

3.1- Introduction

Dans ce chapitre, nous abordons les points suivants:

- i) Automatisation de démarrage des moteurs à courant continu,
- ii) Démarrage-Arrêt automatique des moteurs asynchrones et synchrones,
- iii) Automatisation du processus de protection électromagnétique/thermique des moteurs

3.2 Automatisation de démarrage des moteurs à courant continu

3.2.1- Rappel → Démarrage manuel des moteurs à courant continu

On ne peut alimenter un moteur à courant continu en excitation séparée ou shunt à pleine tension pendant la phase de démarrage. En effet, la vitesse (n) au démarrage étant nulle, la force contre électromotrice $E = \text{prop. } N$ est aussi nulle. Le courant induit ne se trouve limité que par la résistance de l'induit R .

$$I_d = \frac{U}{R}$$

Exemple → $U=220V$ et $R = 0.4\Omega \rightarrow I_d = 220/0.4 = 550A$!!!!!

Pour palier (échelon) à ce problème deux solutions sont possibles :

- Si le moteur est alimenté par une source de *tension variable* on peut faire croître *progressivement la tension* de façon à ce que le courant ne dépasse pas $2.5I_n$ (I_n : courant nominal).
- Si le réseau est fixe, on introduit en série avec le circuit d'induit une résistance R_d variable que l'on *élimine progressivement*.

Démarrage manuel → Utilisation du rhéostat de démarrage R_d

Manuellement on met la manette en contact avec le *premier plot actif* du rhéostat. La manette est maintenue grâce à l'électroaimant mis en série avec l'inducteur. Si pour une raison quelconque, le circuit inducteur est coupé, la manette est relâchée et le moteur est mis hors tension pour éviter son emballement.

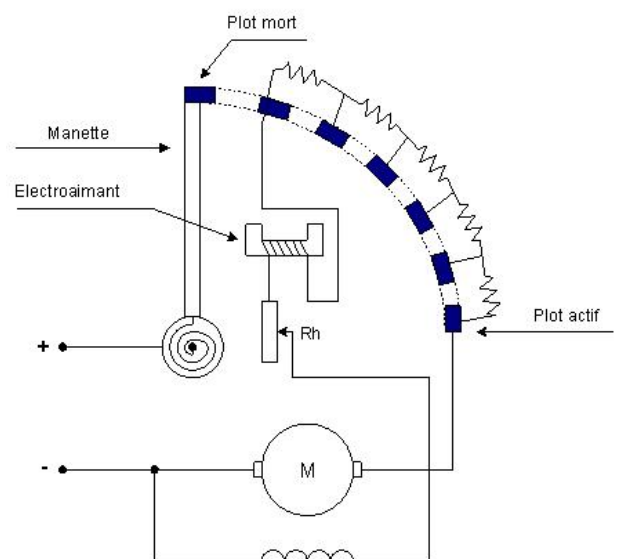
3.2.2- Démarrage automatique d'un moteur à CC

a) à excitation séparée dans un sens de rotation

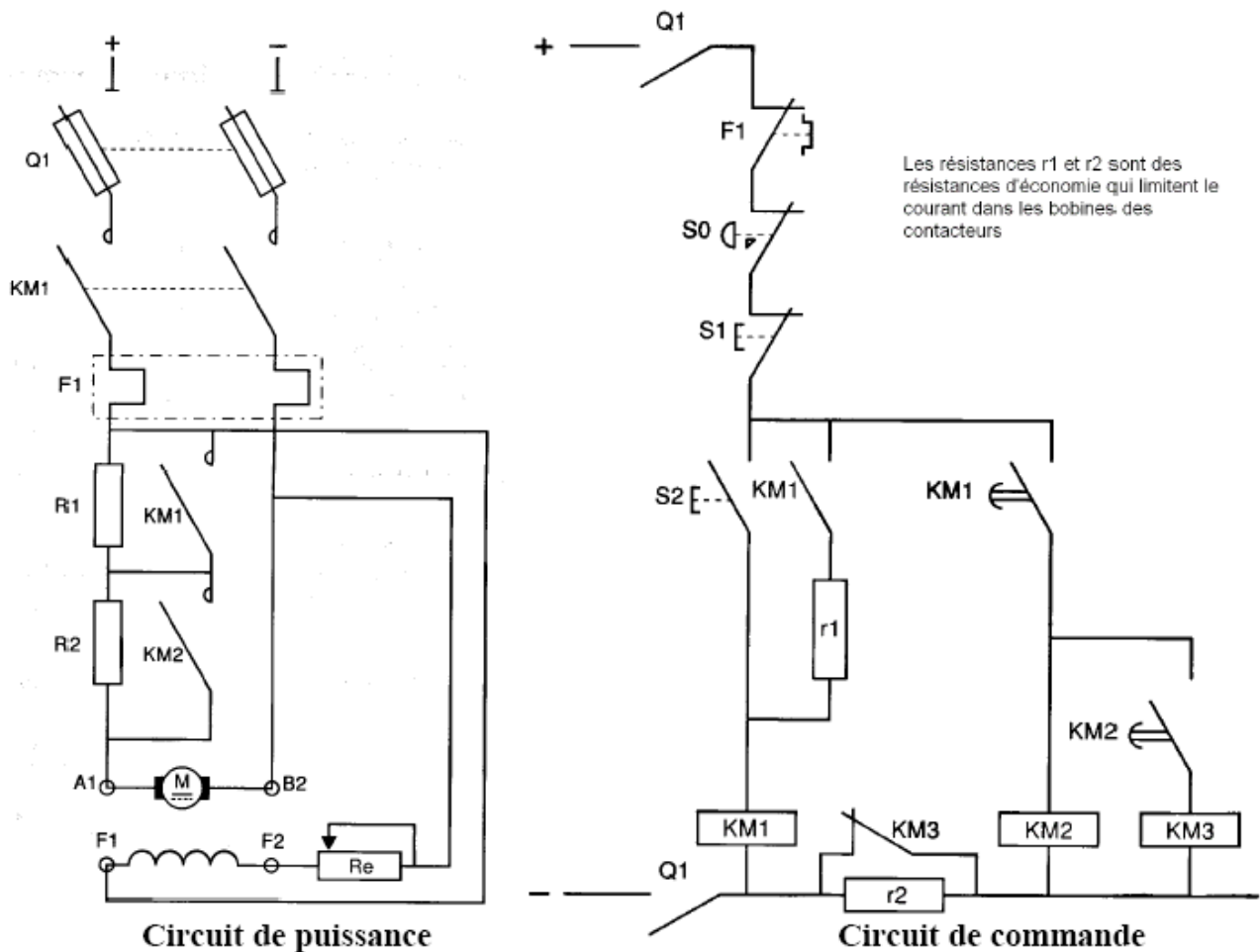
Démarrage semi-automatique :

Une action sur le bouton poussoir **S2** excite la bobine **KM1** ce qui provoque :

- son auto-alimentation et l'alimentation des bobines KM2 et KM3 pendant un temps limité.
- le verrouillage du contacteur **KM1**
- la mise sous tension de l'inducteur à travers le rhéostat d'excitation R_e (minimum de résistance au démarrage),
- la mise sous tension de l'induit à travers les résistances de démarrage $R1$ et $R2$.
- Alimentation du moteur à courant continu démarrage dans un sens de rotation.
- Les résistances $R1$ puis $R2$ sont éliminées successivement après un temps prédéterminé par un retard de fermeture provoqué par les temporisateurs montés sur les contacteurs KM1 et KM2.



Une action sur le bouton poussoir **S1**, coupe l'alimentation de la bobine **KM1**, le moteur s'arrête



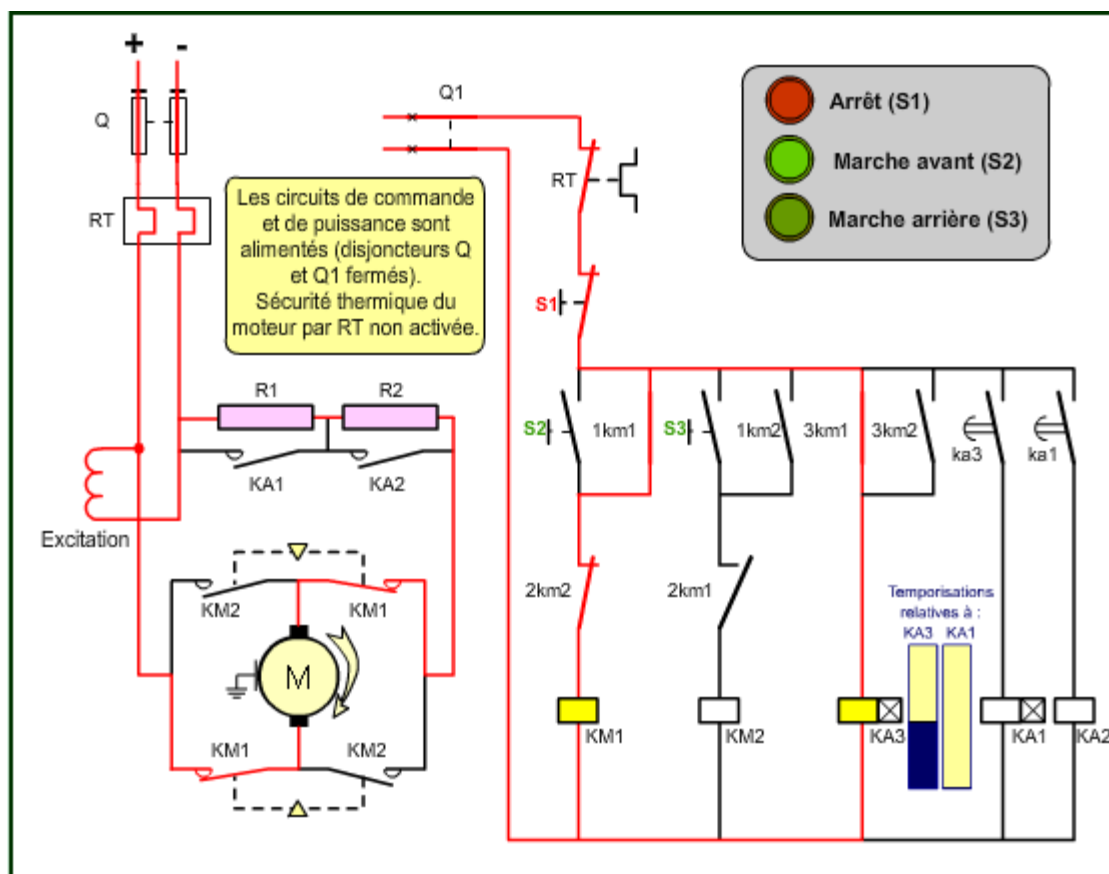
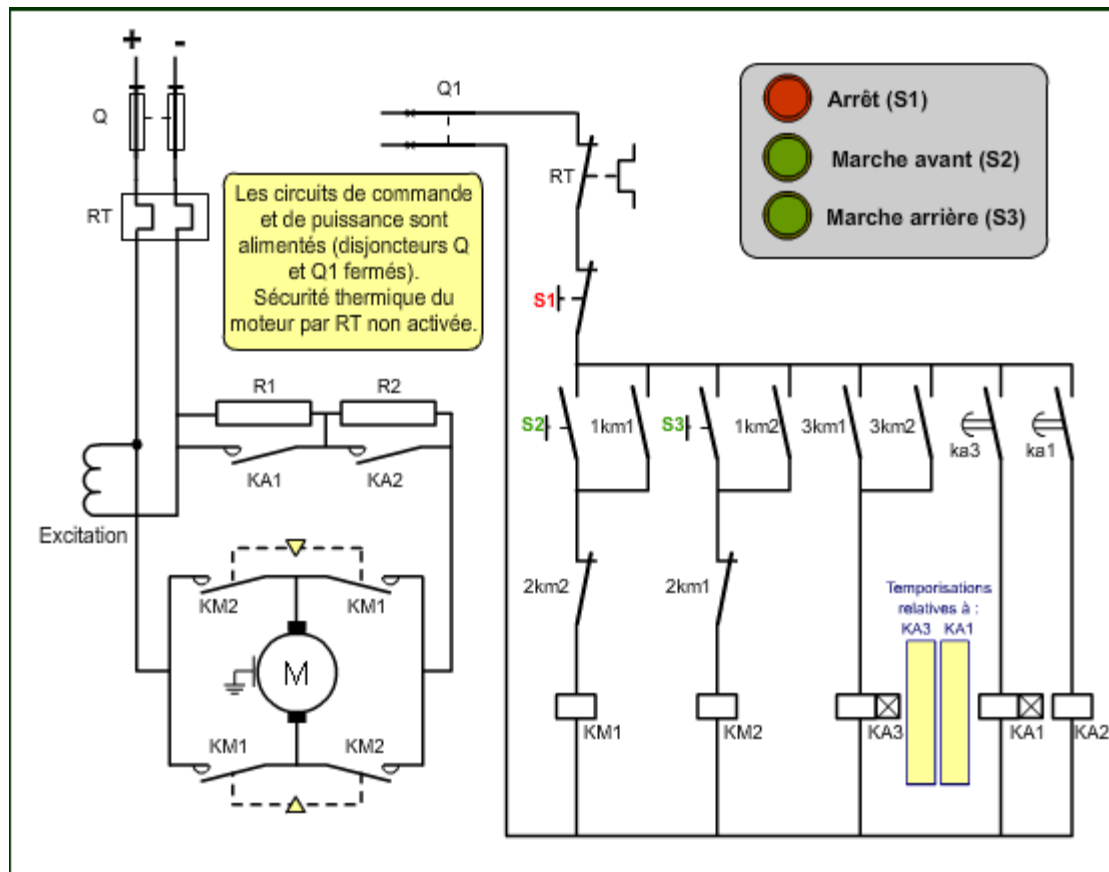
b) A excitation séparée/série, deux sens de rotation

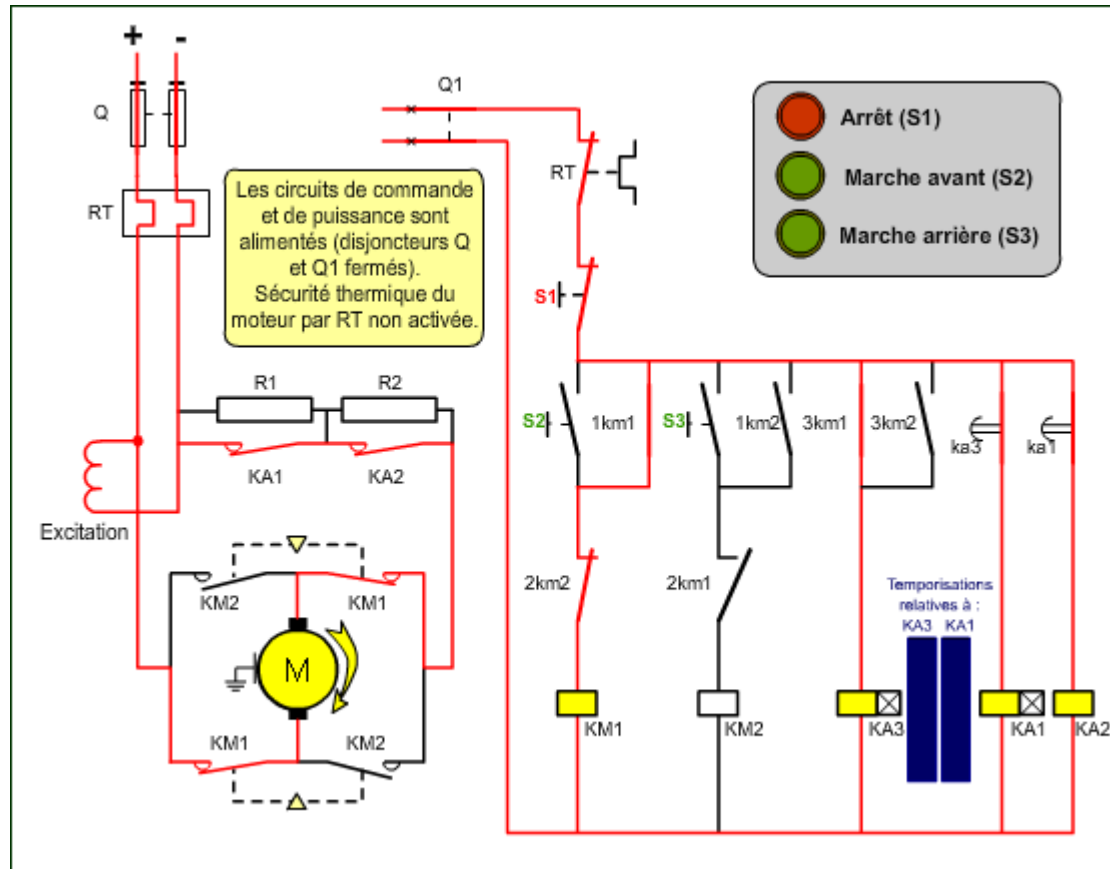
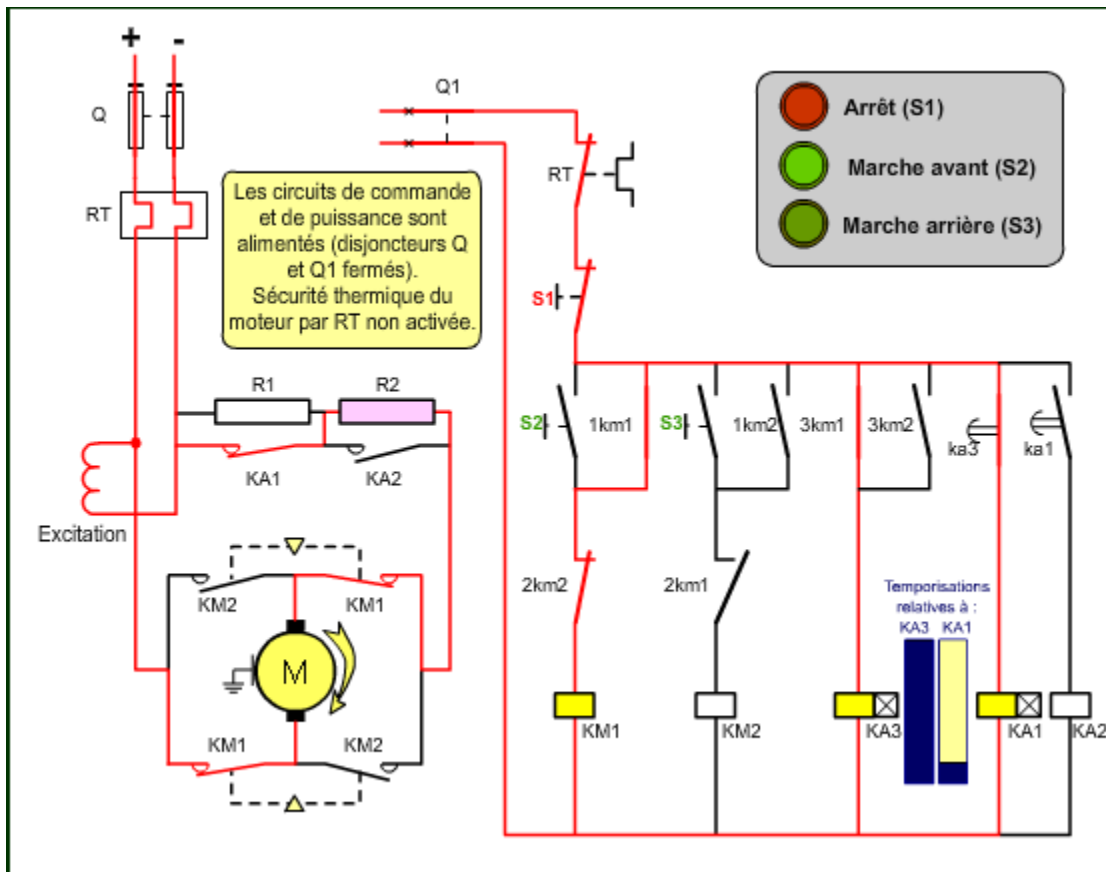
Fonctionnement du circuit de puissance

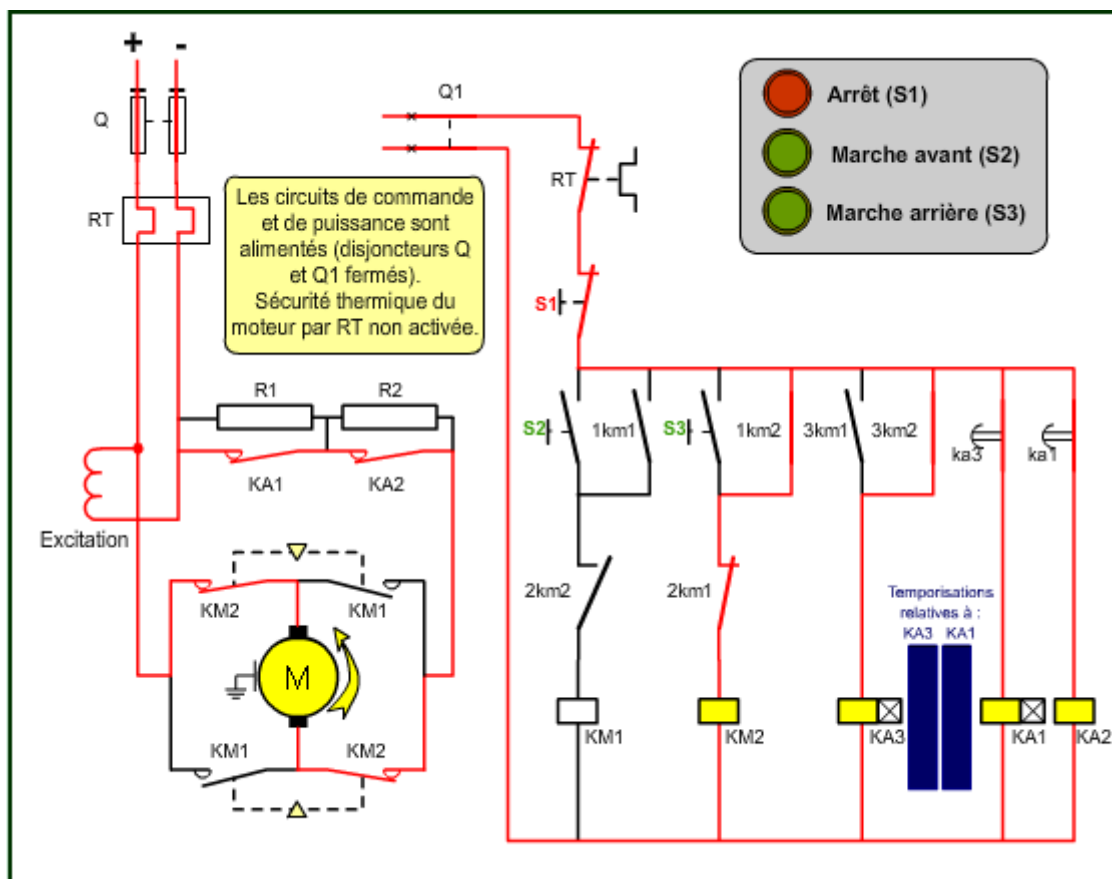
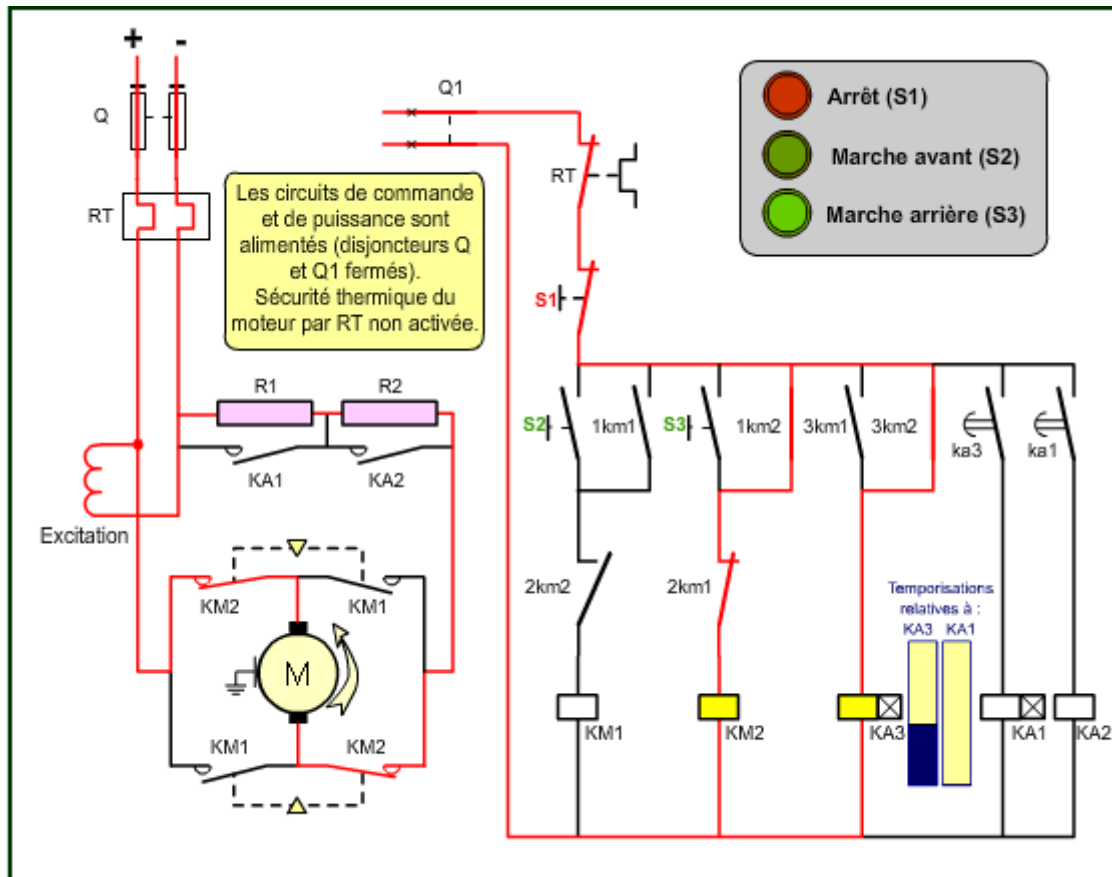
- Fermeture du sectionneur **Q**.
- Fermeture du contacteur **KM1** ou **KM2** (choix du sens de rotation).
- Fermeture du contact **K1**, augmentation de la vitesse du moteur
- Fermeture du contact **K2**, vitesse nominale du moteur atteinte.
- **Particularité** : Réglage du relais thermique à une valeur légèrement supérieure au courant nominal absorbé par l'induit du moteur.

Fonctionnement du circuit de commande

- Impulsion sur **S2** ou **S3** en fonction du sens de rotation que l'on souhaite obtenir
- Alimentation de **KM1** ou **KM2** et **KA3**
- Auto-maintien de **KM1** ou **KM2**
- Fermeture du contact temporisé **ka3** et alimentation de **KA1**
- Fermeture du contact temporisé **ka1** et alimentation de **KA2**
- Arrêt manuel par impulsion sur **S1**
- **Particularité** : Le réglage des temporisations se fera en fonction de l'**inertie** de la **charge** à entraîner (plus elle sera importante plus les temporisations devront être longues).







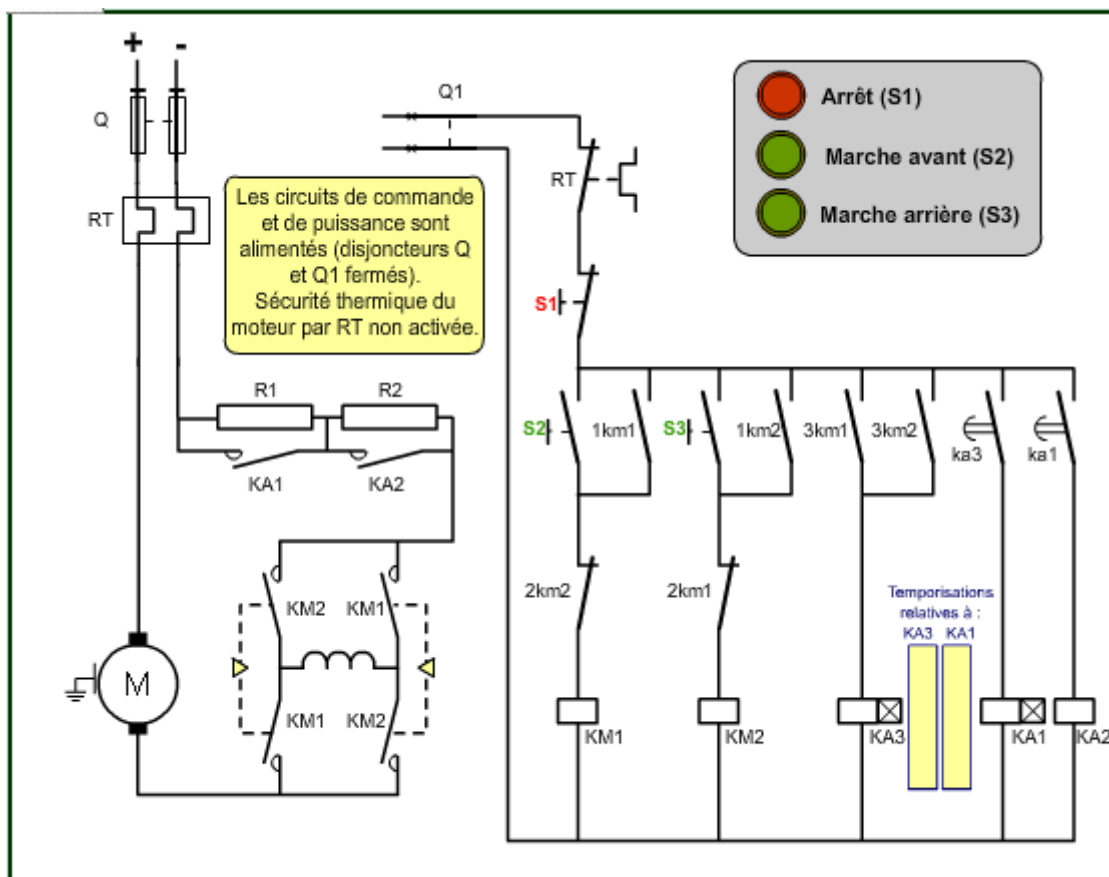
Schémas du démarreur d'un moteur à CC avec excitation séparée

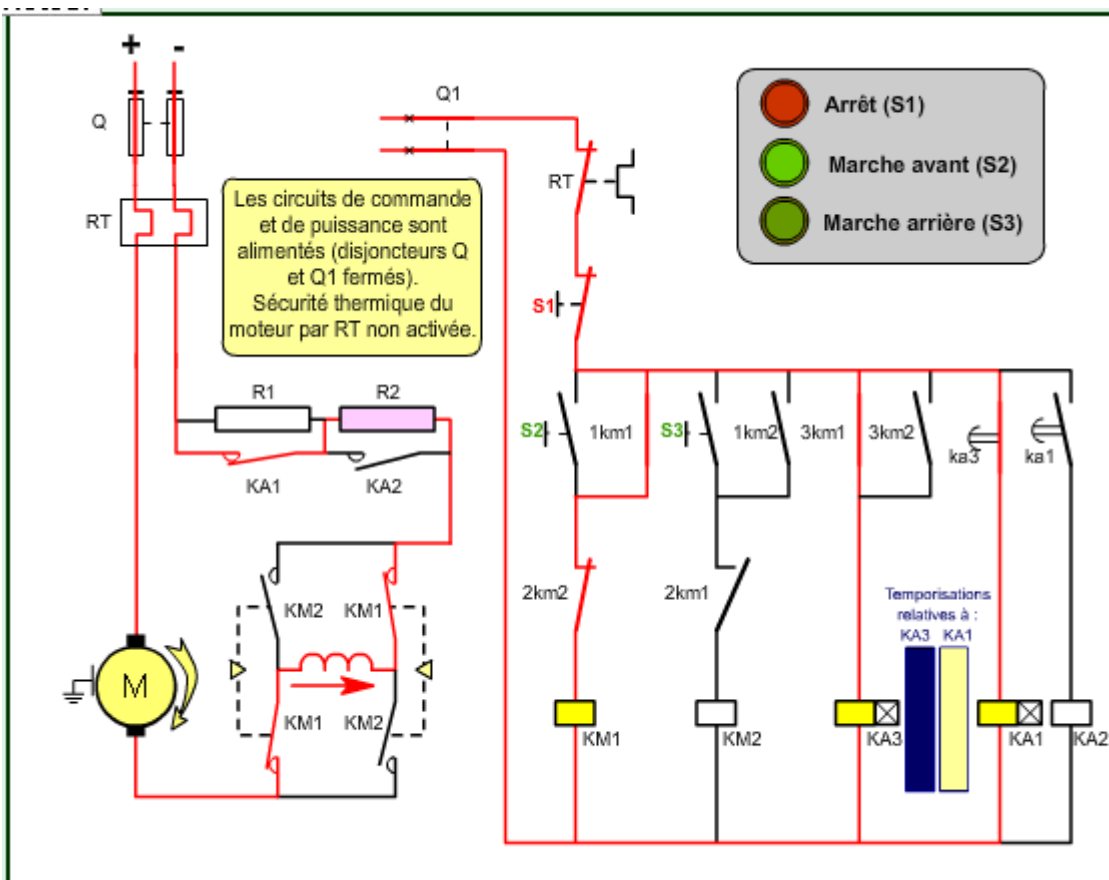
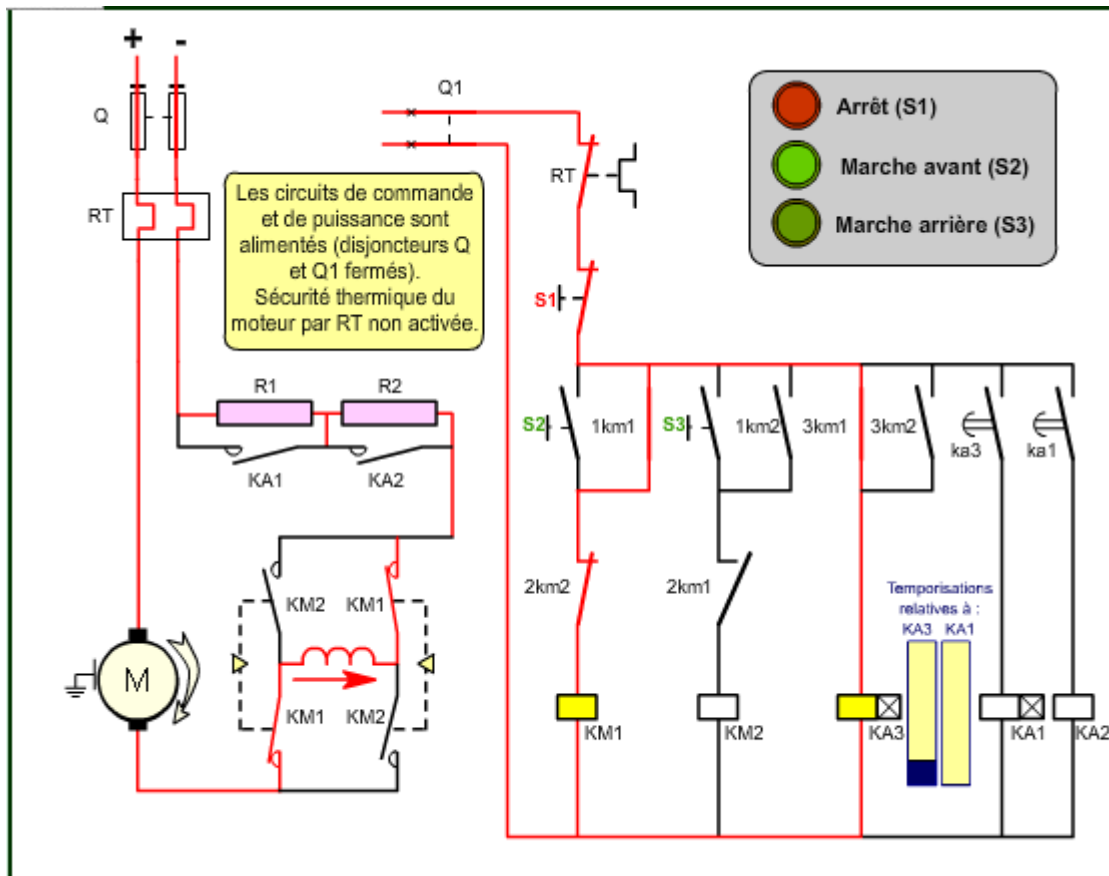
Fonctionnement du circuit de puissance

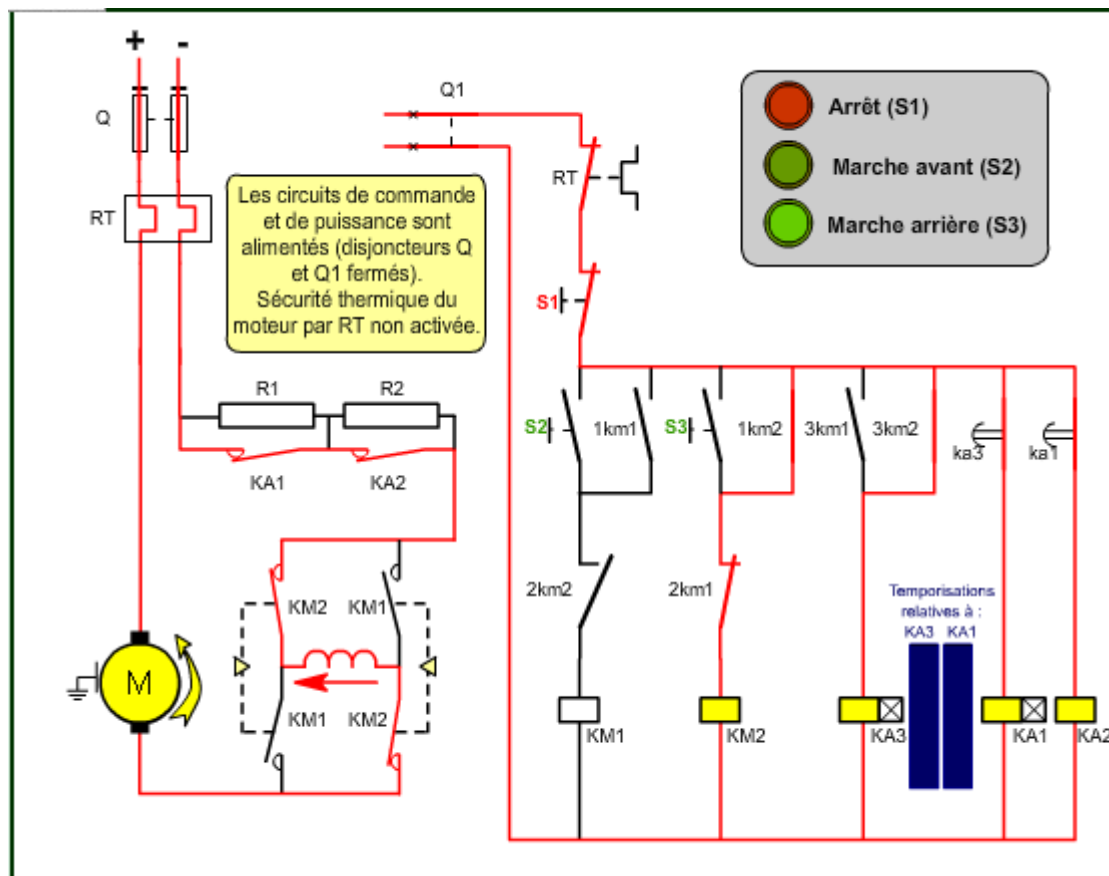
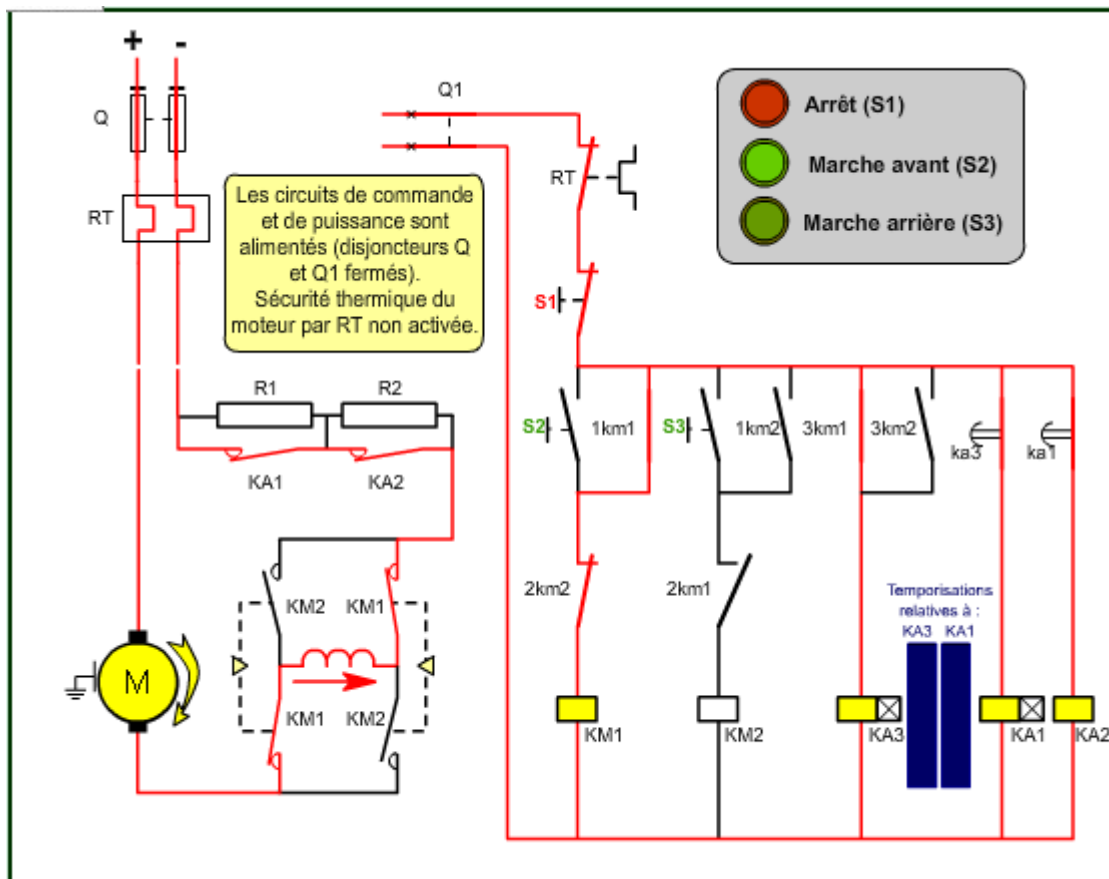
- Fermeture du sectionneur Q.
- Fermeture du contacteur KM1 ou KM2 (choix du sens de rotation).
- Fermeture du contact KA1, augmentation de la vitesse du moteur
- Fermeture du contact KA2, vitesse nominale du moteur atteinte.
- **Particularité** : Réglage du relais thermique à une valeur légèrement supérieure au courant nominal absorbé par l'induit du moteur.

Fonctionnement du circuit de commande

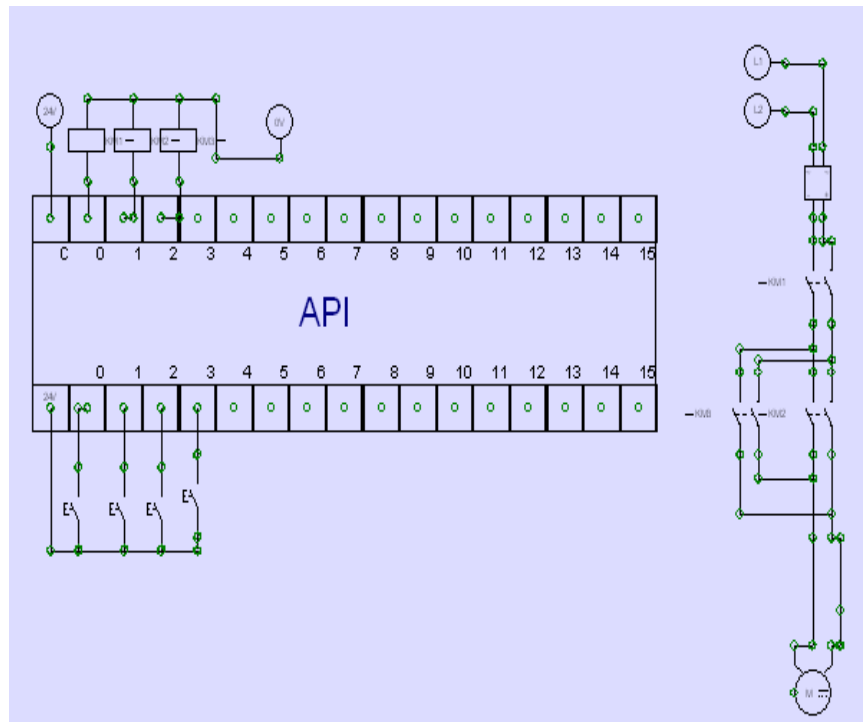
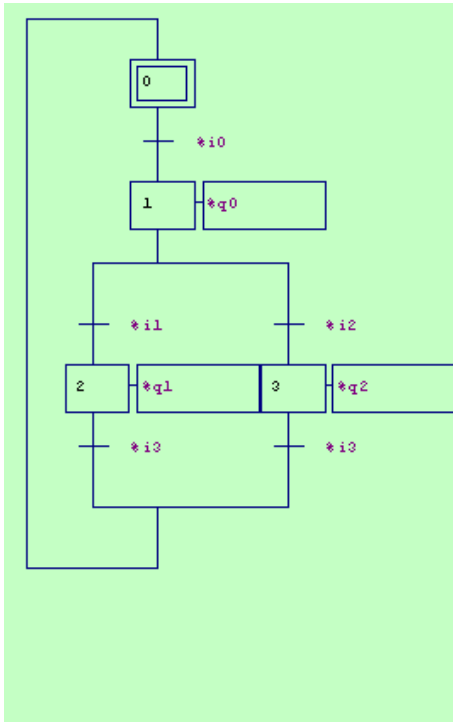
- Impulsion sur S2 ou S3 en fonction du sens de rotation que l'on souhaite obtenir
- Alimentation de KM1 ou KM2 et KA3
- Auto-maintien de KM1 ou KM2
- Fermeture du contact temporisé ka3 et alimentation de KA1
- Fermeture du contact temporisé ka1 et alimentation de KA2
- Arrêt manuel par impulsion sur S1
- **Particularité** : Le réglage des temporisations se fera en fonction de l' **inertie** de la **charge** à entraîner (plus elle sera importante plus les temporisations devront être longues).







Schémas du démarreur d'un moteur à CC avec excitation constante en série

Automatisation d'un MCC (petit) par un API :***Fonctionnement :**

- *Une action sur le bouton poussoir **S1** excite la bobine **KM1** ce qui provoque :
 - son auto-alimentation.
 - le verrouillage du contacteur **KM1**
- *une action sur le bouton poussoir **S2**, excite la bobine **km2**, ce qui met le moteur a courant continu sous tension et le démarre dans un sens de rotation.
- *une action sur le bouton poussoir **S4**, coupe l'alimentation de la bobine **KM1**, le moteur s'arrête
- *Une action sur les boutons poussoirs **S1 puis S3**, excite les bobines **KM1** et **km3** ce qui provoque :
 - son auto-alimentation.
 - le verrouillage du contacteur **KM3**.
 - Alimentation du moteur à courant continu et son démarrage dans l'autre un sens de rotation.

5.3- Démarrage-Arrêt automatique des moteurs triphasés asynchrones et synchrones

Lors de la mise sous tension d'un moteur, l'appel de courant sur le réseau est important et peut, surtout si la section de la ligne d'alimentation est insuffisante, provoquer une chute de tension susceptible d'affecter le fonctionnement des récepteurs. Parfois, cette chute de tension est telle qu'elle est sensible sur les appareils d'éclairage. Pour remédier à ces inconvénients, les règlements de quelques secteurs interdisent, au-dessus d'une certaine puissance, l'emploi de moteurs **démarrant en direct**.

NB : → voir le le reporter aux pages K34 à K39 du *catalogue Distribution BT 1999/2000* et aux tableaux des chutes de tension admissibles selon la norme NFC 15-100.

En fonction des caractéristiques du moteur et de la charge, **plusieurs méthodes de démarrages sont utilisées**. Le choix sera dicté par des impératifs électriques, mécaniques et économiques. La nature de la charge entraînée aura également une grande incidence sur le mode de démarrage à retenir. Les principaux modes de démarrage Introduction sont :

- 1) **Démarrage direct** → $I_{\text{démarrage}} = 5 \text{ à } 8 I_{\text{nominal}}$ et $C_{\text{démarrage}} = 0.5 \text{ à } 1.5 C_{\text{nominal}}$.
- 2) **Démarrage étoile-triangle** → $I_d = 1.5 \text{ à } 2.6 I_n$ et $C_d = 0.2 \text{ à } 0.5 C_n$
- 3) **Démarrage de moteurs à enroulements partagés "part winding"** → utilisé en Europe,
- 4) **Démarrage statorique à résistance** → $I_d = 4.5 I_n$ et $C_d = 0.75 C_n$
- 5) **Démarrage par autotransformateur** → $I_d = 1.7 \text{ à } 4 I_n$ et $C_d = 0.5 \text{ à } 0.85 C_n$.
- 6) **Démarrage des moteurs à bagues** → pour un couple de démarrage égal à $2 C_n$, la pointe de courant est d'environ $2 I_n$, mais, en couplage direct sur le réseau, avec $6 I_n$ on arrive à $1.5 C_n$.
- 7) **Démarrage/ralentissement par démarreur électronique (soft starter)** → Il peut être utilisé :
 - en limitation de courant,
 - en régulation de couple.
 - limitation de courant permet de fixer un courant maximum ($3 \text{ à } 4 \times I_n$) pendant la phase de démarrage
- 8) **Démarrage par convertisseur de fréquence** → Il permet :
 - de démarrer des charges de forte inertie,
 - de démarrer des charges importantes sur un réseau de faible pouvoir de court-circuit,
 - d'optimiser la consommation d'énergie électrique en fonction de la vitesse sur les turbomachines.
 - Il s'applique sur tous types de machines.

Tableau récapitulatif des différents modes de démarrage des moteurs triphasés

	Direct	Etoile triangle	Enroulements partagés	résistances	Autotransformateur	Moteurs à bagues	Soft starter	Convertisseur de fréquence
Moteur	Standard	Standard	6 enroulements	Standard	Standard	Spécifique	Standard	Standard
Coût	+	++	++	+++	+++	+++	+++	++++
Courant moteur de démarrage	5 à 10 I_n	2 à 3 I_n	2 I_n	Env 4.5 I_n	1.7 à 4 I_n	Env 2 I_n	4 à 5 I_n	I_n
Creux de tension	Elevé	Elevé au changement de couplage	Faible	Faible	Faible, précautions à prendre au couplage direct	Faible	Faible	Faible
Harmoniques tension et courant	Elevé	Modéré	Modéré	Modéré	Modéré	Faible	Elevé	Elevé
Facteur de puissance	Faible	Faible	Modéré	Modéré	Faible	Modéré	Faible	Elevé
Nombre de démarrages possibles	Limité	2 à 3 fois plus qu'en direct	3 à 4 fois plus qu'en direct	3 à 4 fois plus qu'en direct	3 à 4 fois plus qu'en direct	2 à 3 fois plus qu'en direct	Limité	Elevé
Couple disponible	Env 2.5 C_n	0.2 à 0.5 C_n	2 C_n	C_n	Env 0.5 C_n	Env 2 C_n	Env 0.5 C_n	1.5 à 2 C_n
Sollicitation thermique	Très importante	Importante	Modérée	Importante	Modérée	Modérée	Modérée	Faible
Chocs mécanique	Très élevé	Modéré	Modéré	Modéré	Modéré	Faible	Modéré	Faible
Type de charge recommandée	Toutes	A vide	Couple croissant	Pompes et ventilateurs	Pompes et ventilateurs	Toutes	Pompes et ventilateurs	Toutes
Charges à forte inertie	Oui*	Non	Non	Non	Non	Oui	Non	Oui

NB :

Pour le démarrage des moteurs asynchrones monophasés, consulter le site :
<https://www.usinages.com/attachments/demarrage-protection-moteurs-pdf>

5.3.1- Démarrage-Arrêt semi-automatique des moteurs triphasés asynchrones

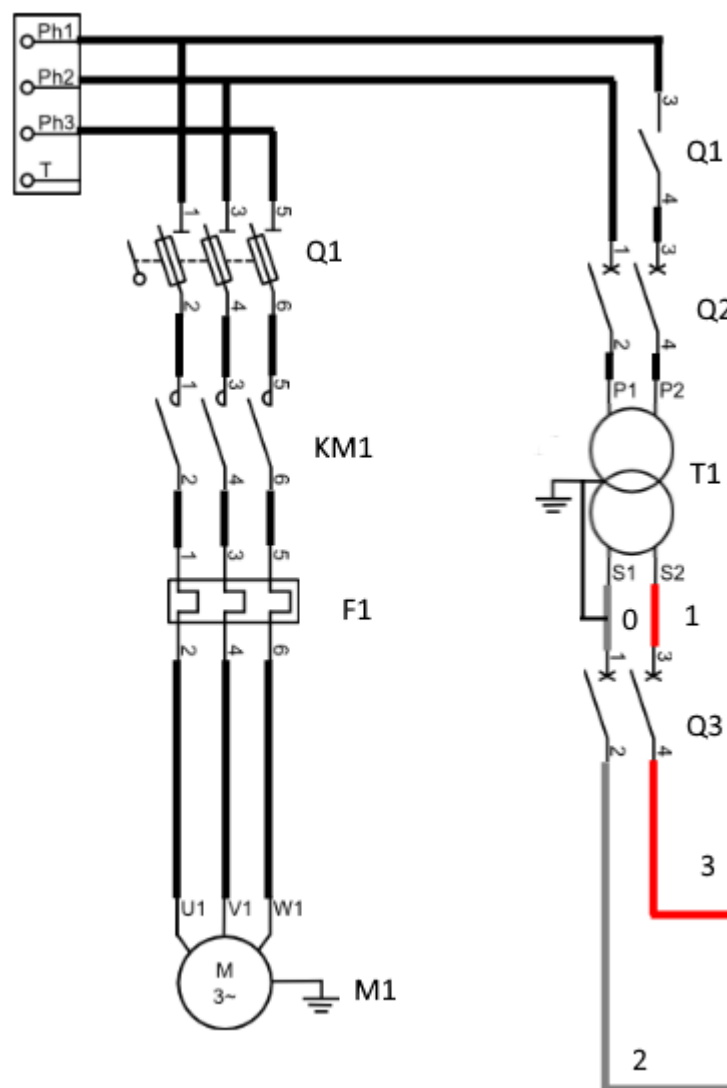
a) Direct d'un moteur à 1 sens de rotation

Les schémas suivants permettent d'alimenter un moteur asynchrone triphasé directement sur le réseau. Le moteur est commandé par un bouton marche et un bouton d'arrêt, l'arrêt est prioritaire. Le schéma de puissance est constitué principalement d'un sectionneur, d'un contacteur et d'un relais thermique.

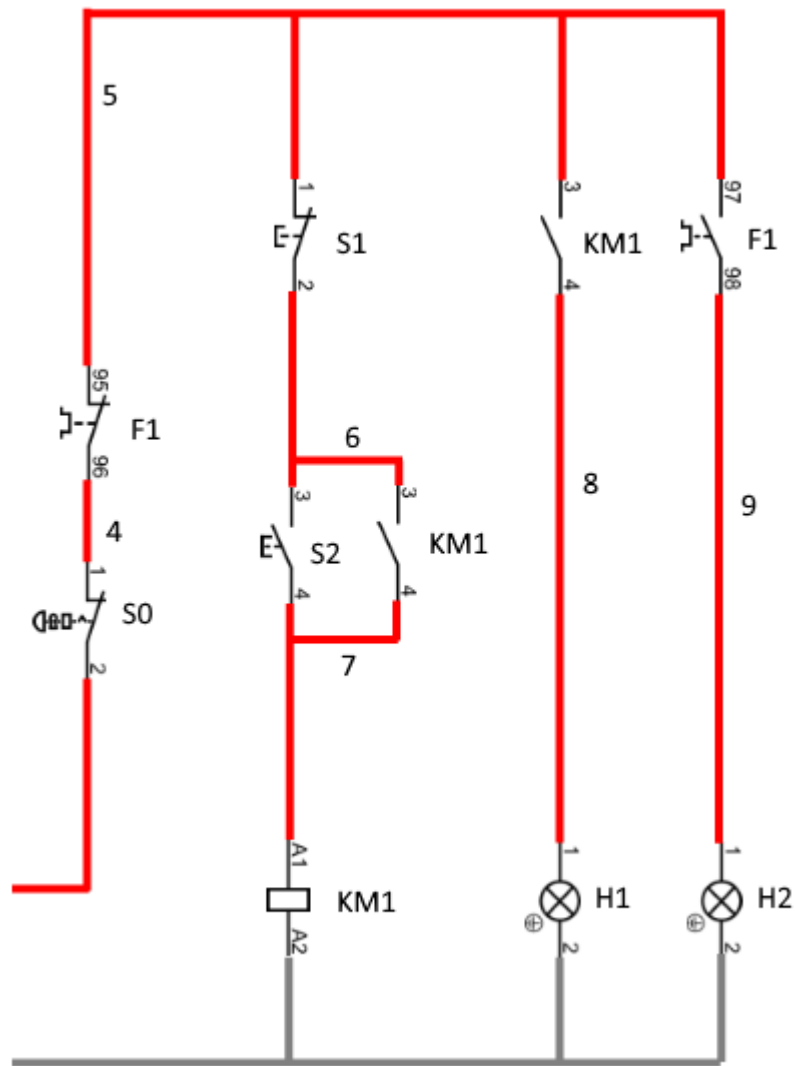
Dans le cas d'une partie commande en basse tension comme montré sur le schéma de commande, il faut ajouter un transformateur (mono 230V ou mono 400V) et ses protections. Ce montage est aussi équipé de voyants (optionnels).

- Schéma de puissance.
- Schéma de commande.

1) Schéma de puissance :



2) Schéma de commande :



b) Démarrage direct d'un moteur à 2 sens de rotation

Les schémas suivants permettent d'alimenter un moteur asynchrone triphasé directement sur le réseau. Le moteur est commandé par un bouton marche avant, un bouton marche arrière et un bouton d'arrêt, l'arrêt est prioritaire.

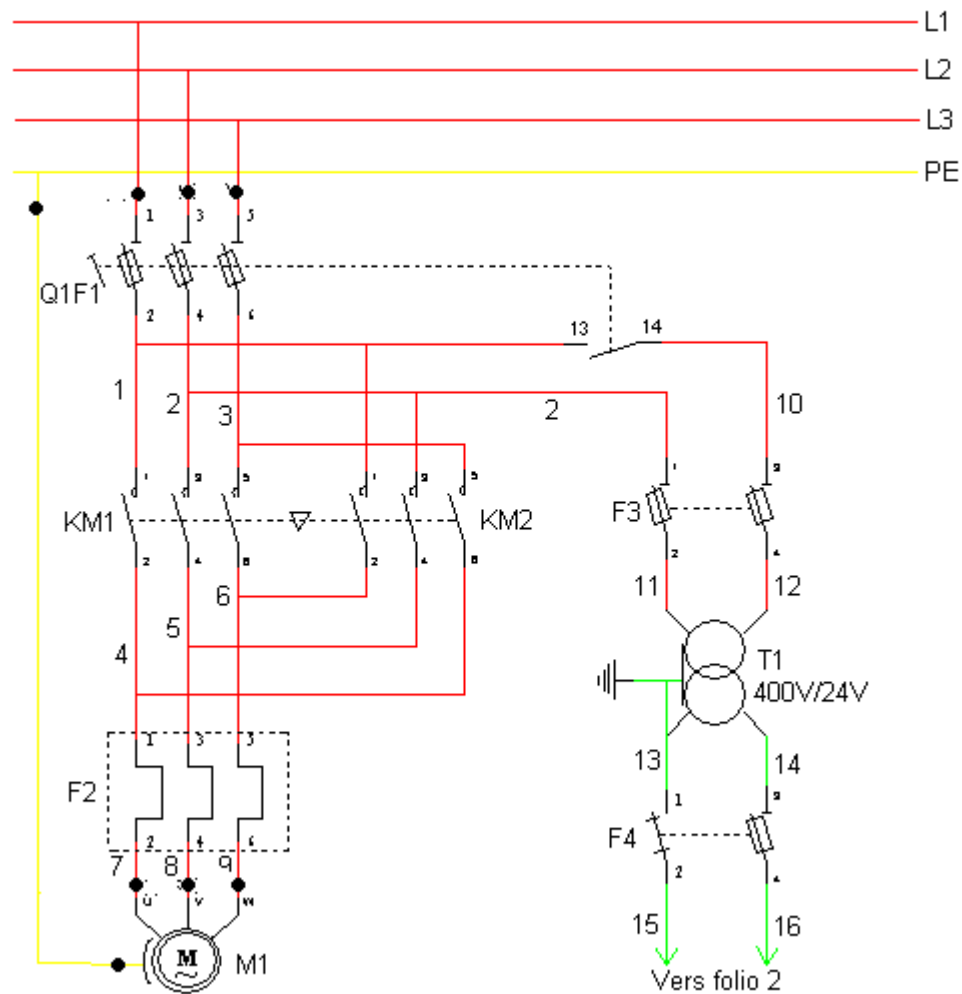
Le schéma de puissance est constitué principalement d'un sectionneur, de deux contacteurs équipés d'inter-verrouillage et d'un relais thermique.

Dans le cas d'une partie commande en basse tension comme montré sur le schéma de commande, il faut ajouter un transformateur (mono 230V ou mono 400V) et ses protections. Ce montage est aussi équipé de voyants (optionnels).

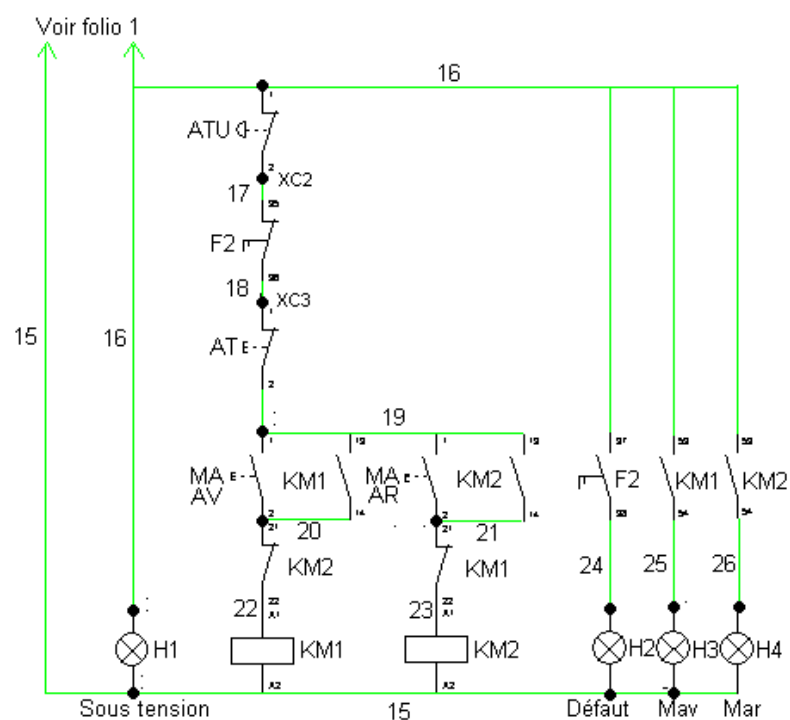
- Schéma de puissance.
- Schéma de commande.

1) Schéma de puissance :

Réseau triphasé
3x400V 50Hz



2) Schéma de commande :



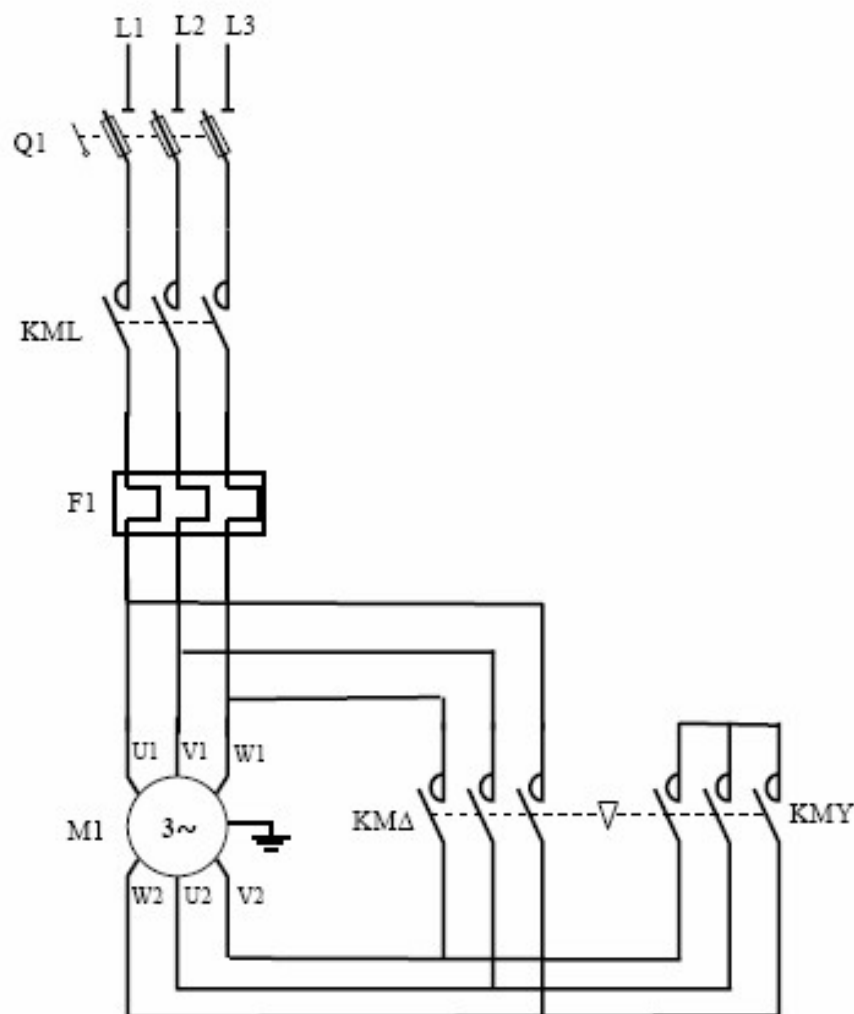
c) Démarrage étoile/triangle (de plus de 5 CV (4 KW))

Les schémas suivants permettent d'alimenter un moteur asynchrone triphasé d'une puissance importante nécessitant ce type de démarrage, qui permet de limiter le courant d'appel au démarrage. Le moteur est commandé par un bouton marche et un bouton d'arrêt, l'arrêt est prioritaire. Le schéma de puissance est constitué principalement d'un sectionneur, de trois contacteurs et d'un relais thermique.

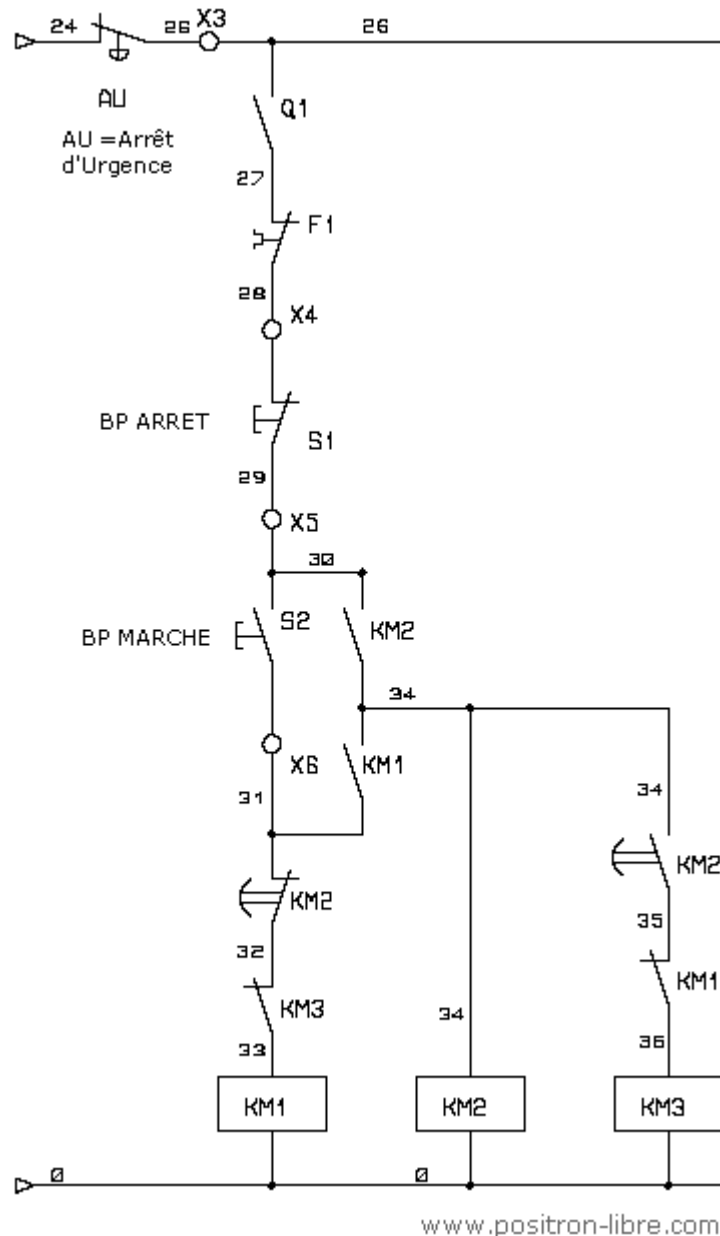
Dans le cas d'une partie commande en basse tension comme montré sur le schéma de commande, il faut ajouter un transformateur (mono 230V ou mono 400V) et ses protections. Ce montage est aussi équipé de voyants (optionnels).

- Schéma de puissance.
- Schéma de commande.

1) Schéma de puissance :



2) Schéma de commande :



La commande est effectuée par des boutons poussoirs momentanés (S1 et S2).

Une impulsion sur le bouton poussoir MARCHE (S2) met la bobine du contacteur étoile (KM1) sous tension et ferme son contact ; ce dernier alimente KM2 le contacteur de ligne. Le contact KM2 étant maintenant fermé, il auto alimente la bobine KM2, démarre le cycle de la temporisation et permet l'auto maintien du contacteur KM1. Nous pouvons noter qu'un contact de KM1 interdit la mise sous tension de KM3.

Dans cette phase **le moteur est couplé en étoile** et prend de la vitesse.

La temps pré-réglé du dispositif de temporisation s'écoule et les contacts de la temporisation se déclenchent.

La bobine KM1 n'est plus alimentée (le contact NC temporisé KM2 s'ouvre) et de ce fait autorise l'alimentation de KM3 conjointement avec le contact NO de temporisation KM2.

KM3 s'enclenche et permet au **couplage triangle** d'être effectif.

Nous pouvons noter qu'un contact de KM3 interdit la mise sous tension de KM1 (ce dispositif est un ou exclusif appelé verrouillage électrique).

Une impulsion sur le bouton poussoir S1 (BP ARRÊT) arrête le moteur.

Comment choisir les matériels ?

Le choix des appareillages est principalement réalisé en fonction du moteur. Il faudra calculer le courant qui traversera les appareillages en cherchant le courant nominal du moteur, ou bien en utilisant sa puissance utile, dans ce cas il faut diviser cette puissance par le rendement du moteur et utiliser la formule :

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

Une fois le courant calculé il ne reste plus qu'à choisir dans un catalogue les deux contacteurs qui doivent posséder un inter-verrouillage entre-eux, c'est à dire une protection mécanique pour éviter l'appui sur les deux contacteurs en mêmes temps, ils sont vendus en bloc, les auxiliaires des contacteurs à choisir en fonction du nombre de contact souhaité, le relais thermique réglé en fonction du courant triangle.

Il faut aussi dimensionner le transformateur en fonction de la puissance nécessaire en additionnant les courants : d'appel du contacteur et les voyants. Il suffit alors d'utiliser la formule :

$$S = U \times I \text{ ou } I = S / U$$

Une fois la puissance du transformateur choisie, il faut calculer les fusibles en conséquence, toujours en utilisant la formule $S = U \times I$.

Les fusibles seront du type aM au primaire, gI au secondaire. En dernier lieu on pourra calculer le calibre des fusibles du sectionneur (type aM).

5.3.2- Démarrage-Arrêt semi-automatique des moteurs triphasés synchrones

Si nous appliquons une tension triphasée alternative sur un moteur synchrone et que nous l'excitons, nous remarquerons que le moteur ne se mettra pas en rotation. Nous savons que si le décalage angulaire entre les deux champs est supérieur à **90°**, nous avons **décrochage**. Hors au démarrage, le champ statorique est à vitesse du synchronisme de façon instantanée ce qui empêchera tout accrochage. **Il nous faut donc amener la vitesse du rotor à une vitesse proche de celle du synchronisme pour permettre un accrochage du champ rotorique sur le champ statorique.**

a) Utilisation d'un moteur auxiliaire :

On entraîne le moteur synchrone à une vitesse de rotation à peine inférieure à celle du synchronisme au moyen d'un **moteur asynchrone** de faible puissance. Le moteur synchrone est couplé au réseau lorsque sa vitesse s'est stabilisée.

b) Utilisation d'une excitatrice

On alimente dans ce cas l'excitatrice accouplée au moteur synchrone en vue de fournir à ce dernier la tension continue ce revient à faire tourner cette excitatrice en moteur. Quand la vitesse voulue est atteinte, on déconnecte l'alimentation de l'excitatrice par exemple d'un jeu de batterie, on alimente le stator du moteur et connecte l'excitatrice sur l'inducteur du moteur synchrone.

c) Démarrage en asynchrone synchronisé

Nous réalisons dans ce cas le court-circuit du rotor. Nous savons que à l'arrêt les conducteurs rotoriques vont voir une variation de flux et donc engendrer des FEM qui sur un court circuit vont pousser des courants dans les enroulements du rotor. Noter que les FEM et les courants seront ici alternatif. Je peux donc voir que les courants rotoriques vont induire des flux qui en association vont créer un champ tournant rotorique sur le même principe que pour le stator. Les deux champs vont

ainsi pouvoir s'accrocher entre eux et mettre le rotor en rotation. Un fois la vitesse du synchronisme proche, on retire le court circuit du rotor et on injecte la tension continue.

5.3.2- Démarrage-Arrêt automatique des moteurs triphasés asynchrones par un API

a) Direct d'un moteur à 1 sens de rotation

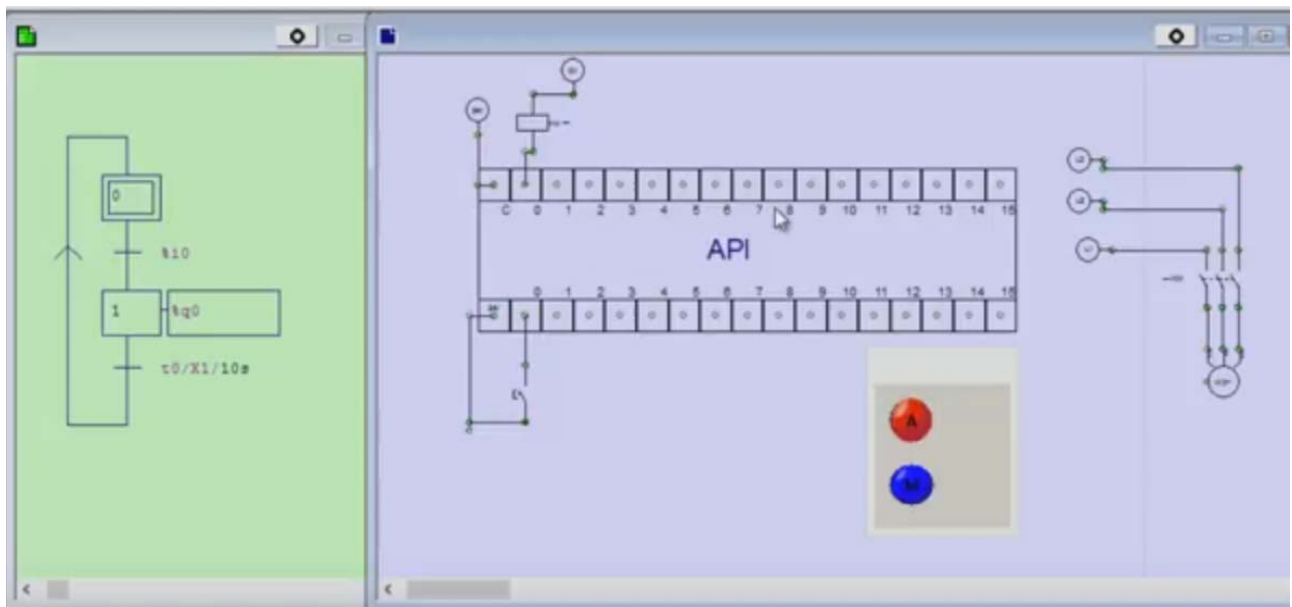
Travail à réaliser :

1. Dans un tableau, identifiez les variables d'entrées/sorties du système :
2. Tracez le grafcet qui décrit le fonctionnement du système.
3. Simulez le grafcet sous le logiciel **Automgen**.
4. A l'aide de l'atelier **Automsim**, Réaliser la simulation des deux circuits (puissance et commande)
5. A l'aide du module **IRIS 2D**, créez un pupitre de visualisation comprenant : Un bouton poussoir Marche et Arrêt ;

Les schémas de grafcet, de commande et de puissance donnés par Automgen8 et AutomSim sont les suivants :

b) Direct d'un moteur à 2 sens de rotation

Par le biais d'un **API**, il est demandé de démarrer un moteur asynchrone triphasé dans 2 sens de rotation, par un bouton poussoir **S1** pour le sens 1, par un bouton poussoir **S2** pour le sens 2 et un bouton poussoir **S0** pour l'arrêt



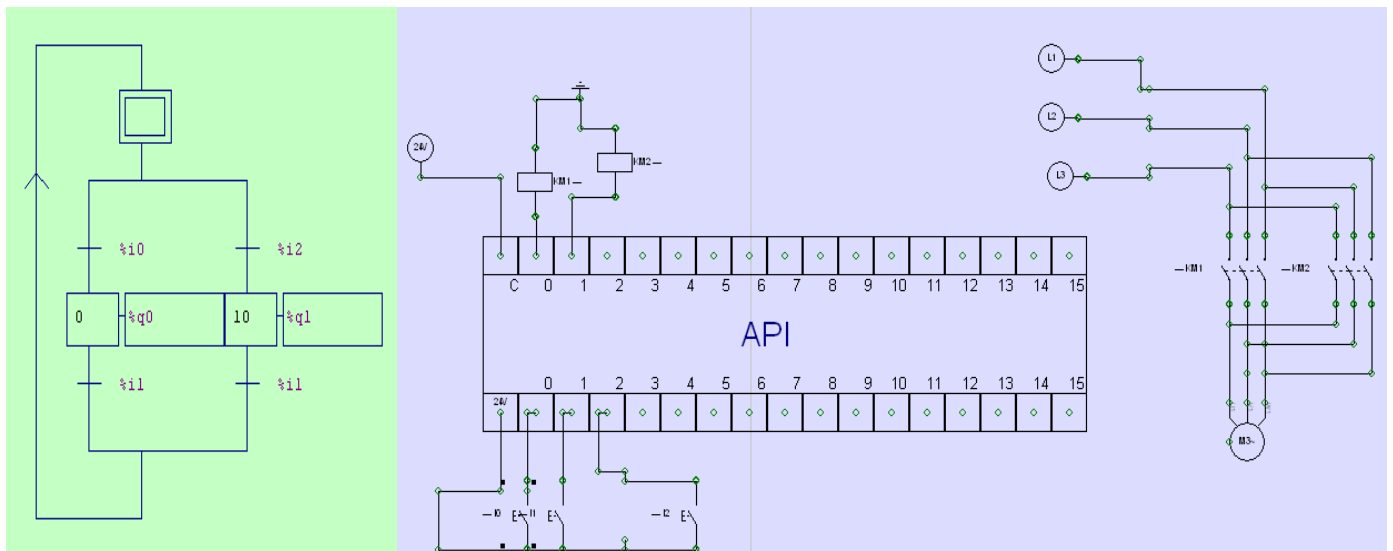
Dans cet exercice, on veut réaliser une simulation pour un démarrage direct à 2 sens de rotation d'un moteur triphasé au moyen de **logiciel Automgen**, À l'aide d'un : 1 - API, 2- Moteur triphasé, 3- 2 Contacteurs de puissance KM1 et KM2, et 4 – Boutons → marche sens 1 et sens 2 et arrêt.

Ce Matériel (API, Moteur....) est disponible dans l'atelier **Automsim** dans logicielle **Automgen**.

Travail à réaliser :

1. Identifiez les variables d'entrées/sorties du système sous forme d'un tableau :
2. Tracez le grafcet qui décrit le fonctionnement du système.
3. Simuler le grafcet sous le logiciel **Automgen**.
4. A l'aide de l'atelier **Automsim** , Réaliser la simulation en deux dimension.
5. A l'aide du module **IRIS 2D**, créez un pupitre de visualisation comprenant : Un bouton poussoir Marche et Arrêt ;

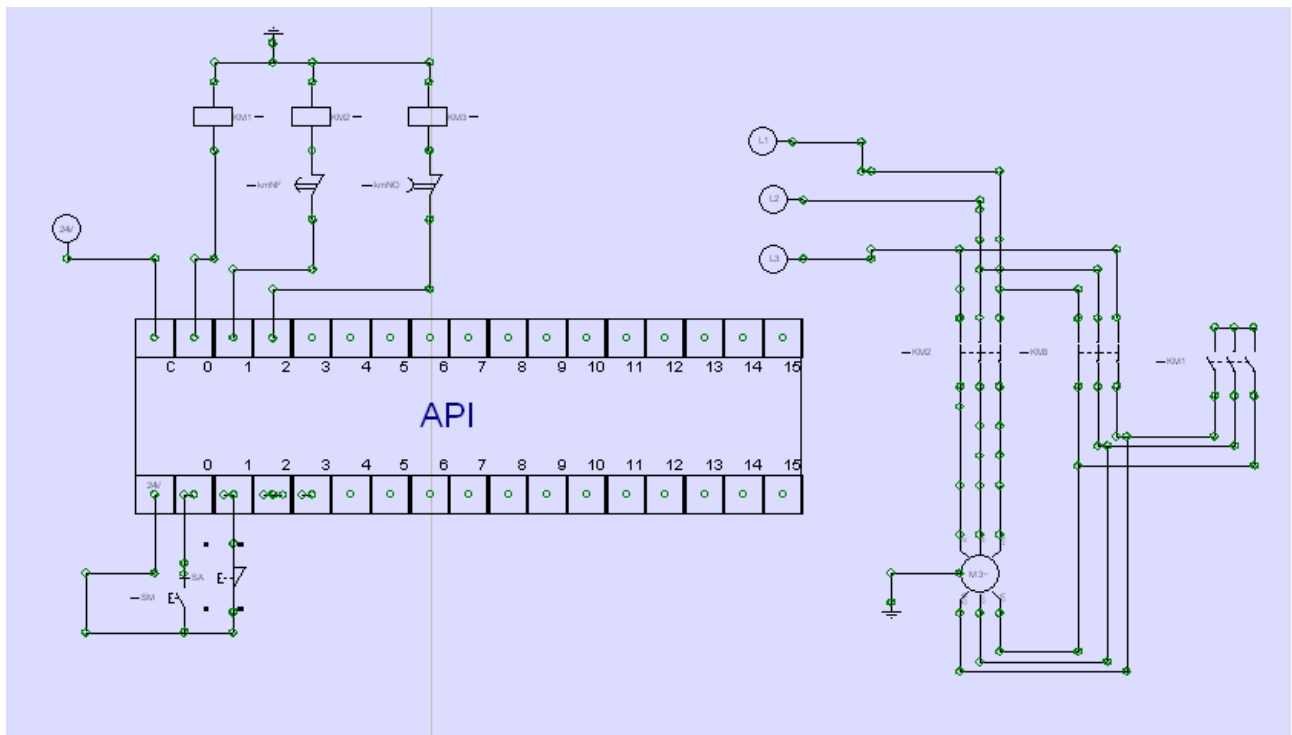
Les schémas de grafcet, de commande et de puissance donnés par Automgen8 et AutomSim sont les suivants :



c) Démarrage étoile/triangle

PO→ Le circuit d'alimentation du moteur est câblé physiquement dans la configuration habituelle pour la connexion étoile-triangle (Y-Δ) → TP3. Il y a 3 contacteurs magnétiques utilisés dans le circuit d'alimentation, le contacteur magnétique principal est directement relié à la borne de l'enroulement primaire du moteur U1-V1-W1, tandis que les contacteurs magnétiques étoile et triangle sont reliés à la borne de la bobine secondaire du moteur U2- V2-W2.

PC→ Le circuit de commande, indiquant la séquence de commutation du moteur, n'est pas physiquement câblé, mais plutôt construit dans le programme interne de l'automate avec les boutons pousser de démarrage et d'arrêt et le contacteur thermique externe connecté aux bornes des entrées de l'API avec I0 pour le bouton-poussoir de démarrage , I1 pour le bouton-poussoir arrêt et I2 pour l'interrupteur thermique, A noter que les trois relais auxiliaires correspondant à chacun des trois contacteurs magnétiques internes dans l'automate avec Q0 pour la bobine de relais Contacteur principal, Q1 pour le Contacteur étoile et Q2 pour le Contacteur Triangle.

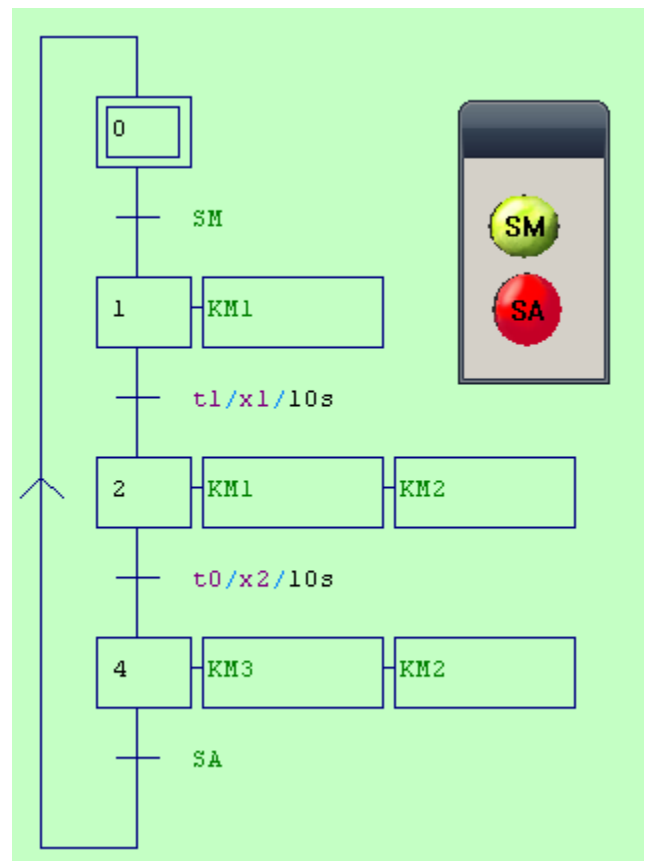


Circuits : PO et PC à base d'un API (ex. : SR3B261BD)

Programmation du Circuit de commande

En se référant à la Figure ci-dessus, l'alimentation électrique du circuit est constituée par un transformateur abaisseur de 440 à 220 volts pour alimenter une tension alternative pour alimenter l'automate programmable et pour la bobine d'excitation des contacteurs magnétiques. Un autre transformateur abaisseur 220 volts à 24 volts AC est inclus et un redresseur pour obtenir 24 volts DC pour fournir 24 Volts DC tension d'alimentation à la bobine d'excitation des relais. Les points de contact normalement ouverts isolés de ces relais servent des contacts de commutation pour alimenter successivement les bobines de chacun des trois contacteurs magnétiques.

Toutes les fonctions de commutation séquentielle du circuit de commande sont manipulées par le programme interne construit à l'intérieur de la mémoire de l'automate, qui est facile à faire en dessinant le schéma de câblage de la séquence logique en utilisant l'éditeur de programmation Automgen.



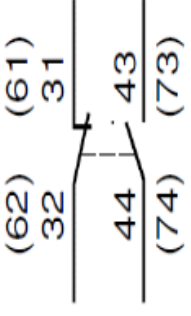
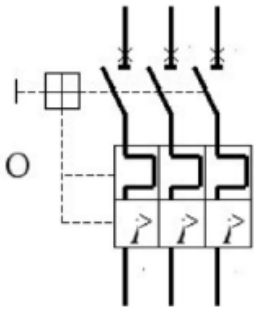
5.4- Automatisation du processus de protection électromagnétique/ thermique des moteurs électriques

5.4.1- Rappel

Disjoncteur

C'est un appareil de **protection** qui comporte deux relais, relais magnétique qui protège contre les **courts circuits** et un relais thermique qui protège contre les **surcharges**.

Les disjoncteurs sont conçus pour ouvrir et fermer manuellement le circuit d'un moteur et pour ouvrir le circuit automatiquement si le courant dépasse une limite prédéterminée. On peut

		
Images	Symbole dans le circuit de commande	Symbole dans le circuit de puissance

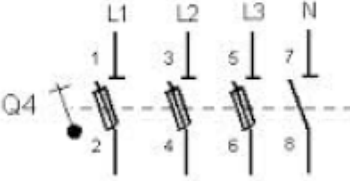
réenclencher le disjoncteur après une ouverture anormale. Souvent, on utilise le disjoncteur manuel au lieu d'un sectionneur

Sectionneur

Le sectionneur a pour but de mettre **hors tension** tout ou partie d'une installation en **isolant** de toute source d'énergie.

Il se manœuvre à vide (installation éteinte). Le **sectionneur**, à la différence du **disjoncteur**, qu'il **n'a pas de pouvoir de coupure**, ce n'est pas un interrupteur, ce sont les **fusibles** qui coupent en cas de **court circuit**. Les fusibles ont un type aM, un calibre et une taille adaptée au sectionneur.

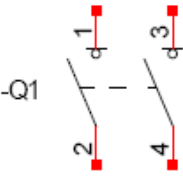
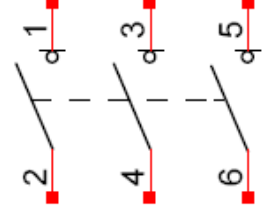
Il est impératif d'arrêter l'équipement aval pour éviter une ouverture en charge. Dans le cas contraire de graves brûlures pourraient être provoquées, liées à un arc électrique provoqué par

		
Images	Symbole dans le circuit de commande	Symbole dans le circuit de puissance

l'ouverture.

Interrupteur sectionneur

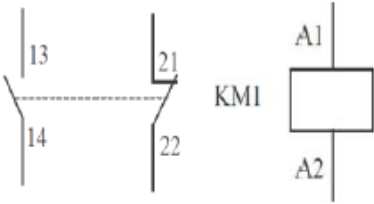
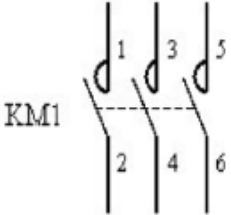
Il a **un pouvoir de coupure**, il peut être manipulé en charge.

		
Images	Symbole dans le circuit de commande	Symbole dans le circuit de puissance

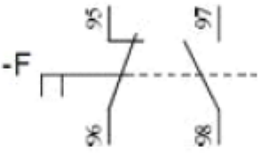
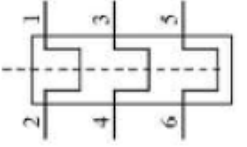
NB :

Le **Contacteur**, qui assure la fonction de commutation. Il permet de fermer ou d'ouvrir un circuit électrique de puissance en charge et à distance ; où ; lorsque la bobine du contacteur est alimenté les contacts de la **partie puissance** et ceux de **la partie commande** changent d'état simultanément. L'ouverture et la fermeture des contacts s'effectuent grâce à un circuit électromagnétique (voir **les préactionneurs ch2**).

Relais Thermique

		
Images	Symbole dans le circuit de commande	Symbole dans le circuit de puissance

Le relais thermique assure la protection du moteur **contre les surcharges électriques**. Cet appareil **s'échauffe** légèrement par le courant du moteur (effet joules sur **3 bilames**). Au-delà d'une valeur prérégulée, **un contact interne s'ouvre et coupe la bobine du contacteur → Arrêt et un autre se ferme pour allumer, par exemple, une lampe indicateur.**

		
Images	Symbole dans le circuit de commande	Symbole dans le circuit de puissance

5.4.2- Catégories de démarrage des moteurs

On distingue, 4 catégories, selon le nombre des éléments (**appareillages**) de protection et de commande employés :

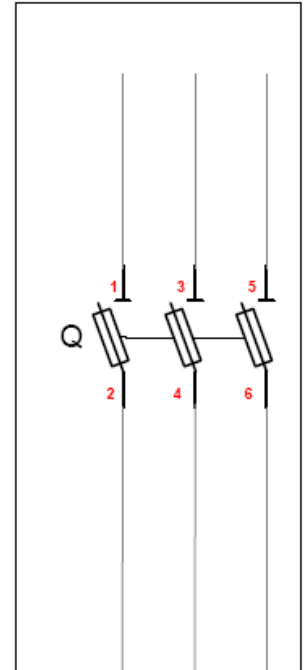
i) Démarrage à 4 éléments (appareillages)



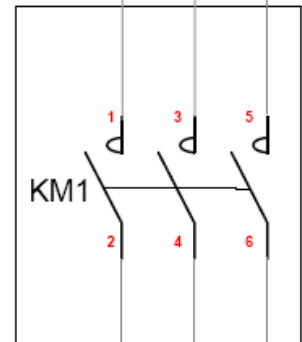
le sectionneur	oui	non		
a un pouvoir de coupure		☒		
lutte contre les surcharges		☒		
lutte contre les brutales surintensités		☒		
lutte contre les court-circuits		☒		
protège les personnes	☒			
protège les biens et lignes		☒		



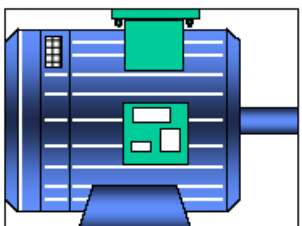
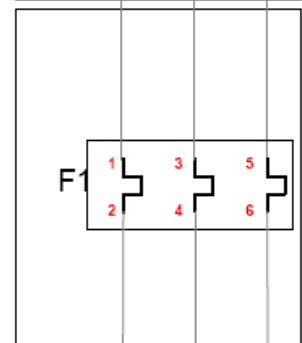
le sectionneur + fusibles	oui	non		
a un pouvoir de coupure	☒			
lutte contre les surcharges		☒		
lutte contre les brutales surintensités	☒			
lutte contre les court-circuits	☒			
protège les personnes	☒			
protège les biens et lignes	☒			



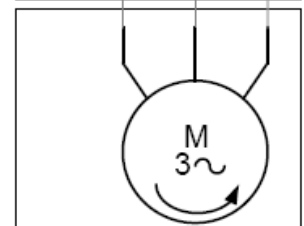
le contacteur moteur	oui	non		
a un pouvoir de coupure	☒			
lutte contre les surcharges		☒		
lutte contre les brutales surintensités		☒		
lutte contre les court-circuits		☒		
protège les personnes		☒		
protège les biens et lignes		☒		



le relais thermique	oui	non		
a un pouvoir de coupure	☒			
lutte contre les surcharges	☒			
lutte contre les brutales surintensités		☒		
lutte contre les court-circuits		☒		
protège les personnes		☒		
protège les biens et lignes	☒			



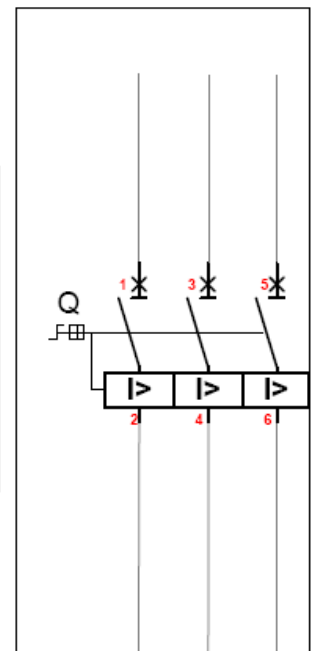
le moteur industriel	oui	non		
transforme l'énergie électrique en énergie mécanique				



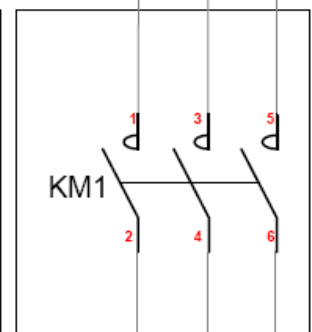
ii) Démarrage à 3 éléments (appareillages)



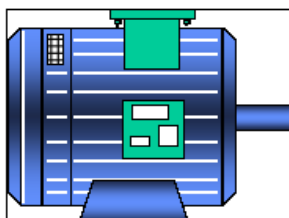
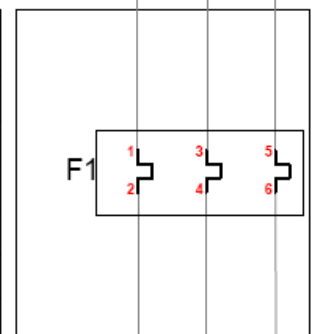
le disjoncteur	oui	non		
a un pouvoir de coupure	☒	☐	☐	☐
lutte contre les surcharges	☐	☒	☐	☐
lutte contre les brutales surintensités	☒	☐	☐	☒
lutte contre les court-circuits	☒	☐	☐	☒
protège les personnes	☒	☐	☐	☒
protège les biens et lignes	☒	☐	☐	☒



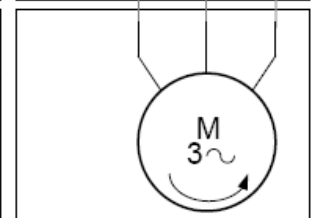
le contacteur moteur	oui	non		
a un pouvoir de coupure	☒	☐	☐	☐
lutte contre les surcharges	☐	☒	☐	☐
lutte contre les brutales surintensités	☐	☒	☐	☐
lutte contre les court-circuits	☐	☒	☐	☐
protège les personnes	☐	☒	☐	☐
protège les biens et lignes	☐	☒	☐	☐



le relais thermique	oui	non		
a un pouvoir de coupure	☒	☐	☒	☐
lutte contre les surcharges	☒	☐	☒	☐
lutte contre les brutales surintensités	☐	☒	☐	☐
lutte contre les court-circuits	☐	☒	☐	☐
protège les personnes	☐	☒	☐	☐
protège les biens et lignes	☒	☐	☒	☐



le moteur industriel
transforme l'énergie électrique en énergie mécanique



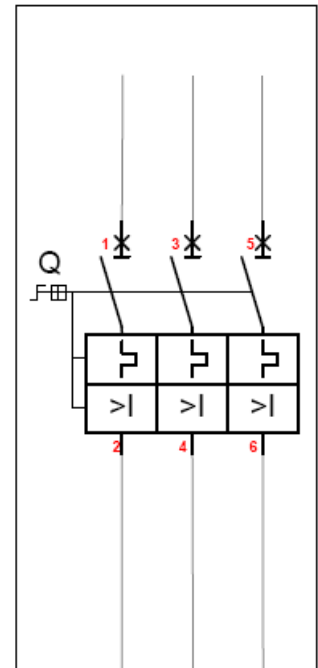
iii) Démarrage à 2 éléments (appareillages)



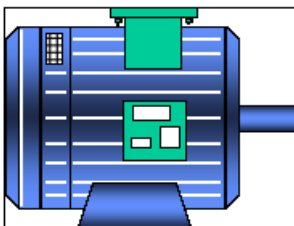
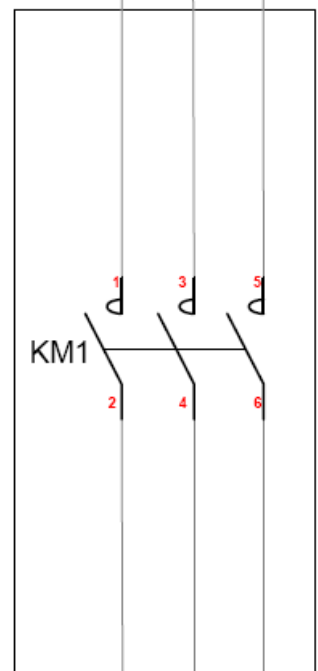
disjoncteur magnéto-thermique	oui	non		
a un pouvoir de coupure	☒	☐	☒	☐
lutte contre les surcharges	☒	☐	☒	☐
lutte contre les brutales surintensités	☒	☐	☒	☐
lutte contre les court-circuits	☒	☐	☒	☐
protège les personnes	☒	☐	☒	☐
protège les biens et lignes	☒	☐	☒	☐

Le disjoncteur **magnéto-thermique** associe dans un même appareil le dispositif **bilame** et le dispositif **magnétique**. Il est donc capable d'interrompre tous les défauts de la **surcharge** jusqu'au **court-circuit** par **ouverture du circuit**.

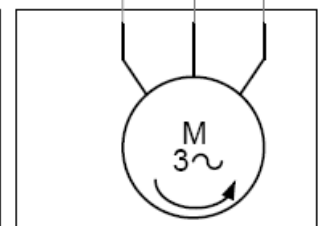
puissance allant de 0,37 kW jusqu'à 110 kW pour une tension maximale de 690 V.



le contacteur moteur	oui	non		
a un pouvoir de coupure	☒	☐	☒	☐
lutte contre les surcharges	☐	☒	☐	☐
lutte contre les brutales surintensités	☐	☒	☐	☐
lutte contre les court-circuits	☐	☒	☐	☐
protège les personnes	☐	☒	☐	☐
protège les biens et lignes	☐	☒	☐	☐



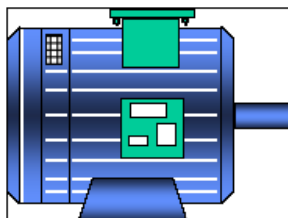
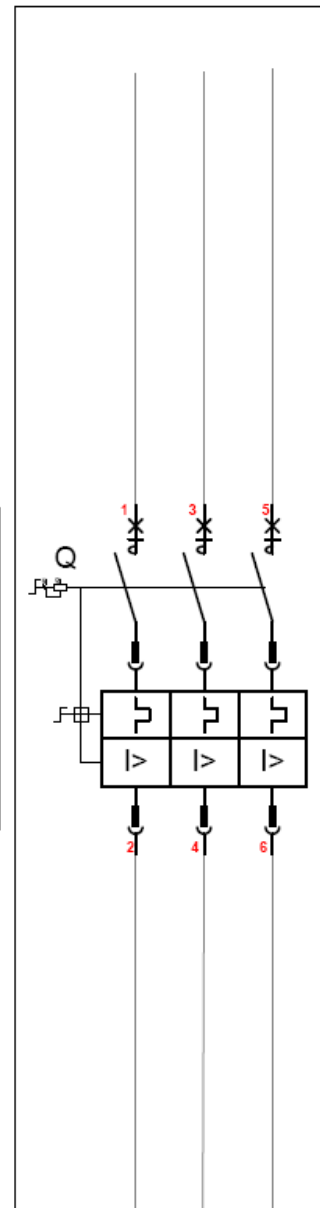
le moteur industriel
transforme l'énergie électrique en énergie mécanique



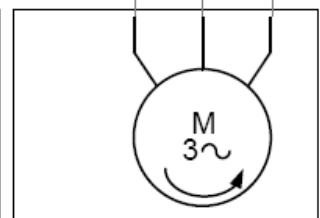
iv) Démarrage à un élément (appareillage)



bloc intégral	oui	non		
a un pouvoir de coupure				
lutte contre les surcharges				
lutte contre les brutales surintensités				
lutte contre les court-circuits				
protège les personnes				
protège les biens et lignes				



le moteur industriel
transforme l'énergie électrique en énergie mécanique



Bloc intégral, parfois nommé **démarreur automatique** est constitué de de **trois parties** :

- 1- un **contacteur** possédant un électro-aimant, trois contacts de puissance et un contact auxiliaire ;
- 2- un **relais de protection thermique** à trois pôles servant à protéger le moteur contre les surcharges. A ce moment, la chaleur est transmise au relais par l'entremise de trois éléments chauffants branchés en série avec le moteur.

3- un disjoncteur peut compléter l'équipement pour assurer la protection contre les courts-circuits.

La protection des moteurs est une fonction essentielle pour la continuité du fonctionnement des machines. Le choix du dispositif de protection doit être fait avec rigueur. L'utilisateur aura tout intérêt à sélectionner les dispositifs intégrant une électronique de communication pour anticiper et prévenir les éventuels défauts. La recherche d'anomalies et la rapidité de remise en route seront ainsi grandement améliorées.

Le rôle de ces dispositifs est d'assurer en priorité la **protection automatique** des moteurs contre tous les incidents susceptibles d'en perturber le fonctionnement, mais aussi d'effectuer sur commande les différentes opérations qui permettent de modifier la configuration du réseau dans les conditions normales de service.

On peut conclure d'après les schémas précédents, qu'il y a deux types de protection :

- a) **la protection contre les courts-circuits** : les installations et les récepteurs peuvent être le siège d'incidents électriques ou mécaniques se traduisant par une élévation rapide et importante du courant absorbé. Un courant supérieur de 10 à 13 fois le courant nominal est un courant de défaut. Il est assimilé à un courant de court-circuit. Afin d'éviter la détérioration des installations et des appareillages, les perturbations sur le réseau d'alimentation et les risques d'accidents humains, il est indispensable de détecter ces courts-circuits et d'interrompre rapidement le circuit concerné.
- b) **la protection contre les surcharges** : les surcharges mécaniques et les défauts des réseaux d'alimentation sont les causes les plus fréquentes de la surcharge supportée par les récepteurs (moteurs). Ils provoquent une augmentation importante du courant absorbé, conduisant à un échauffement excessif du récepteur, ce qui réduit fortement sa durée de vie et peut aller jusqu'à sa destruction.

Automatisation du processus de protection des moteurs électriques:

i) Electromagnétique :

- a) *Peut être assurée par les éléments (appareillages) électromagnétiques déjà cités, branchés ou raccordés, entre eux, d'une manière appropriée → semi-automatique du démarrage ;*
- b) *Si on ajoute, un API, qui doit commander le champ électromagnétique des bobines des différents contacteurs, nous obtiendrons → l'automatisation 'complète' du démarrage.*

NB : l'ajout d'un API ne contribue pas à la protection.

ii) Thermique :

La présence de l'élément (appareillage) de protection thermique (relais thermique ou le disjoncteur magnéto-thermique ou le bloc intégral) représente le seul protecteur du moteur. Reste à mentionner, que le relais thermique fonctionne associé au contacteur (bobine).

Alors, les moteurs électriques de puissances inférieures à **15 kW** sont protégés d'une manière générale contre les **surcharges** et les **court-circuits** entre phases par l'intermédiaire des dispositifs suivants :

- * Bloc intégral → Contacteur, disjoncteur et protections.
- * Disjoncteur magnéto-thermique type « Moteur » + Contacteur.
- * Sectionneur - fusible + Contacteur + Relais thermique.
- * Disjoncteur + Contacteur + Relais thermique.

Les fusibles utilisés ont été spécialement mis au point pour être associés aux moteurs ex :

- Intensité pouvant être supportée sans fondre pendant 1 heure : $4 I_n$
- Temps de fusion sous $7 I_n$: 5 s

Les disjoncteurs ont un pouvoir de coupure qui leur permettent de couper le courant de court circuit, leur temps de coupure (fonctionnement de la protection + ouverture des contacts + extinction de l'arc) sont très faibles (en général inférieurs à 30 ms).

Les contacteurs ont un pouvoir de coupure limité qui ne leur permettent pas de couper le courant de court-circuit.

Les moteurs électriques de puissances supérieures à 15 kW sont protégés d'une manière plus complète.

NB :

Tout **équipement** ou **système électrique** doit être doté d'un **appareil de protection** des **personnes (disjoncteur ou interrupteur)** suivant le schéma de liaison **à la terre** auquel il est soumis. Les protections des biens et matériels sont dimensionnés en fonction des récepteurs à alimenter.

Annexe

Raccordement du relais thermique avec le contacteur :

Un contact interne, du relais thermique, s'ouvre et coupe la bobine du contacteur → Arrêt et un autre se ferme pour allumer, par exemple, une lampe indicateur de la panne, comme l'expliquent les schémas suivants :

