs de fréquence.



Ils permettent

- Une gamme de vitesses de 5% à 200% de la vitesse nominale
- Une conservation du couple sur toute la gamme de vitesses
- Des rampes d'accélération et de décélération
- Deux sens de rotation

La consigne de vitesse est en général fournie sous forme d'une tension de 0 à 10V par exemple

Une protection du moteur est intégrée au variateur.

Le courant électrique issu du réseau est dans un premier temps converti en courant continu, il est ensuite reconverti en courant alternatif par un onduleur mais avec une fréquence différente. Il est ainsi possible de convertir du monophasé en triphasé si c'est nécessaire.

L'onduleur travaille en hacheur, il va moduler le courant par largeur d'impulsions (PWM), le courant résultant est proche d'une sinusoïdale.

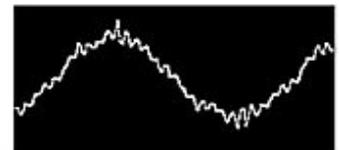
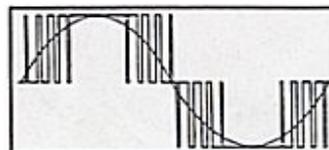
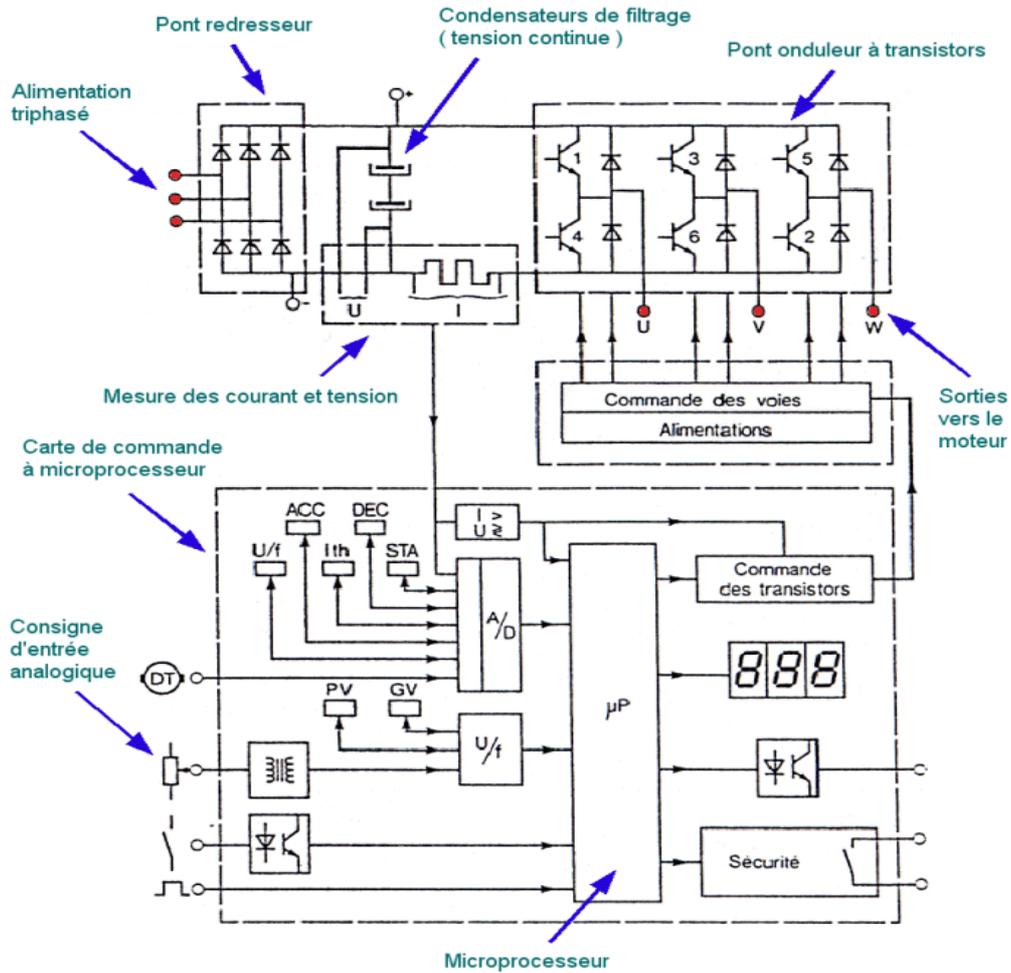
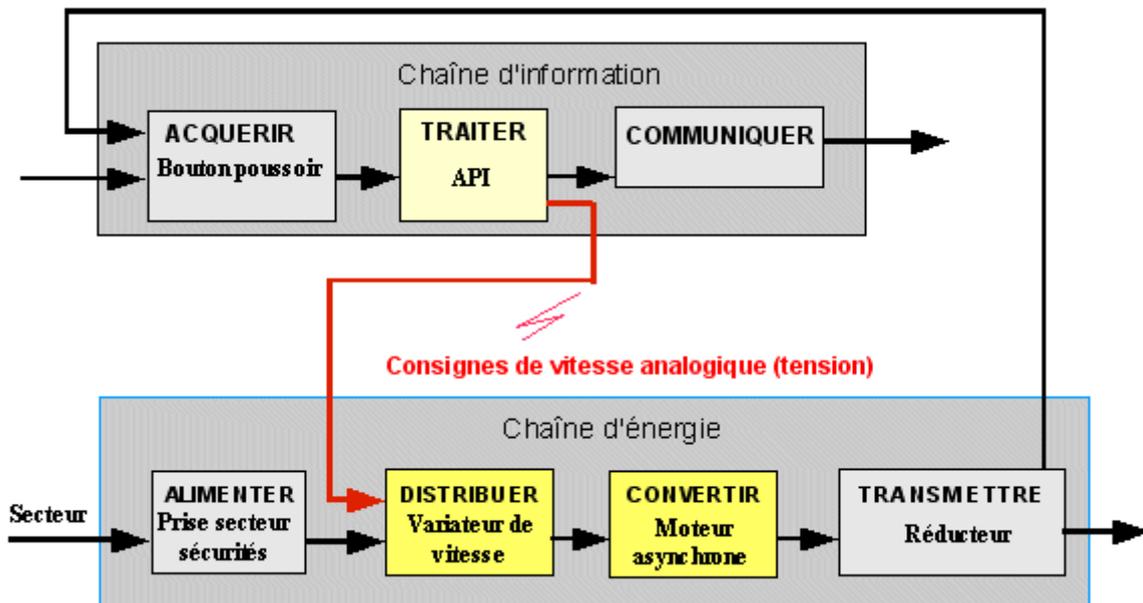


Schéma interne d'un variateur



10) Chaîne d'énergie avec variateur et moteur asynchrone

L'automate programmable industriel (API) de la chaîne d'information envoie une consigne analogique sous forme d'une tension continue au variateur. Le variateur alimente le moteur avec une fréquence de courant proportionnelle à cette consigne. L'automate doit être équipé d'un module de conversion numérique/analogique.



11) réversibilité du moteur asynchrone

La machine asynchrone peut fonctionner dans les quatre quadrants.

Suivant le variateur utilisé, les modes de fonctionnement possibles sont:

Unidirectionnel: le passage de l'énergie ne peut se faire que dans le sens réseau vers le moteur (quadrants 2 et 4 seuls).

Bidirectionnel: l'énergie peut circuler dans les deux sens. La machine asynchrone peut fonctionner en moteur (quadrants 2 et 4) ou en alternateur (quadrants 1 et 3). On utilise ici la réversibilité de la machine asynchrone soit pour réinjecter l'énergie dans le réseau, soit pour obtenir un couple de freinage.

