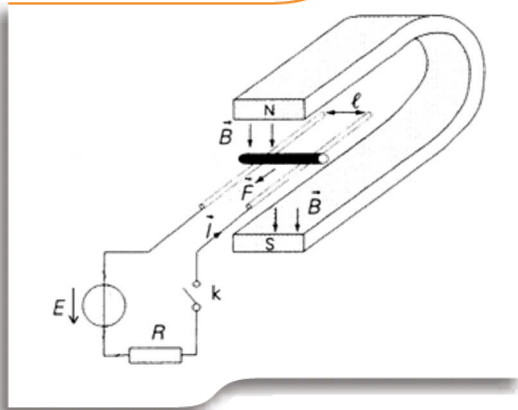




## LE MOTEUR ASYNCHRONE

### I – Principe de conversion de l'énergie électrique en énergie mécanique :

Figure 1 : Expérience de Laplace



#### Phénomène physique :

Un conducteur libre, fermant un circuit électrique, placé dans un champ magnétique, est soumis à un effort (**force de Laplace**).

Le conducteur soumis à cette force va donc **se déplacer** suivant la règle des trois doigts de la main droite.

La loi qui régit cet effort (si B est perpendiculaire à I) est la suivante :

$$\underline{F = B \cdot I \cdot l}$$

#### Résumé :

Un conducteur, placé dans un champ, parcouru par un courant électrique est le siège d'une force. Si le conducteur est libre de se déplacer, il se déplacera à cause de la force.

### II – Réversibilité :

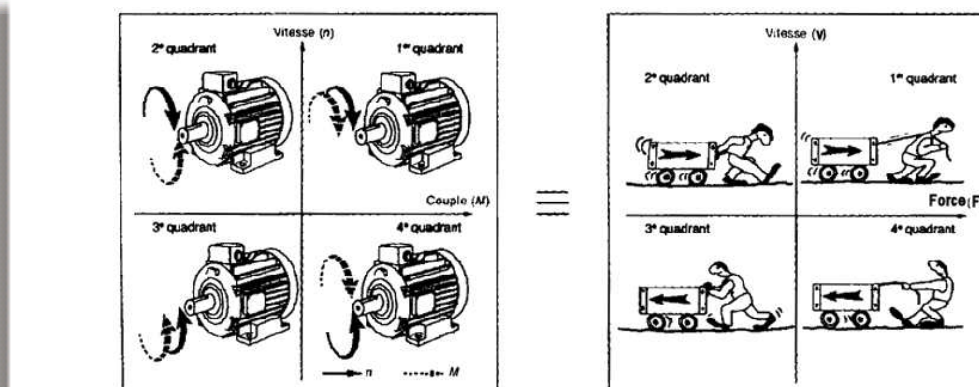
#### Zones de fonctionnement :

Certaines charges peuvent fonctionner :

- Dans **les deux sens** (déplacement **avant et arrière** d'un pont roulant) ;
- En devenant **entraînant** (**descente d'une cabine d'ascenseur**).

Il existe donc, pour un moteur accouplé à une charge, plusieurs **zones** de fonctionnement.

Figure 2 : Zones de fonctionnement (4 quadrants)



#### Analyse de fonctionnement :

Sens de rotation	Vitesse	Couple	Puissance fournie à la charge	Quadrant	Travail machine électrique	Charge
Sens 1	+	+	+	1	<b><u>moteur</u></b>	<b><u>résistante</u></b>
	+	-	-	2	<b><u>génératrice</u></b>	<b><u>entraînant</u></b>
Sens 2	-	-	+	3	<b><u>moteur</u></b>	<b><u>résistante</u></b>
	-	+	-	4	<b><u>génératrice</u></b>	<b><u>entraînant</u></b>

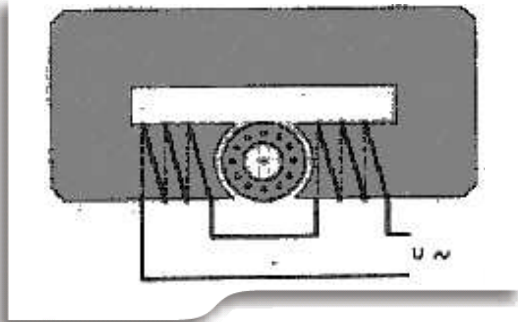
Remarque : les quadrants 2 et 4 sont des phases de fonctionnement très courtes (période de freinage).



## III – Principe de fonctionnement d'un moteur asynchrone :

### Phénomènes physiques :

Figure 3 : Champ pulsant



### Champ pulsant :

Une tension sinusoïdale alimentant un tel stator crée un champ magnétique **pulsant**. Une aiguille magnétique placée dans ce champ **ne peut pas tourner**.

### Champ tournant :

Si on alimente trois bobines identiques placées à 120° par une tension triphasée alternative, cela revient à **faire tourner un aimant à la fréquence du réseau et dans le sens d'alimentation des bobines**.

Une aiguille aimantée, placée au centre, **est entraînée dans le même sens de rotation que cet aimant fictif**. On a donc créé un **champ tournant avec le stator** (cf. fig. 4 et 5) (principe du moteur synchrone).

Figure 4 : Création d'un champ tournant

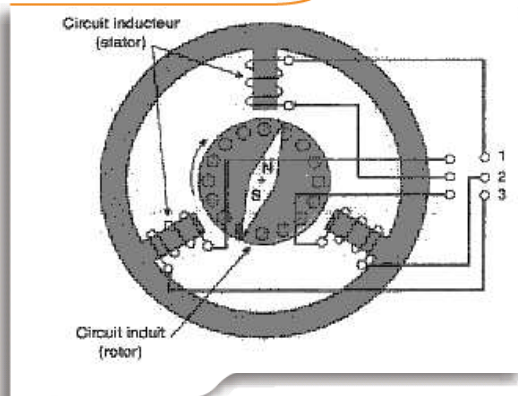
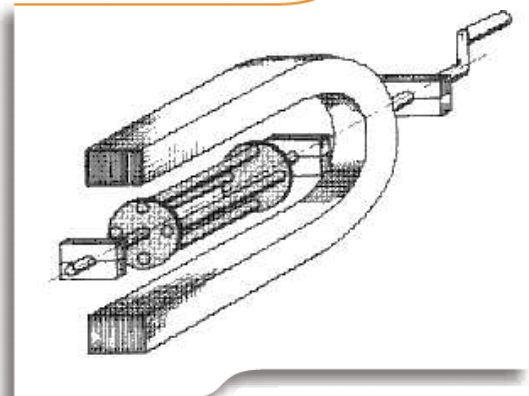


Figure 5 : Cage placée dans un champ tournant



### Cas du moteur asynchrone :

Si l'on met une cage, formée d'un matériau conducteur non magnétique (ne faisant donc pas l'objet d'attraction magnétique), au lieu de l'aiguille, et que l'on fait tourner l'aimant fictif (stator alimenté), la cage va se mettre **à tourner et va tenter de suivre le champ tournant**.

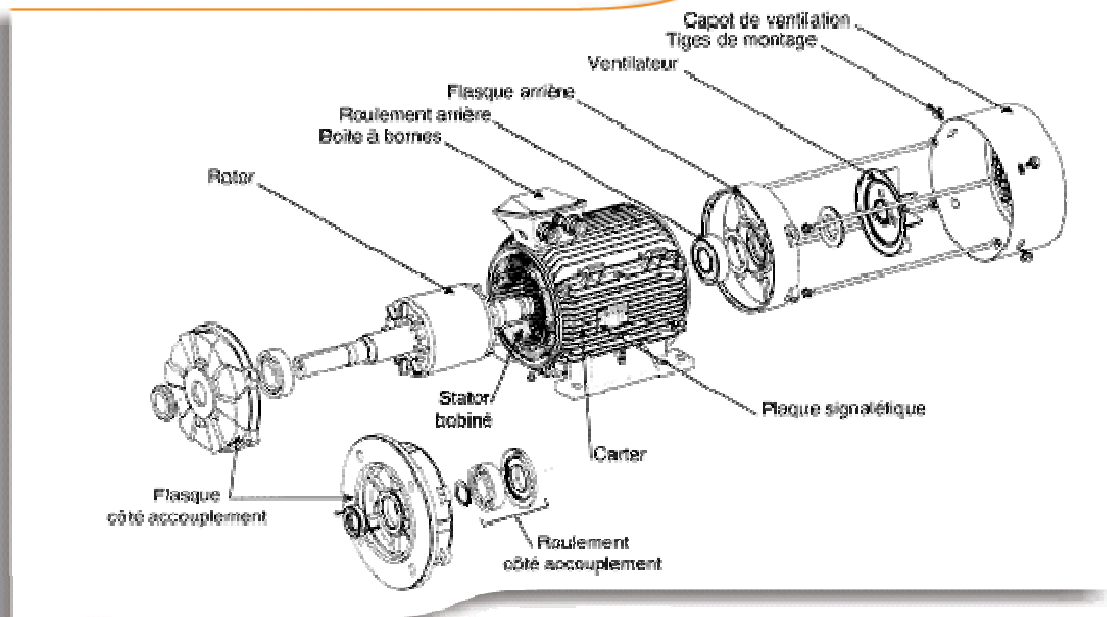
En effet, un conducteur du rotor (de la cage) est soumis **à un champ magnétique variable**. Celui-ci va engendrer **des courants de Foucault** dans la cage. Ces courants répondant à la loi de **Lenz** tendent à **s'opposer à la cause qui leur a donné naissance (variation du champ = rotation du champ)**. La rotation du champ étant imposée, la seule façon de s'opposer à la variation de champ est **de faire tourner la cage (le rotor)**. Le moteur (en fonctionnement moteur) **ne peut pas tourner à la vitesse du champ** car, dans ce cas, il n'y a plus de **courants induits au rotor**.

⇒ Il (le rotor) tournera donc **moins vite** que le champ : d'où le nom de **asynchrone**.



## IV – Constitution d'un moteur asynchrone (MAS) :

Figure 6 : Vue éclatée d'une machine asynchrone



Le stator est constitué de **tôles minces**. Ces tôles permettent **de limiter le développement des courants de Foucault** et donc les **pertes au stator**.

Les bobines (triphasées) sont logées au stator **dans des encoches**.

Le rotor à cage d'écurieil est constitué **de barres de cuivre ou d'aluminium reliées entre elles par des anneaux de court circuit**. Cette cage d'écurieil correspond au matériau conducteur non magnétique dont on a parlé dans le paragraphe précédent.

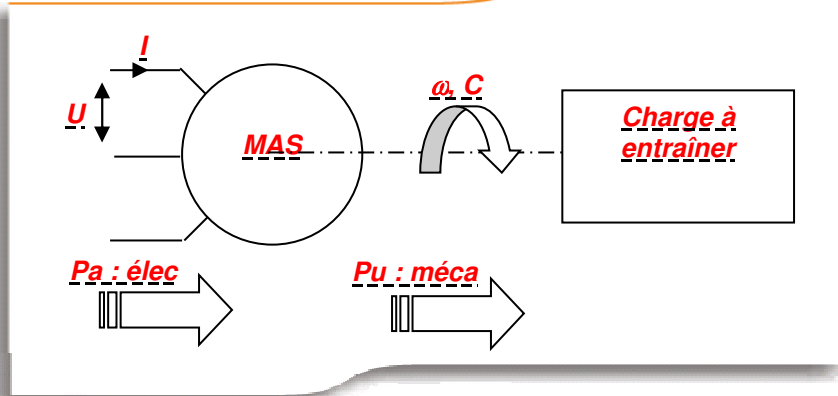


## V – Caractéristique électromagnétique :

### V-1- Régime nominal :

Le régime nominal est le régime de fonctionnement normal de la machine.

Figure 7 : Chaîne énergétique



Puissance :

$$P_a = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi$$

avec  $P_a$  : puissance absorbée (W) ;  
 $U$  : tension entre phases (V) ;  
 $I$  : courant en ligne (A) ;  
 $\varphi$  : angle de déphasage du dipôle monophasé équivalent.

$$P_u = C \cdot \omega$$

avec  $P_u$  : Puissance utile (W) ;  
 $C$  : couple utile sur l'arbre (Nm) ;  
 $\omega$  : vitesse angulaire de rotation de l'arbre (rad/s)

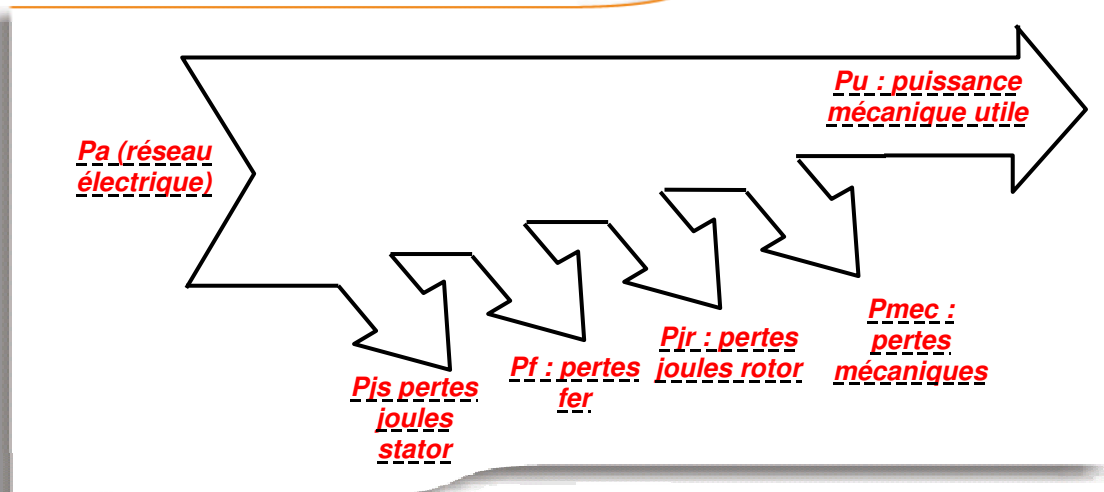
Rendement :

La machine connaît des pertes joules au stator, au rotor, des pertes fer et des pertes mécaniques.

Son rendement s'écrit :

$$\eta = P_u / P_a = P_u / (P_u + \text{Pertes}) = (P_a - \text{Pertes}) / P_a$$

Figure 8 : Arbre des puissances





Vitesse de synchronisme, glissement :

On a vu que le moteur tourne à une vitesse proche du champ tournant. La vitesse du champ est appelée vitesse de synchronisme. Elle est donnée par :

$$n_s = f / p$$

avec  $n_s$  : **vitesse de synchronisme (tr/s) - vitesse de rotation du champ statorique** ;  
 $f$  : **fréquence du réseau (Hz)** ;  
 $p$  : **nombre de paires de pôles**.

Pour  $f=50\text{Hz}$  (en France)

p (nombre de paires de pôles)	1	2	3	4	5
$n_s$ (tr/s)	50	25	16 <sup>2/3</sup>	12,5	10
$N_s$ (tr/min)	3000	1500	1000	750	600

Cette machine ne tourne pas à la vitesse du champ  $n < n_s$ . Elle a donc un **glissement** exprimé par :

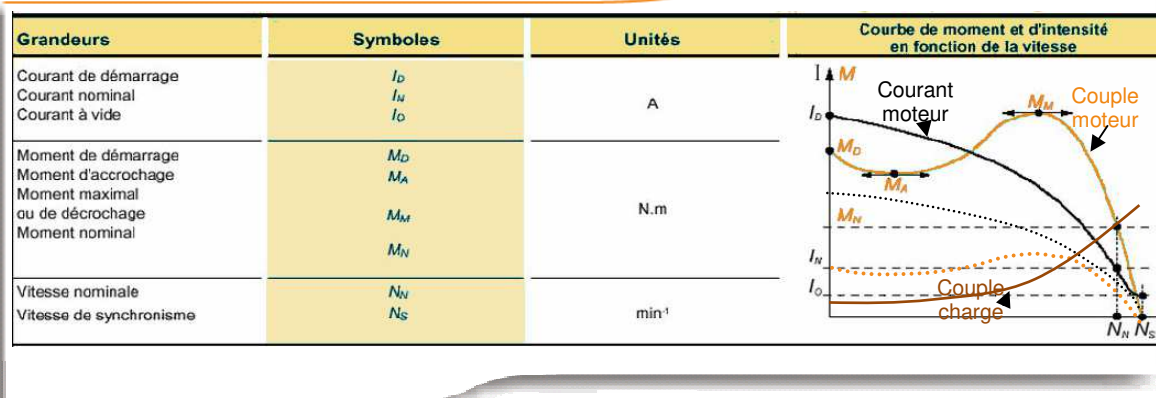
$$g = (n_s - n) / n_s = (N_s - N) / N_s = (\omega_s - \omega) / \omega_s$$

avec  $n$  : **vitesse de rotation du rotor (tr/s)**.

### V-2- Démarrage et point de fonctionnement :

Le courant de démarrage est **6 à 8 fois supérieur** au courant nominal.

Figure 9 : Caractéristiques moteur



Remarques :

- Le point d'intersection entre le couple moteur et le couple de charge correspond **au point de fonctionnement**
- Les courbes en pointillé représentent les caractéristiques moteur pour une tension d'alimentation différente (le couple est proportionnel au **carré de la tension** et le courant proportionnel à **la tension**)



## VI – Caractéristique commune à tous les moteurs :

### VI – 1 – Indices de protection :

Une machine ne peut fonctionner dans n'importe quelles conditions d'environnement.

IP : **protection contre les corps solides et les liquides (IP 55 : Protégé contre les poussières et les projections d'eau venant de partout).**

IK : **Protection contre les chocs mécaniques.**

### VI – 2 – Fixation du moteur :

Le moteur doit être solidement fixé à sa charge.

Il peut l'être soit **verticalement soit horizontalement soit par des pattes, soit par un flasque.**

### VI – 3 Echauffement et classe d'isolation (NFC 51-100 et IEC 85) :

Les enroulements **chauffent** sous l'effet des courants qui les traversent. Il ne faut pas que **les isolants électriques se détériorent** sous cette chaleur dégagée. Ils sont donc calculés pour résister aux températures spécifiées par le constructeur.

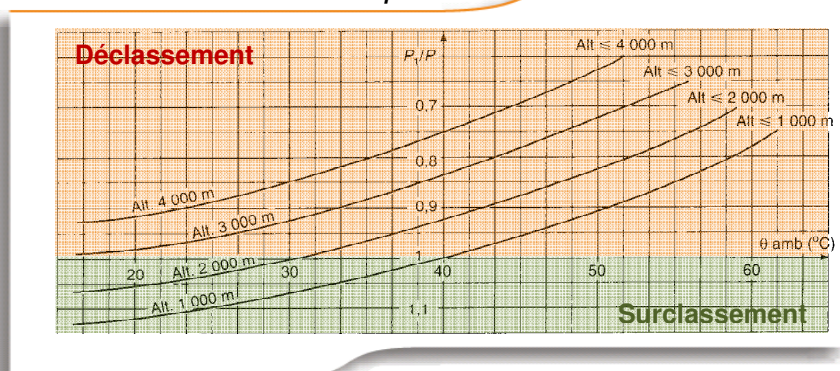
Classe	<b><u>A</u></b>	<b><u>E</u></b>	<b><u>B</u></b>	<b><u>F</u></b>	<b><u>H</u></b>
Température max °C	<b><u>105</u></b>	<b><u>120</u></b>	<b><u>130</u></b>	<b><u>155</u></b>	<b><u>180</u></b>
Marge thermique °C	<b><u>5</u></b>	<b><u>5</u></b>	<b><u>10</u></b>	<b><u>10</u></b>	<b><u>15</u></b>
Echauffement max °C	<b><u>60</u></b>	<b><u>75</u></b>	<b><u>80</u></b>	<b><u>105</u></b>	<b><u>125</u></b>
Température ambiante °C	<b><u>40</u></b>	<b><u>40</u></b>	<b><u>40</u></b>	<b><u>40</u></b>	<b><u>40</u></b>

### VI – 4 Contraintes liées à l'environnement :

Les conditions normales d'utilisation d'un moteur sont : **une température comprise entre - 16°C et + 40°C ; l'altitude inférieure à 1000m.**

En dehors de ces valeurs, des corrections doivent être apportées pour choisir le moteur (fig. 10).

Figure 10 : Facteur de correction de la puissance en fonction de l'altitudes et de la température

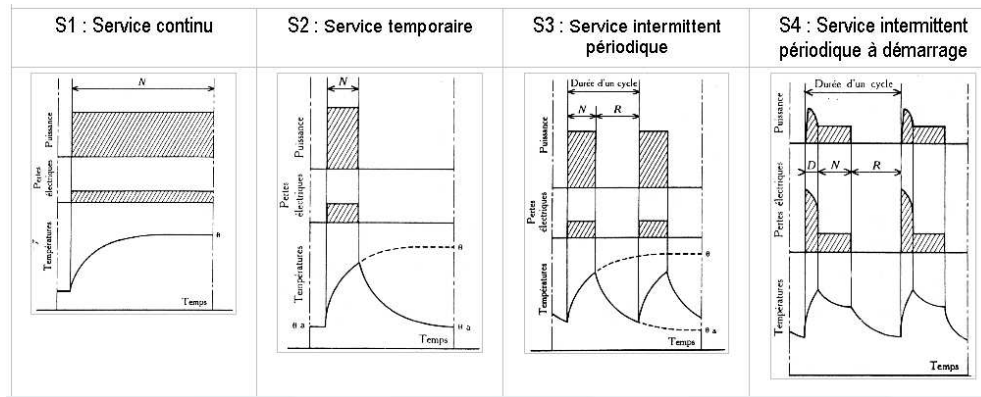




## IV-5 Type de service (NFC 51-100) :

Tous les moteurs ne fonctionnent pas dans les conditions de service continu. Les échauffements **de la carcasse ne sont pas instantanés. En effet l'inertie thermique permet une utilisation plus poussée lors de services intermittents.** C'est pour cela que plusieurs types de services ont été définis pour décrire l'utilisation des moteurs. On peut donc les déclasser ou les surclasser.

Figure 11 : Types de service



SERVICE S2 / S3 - PUISSANCE EN SERVICE TEMPORAIRE OU INTERMITTENT					
*S2 = TF à charge 100%		PUISSANCE PERMISE EN % du service S1			
**S3 = % de TF / TF + R	Nb de Pôles	63 à 100	112 à 250	280 à 355	
S2*	30 mn	2-4-6-8	110 % - sauf 2 pôles 105 %	120 %	120 %
	60 mn	2-4-6-8	100 %	110 %	110 %
S3**	15 %	2-4-6-8	130 % - sauf 2 pôles 115 %	140 %	140 %
	25 %	2-4-6-8	120 % - sauf 2 pôles 110 %	130 %	130 %
	40 %	2-4-6-8	110 % - sauf 2 pôles 110 %	110 %	120 %
	60 %	2-4-6-8	110 % - sauf 2 pôles 105 %	107 %	110 %

TF=Temps de fonctionnement R=Temps de repos



## VII – Couplages :

Le moteur possède **3** enroulements donc **6** bornes que l'on doit raccorder. Il s'agit du **couplage**.

On couple le moteur selon **la tension d'alimentation réseau entre 2 phases** et **la tension que peut supporter un enroulement**.

La figure 12 donne l'allure d'une boîte à bornes d'un moteur. Les lignes d'alimentation L1, L2 et L3 sont connectées à **U1, V1, W1**.

**Des barrettes** permettent de relier les bornes entre elles et ainsi faire un couplage en **triangle ou étoile**.

Si la tension réseau est de 400V entre phases, si le moteur est un moteur 400 / 700V, on le couplera **en triangle**.

Figure 12 : Boîte à bornes

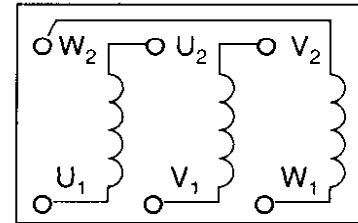
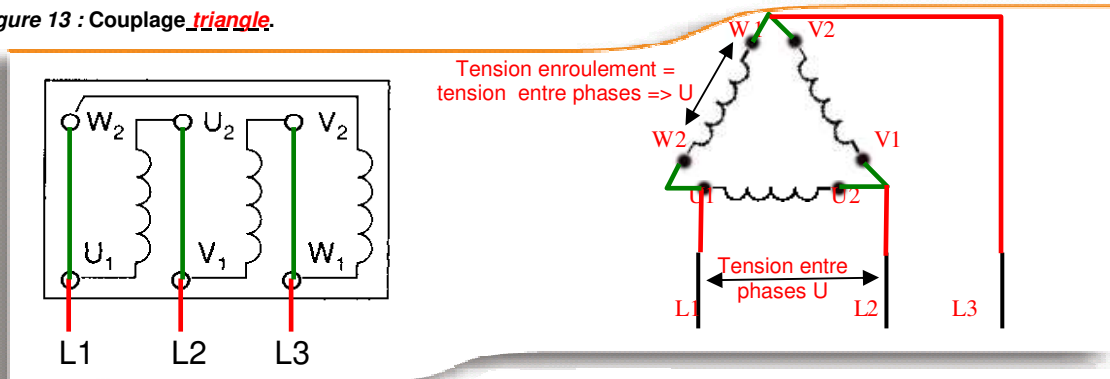
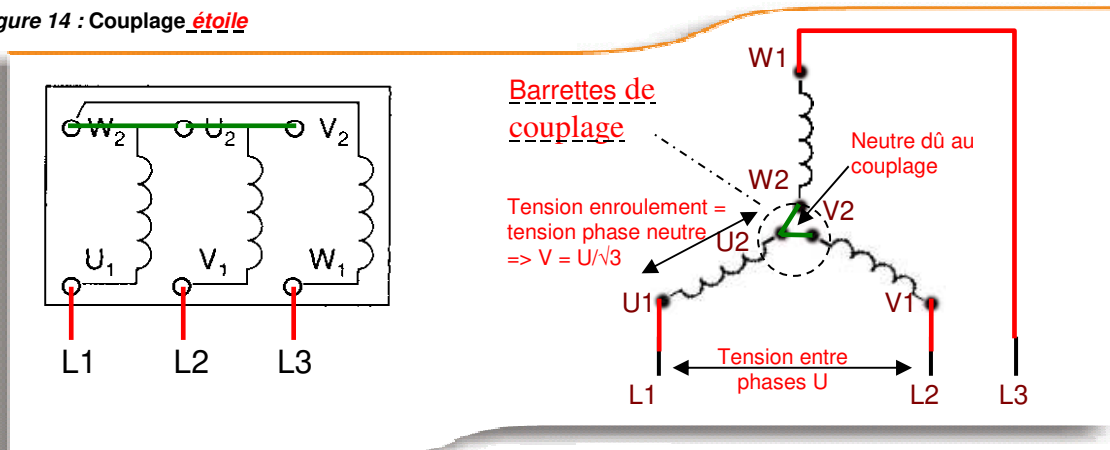


Figure 13 : Couplage **triangle**.



Si la tension réseau est de 400V entre phases, si le moteur est un moteur 230 / 400V, on le couplera **en étoile**.

Figure 14 : Couplage **étoile**



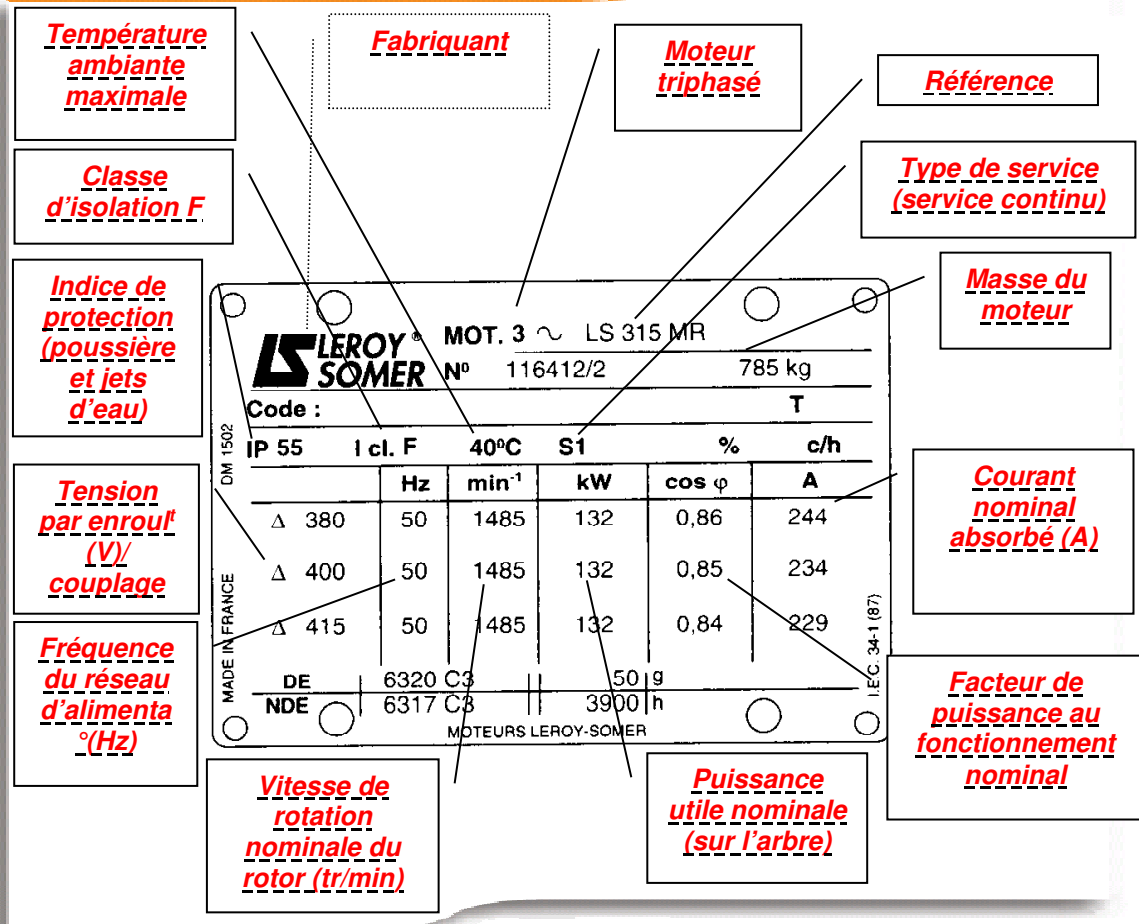




## VIII – Plaque signalétique :

La figure suivante donne une plaque signalétique d'un moteur.  
Celle-ci résume **les caractéristiques du moteur**.

Figure 15 : Plaque à signalétique



Exercice :

- S'agit-il d'un moteur 230/400 ou 400/700 ?
- Si on branche ce moteur sous un réseau 3\*400 V, quel couplage choisi-t-on ?
- Calculer la puissance absorbée nominale si on branche ce moteur sous 400V.
- Calculer le rendement de ce moteur.
- Déterminer la vitesse de synchronisme.
- Calculer le glissement de ce moteur à charge nominale. ?
- Calculer le couple nominal de ce moteur.
- Donner la puissance utile en Ch.

Caractéristiques des moteurs et cours sur : <http://www.graczyk.fr/lycee/spip.php?article113>