

Chapitre 5 : Élaboration des schémas électriques

L'installation électrique, plus que toute autre installation, réclame savoir-faire et maîtrise. Les règles de sécurité inhérentes à la mise en place de câbles électriques et accessoires sont drastiques et difficiles à comprendre pour un non-initié. C'est pourquoi ces travaux sont généralement réglementés par des normes et réalisés par un professionnel agréé. Les normes et réglementations d'une installation électrique protègent l'installateur et les utilisateurs. Leur application stricte permet d'équiper rationnellement un local avec du matériel résistant et de grande longévité.

I. Symboles des installations électriques

Pour la réalisation des installations/branchements électriques il faut avoir un schéma électrique qui doit représenter par l'intermédiaire des symboles faciles à reconnaître par tous les intéressés, les connexions à faire et les broches à connecter de toutes les composantes utilisées. C'est pour cela qu'on a été imposé par des normes internationales CEI (Comité International d'Electrotechnique), les modalités de représentation des différents éléments utilisés dans les installations électriques. Comme ça, un schéma une fois conçu, peut être interprété, modifié, et réalisée par un autre personne/collectif sans être nécessaire d'avoir des explications supplémentaires. Voici les principaux symboles utilisés :

APPAREILS DE PRODUCTION ET TRANSFORMATION	APPAREILS DE MESURE	CANALISATIONS	APPAREILS D'UTILISATION
 Générateur  Batterie de piles ou accus  Transformateur  Transformateur triphasé triangle/étoile  Transformateur de courant  Transformateur tore  Auto-transformateur	<p>Indicateurs</p>  Voltmètre  Ampèremètre  Wattmètre  Varmètre  Fréquencemètre <p>Enregistreurs</p>  Compteur d'énergie active (wattheuremètre)  Compteur d'énergie active (varheuremètre)	 Conducteur de phase  Neutre  De protection (terre)  5 conducteurs (3 P + N + T)  Connexion borne  Connexion barrette  Croisement de 2 conducteurs avec connexion  Sans connexion  Dérivation  Boîte de jonction non enterrée	 Lampe d'éclairage (symbole général)  Tube à fluorescence  Moteur  Sonnerie  Résistance  Condensateur  Impédance  Eclairage de sécurité sur circuit spécial  Bloc autonome d'éclairage de sécurité

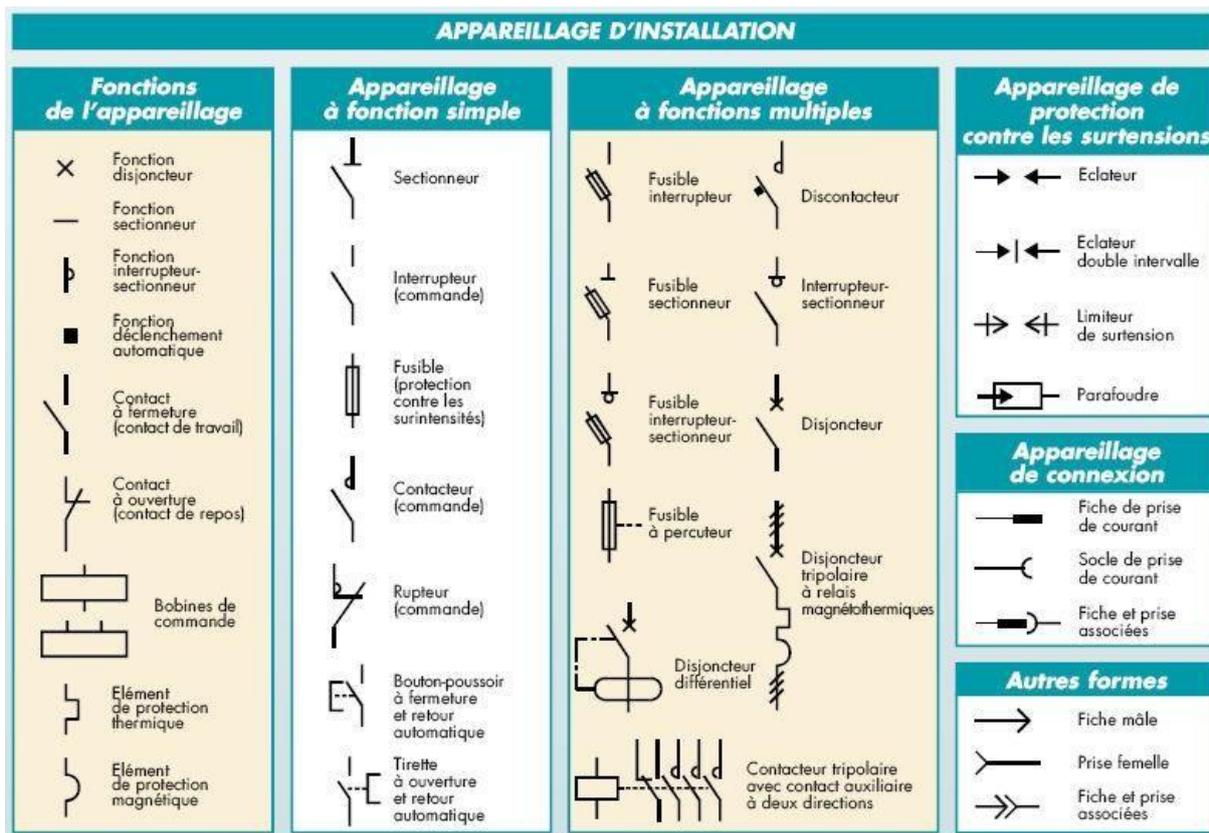


Tableau 4. Tableau des principaux symboles électriques.

II. Classification des schémas selon le mode de représentation

La mise en forme d'un schéma doit tendre vers un objectif de simplification graphique. L'utilisation de ce même schéma doit répondre à un besoin d'information technologique parfois très important. Ces deux facteurs, apparemment contradictoires imposent le choix du mode de représentation graphique le mieux adapté à la nature du problème posé et à la qualification professionnelle de l'utilisateur. Trois facteurs caractérisent le mode de représentation :

- Le nombre de conducteurs ;
- L'emplacement des symboles ;
- La représentation topographique.

II.1. Selon le nombre de conducteurs

Représentation unifilaire

Deux ou plus de deux conducteurs sont représentés par un trait unique. On indique sur ce trait le nombre de conducteurs en parallèle. Cette représentation est surtout utilisée en triphasé.

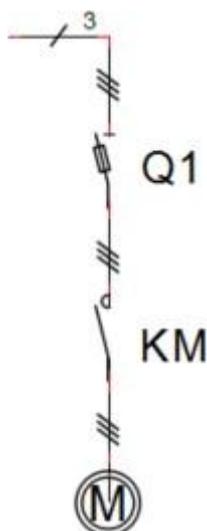


Figure 45. Schéma électrique unifilaire.

Représentation multifilaire

Dans la représentation multifilaire chaque conducteur est représenté par un trait. Si vous avez un dispositif électrique alimenté en triphasé, vous dessinez les trois fils de chaque phase. Cela prend plus de place, mais ça permet de faire figurer les numéros attribués au fils et aux borniers.

C'est aussi le schéma qui permet aux câbleurs de suivre facilement l'avancement de leur tâche de câblage et aux dépanneurs ou agents de maintenance de bien identifier les appareillages et conducteurs associés (ou connectés entre eux).

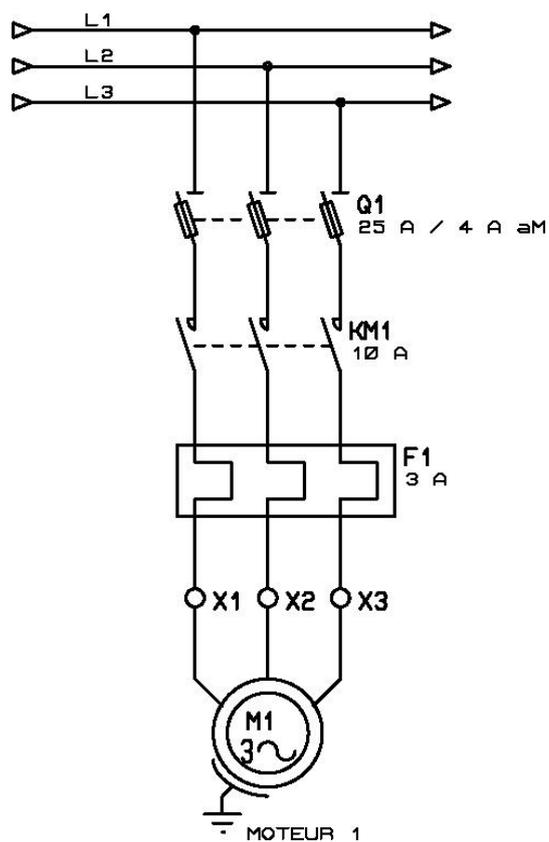


Figure 46. Schéma électrique multifilaire.

II.2. Selon l'emplacement des symboles

Représentation assemblée

Les symboles des différents éléments d'un même appareil, ou d'un même équipement, sont représentés juxtaposés (placer immédiatement l'un à côté de l'autre) sur le schéma.

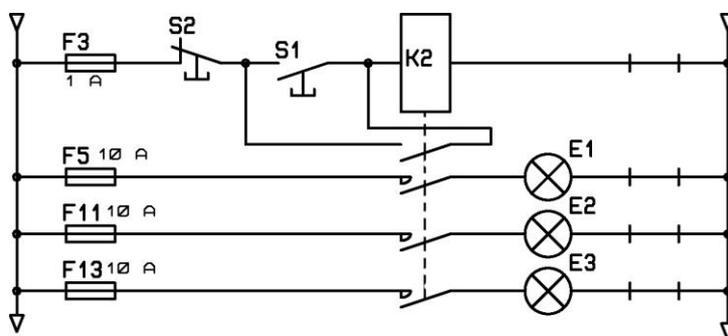


Figure 47. Schéma assemblée.

Représentation rangée

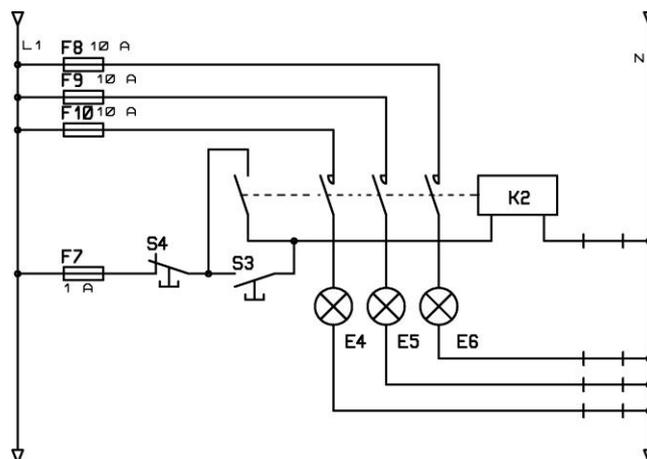


Figure 48. Schéma rangée.

Représentation développée

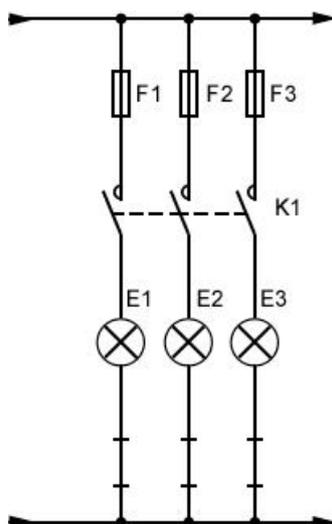


Figure 49. Schéma développé.

II.3. Représentation topographique (architecturale)

La représentation des symboles rappelle la disposition réelle des matériels dans l'espace.

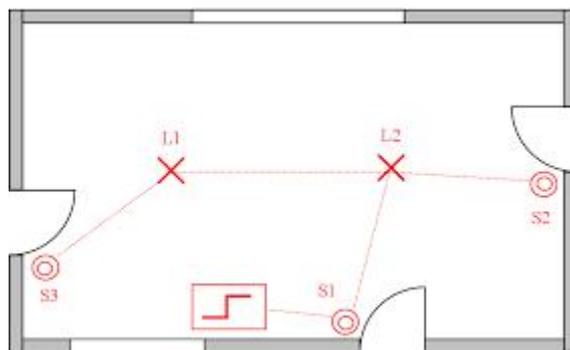


Figure 50. Schéma électrique architectural.

III. Circuit d'éclairage

III.1. Montage simple allumage

Le simple allumage en électricité sert à allumer ou éteindre un point d'éclairage depuis un seul endroit de la pièce (le plus souvent, à l'entrée de la pièce).

Il est donc composé :

- D'un interrupteur type va et vient (même s'il ne s'agit que d'un simple allumage, les interrupteurs portent le nom de va et vient car ils peuvent assurer les deux fonctions).
- D'une ou plusieurs ampoules électriques – aussi appelés point lumineux.

Ce type de montage électrique est adapté à une pièce qui possède une seule entrée, comme une chambre ou un bureau.

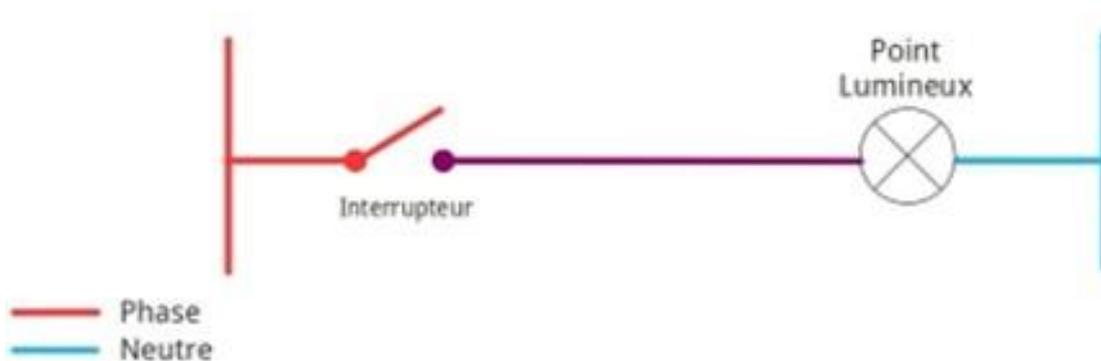


Figure 51. Montages simple allumage.

III.2. Montage double allumage

Ce type de montage est aussi utilisé pour des zones à un seul accès sauf que cette zone est partagée en deux demi zones éclairées séparément.

Le double allumage fonctionne selon le même principe que le simple allumage, mais il permet de commander deux points lumineux à partir d'un interrupteur double. Le schéma qui suit reprend le principe de deux simples allumages.

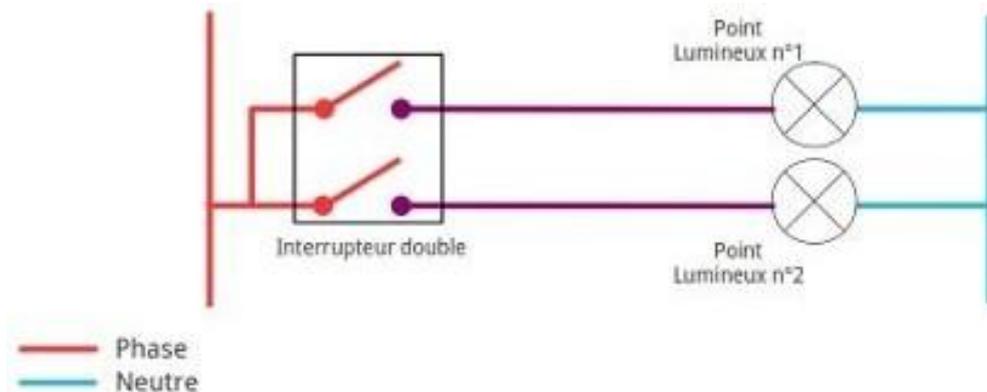


Figure 52. Montages double allumage.

III.3. Montage va-et-vient

Un circuit va-et-vient est un montage électrique qui permet d'éteindre ou d'allumer une ou plusieurs lampes à partir de deux interrupteurs, par exemple un interrupteur à chaque bout d'un couloir pour une même lampe d'éclairage. En particulier, il permet de changer l'état (allumée/éteinte) de la lampe à partir de chacun des interrupteurs et ceci, indépendamment de l'état de l'autre interrupteur. Ce principe de montage est recommandé pour les pièces comportant deux entrées. L'utilisateur peut alors traverser la pièce et commander le fonctionnement de l'ampoule indépendamment de l'endroit où il rentre et sort (d'où le nom de ce montage).

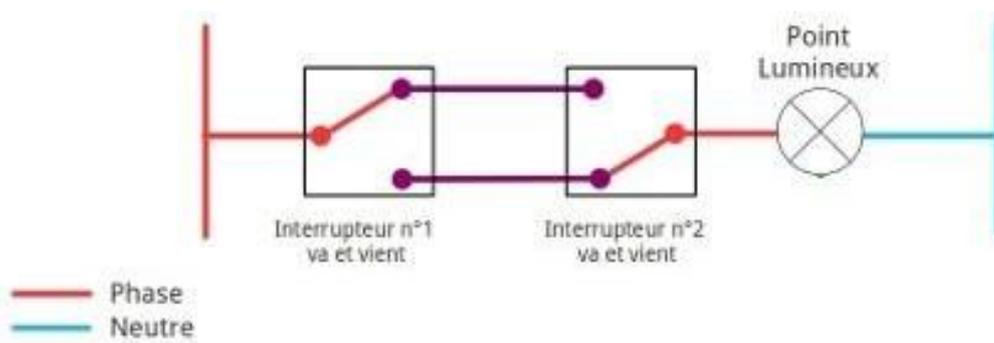


Figure 53. Montages va-et-vient.

III.4. Allumage par télérupteur

Rôle et Définition du télérupteur

Le télérupteur intervient dans le cadre d'un circuit d'éclairage. Il permet d'activer un (ou plusieurs) point lumineux à partir d'une ou plusieurs commandes. Pour rappel, une commande en électricité est un organe permettant de laisser passer le courant. Cet interrupteur est plus particulièrement un bouton poussoir.

En règle générale, le télérupteur est utilisé dans les cas où il y a trois commandes d'éclairage ou plus.

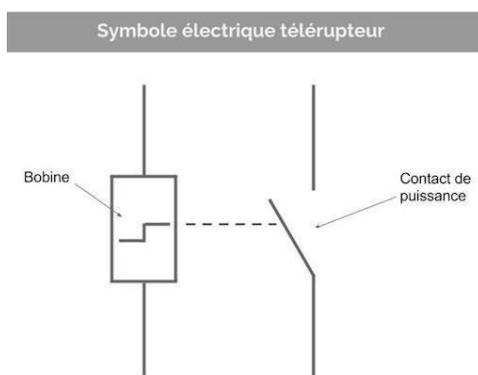
Dans le cas d'une seule commande, un montage électrique simple allumage suffit. Dans le cas de deux commandes, un montage va et vient est conseillé. C'est donc à partir de trois commandes que le télérupteur est généralement utilisé.

Principe et fonctionnement du télérupteur

Le télérupteur est un matériel électrique qui est constitué de deux éléments principaux qui sont :

- La bobine.
- Un contact pour la partie puissance.

Ces deux éléments sont représentés d'ailleurs sur le symbole du télérupteur.



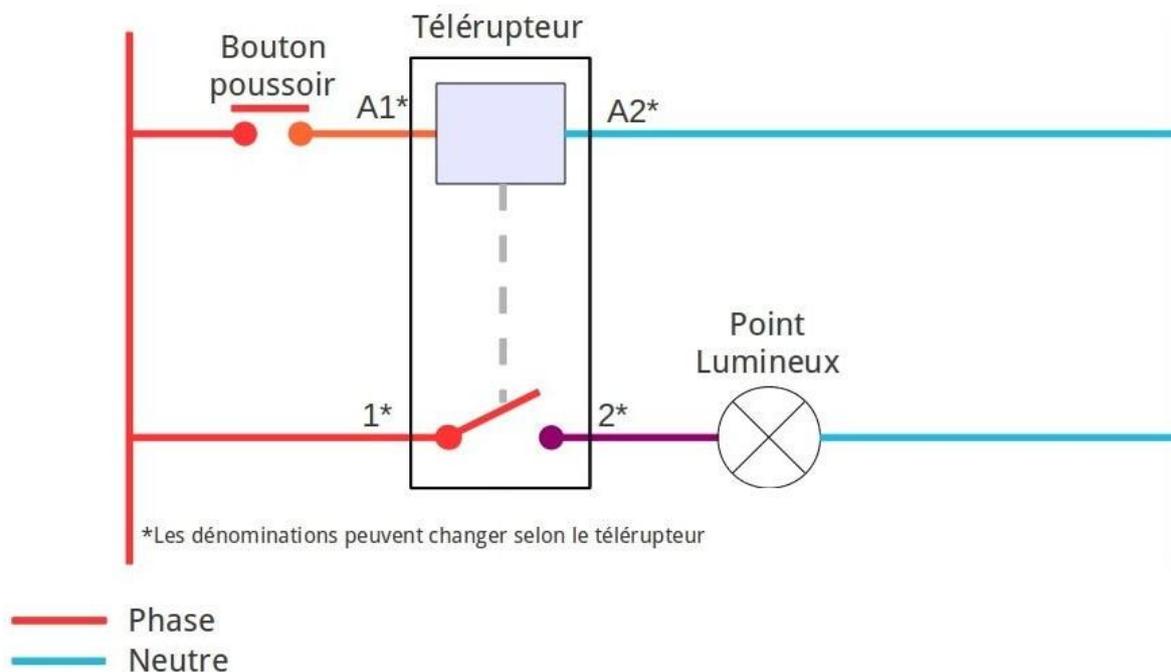


Figure 54. Principe de fonctionnement d'un télérupteur.

Une impulsion sur un bouton poussoir, excitera la bobine du télérupteur et fermera son contact (1-2) et les lampes seront allumées ; une seconde impulsion sur le bouton poussoir, désexcitera la bobine et ensuite son contact (1-2) s'ouvrira ce qui provoquera l'extinction des lampes.

III.5. Allumage par minuterie

La minuterie est de la famille des relais temporisés ; son ou ses contacts internes se ferment au moment de la commande (impulsion sur un bouton poussoir) et pour une durée déterminée, généralement de l'ordre de quelques minutes.

De ce fait, contrairement à des modes d'allumages classiques (simples interrupteurs) ou des télérupteurs, aucune action n'est requise pour permettre l'extinction des appareils d'éclairage.

Elle permet de fait de réaliser des économies d'énergies, la lumière ne pouvant rester allumée par simple négligence. La minuterie est principalement utilisée dans des lieux publics et de passage tels que des cages d'escaliers, parkings, ...

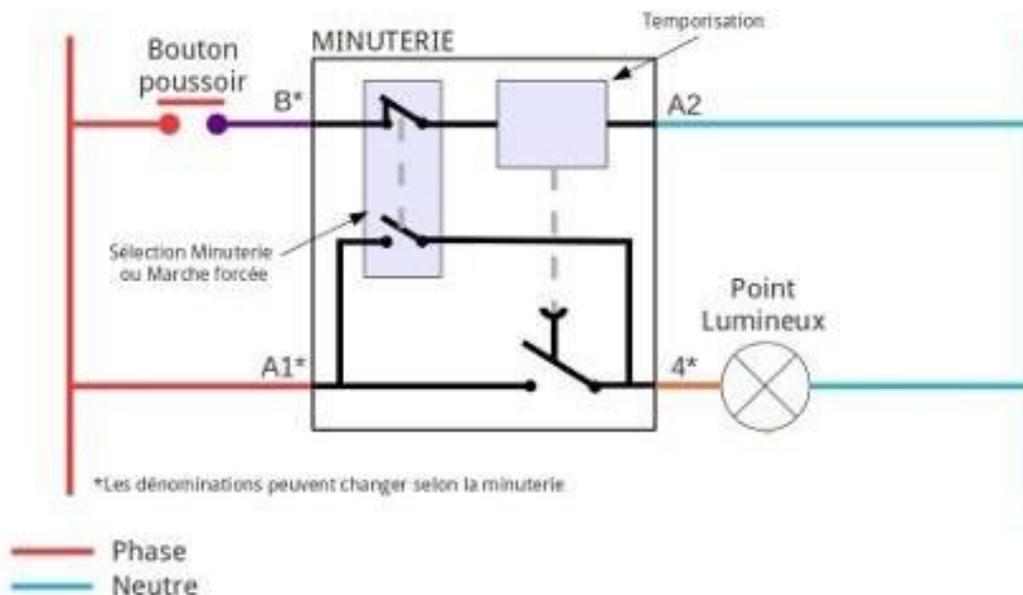


Figure 55. Principe de fonctionnement d'une minuterie.

Il convient d'adapter la durée d'allumage à l'environnement sans négliger le confort des utilisateurs. Il n'est par exemple pas très agréable de devoir appuyer à deux ou 3 reprises sur un bouton poussoir pour monter 4 étages les bras chargés de courses.

IV. Modes de démarrage d'un moteur

La majorité des installations industrielles sont constituées par deux types de circuits : le circuit de commande et le circuit de puissance.

Circuit de commande

Il comporte l'appareillage nécessaire à la commande des récepteurs de puissance. On trouve :

- La source d'alimentation
- Un appareil d'isolement (sectionneur)
- Une protection du circuit
- Un appareil de commande ou de contrôle (bouton poussoir, détecteur de grandeur physique)
- Organes de commande (bobine du contacteur)

La source d'alimentation de l'appareillage du circuit de commande ne sont pas nécessairement celle du circuit de puissance, elle dépend des caractéristiques de la bobine.

Circuit de puissance

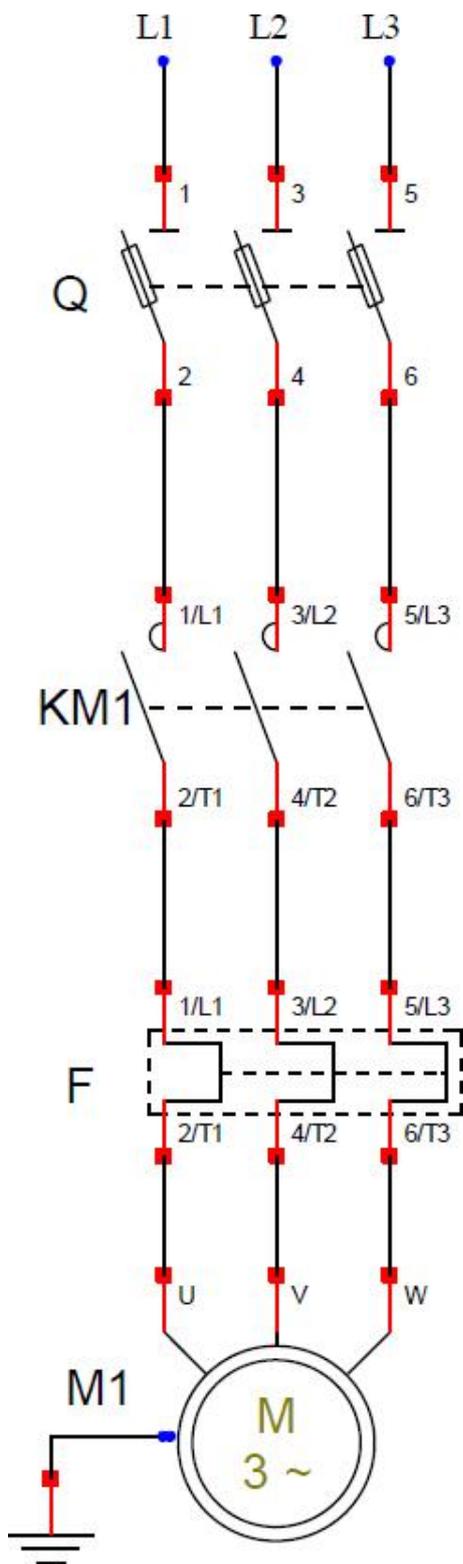
Il comporte l'appareillage nécessaire au fonctionnement des récepteurs de puissance suivant un automatisme bien défini. On trouve :

- Une source de puissance (généralement réseau triphasé).
- Un appareil d'isolement (sectionneur).
- Un appareil de protection (fusible, relais thermique, disjoncteur).
- Appareil de commande (les contacts de puissance du contacteur).
- Des récepteurs de puissance (moteurs).

IV.1. Démarrage direct à un seul sens de rotation

Ce type de démarrage est utilisé dans des installations où les moteurs sont utilisés dans un seul sens de rotation tel que le pompage d'eau, soufflage d'air, compression d'air....

La présence d'une double protection du moteur (par Q1 et F1) est justifiée par le réglage pointu du courant du relais F1 sur le courant nominal du moteur, ce qui n'est pas le cas pour Q1.



L1, L2, L3 : arrivée du réseau triphasé.

Q : sectionneur porte-fusibles équipé avec 2 contacts à fermeture.

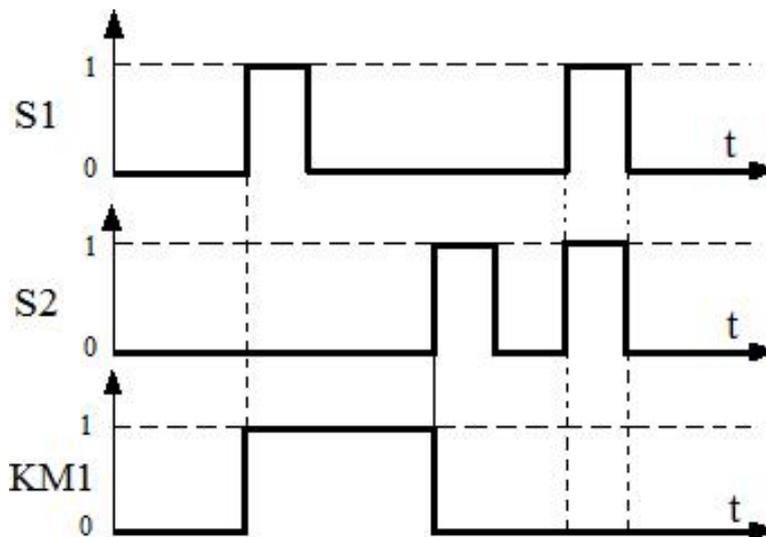
KM1 : contacteur tripolaire équipé avec un contact à fermeture.

F : relais de protection thermique.

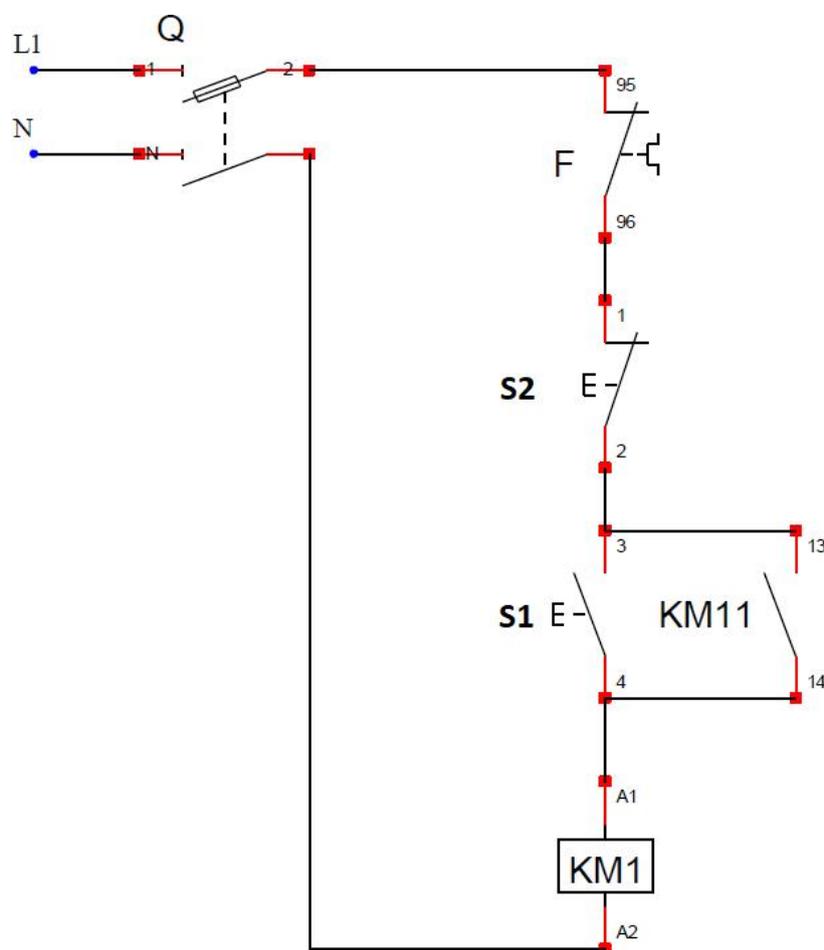
S1 : boutons poussoirs à fermeture et à retour automatique "MARCHE" (MA).

S2 : boutons poussoirs à ouverture et à retour automatique "ARRÊT" (AT).

Figure 56. Circuit de puissance d'un démarrage direct d'un moteur triphasé avec un seul sens de rotation.



(a)



(b)

Figure 57. (a) Séquences de commande, (b) : Circuit de commande du démarrage direct d'un moteur triphasé avec un seul sens de rotation.

Si l'on appuie sur le bouton-poussoir S1 "marche", la bobine KM1 est alimentée, ce qui provoque la fermeture des contacts de puissance KM1 dans le circuit de puissance, et du contact auxiliaire KM11 placé en parallèle avec le bouton-poussoir S1. Le sectionneur étant fermé, le moteur démarre.

En relâchant le bouton-poussoir S1 "marche", la bobine demeure alimentée par le biais de son contact auxiliaire KM11 qui joue le rôle de maintien de l'alimentation de la bobine. Les contacts de puissance KM1 restent alors fermés et le moteur continue de tourner.

Si l'on appuie sur le bouton-poussoir S2 "arrêt", on coupe l'alimentation de la bobine KM1. Par conséquent, ses contacts de puissance et de maintien sont relâchés, causant l'ouverture des circuits de commande et de puissance. Le moteur s'arrête.

Dans tous les cas, si une surcharge apparaît, le contact F du relais thermique s'ouvre. La bobine KM1 n'étant plus excitée, ses contacts de puissance KM1 s'ouvrent et le moteur s'arrête. Il s'arrête également lorsqu'une surintensité se produit, provoquant la fusion du fusible.

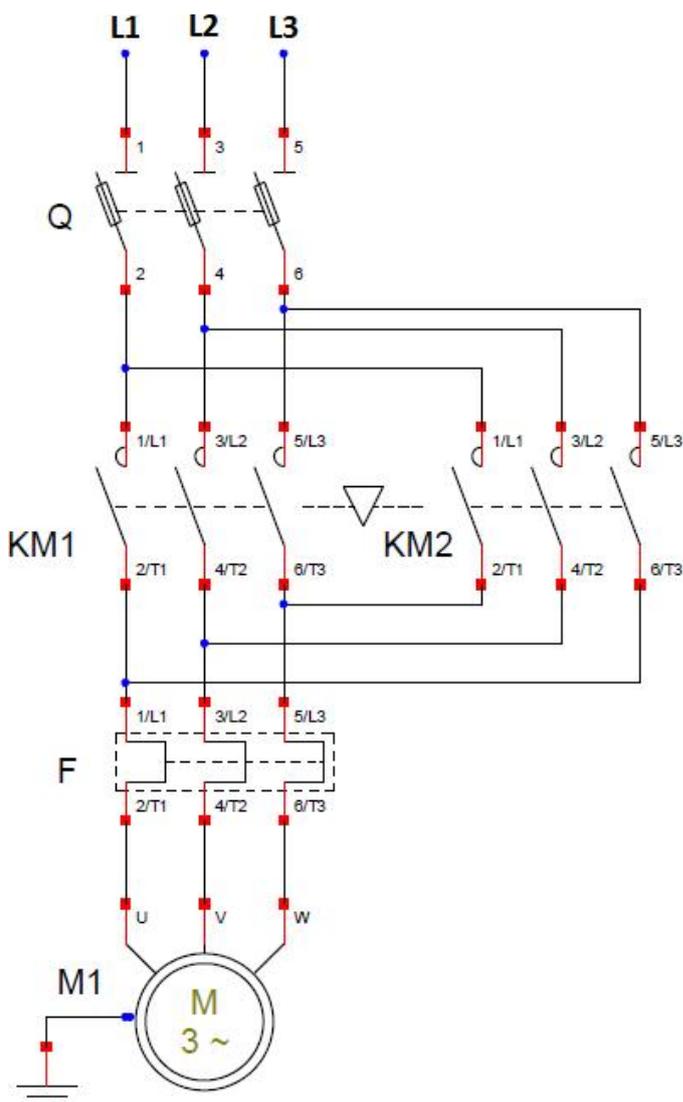
Si les boutons-poussoirs de marche et d'arrêt sont actionnés simultanément, la priorité est accordée à la commande d'arrêt, car aucun courant ne peut circuler dans le circuit de commande.

IV.2. Démarrage direct à 2 sens de rotation

Ce type de commande est utilisé si l'inversion du sens de marche du moteur se traduit par l'inversion du sens de déplacement d'un mobile (par exemple : déplacement vers la gauche ou la droite d'une table de machine-outil, déplacement vers l'avant ou l'arrière de la broche d'une tête d'usinage, montée ou descente d'un palan, etc.). Il est nécessaire de prévoir des interrupteurs de position qui provoquent l'arrêt automatique du moteur dès qu'ils sont actionnés.

Les schémas suivants permettent d'alimenter un moteur asynchrone triphasé directement sur le réseau. Le moteur est commandé par un bouton marche avant (sens 1), un bouton marche arrière (sens 2) et un bouton d'arrêt (l'arrêt est prioritaire).

Le circuit de puissance est constitué généralement d'un sectionneur, de deux contacteurs équipés d'inter-verrouillage (verrouillage mécanique) et d'un relais thermique.



L1, L2, L3 : arrivée du réseau triphasé.

Q : sectionneur porte-fusibles équipé avec 2 contacts à fermeture.

KM1 : contacteurs tripolaires sens1 équipés avec un contact à fermeture (F) et un contact à ouverture (O).

KM2 : contacteurs tripolaires sens2 équipés avec un contact à fermeture (F) et un contact à ouverture (O).

F : relais de protection thermique.

Figure 58. Circuit de puissance d'un démarrage direct d'un moteur triphasé à 2 sens de rotation.

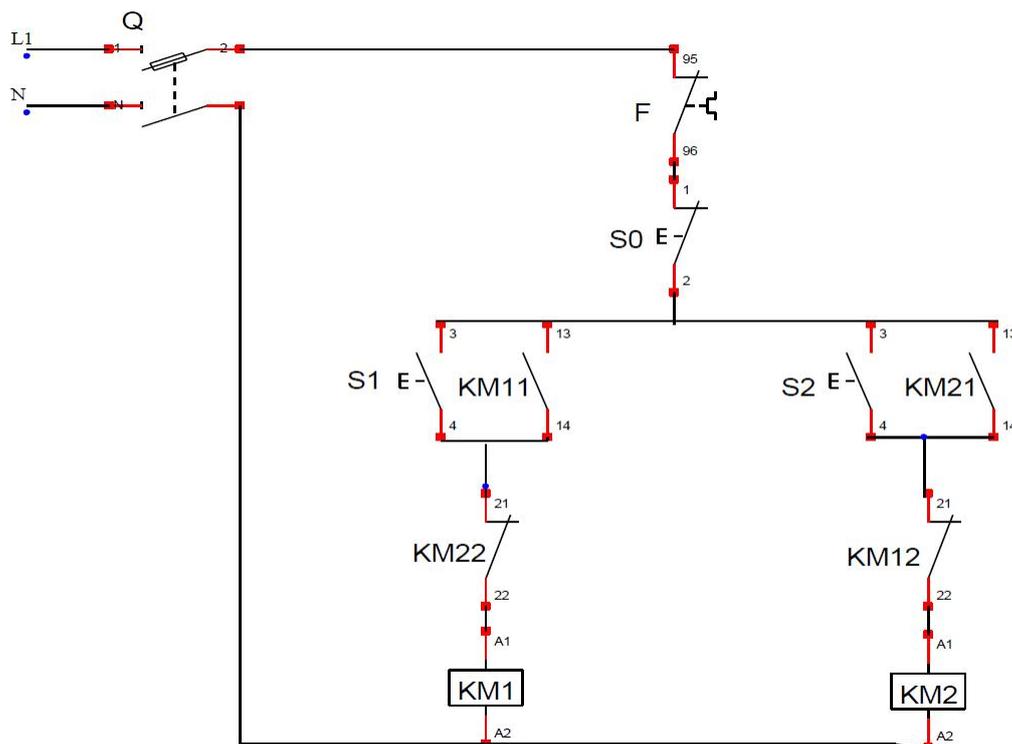


Figure 59. Circuit de commande du démarrage direct d'un moteur triphasé à 2 sens de rotation.

Avec :

- Q : Sectionneur
- F : Relais thermique
- S0 : Bouton poussoir arrêt
- S1 : Bouton poussoir marche sens1
- S2 : Bouton poussoir marche sens2
- KM1, KM2 : Contacteur principale
- KM11, KM12 : Contact de maintien.
- KM21, KM22 : Contact de verrouillage électrique.

Fonctionnement

Lorsqu'on appuie sur le bouton poussoir S1, la bobine du contacteur KM1 est mise sous tension. Le contact KM11 se ferme et maintient l'alimentation de la bobine de KM1 lorsque le bouton poussoir S1 est relâché (KM11 est dit contact d'« auto-alimentation »). Le moteur est mis sous tension par les pôles principaux du contacteur KM1 et tourne dans le sens de rotation direct.

Si le bouton poussoir S2 est actionné, le moteur tourne dans le sens direct, rien ne se passe. Le contact NC (normalement fermé) KM12 est ouvert car la bobine de KM1 est sous tension ; il empêche l'alimentation de la bobine de KM2 (verrouillage électrique de KM2 par KM1).

Si on appuie sur le bouton poussoir S0, l'alimentation de la bobine de KM1 est interrompue. Le contacteur revient à son état repos, le contact d'auto-alimentation KM11 s'ouvre, le moteur s'arrête. Lorsque l'utilisateur relâche S0, le moteur reste à l'arrêt.

Lors de l'appui sur le bouton poussoir S2, la bobine du contacteur KM2 est mise sous tension. Le contact KM21 se ferme et maintient l'alimentation de la bobine du contacteur KM2 lorsque l'utilisateur relâche S2 (auto-alimentation). Le moteur est mis sous tension par les pôles principaux de KM2 et tourne dans le sens de rotation inverse. L'appui sur le bouton poussoir S1 est sans effet puisque KM22 est ouvert (verrouillage électrique de KM1 par KM2).

Si l'utilisateur appuie sur le bouton-poussoir S0, l'alimentation de la bobine du contacteur KM2 est interrompue, le contacteur retombe, le contact KM21 s'ouvre, le moteur est mis hors tension. Lorsque l'utilisateur relâche S0, le moteur reste à l'arrêt.

Avantages

- ✓ Coût réduit, le matériel est basique,
- ✓ Couple de démarrage important (sur couple au démarrage),
- ✓ Simplicité de mise en œuvre, ne nécessite pas de compétences particulières pour être câblé et mis en route.

Inconvénients

- ✓ Fort appel de courant à la mise sous tension du moteur qui peut perturber des équipements sensibles alimentés par le même départ,
- ✓ « Sur couple » au démarrage du moteur qui provoque des « à-coups » de charge entraînant une usure mécanique importante,
- ✓ Utilisable seulement avec des moteurs de faible puissance (moins de 5 kW).

IV.3. Démarrage étoile/triangle

Le démarrage étoile-triangle du moteur asynchrone triphasé : Conçu pour limiter le courant de ligne durant la phase de démarrage du moteur asynchrone, ce démarrage électromécanique

s'effectue en deux temps : le moteur est alimenté sous tension réduite en couplage étoile puis sous pleine tension en couplage triangle. Cette animation vise à en expliquer le principe de fonctionnement du point de vue de sa réalisation pratique, en s'appuyant sur les circuits de puissance et de commande.

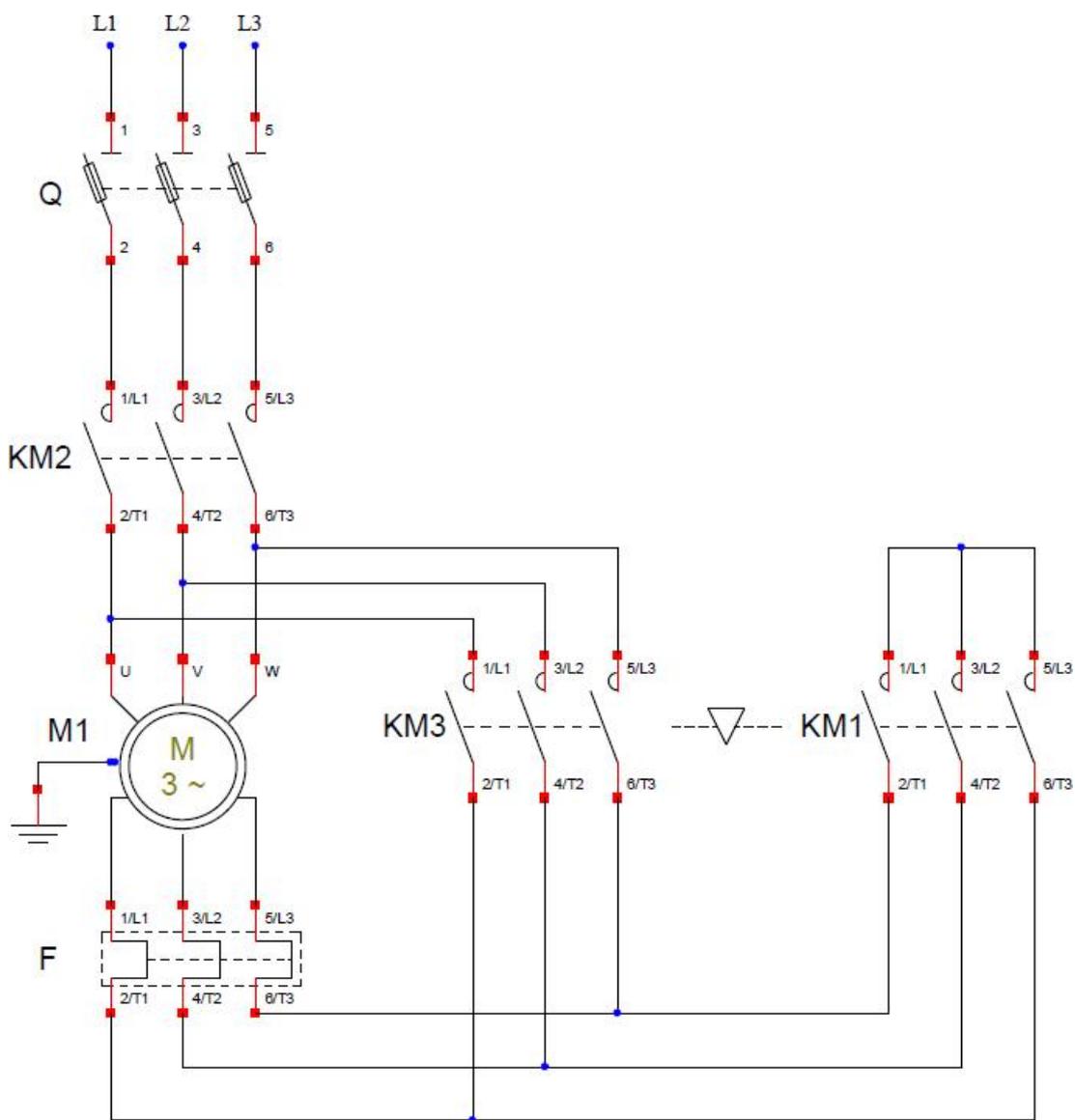


Figure 60. Circuit de puissance d'un démarrage étoile/triangle d'un moteur triphasé à 1 sens de rotation.

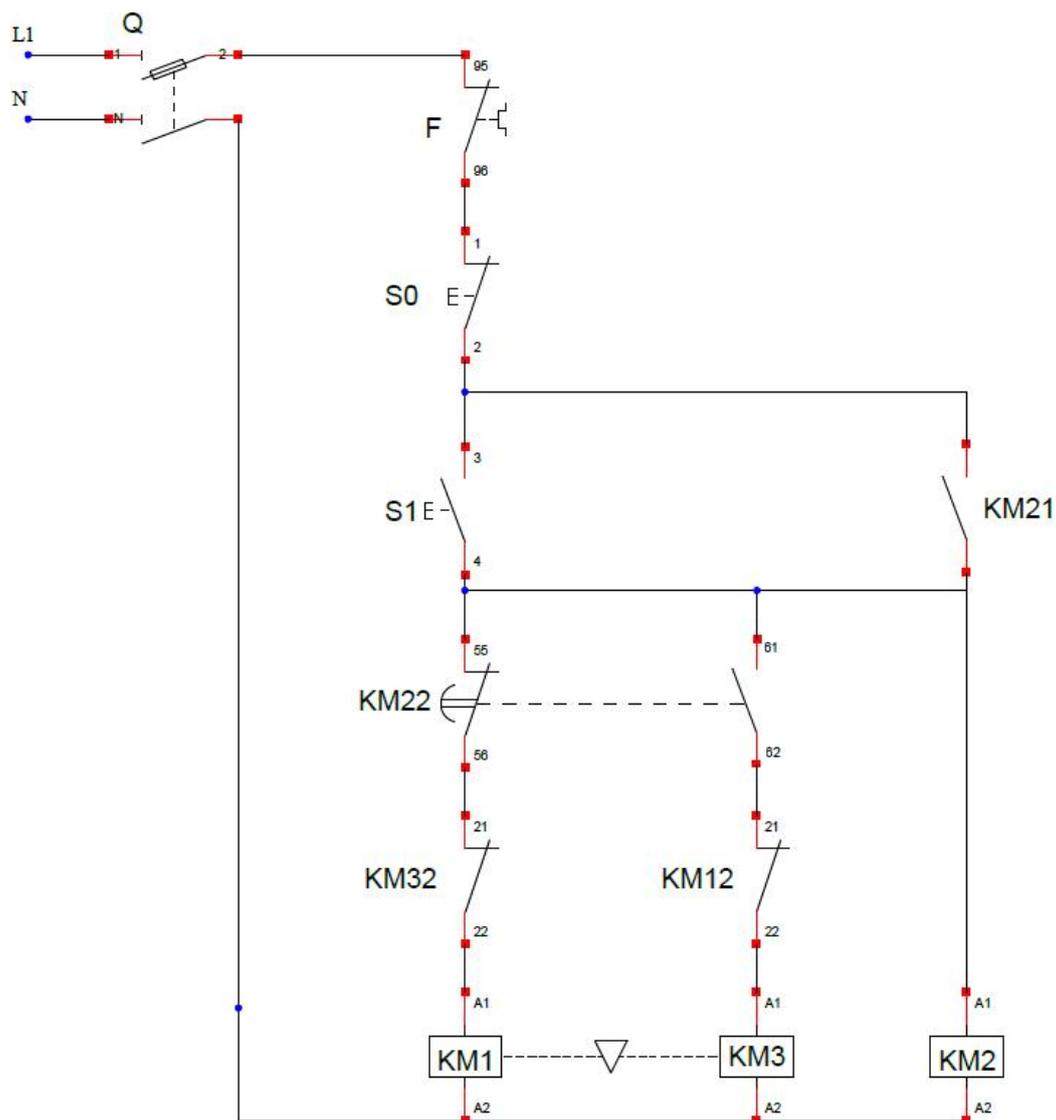


Figure 61. Circuit de commande d'un démarrage étoile/triangle d'un moteur triphasé à 1 sens de rotation.

Avec :

- ✓ KM1 : Contacteur étoile ;
- ✓ KM2 : Contacteur ligne ;
- ✓ KM3 : Contacteur triangle ;
- ✓ KM22 : contacts temporisés à l'ouverture.

Fonctionnement

La commande est effectuée par des boutons poussoirs momentanés (S0 et S1).

Une impulsion sur le bouton poussoir Marche (S1) met la bobine du contacteur étoile KM1 sous tension ainsi que le contacteur de ligne KM2. Le contact KM21 étant maintenant fermé, il auto alimente la bobine KM2 (même après avoir relâcher le bouton poussoir marche), démarre le cycle de la temporisation et permet l'auto maintien du contacteur KM1. Nous remarquerons que le contact KM12 interdit la mise sous tension de la bobine du contacteur KM3. Dans cette phase le moteur est couplé en étoile et prend de la vitesse.

Le temps pré réglé du dispositif de temporisation s'écoule et les contacts de la temporisation se déclenchent KM22. La bobine KM1 n'est plus alimentée (le contact NC temporisé KM22 s'ouvre et le contact NO se ferme) et de ce fait autorise l'alimentation de KM3.

KM3 s'enclenche et permet au couplage triangle d'être effectif. Nous pouvons noter que le contact de KM32 interdit la mise sous tension de KM1 (ce dispositif est un ou exclusif appelé verrouillage électrique).

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

IV.4. Démarrage moteur à deux vitesses (Dahlander)

Le moteur Dahlander est un moteur asynchrone qui peut tourner à deux vitesses, par exemple 1450 et 2900 tours. Ces moteurs ont les même caractéristiques qu'un moteur asynchrone classique, sauf les deux vitesses. Il ne s'agit pas de deux moteurs simples qui sont accouplés et dont on utilise soit l'un, soit l'autre, mais d'un moteur dont tous les bobinages sont utilisés, quelle que soit la vitesse.

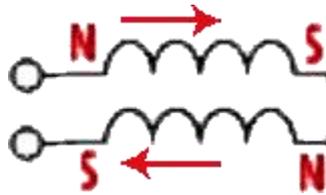
Le Dahlander (aussi appelé moteur à commutation de pôles ou moteur à couplage de pôles) n'est pas une forme particulière de montage triangle-étoile. Une construction triangle-étoile est conçue pour faire démarrer le moteur avec un appel de courant moindre (et également un couple moindre). Le Dahlander a environ le même couple aux deux vitesses.

Ces moteurs ont 6 bobinages, avec chaque fois deux bobinages consécutifs qui peuvent être connectés dans le même sens ou dans le sens inverse :

- ✓ Si les deux bobinages sont connectés dans le même sens (en parallèle), l'action des deux bobinages va se superposer comme s'il s'agissait d'un seul bobinage et on obtient en fait un seul pôle large. Le moteur a alors 3 pôles magnétiques et le moteur tourne à sa vitesse élevée, par exemple 2900 tours.



- ✓ Si les deux bobinages sont connectés en série, chaque bobinage produit un champ inverse et on obtient deux pôles, donc 6 pôles magnétiques en tout. Le moteur tourne à sa vitesse basse, par exemple 1450 tours.



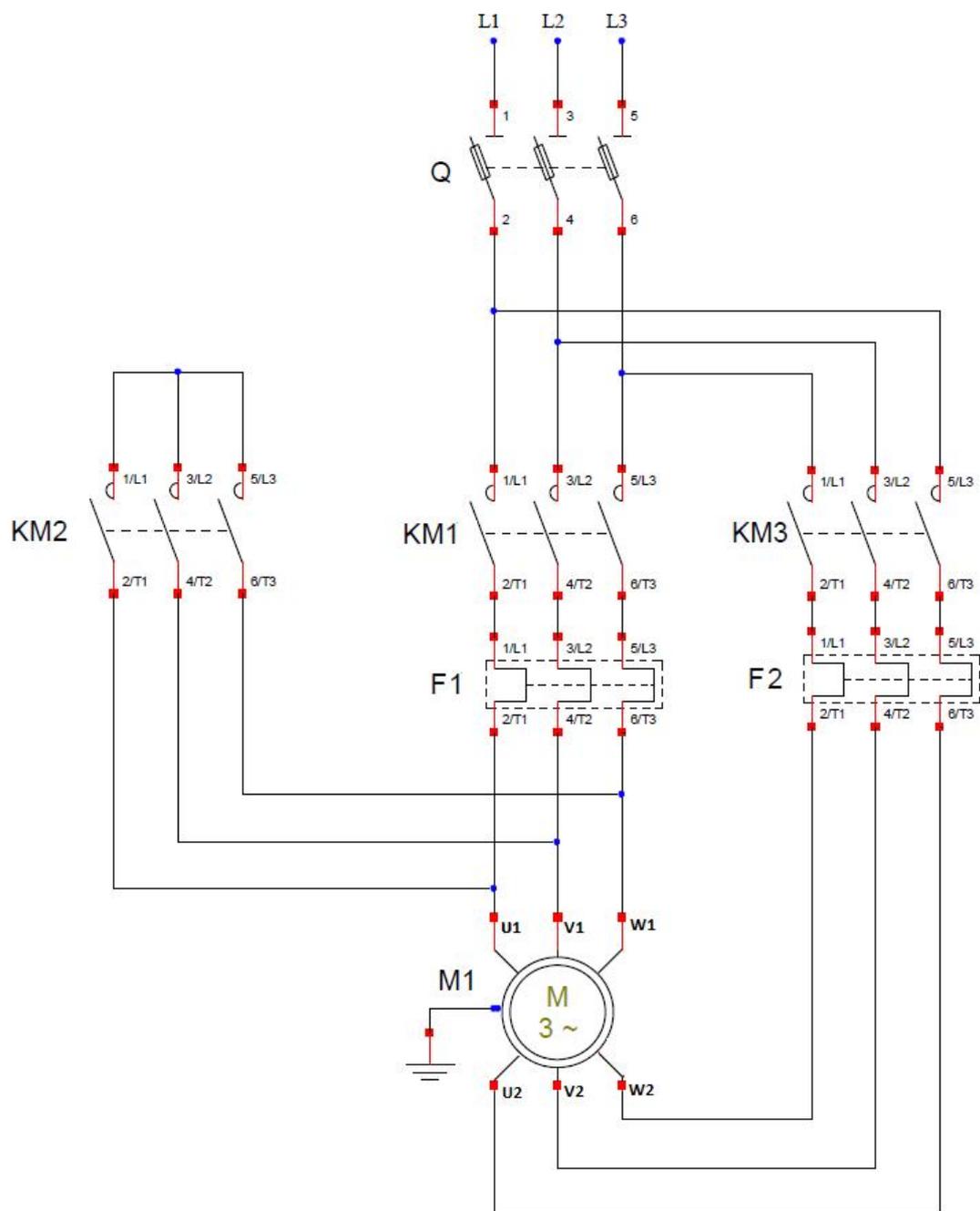


Figure 62. Circuit de puissance d'un démarrage d'un moteur Dahlander (2 vitesses) à un sens de rotation.

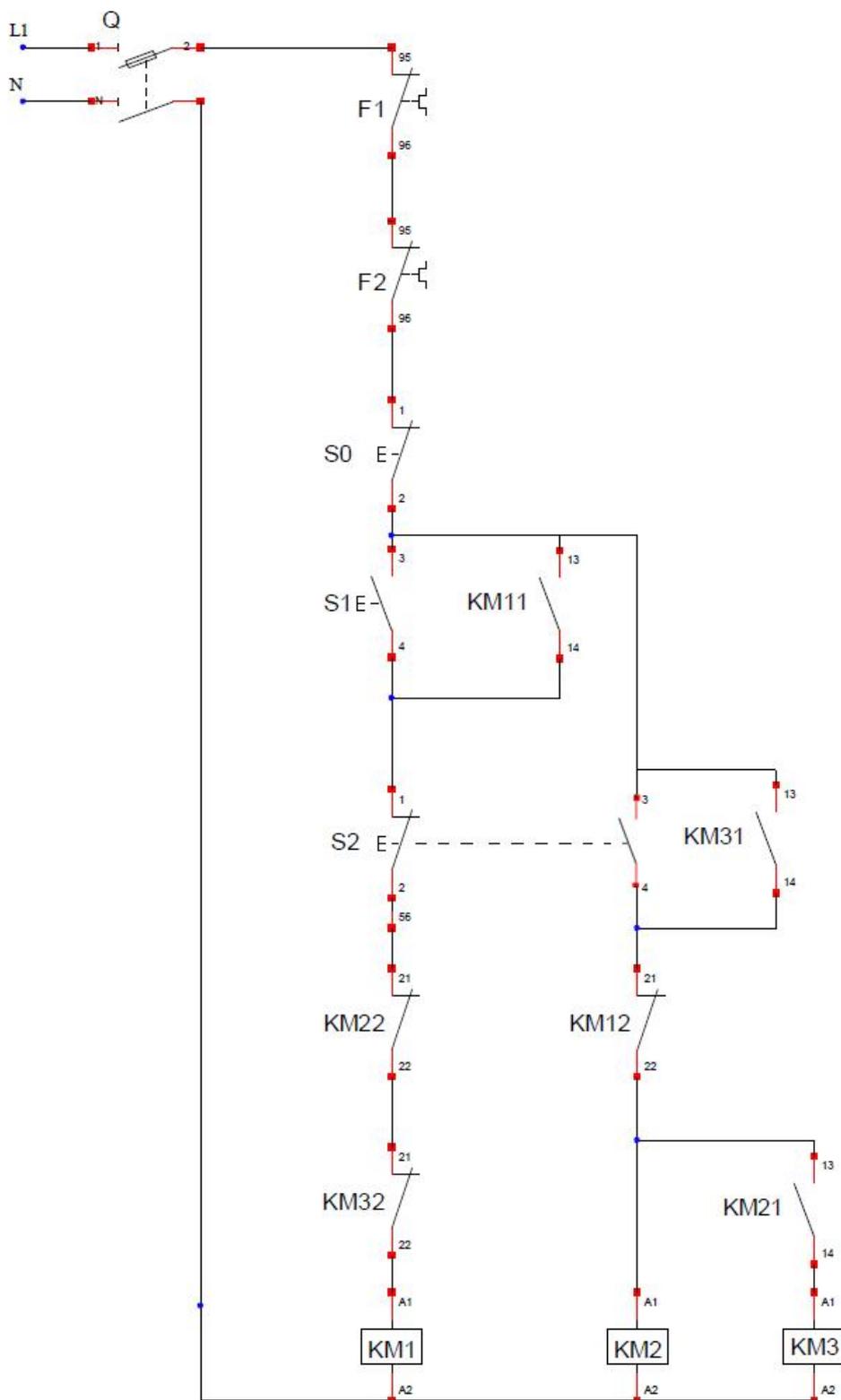


Figure 63. Circuit de commande d'un démarrage d'un moteur Dahlander (2 vitesses) à un sens de rotation.

Fonctionnement

Une action sur le bouton poussoir S1 (petite vitesse) permet l'excitation de la bobine du contacteur KM1, il s'ensuit :

- La fermeture du contact de maintien KM11 ;
- L'ouverture du contact de verrouillage KM12 en série avec KM2 et KM3 ;
- La fermeture simultanée des contacts de puissance KM1.

Le moteur démarre à petite vitesse.

Une action sur le bouton poussoir S3 (grande vitesse) a pour conséquence d'ouvrir le circuit de KM1 qui se désexcite en entraînant :

- L'ouverture du contact de maintien KM11.
- La fermeture du contact de verrouillage KM12.
- L'ouverture des contacts de puissance KM1 ; l'alimentation du moteur est coupée
- L'excitation des bobines KM2 et KM3 qui ferment leurs contacts principaux et amènent le moteur à tourner avec la grande vitesse ;

L'arrêt du moteur est provoqué soit par action sur le bouton S0 (arrêt) soit par ouverture de l'un des contacts des relais thermique (F1 et/ou F2).