

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Université Batna 2  
Mustapha Ben Boulaïd  
Faculté de Technologie



2  
مصطفى بن بولعيد  
كلية التكنولوجيا

Département : Electrotechnique

Filières : Electromécanique et Electrotechnique

## SUPPORT DE COURS

Module : Schémas et Appareillage

ELM59& ELT521

### CHAPITRE 03

# DIFFÉRENTS DÉMARRAGES DES MOTEURS ASYNCHRONES

*Préparé par : Pr. DRID Said*

*Réorganisé par : Mr. BOUBIR Messaoud*

*Chargés de cours : - BOUBIR Messaoud*

*- ZIDANI Med Yazid*

*- BOUKHALFA Ghoulem Allah*

*Année Universitaire : 2021 - 2022*

# DIFFERENTS DEMARRAGES DES MOTEURS ASYNCHRONES

## 1. Les Démarreurs :

Lors de la mise sous tension d'un moteur asynchrone, celui-ci provoque un fort appel de courant qui peut provoquer des chutes de tension importantes dans une installation électrique. Pour ces raisons en autres, il faut parfois effectuer un démarrage différent du démarrage direct.

Il est donc logique de limiter le courant pendant le démarrage à une valeur acceptable. Mais si l'on limite le courant, on limite du fait la tension (dans certain cas seulement). Or le couple est lié à la tension d'alimentation par la loi :  $C = f(U^2)$ . On voit bien le problème apparaître. Si on limite la tension, on limite le couple du moteur. Le fait de diminuer la tension de  $\sqrt{3}$  diminue le couple par 3.

## 2. Moteur à cage simple :

C'est une cage constituée simplement d'un type de barre soit carrée (comme dans l'exemple), soit cylindrique. Il a l'avantage d'être peu cher à fabriquer. Par contre, on peut constater que son couple de démarrage est assez faible. Pour une charge ayant des frottements secs importants (frottement au démarrage), il se peut que le moteur démarre difficilement

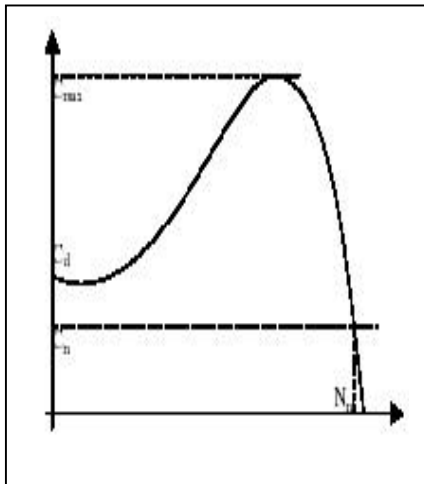


Fig.1 : Caractéristique couple vitesse

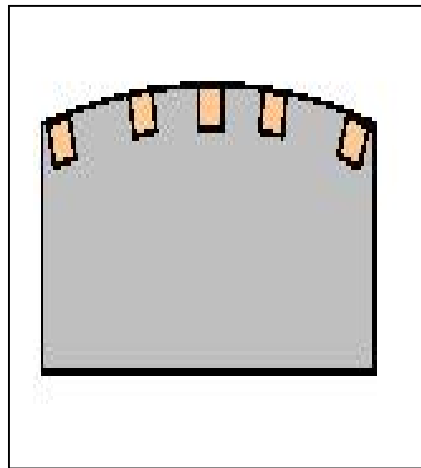


Fig.2 : Cage simple

## 3. Cage à encoches profondes :

C'est une cage constituée d'un type de barre plus profond que précédemment. Lors du démarrage, un phénomène physique fait circuler le courant dans la périphérie des conducteurs (effet de peau). Comme l'extérieur de la cage a une section plus faible, la résistance est plus élevée et le courant un peu plus limité. A la fin du démarrage, le courant circule dans toute la surface de la cage

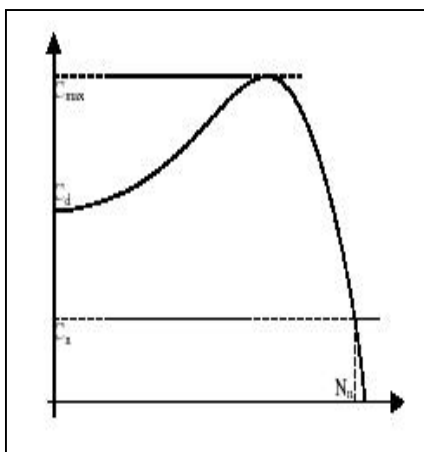


Fig.3 : Caractéristique couple vitesse

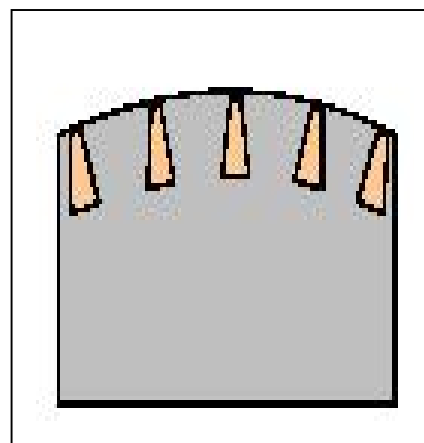


Fig.4 : Cage à encoches profonde

**4. Cage double :**

C'est une cage constituée de deux types de barres ayant des caractéristiques différentes. Lors du démarrage, comme sur la cage profonde, le courant circule dans la cage extérieure (plus résistante que la cage intérieure). On peut constater que son couple de démarrage est assez bon.

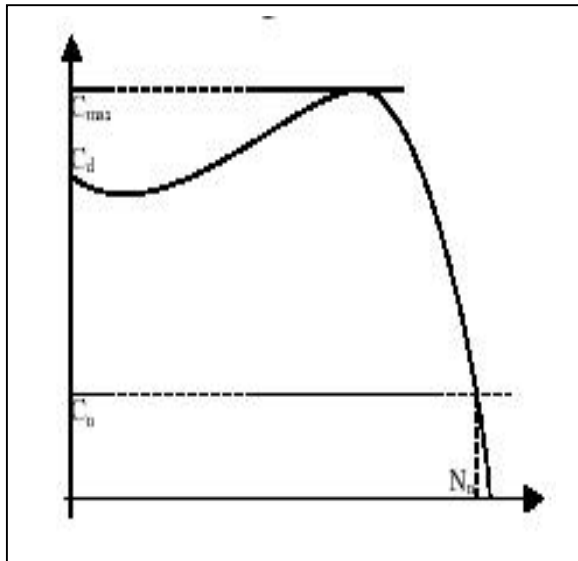


Fig.5 : Caractéristique couple vitesse

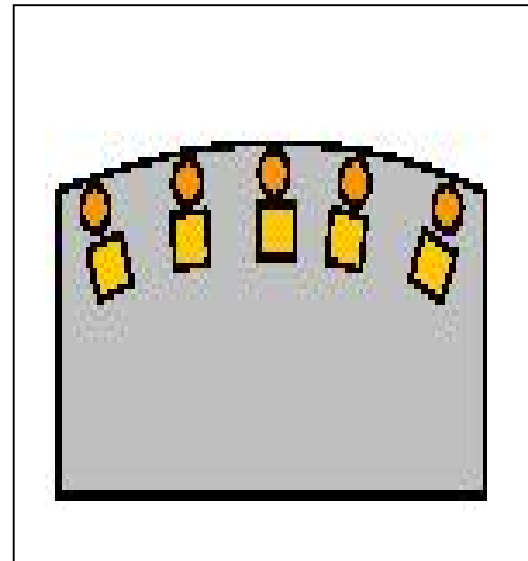
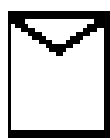


Fig.6 : Cage à encoches profonde

**5. Symboles :**



Démarreur de moteur (symbole générale)



Démarreur avec mise à l'arrêt automatique



Démarreur semi-automatique ou Démarreur automatique

Un sens de marche



Deux sens de marche

Couplage triangle



Couplage étoile



Contacteur



Discontacteur (contacteur associé à un relais de protection)

Résistance



Autotransformateur

**6. Démarrage direct :**

C'est le mode de démarrage le plus simple. Le moteur démarre sur ses caractéristiques "naturelles". Au démarrage, le moteur se compose comme un transformateur dont le secondaire (rotor) est presque en court-circuit, d'où la pointe de courant au démarrage.

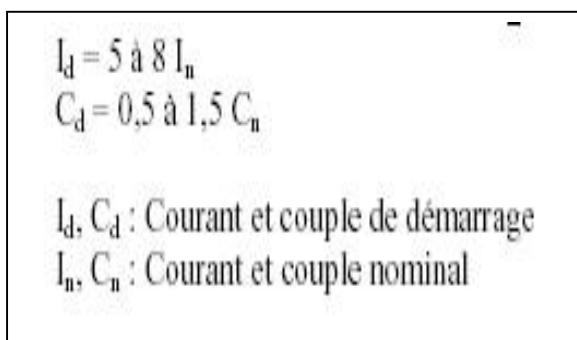
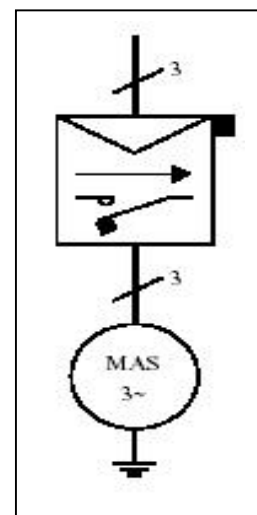
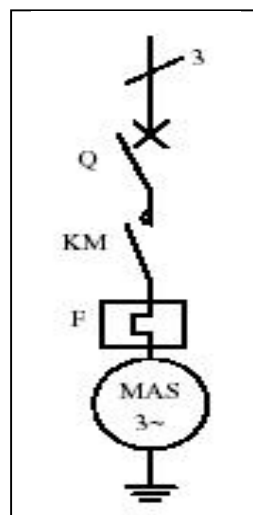


Fig.7 : Schéma unifilaire



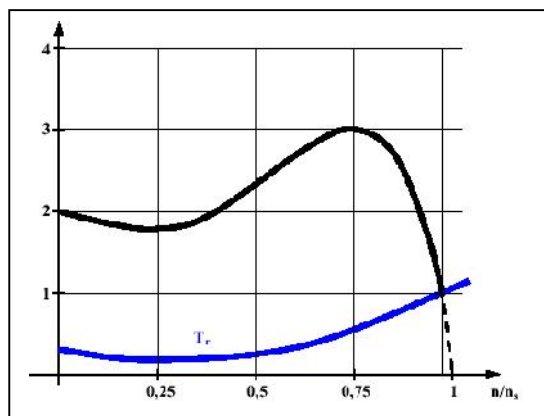


Fig.8 : Caractéristique couple \_ vitesse

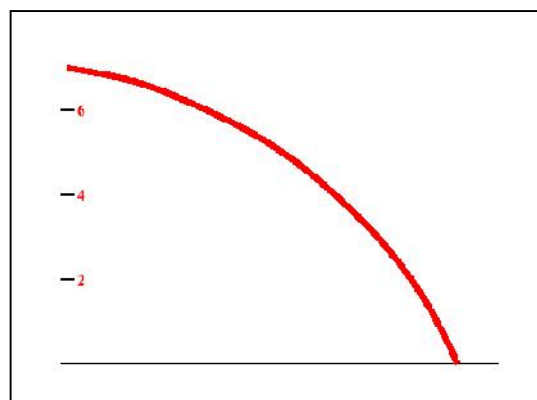


Fig.9 : Caractéristique courant \_ vitesse

Malgré les avantages qu'il présente (simplicité de l'appareillage, démarrage rapide, coût faible), le démarrage direct convient dans les cas ou :

- La puissance du moteur est faible par rapport à la puissance du réseau (dimension du câble)
- La machine à entraîner ne nécessite pas de mise en rotation progressive et peut accepter une mise en rotation rapide
- Le couple de démarrage doit être élevé

Ce démarrage ne convient pas si

- Le réseau ne peut accepter de chute de tension
- La machine entraînée ne peut accepter les à-coups mécaniques brutaux
- Le confort et la sécurité des usagers sont mis en cause (escalier mécanique)

### 7. Démarrage étoile triangle :

- **Ce mode de démarrage n'est utilisable si les deux extrémités de chaque enroulement sont accessibles. De plus, il faut que le moteur soit compatible avec un couplage final triangle.**

Lors du couplage étoile, chaque enroulement est alimenté sous une tension  $\sqrt{3}$  fois plus faible, de ce fait, le courant et le couple sont divisé par 3. Lorsque les caractéristiques courant ou couple sont admissibles, on passe au couplage triangle. Le passage du couplage étoile au couplage triangle n'étant pas instantané, le courant est coupé pendant 30 à 50 ms environ. Cette coupure du courant provoque une démagnétisation du circuit magnétique. Lors de la fermeture du contacteur triangle, une pointe de courant réapparaît brève mais importante (magnétisation du moteur).

$$I_d = 1,5 \text{ à } 2,6 I$$

$$C_d = 0,2 \text{ à } 0,5$$

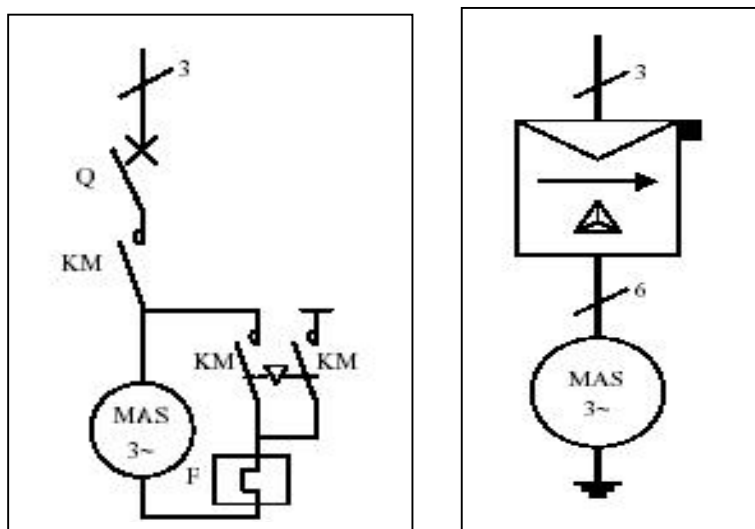


Fig.10 : Schéma unifilaire

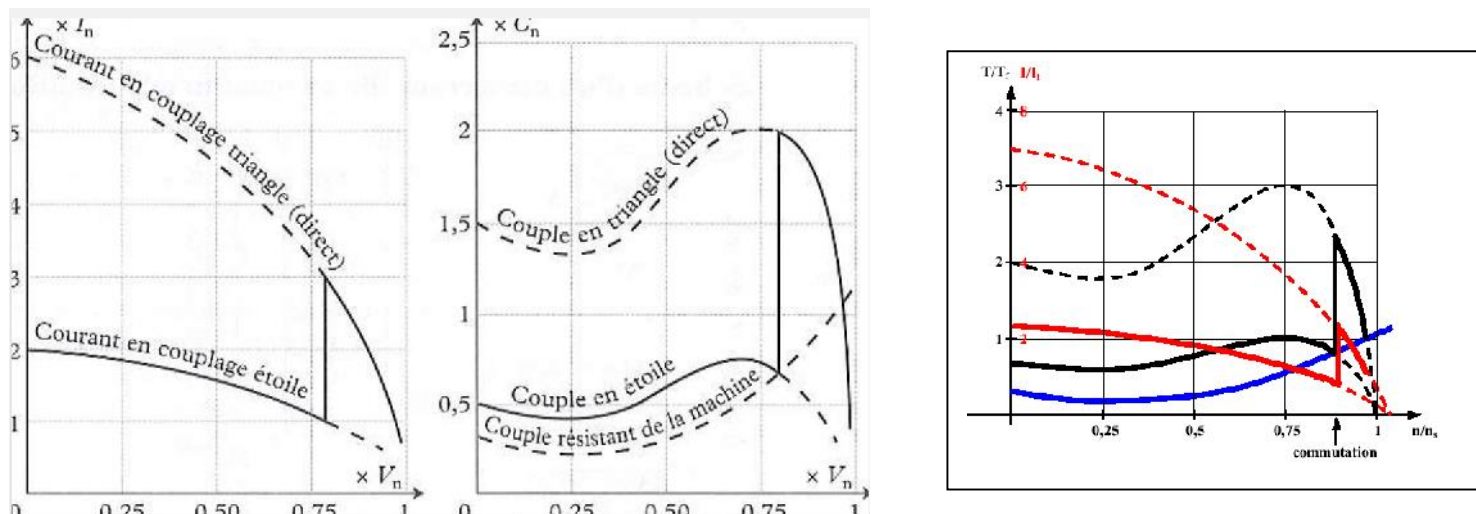


Fig.11 : Caractéristiques (couple- vitesse) et (courant vitesse)

**8. Démarrage statorique à résistances :**

Le principe consiste à démarrer le moteur en direct, mais dans un premier temps par des résistances électriques, limitant ainsi le courant de démarrage. Le moteur démarrant sous tension réduite, celle-ci augmente progressivement en même temps que le courant diminue. La valeur des résistances est calculée en fonction de la pointe de courant admissible ou du couple de démarrage minimum.

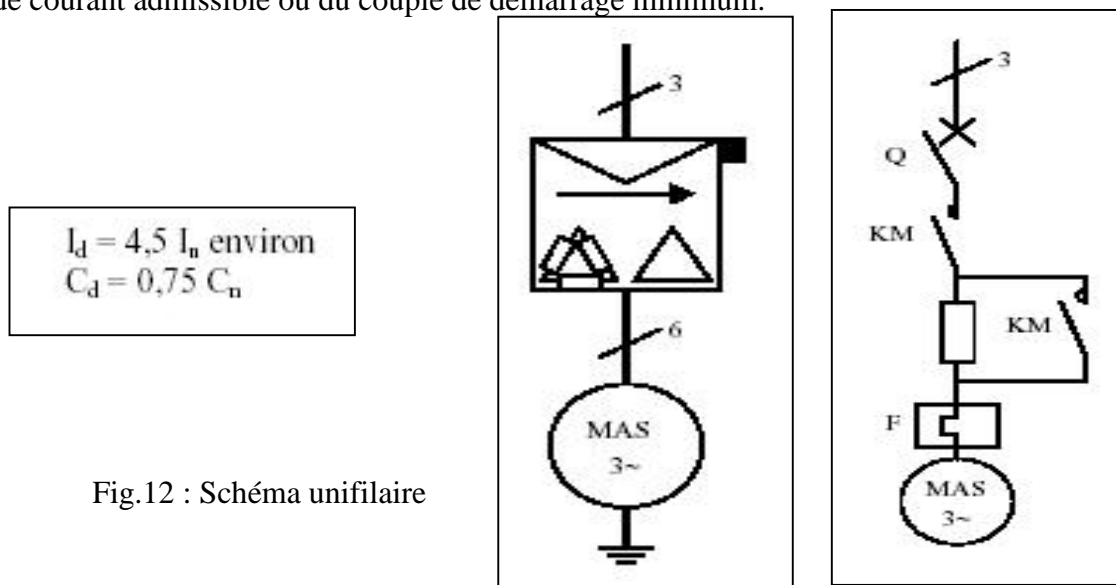


Fig.12 : Schéma unifilaire

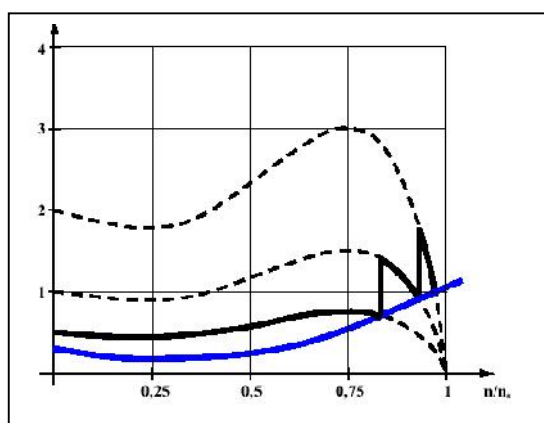


Fig.13 : Caractéristique couple- vitesse

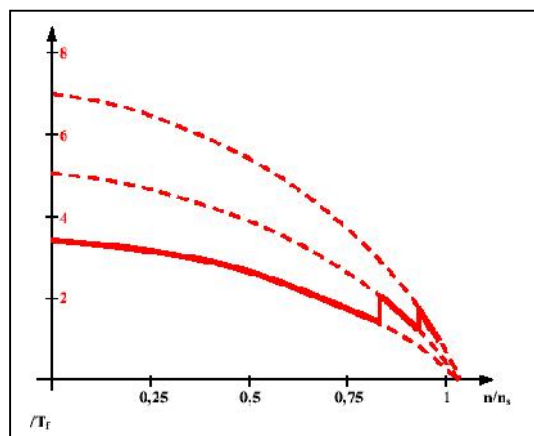


Fig.14 : Caractéristique courant vitesse

**Remarque :**

Le démarrage statorique peut être associé au dispositif de démarrage étoile triangle. On démarre en étoile, puis on passe en couplage triangle avec les résistances, et enfin on termine en couplage triangle direct.

Pour les moteurs de grosse puissance, les résistances sont remplacées par un démarreur à résistances électrolytiques. Des barres sont plongées progressivement dans une cuve remplis de liquide. Au fur et a mesure que les barres plongent, la résistance diminue progressivement, et en fin de démarrage, on court-circuite les résistances.

**9. Démarrage par autotransformateur :**

Dans le démarrage par autotransformateur, on effectue le même type que le démarrage étoile triangle (on a en plus le choix du rapport des tensions en choisissant le rapport de transformation) mais les phénomènes transitoires du démarrage étoile triangle (pointe de courant au passage triangle, ne vont plus exister car le courant n'est jamais coupé.

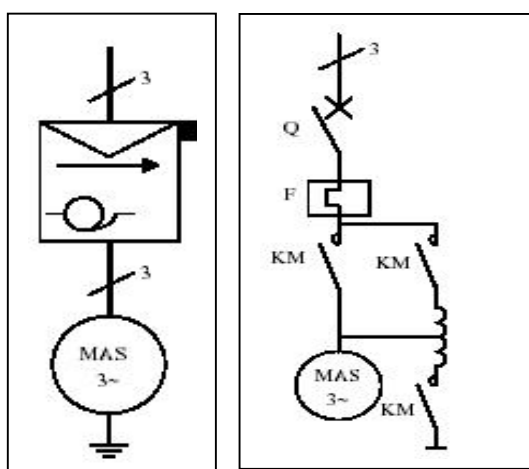
Dans un premier temps, on démarre le moteur sur un autotransformateur couplé en étoile. De ce fait, le moteur est alimenté sous une tension réduite réglable.

Avant de passer en pleine tension, on ouvre le couplage étoile de l'autotransformateur, ce qui met en place des inductances sur chaque ligne limitant un peu la pointe et presque aussitôt, on court-circuite ces inductances pour coupler le moteur directement au réseau.

$$I_d = 1,7 \text{ à } 4 I_n$$

$$C_d = 0,5 \text{ à } 0,85 C_n$$

Fig.15 : Schéma unifilaire



Ce mode de démarrage est surtout utilisé pour les fortes puissances (> 100 kW) et conduit à une installation relativement élevé, surtout pour la conception de l'autotransformateur.

**10. Démarrage rotorique :**

Dans tous les démarreurs précédents, nous n'avons utilisé que des moteurs à cage d'écureuil. Pour ce démarreur, nous avons besoin d'avoir accès au conducteur rotorique. Le fait de rajouter des résistances au rotor provoque une limitation de la pointe de courant au démarrage. En plus, il a l'avantage, si les résistances sont bien choisit, de démarrer avec le couple maximal du moteur.

$$< 2,5 C_n$$

$$< 2,5 I_n$$

Fig.16 : Schéma unifilaire

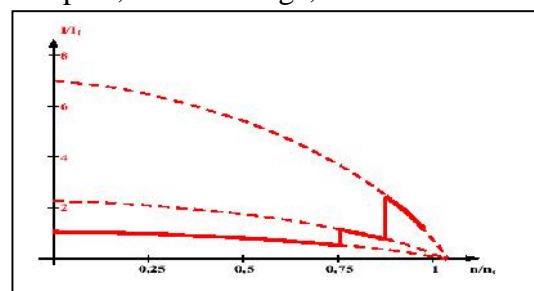
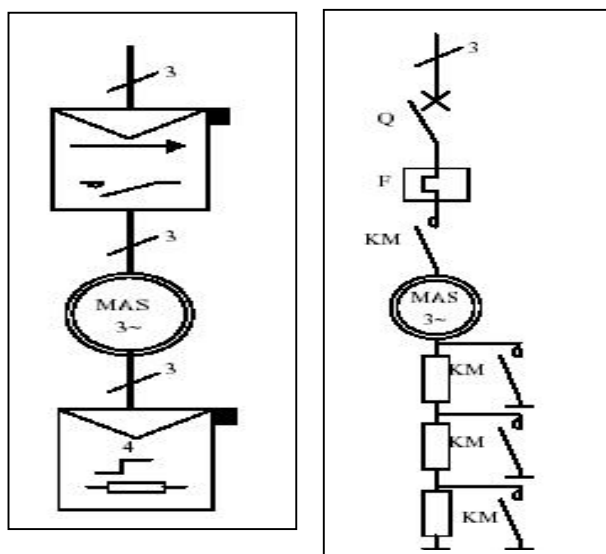


Fig.17 : Caractéristique couple- vitesse

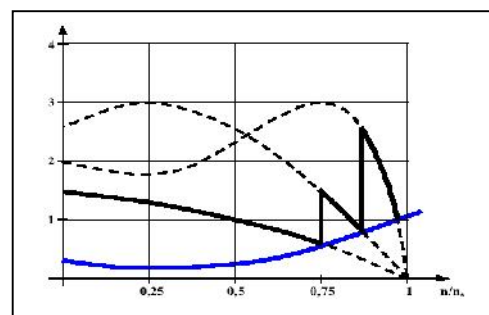


Fig.18 : Caractéristique courant vitesse

# البطاقة الإسمية: بطاقة التعريف الوطنية

## La plaque signalétique

Tous les moteurs électriques doivent être équipés d'une plaque signalétique. Cette plaque est la carte d'identité d'un moteur électrique.

* <b>LEROY SOMER</b> Mot. 3 ~ PLS 180 M-T <b>CE</b> <b>CE</b>						
N° 734570 GD 002 kg 102						
IP 23 IK08	I cl.F	40°C	S1	%	c/h	
V	Hz	min <sup>-1</sup>	kW	cos φ	A	
Δ 380	50	2928	30	0.88	57.6	
Δ 400		2936			57.2	
Y 690		2936			33	
Δ 415	60	2942	34	0.81	57.3	
Δ 440		3537			54.3	
Δ 460		3542			54.2	
DE	6212 2RSC3				g	
NDE	6210 2RSC3				h	

* <b>LEROY SOMER</b> MOT. 3 ~ PLS 315 L <b>CE</b> <b>CE</b>						
N° 703 932 00 GF 01 kg 790						
IP23 IK08	I cl.F	40°C	S1	%	c/h	
V	Hz	min <sup>-1</sup>	kW	cos φ	A	
Δ 380	50	2970	250	0.92	434	
Δ 400		2974			422	
Y 690		2974			244	
Δ 415	60	2976	288	0.88	415	
Δ 440		3568			418	
Δ 460		3572			417	
DE	6316 C3		035 g		ESSO UNIREX N3	
NDE	6316 C3		2900 h			

Exemples de plaques signalétiques motrices

Définition des symboles des plaques signalétiques :



Repère légal de la conformité du matériel aux exigences des Directives Européennes.

MOT 3 ~ : Moteur triphasé alternatif  
 PLS : Série  
 180 : Hauteur d'axe  
 M : Symbole de carter  
 T : Indice d'imprégnation

**N° moteur**

734570 : Numéro série moteur  
 G : Année de production  
 D : Mois de production  
 002 : N° d'ordre dans la série

70393200 : Numéro série moteur  
 G : Année de production  
 F : Mois de production  
 01 : N° d'ordre dans la série

kg : Masse  
 IP23 : Indice de protection  
 IK08 : Indice de résistance aux chocs  
 I cl. F : Classe d'isolation F  
 40°C : Température d'ambiance contractuelle de fonctionnement selon CEI 60034-1  
 S : Service  
 % : Facteur de marche  
 c/h : Nombre de cycles par heure  
 V : Tension d'alimentation  
 Hz : Fréquence d'alimentation  
 min<sup>-1</sup> : Nombre de tours par minute  
 kW : Puissance assignée  
 cos φ : Facteur de puissance  
 A : Intensité assignée  
 Δ : Branchement triangle  
 Y : Branchement étoile

**Roulements**

DE : "Drive end" Roulement côté entraînement  
 NDE : "Non drive end" Roulement côté opposé à l'entraînement  
 g : Masse de graisse à chaque regraissage (en g)  
 h : Périodicité de graissage (en heures)  
 UNIREX N3 : Type de graisse

Définition des symboles des plaques signalétiques

**TYPE:** (LS90Lz) référence propre au constructeur

**FACTEUR DE PUISSANCE** cosφ:(0,78) Permet le calcul de la puissance réactive consommée par le moteur.

**TENSIONS:** (230v/400v) la Première indique la valeur nominale de la tension aux bornes d'un enroulement (couplage Δ)

La seconde indique la valeur nominale de la tension aux bornes de 2 enroulements (couplage λ ou Y)

Elle justifie le couplage (étoile Y ou triangle Δ) à effectuer en fonction du réseau d'alimentation.

**INTENSITES:** (6,65A/3,84A) Elles représentent l'intensité absorbée par le moteur pour chacun des couplages.

**PUISSANCE:** (1,5kW) puissance utile délivrée sur l'arbre du moteur.

**VITESSE:** (1440 Tr/min) Indique la vitesse nominale du rotor.

**FREQUENCE:** (50Hz) fréquence du réseau d'alimentation.

**NOMBRE DE PHASES** 3 pour un moteur triphasé

**SERVICE:** (S1) Définit le type d'utilisation du moteur (marche) continu, intermittent...

**RENDEMENT** (rdt%76) : Permet de connaître la puissance électrique consommée (on dit absorbée)

### Couplage du moteur asynchrone : étoile ou triangle

Le couplage d'un moteur asynchrone peut être triangle, étoile, ou impossible selon la tension réseau et la tension nominale du moteur.

Couplage du moteur asynchrone : étoile ou triangle

<b>Moteur</b> <b>Réseau</b>	<b>127V/220V</b>	<b>220V/380V</b>	<b>380V/660V</b>
<b>127V/220V</b>	<b>Star</b>	<b>DELTA</b>	يصلح
<b>220V/380V</b>	يصلح	<b>Star</b>	<b>DELTA</b>
<b>380V/660V</b>	يصلح	يصلح	<b>Star</b>

Tension nominale du moteur et tension de réseau

En couplage triangle, chaque enroulement du moteur asynchrone voit directement la tension appliquée.

En couplage étoile, chaque enroulement voit une tension réduite (divisée par racine de 3).

Note : le neutre n'est jamais utilisé.

Couplage Etoile ou triangle : le bon choix




Pour les couplages étoile ou triangle du moteur asynchrone, les différents cas sont possibles.

Tensions égales : couplage étoile

Quand les tension réseau et nominale du moteur sont égales, on choisit le couplage étoile.

**exemple** : moteur 230V/400V sur réseau 230V/400V : couplage étoile

Ici, la tension est de 400V entre phases. Or chaque enroulement a besoin de 230V pour fonctionner. On choisit donc le couplage étoile. Si on utilisait le couplage triangle, chaque enroulement subirait 400V à ses bornes et serait détruit.

<b>Réseau</b> <b>U bobine</b>	<b>220</b>	<b>400</b>	<b>690</b>
<b>110-130V</b>	 <b>ETOILE</b>	⊗ Non applicable	⊗ Non applicable
<b>210-240V</b>	 <b>TRIANGLE</b>	 <b>ETOILE</b>	⊗ Non applicable
<b>370-420V</b>	⊗ Non applicable	 <b>TRIANGLE</b>	 <b>ETOILE</b>