

SEMAINE 2

Electricité – Pneumatique – Electropneumatique

ANNEXE 2 : LE MOTEUR ASYNCHROME TRIPHASE



Automation & Sense

Mars 2019 | www.automation-sense.com



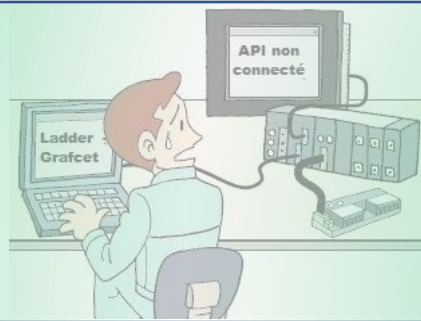
Objectifs :

Cette fiche a pour but de vous initier aux moteurs asynchrones triphasés

On y verra :



- **Comment est constitué un moteur asynchrone ?**
- **Comment relier un moteur asynchrone au réseau ?**
- **Comment lire la plaque signalétique d'un moteur ?**
- **Les méthodes de démarrage des moteurs asynchrones**



I) Généralités sur les moteurs électriques

Les moteurs électriques sont très utilisés en automatisme industriel. On les retrouve par exemple dans les pompes et convoyeurs mais aussi dans les robots industriels.

Les moteurs électriques peuvent être classifiés en 2 grands groupes : les moteurs à courant continu et les moteurs à courant alternatif. Parmi les moteurs à courant alternatif, on retrouve principalement les moteurs asynchrones et les moteurs synchrones.

Parmi les moteurs à courant continu, on retrouve principalement : les moteurs à balais et les moteurs sans balais (ou moteurs brushless).



Dans l'industrie, on rencontre aussi des servomoteurs qui peuvent être soit à courant alternatif ou à courant continu et des moteurs pas à pas qui sont des moteurs à courant continu.

Les moteurs asynchrones représentent 80% des moteurs utilisés industriellement, étant donné leur simplicité de construction et leur facilité de démarrage. D'autre part à puissance égale, c'est le moteur le moins cher.

II) Généralités sur les moteurs asynchrones

Il existe deux types de moteurs asynchrones : le moteur asynchrone monophasé et le moteur asynchrone triphasé. Il faut cependant souligner que les moteurs asynchrones monophasés sont rarement utilisés (moins de 5% des applications industrielles) du fait de leurs faibles gammes de puissances disponibles et du fait qu'ils nécessitent plus de maintenance.

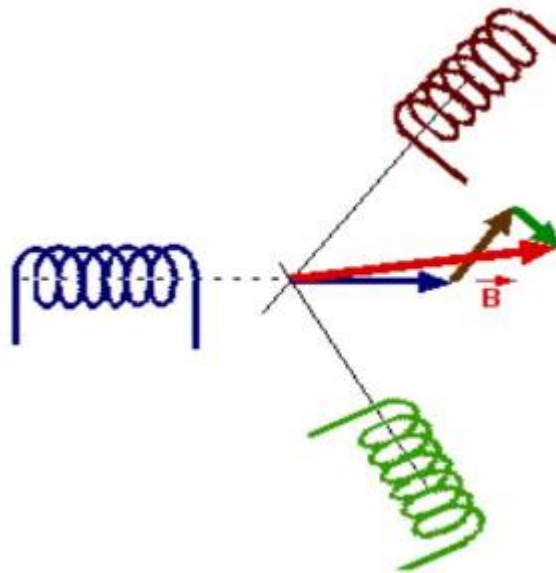


1) Constitution du moteur asynchrone triphasé

Les moteurs asynchrones triphasés sont constitués d'une partie fixe appelée stator et d'une partie tournante appelée rotor.

a) Le stator

Il est constitué de 3 enroulements alimentés par des tensions alternatives triphasées. Le rôle du stator est de créer le champ magnétique tournant à la vitesse de synchronisme $n_s = f/p$ (avec p : le nombre de paires de pôles et f la fréquence des courants). La vitesse de synchronisme est exprimée en **tr/s**. On peut aussi utiliser la formule $\Omega_s = 2.Pi.f/p$ (où Ω_s est la pulsation angulaire exprimée en rd/s).





$$n_s = f/p \text{ avec}$$

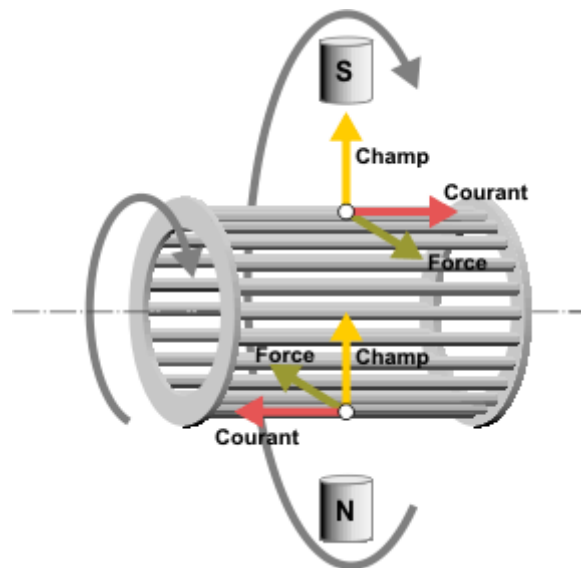
f : fréquence en Hz

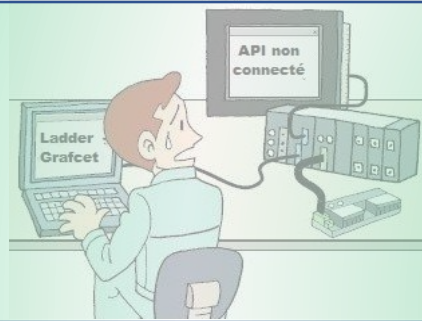
p : nombre de paires de poles

n_s : vitesse du champ tournant en tr/s

b) Le rotor

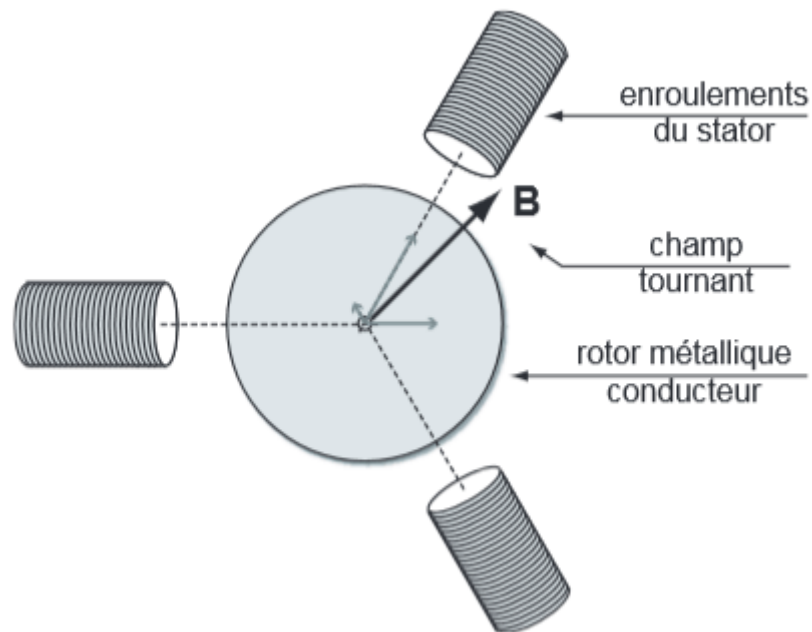
Le type de rotor le plus communément utilisé dans les moteurs asynchrones est le rotor en cage d'écureuil. Il comporte un ensemble de barres conductrices très souvent en aluminium, logées dans un empilement de tôles. Les extrémités des barres sont réunies par deux couronnes conductrices. Le rotor à cage d'écureuil présente une résistance très faible : on dit qu'il est court circuité.





2) Principe de fonctionnement du moteur asynchrone triphasé

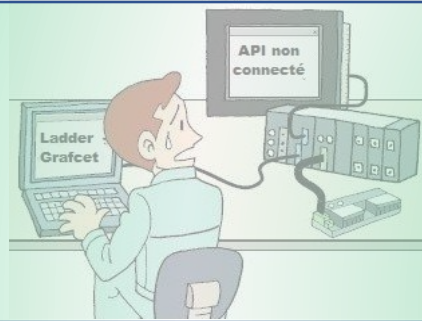
Le moteur asynchrone triphasé fonctionne grâce au principe du magnétisme. Il est constitué de trois bobines alimentées en triphasé. Chaque bobine traversée par un courant électrique va créer un champ magnétique. La somme vectorielle des différents champs magnétiques va donner le champ magnétique tournant.



Si on place un aimant au centre de ces 3 bobines, l'aimant va tourner à la vitesse du champ magnétique tournant appelée aussi vitesse de synchronisme. L'élément tournant d'un moteur ou rotor (ici l'aimant) subit les effets du champ magnétique tournant mais ne tourne pas exactement à sa vitesse, on dit qu'il y'a glissement.

Le glissement g d'un moteur asynchrone

Le rotor d'un moteur asynchrone tourne dans le même sens mais légèrement moins vite que le champ tournant.



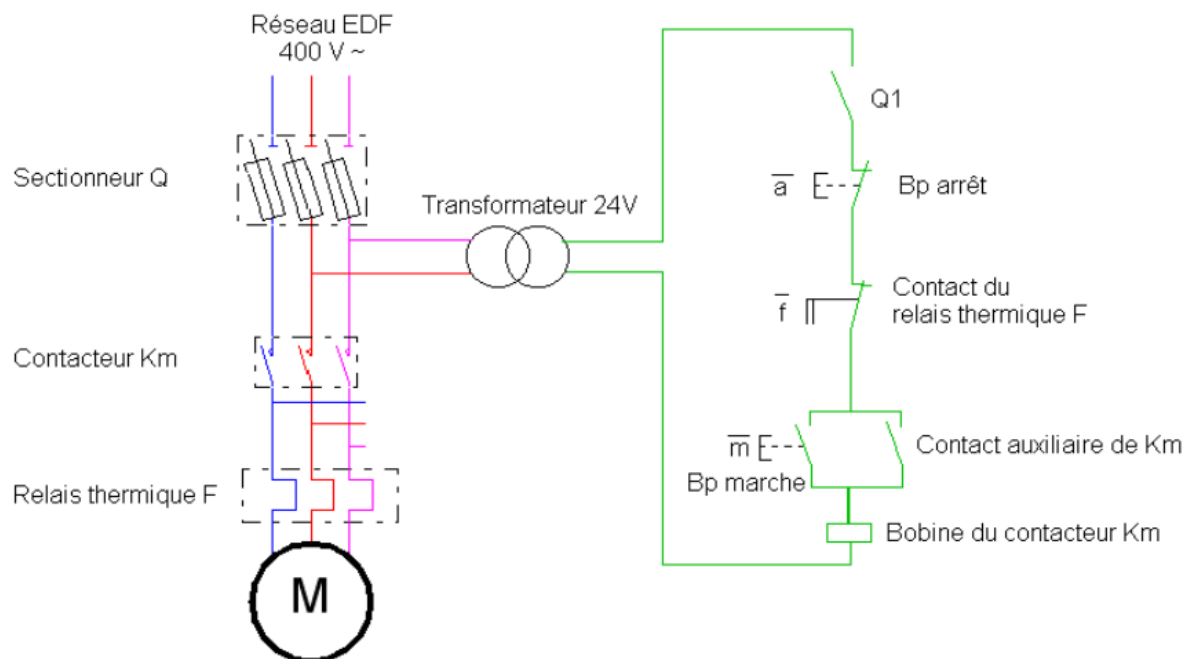
Tout se passe donc comme si le champ tournant créé par le stator glissait par rapport au rotor (Ω_r) à une vitesse de rotation dite vitesse de glissement : $\Omega_g = (\Omega_s - \Omega_r)$.

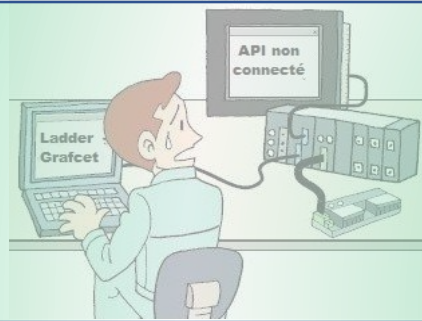
On appelle *glissement d'un moteur asynchrone*, le rapport entre la fréquence (ou la vitesse) de glissement sur la fréquence (ou vitesse) de synchronisme. La formule permettant de calculer le glissement d'un moteur asynchrone est : $g = (\Omega_s - \Omega_r) / \Omega_s = (n_s - n_r) / n_s$

En effet, la différence entre un moteur asynchrone et un moteur synchrone est que pour le moteur synchrone, le rotor tourne à la même vitesse que le champ magnétique tournant, il n'y a pas donc pas de glissement.

III) Raccordement d'un moteur asynchrone au réseau triphasé

Un moteur asynchrone triphasé est relié au réseau par un certain nombre de dispositifs de sécurité et de commande parmi lesquels on a :





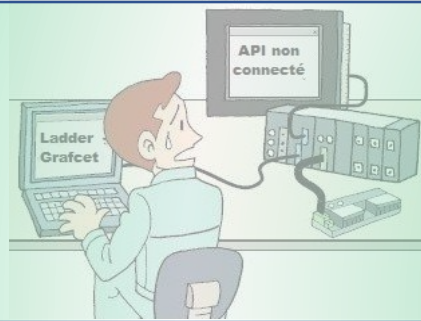
- **Le sectionneur d'isolement avec fusibles** : il permet d'isoler le circuit en aval pour des opérations de maintenance par exemple. Il protège également le circuit contre les risques de court-circuit grâce aux fusibles.
- **Le contacteur** : il permet d'alimenter le moteur avec une commande manuelle ou automatique avec un automate programmable.
- **Le relais thermique** : il 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** : il abaisse la tension secteur à une valeur de 24V pour garantir la sécurité des utilisateurs sur la partie commande.

IV) La plaque signalétique d'un moteur asynchrone

La plaque signalétique d'un moteur est une plaque qui se trouve sur le moteur et qui fournit les caractéristiques essentielles du moteur.

LEROY SOMER		16015 ANGOULÊME	
		FRANCE	
MOTEUR ASYNCHRONE - NFC 51-111 NOV.79			
Type	LS 90 Lz	595257/3	
kW	1,5	cos φ	0,78
		ΔV	230 A
			6,65
		rd ^l %	76
		λY	400 A
			3,84
tr/min	1440	isol ^l classe	amb ^{ce} °C
Hz	50	pn	3
		S ^l	S1
Roulements Made in []			
Autres Pièces Made in FRANCE			

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



Les principaux renseignements que l'on y retrouve sont :

- **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 des courants de ligne 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 n_s 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...



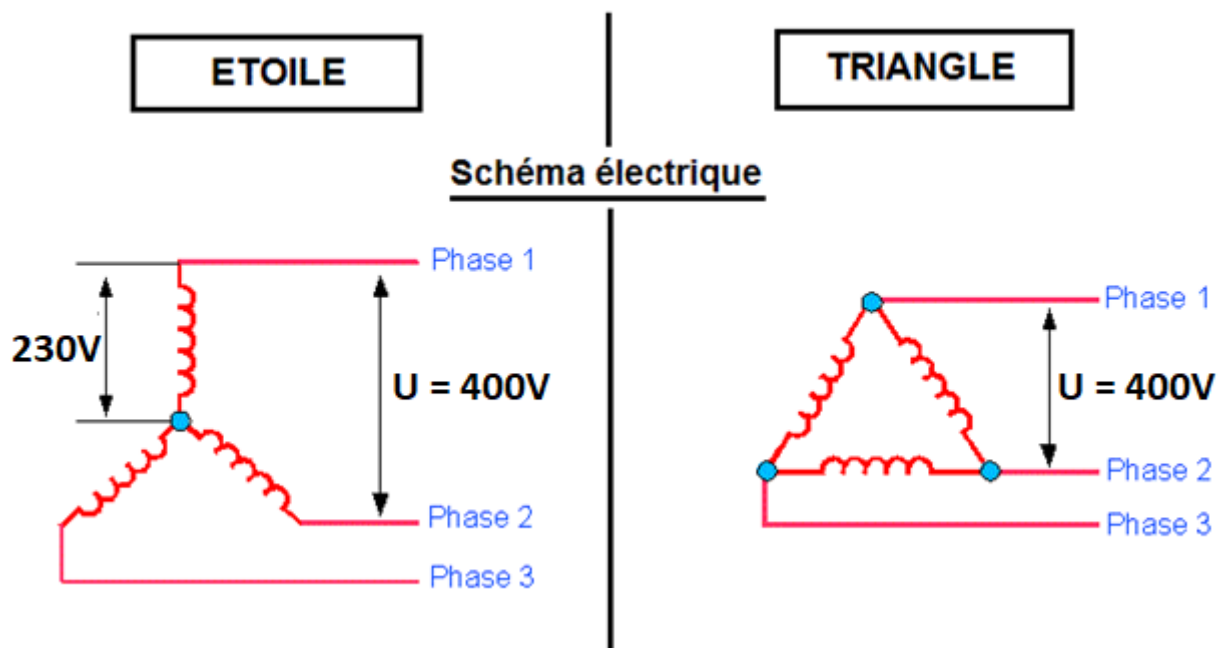
- **Indice de protection IP:** (non indiquée) définit le degré de protection du moteur à la poussière, à l'eau et aux chocs mécaniques.

V) Le couplage des moteurs asynchrones

Le couplage du moteur dépend :

- Des tensions du moteur (mentionné sur la plaque signalétique)
- De la tension entre phase de votre réseau triphasé

D'après la plaque signalétique ci-dessus, on est en présence d'un moteur 230/400V, cela veut dire qu'un enroulement supporte 230V, et que 2 enroulements en série supportent 400V (soit $230V \cdot \sqrt{3}$).



Supposons que l'on ait un réseau 230/400V au niveau de notre installation. Cela signifie que la tension entre phase du réseau triphasé est de 400V.

- **Cas où on couple le moteur en étoile :** Si on couple le moteur en étoile, chaque enroulement recevra 230V soit sa tension nominale. C'est donc le bon couplage.



- **Cas où on couple le moteur en triangle** : Si on couple le moteur en triangle, chaque enroulement recevra 400V, soit une tension largement supérieure au 230V supporté par un enroulement du moteur. Ce couplage n'est donc pas adapté.

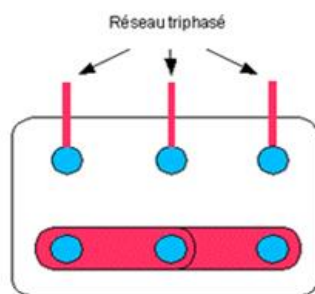
Un moyen mnémotechnique pour effectuer le choix du couplage

Si la tension entre phase de votre réseau triphasé est égale à la tension la plus basse notée sur la plaque signalétique de votre moteur => Alors le moteur doit être câblé en couplage **Triangle**.

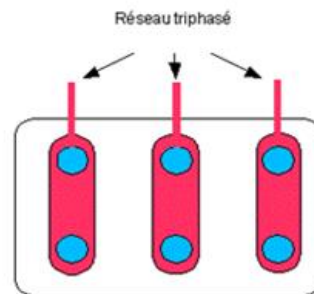
Si la tension entre phase de votre réseau triphasé est égale à la tension la plus haute notée sur la plaque signalétique de votre moteur => Alors le moteur doit être câblé en couplage **Etoile**.

Connexion entre le réseau et les bornes du moteur

Couplage étoile



Couplage triangle





VI) Les méthodes de démarrage des moteurs asynchrones

Différentes méthodes sont utilisées pour le démarrage et le contrôle des moteurs asynchrones : démarrage direct, démarrage en étoile/triangle, démarrage par autotransformateur, démarrage rotorique pour les moteurs à rotor bobiné, démarrage via un variateur de vitesse, démarrage via un démarreur progressif etc..

Il faut noter qu'un variateur de vitesse et un démarreur progressif se ressemblent beaucoup. Cependant un démarreur progressif ne permet pas de contrôler la vitesse d'un moteur. Il permet seulement d'agir sur les accélérations et décélérations du moteur.

Les démarreurs progressifs peuvent être utilisés avec des moteurs à fortes puissances comparés au mode de démarrage étoile/triangle, leur mise en œuvre est néanmoins plus chère que la méthode de démarrage étoile/triangle.

1) Le démarrage direct

C'est la forme la plus simple pour démarrer un moteur asynchrone. Avec le démarrage direct, il n'y a aucun contrôle sur le courant de démarrage qui rappelons-le est très important. En effet, en mode démarrage direct, le courant de démarrage peut aller jusqu'à 8 fois l'intensité nominale. Pour les moteurs à très grandes puissances, ce mode de démarrage n'est pas préconisé à moins que la charge entraînée par le moteur soit très importante. En effet, si la charge entraînée par le moteur est très importante, le moteur aura besoin d'un couple de démarrage important donc d'un courant de démarrage important. En effet, le courant de démarrage et le couple de démarrage du moteur sont proportionnel.

Mais dans tous les cas, si on utilise le démarrage direct pour démarrer des moteurs de très grandes puissances, on pourrait se confronter à des problèmes de chute de tension au démarrage. C'est pourquoi si la puissance du moteur dépasse 5KW, ce mode de démarrage n'est pas généralement conseillé.

a) Démarrage direct à un sens de marche

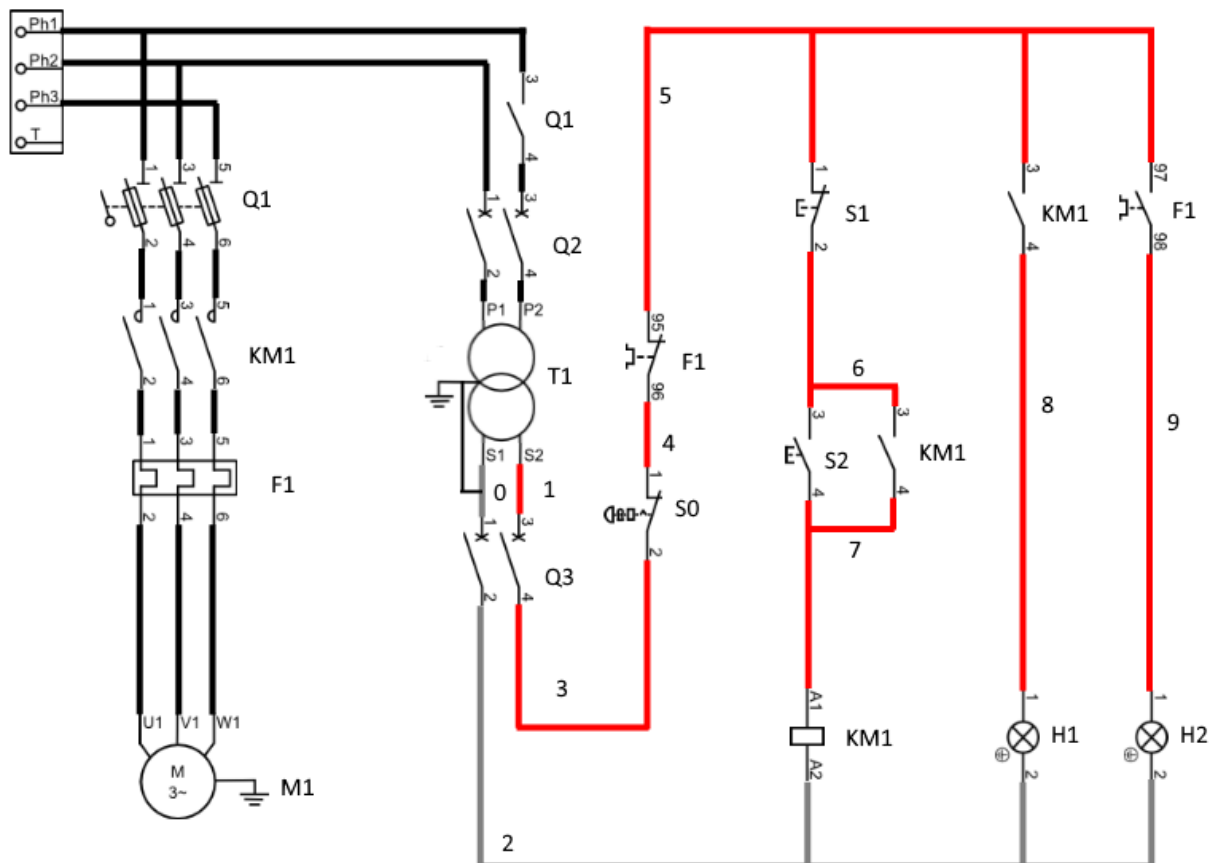
Pour le démarrage direct à un sens de marche, on a un sectionneur porte fusibles Q1, un contacteur KM1 et un relais thermique F1 pour la protection contre les

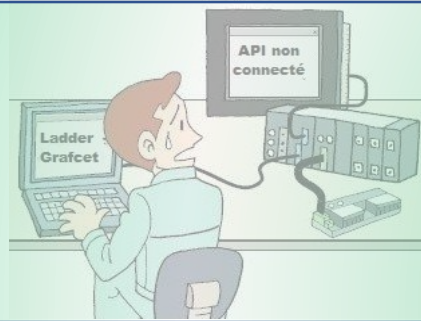


surcharges. Il faut cependant noter que si l'on avait un disjoncteur magnétothermique en amont du moteur, on n'aurait pas besoin d'un relais thermique.

Le transformateur T1 permet d'abaisser la tension du réseau à 24V AC. Il est protégé contre le court-circuit par un disjoncteur Q2 et la partie commande en aval du transformateur est aussi protégée par un disjoncteur Q3.

Il faut aussi noter que le sectionneur porte fusibles Q1 est doté d'un contact de pré-coupure Q1 qui permet de couper le moteur lorsque l'on manipule le sectionneur. En effet, vu qu'un sectionneur n'a pas de pouvoir de coupure, il peut être dangereux de le manipuler à charge car cela peut engendrer des arcs électriques. Le contact de pré-coupure a donc pour rôle de déconnecter le moteur en aval du sectionneur lors celui-ci est enclenché, c'est un dispositif de protection.





Au démarrage, le contact F1 du relais thermique en série avec le voyant H2 est ouvert, aucun courant ne passe dans le voyant H2. En cas de surcharge, ce contact se ferme et entraîne l'allumage du voyant H2 qui est utilisé pour signaler un défaut, en même temps, le contact normalement fermé du relais thermique coupe le circuit de commande.

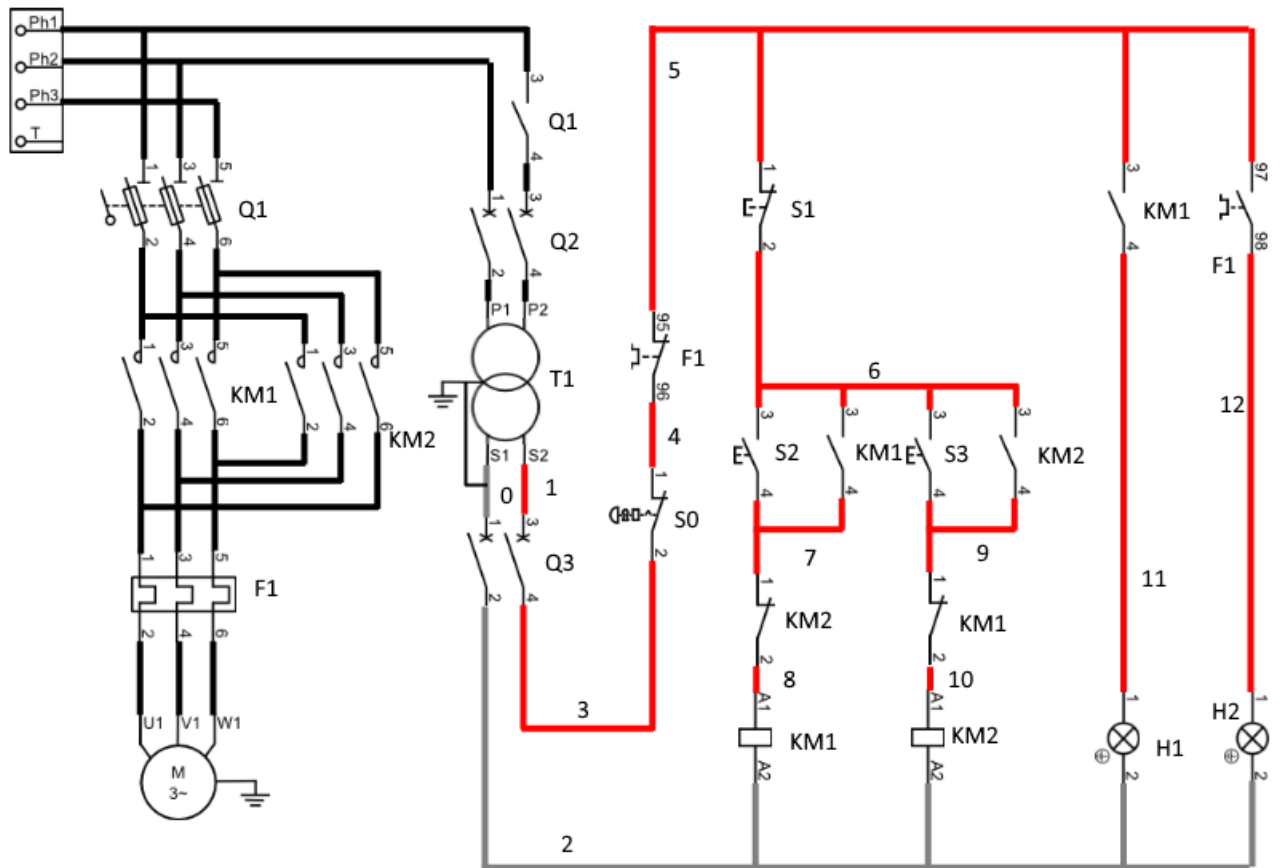
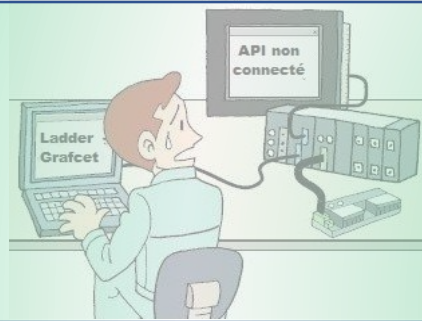
Si l'on appuie sur le bouton poussoir S2, la bobine KM1 est excitée entraînant la fermeture des contacts de puissance du contacteur donc la mise en marche du moteur mais aussi la fermeture des contacts auxiliaire KM1 l'un en parallèle avec le bouton poussoir S2 (auto-maintien), l'autre en série avec le voyant H1.

Un appuie sur le bouton poussoir S1, permet d'arrêter le moteur. Un appuie sur le bouton d'arrêt d'urgence S0 coupe le circuit de commande.

Un court-circuit sur la partie commande entraîne l'ouverture du disjoncteur Q3. Un court-circuit sur la partie puissance en amont du transformateur entraîne l'ouverture du disjoncteur Q2.

b) Démarrage direct à deux sens de marche

Le démarrage direct à deux sens de marche fonctionne presque de la même manière qu'un démarrage à un sens de marche. Il faut juste noter qu'un second contacteur est utilisé pour réaliser l'inversion de deux phases (inversion du sens de rotation). Les deux contacteurs KM1 et KM2 sont verrouillés mécaniquement pour éviter les court-circuit. Ils sont aussi verrouillés électriquement au niveau du schéma de commande.

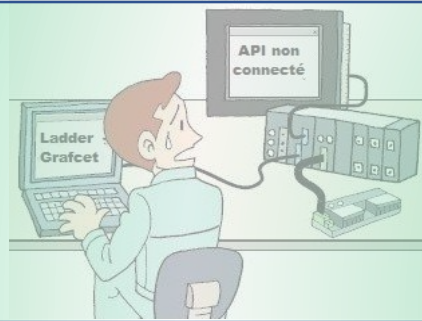


2) Le démarrage étoile/triangle

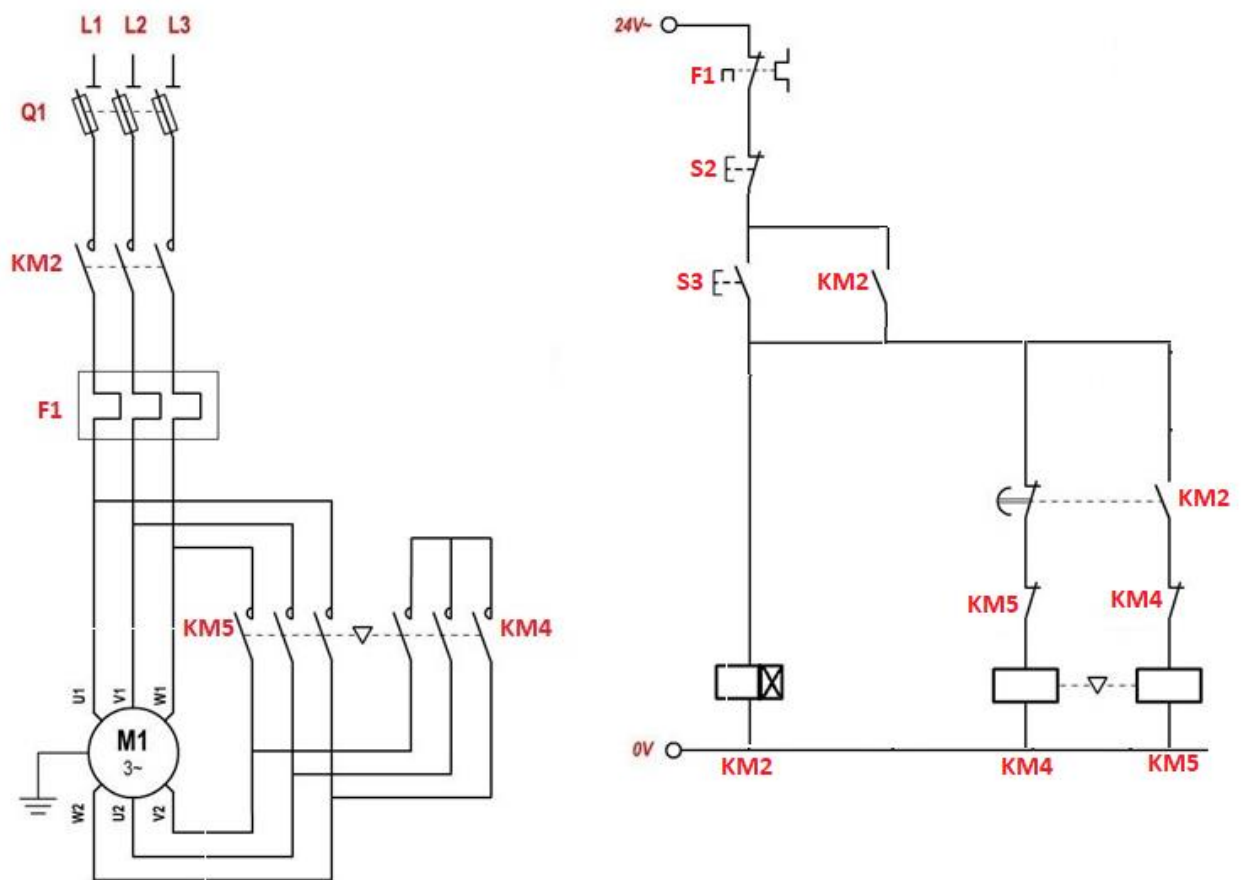
Le mode de démarrage étoile/triangle est l'un des démarreurs électromécaniques le plus bas coût utilisé pour démarrer des moteurs à faibles charge.

La technique du démarrage "étoile-triangle" consiste à brancher en étoile les enroulements du moteur durant la période de démarrage, puis à les relier en triangle pendant la période de marche. Il faut souligner qu'un moteur dont le couplage normal est en triangle, peut aussi être couplé en étoile sous certaines conditions, l'inverse n'est pas vrai.

Le mode de démarrage étoile/triangle quoique peu coûteux, réduit considérablement le couple de démarrage du moteur. De ce fait, il ne convient pas à des applications nécessitant un fort couple de démarrage. Il est souvent utilisé sur les machines qui démarrent à vide ou qui ne nécessitent pas un fort couple de démarrage (exemple ventilateur).

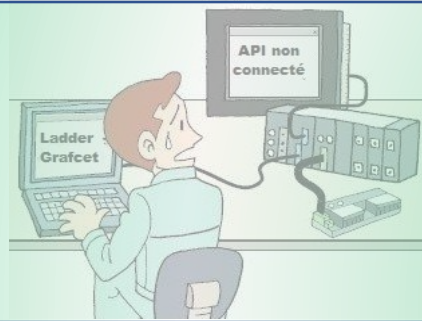


Le courant dans le circuit étoile représente un tiers du courant dans le circuit triangle, le courant de démarrage est donc limité.



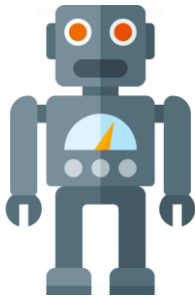
Le démarrage étoile-triangle est composé des éléments suivants :

- 3 Contacteurs (contacteur de ligne KM2, contacteur étoile KM4 et triangle KM5)
- 1 relais temporisé monté sur le contacteur de ligne KM2
- 1 relais thermique tripolaire de surcharge
- 1 Sectionneur porte fusibles



Quand on appuie sur le bouton poussoir S3, la bobine KM2 est excitée entraînant la fermeture des contacts de puissance de KM2, la fermeture du contact auxiliaire KM2 en parallèle du bouton poussoir S3 (auto-maintien) et le déclenchement d'une temporisation. En même temps, la bobine KM4 est excitée entraînant la fermeture des contacts de puissance de KM4 (couplage en étoile).

Une fois le temps pré-réglé au niveau de la temporisation atteint, le contact temporisé NF de KM2 s'ouvre (bobine KM4 désexcitée) et le moteur est couplé en triangle avec l'excitation de la bobine KM5. Ici un verrouillage électrique empêche les bobines KM4 et KM5 de s'activer en même temps.



BILAN :

Dans cette fiche, vous avez pu avoir un bref aperçu sur les moteurs asynchrones triphasés très utilisés dans le monde industriel.