

-I-STRUCTURE D'UNE INSTALLATION ELECTRIQUE

-I.1-Structure fonctionnelle d'une installation électrique

Les règles à observer dans la conception des installations électriques basse tension (jusqu'à 1000V en alternatif et 1500V en continu) sont définies par des normes (exemple NFC 15-100). Tous les équipements de force motrice sont construits sur le modèle fonctionnel suivant :

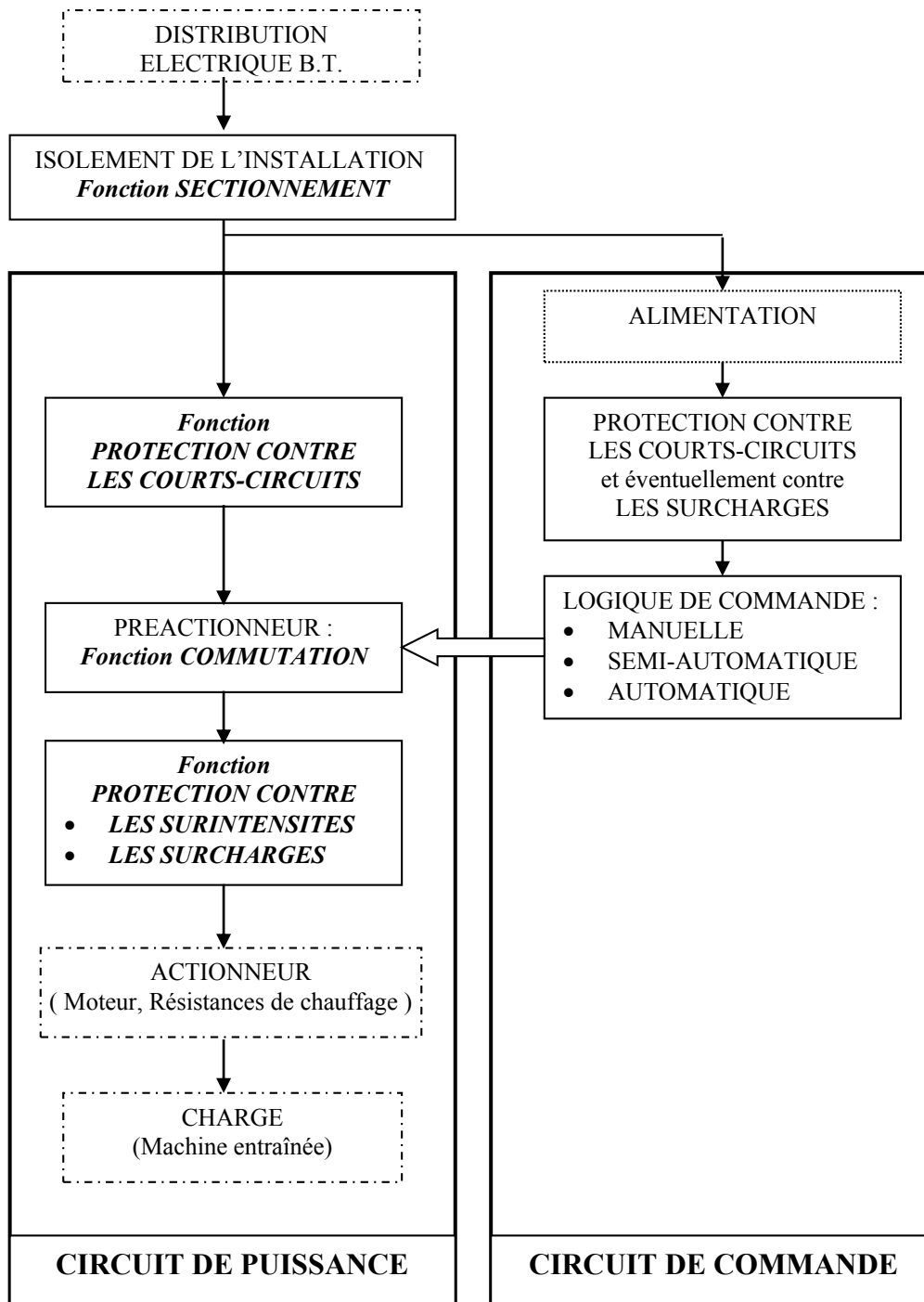


Figure 0.1 - Schéma synoptique d'un automatisme électrique

(Les parties en pointillés ne font pas partie de l'automatisme)

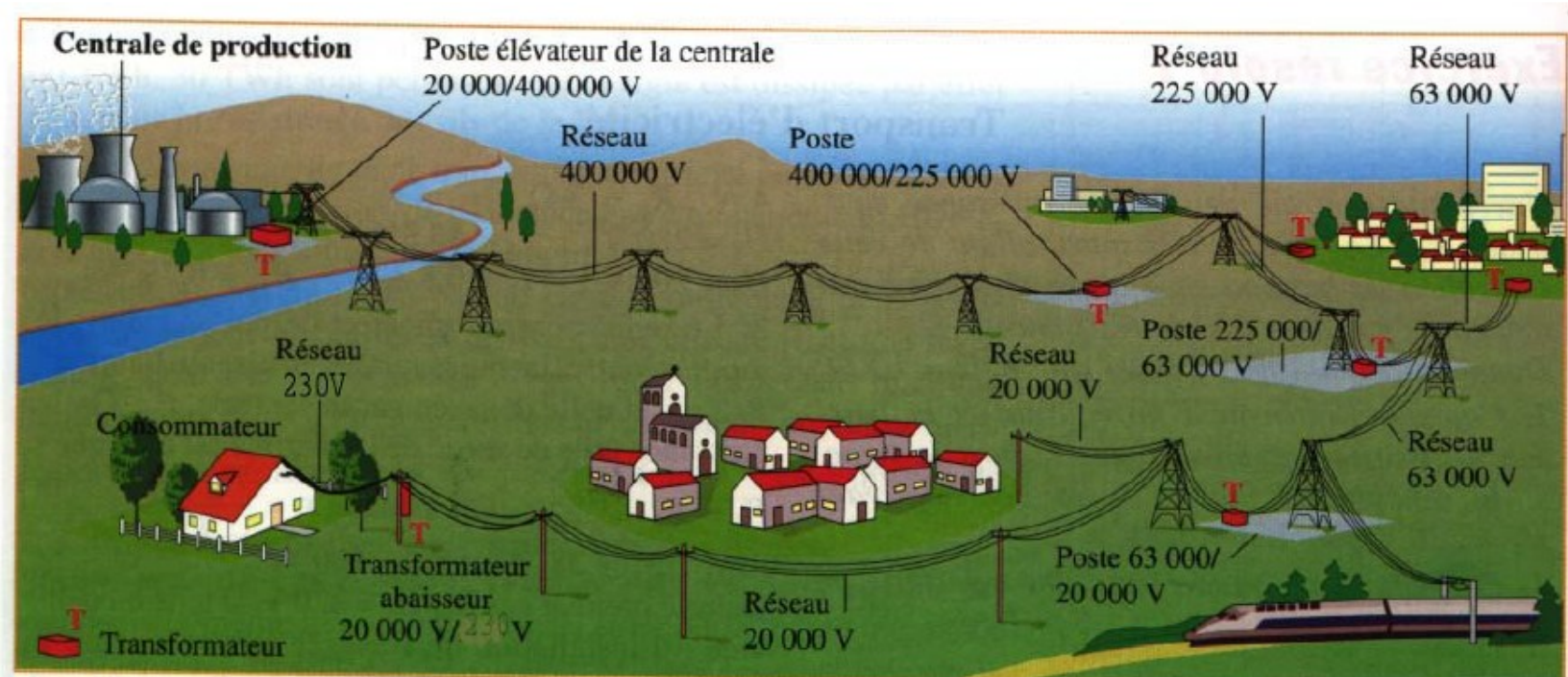


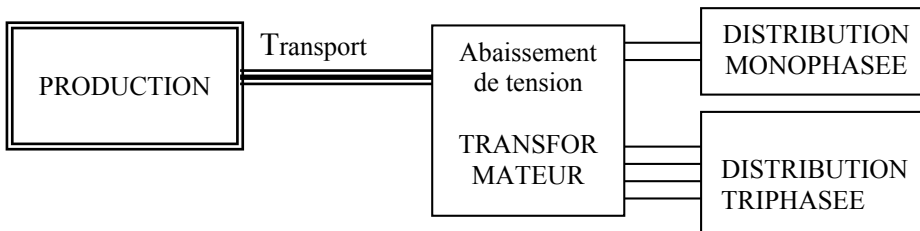
Figure 0.2 - Le transport de l'électricité

Sonelgaz distribue une tension finale aux utilisateurs particuliers de 230V monophasé ou 230/400V en triphasé.

-I.2-Réseau d'alimentation

Sonelgaz transporte l'énergie électrique sur des lignes à 3 fils. La tension utilisée pour le transport étant trop élevée, elle est au préalable abaissée dans des postes de transformation avant d'être livrée à l'utilisateur (distribution). Le réseau basse tension ainsi obtenu est toujours triphasé mais comprend 4 fils : 3 conducteurs de phase, un conducteur de neutre.

L'abonné reçoit soit les 4 fils (on parle de réseau triphasé), soit deux fils (1 phase et le neutre) et on parle alors de réseau monophasé.



En distribution domestique les nouvelles tensions normalisées sont 230v et 400v respectivement.

En monophasé : $V = 230 \text{ V}$

En triphasé : $V = 230 \text{ V}$

$$U = V \sqrt{3} = 230 \sqrt{3} \text{ V} \approx 400 \text{ V}$$

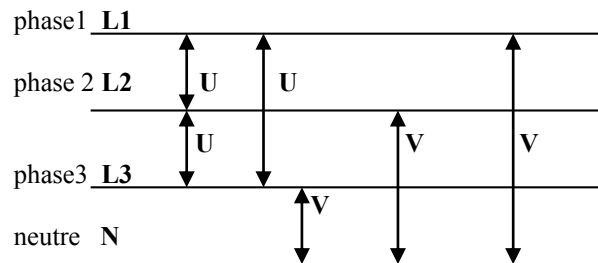


Figure 0.3 - Réseau d'alimentation

I.3- Symboles normalisés des contacts

Tout comme l'apprentissage de l'alphabet est un passage obligé vers la lecture l'écriture et la maîtrise du langage, la connaissance des symboles électriques et de leurs fonctions est nécessaire pour l'identification des éléments, l'analyse et la compréhension d'un schéma électrique.

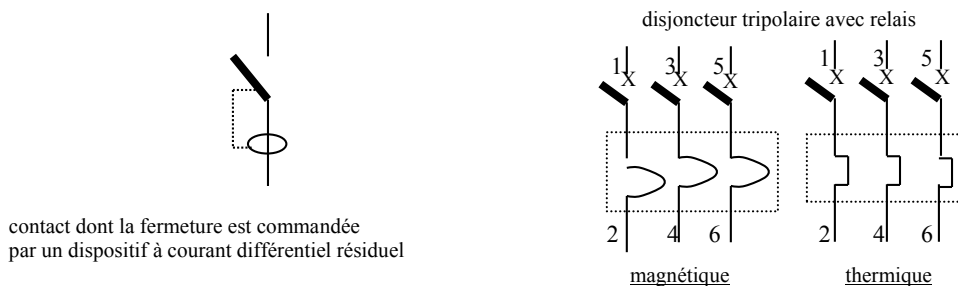


Figure 0.4 - Symboles normalisés de quelques contacts

Les symboles sont des représentations graphiques, elles sont nombreuses et spécifiques à chaque élément d'un circuit électrique. On peut les classer en catégories de puissance et de commande.

a-Symboles de commande

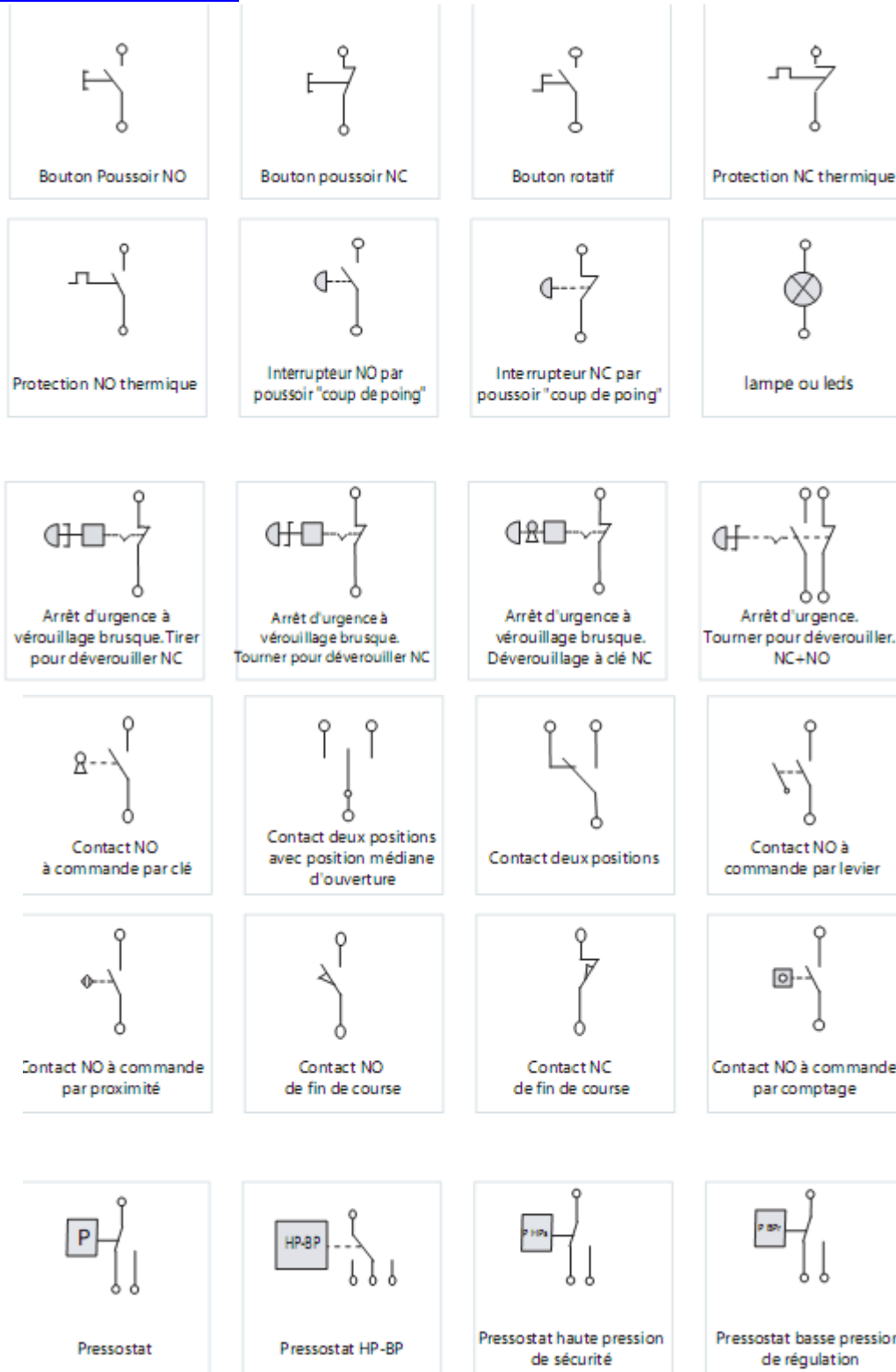


Figure 0.5 : symboles de contacts de commande

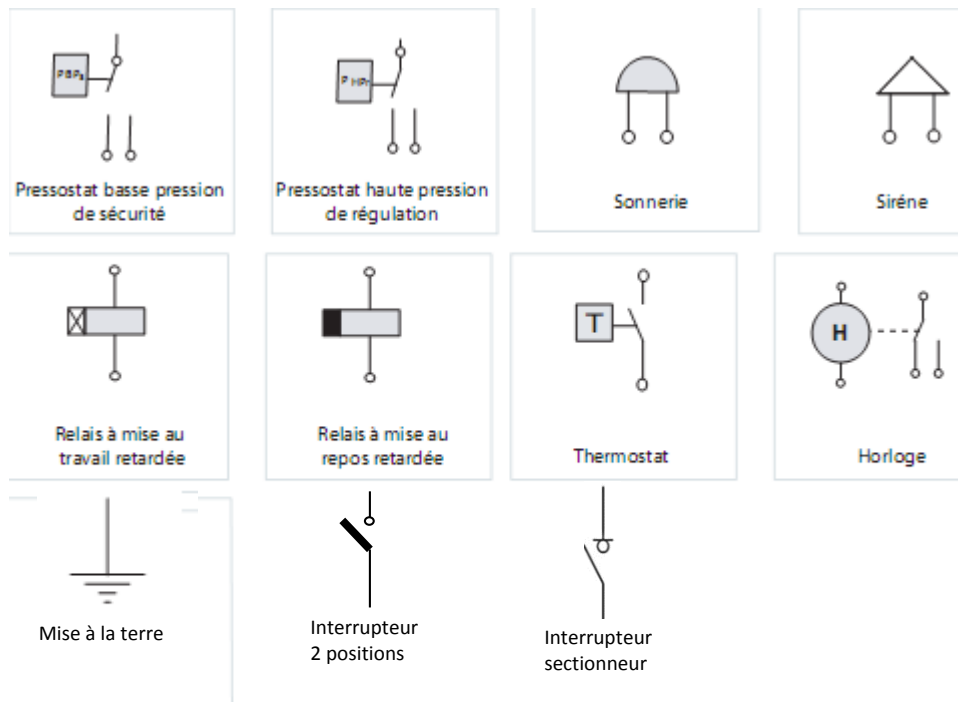


Figure 0.5bis : symboles de contacts de commande

-a- Contacts électriques

| Type | Commande | | Exemples |
|---|--|----------------------------|---|
| à fermeture (NO) | manuelle (symbole général) | manuelle à tirette | bouton poussoir à fermeture |
| à ouverture (NC) | manuelle à poussoir | manuelle rotative | interrupteur rotatif |
| à deux directions (sans chevauchement) | mécanique de position (fins de course) | manuelle avec verrouillage | sélecteur rotatif à verrouillage |
| interrupteur 3 positions stables, avec position médiane d'ouverture | à clef | retardé à la fermeture | sélecteur rotatif à clef (clef de contact automobile) |
| interrupteur 2 positions stables | à effet thermique | retardé à l'ouverture | |

-b- Appareils de séparation et de coupure

| | | | | | |
|---------|------------|---------|---------------|-------------|-------------|
| Fusible | contacteur | Rupteur | discontacteur | sectionneur | disjoncteur |
|---------|------------|---------|---------------|-------------|-------------|

-c- Organes de commande des relais électromécaniques

| | | | | | |
|------------------------|------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-------------|
| symbole général bobine | à un enroulement | à effet thermique | à action retardée | à relâchement retardé | à impulsion |
|------------------------|------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-------------|

Figure 0.5ter – Symboles de différents types de contacts (norme NF E 04-056)

b-Symboles de puissance

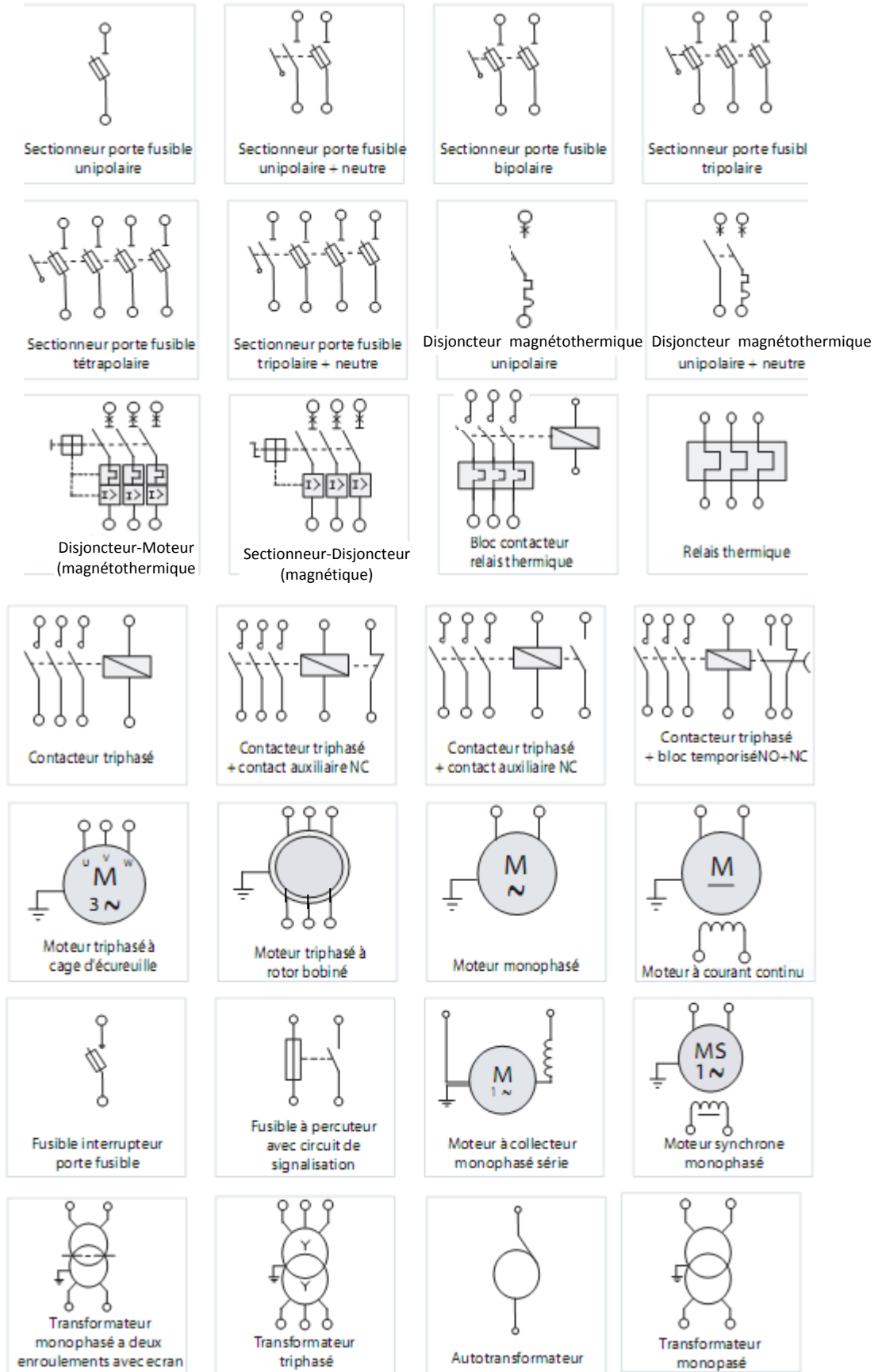


Figure 0.6 : symboles de puissance

c-Repérage des contacts

Dans les contacteurs, les sectionneurs, les relais thermiques, les bornes des contacts de puissance (ou pôles) sont repérées par un chiffre : de 1 à 6 en tripolaire et de 1 à 8 en tétrapolaire.

Les bornes d'entrée sont numérotées impaires (1,3,5,7), les bornes de sortie correspondantes sont numérotées paires (2,4,6,8).

Les contacts auxiliaires sont repérés par deux chiffres, celui des dizaines indique le numéro du contact de l'auxiliaire et celui des unités indique la fonction du contact :

- 1 et 2 : contact à ouverture ou normalement fermé "NC" (Normally Connected)
- 3 et 4 : contact à fermeture ou normalement ouvert "NO" (Normally Open)
- 5 et 6 : contact NC à fonction spéciale (contact temporisé par exemple)
- 7 et 8 : contact NO à fonction spéciale (contact temporisé par exemple)

Contact travail: généralement ouvert au repos, il ferme le circuit électrique lorsqu'il est actionné.
Contact repos: généralement fermé au repos, il ouvre le circuit électrique lorsqu'il est actionné.

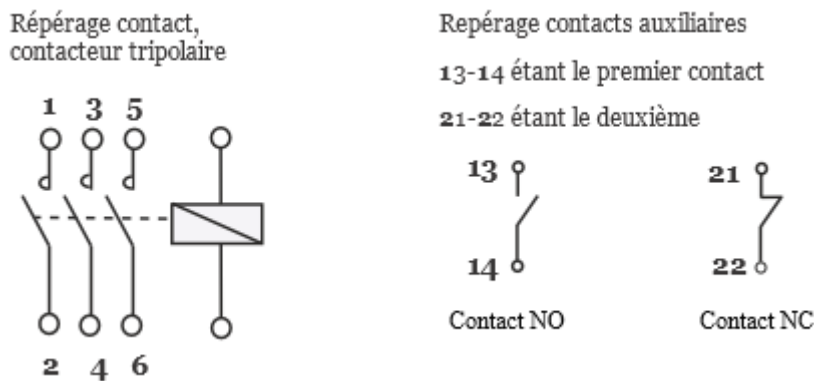


Figure 0.7 : Contacteur triphasé

-I.4-Isolement de l'installation : le sectionneur

Les actionneurs alimentés par le réseau doivent pouvoir être mis hors tension manuellement, même pour les systèmes automatisés commandés à distance (cette opération devant être exécutée en toute sécurité). Cet isolement est rendu possible par la présence d'un sectionneur muni d'un dispositif de verrouillage en position ouverte. Il permet d'isoler l'installation électrique, il doit donc être placé en amont du circuit électrique.

Le choix du sectionneur se fait sur la base de la valeur de la tension d'alimentation et de son type (mono ou triphasé), ainsi que de l'intensité du courant en fonctionnement normal.

Remarque : *l'ouverture du sectionneur est obligatoire lors de toute intervention sur l'équipement électrique de la machine, ou sur les parties mécaniques mises en mouvement par des organes de commande électriques.*

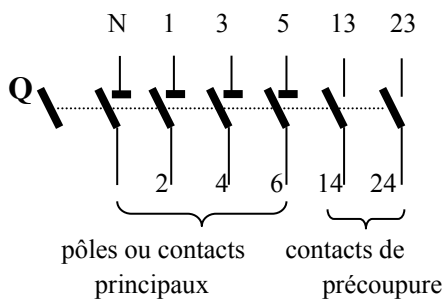


Figure 0.8-a- Symbole normalisé du sectionneur tétrapolaire

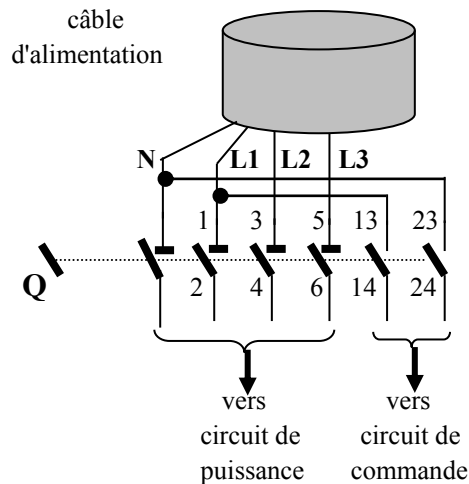


Figure 0.8-b- Raccordement en triphasé du sectionneur tétrapolaire

Lors de l'ouverture du sectionneur, comme leur nom l'indique, les contacts auxiliaires de pré-coupeure 13-14 et 23-24 s'ouvrent avant les contacts principaux (ou de puissance) N, 1-2, 3-4 et 5-6. Cette durée permet à l'organe de commande de couper les ordres qu'il envoie à la partie commutation du circuit de puissance, avant que l'alimentation de ce dernier ne soit coupée par les pôles du sectionneur. Le rôle du sectionneur est donc l'**ouverture du circuit de commande** et le **sectionnement à vide** du circuit de puissance.

En effet l'ouverture des contacts de pré coupure coupe l'alimentation de la bobine du contacteur (cf. figure 0.13). Ce qui a pour effet d'ouvrir les contacts de puissance du contacteur qui alimentent le récepteur (moteur). *Quand les contacts principaux du sectionneur s'ouvrent, il y a déjà un certain temps qu'aucun courant ne circule dans le circuit de puissance.* Par conséquent on dit que le sectionneur n'a **aucun pouvoir de coupure** car il effectue un **sectionnement** ou coupure **à vide** du circuit de puissance.

-I.5-Circuit de puissance

Chaque phase doit être protégée aussi bien contre les surintensités et les surcharges que contre les courts-circuits (contacts accidentels entre des conducteurs portés à des potentiels différents). Cette protection est assurée soit par des disjoncteurs à base de relais à lames, soit par des coupe-circuit à cartouches fusibles.

[-I.5-a-Protection contre les courts-circuits](#)

Le type de cartouche fusible dépend de la nature du circuit à protéger. S'il s'agit d'un circuit fortement résistif et peu inductif (ligne d'alimentation générale, d'éclairage, de chauffage etc.), on utilise des cartouches noires de type gG (usage général). S'il s'agit de moteur ou transformateur (circuit inductif) engendrant des pointes de courant à la mise sous tension, on utilise des cartouches vertes de type aM (accompagnement moteur).

On peut également utiliser un **relais magnétique** (généralement intégré au disjoncteur) qui ouvre les contacts suite à l'excitation d'une bobine (il est donc à **action instantanée**).

Remarques

- Les cartouches fusibles peuvent être insérées dans le sectionneur, qui assure alors la double fonction isolement et protection contre les courts-circuits.

- Le disjoncteur-moteur magnétothermique est un appareil combiné qui assure les 3 fonctions : sectionnement, protection contre les courts-circuits (déclenchement magnétique), protection contre les surcharges (déclenchement thermique). Son enclenchement est manuel et son déclenchement peut être manuel ou automatique.

13-14 : contact auxiliaire NO

95-96 : contact auxiliaire NF (coupure de commande)

97-98 : contact auxiliaire NO (signalisation de défaut)

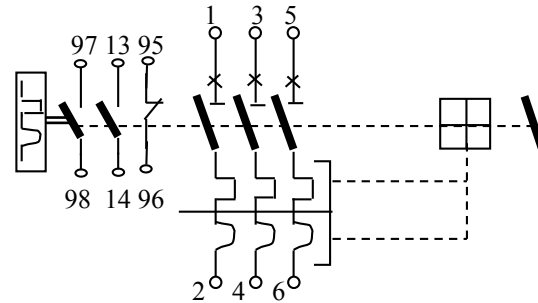


Figure 0.9 - Schéma de principe du disjoncteur – moteur magnétothermique

-I.5-b-Protection contre les surintensités et les surcharges

Afin de ne pas dépasser les caractéristiques nominales de l'appareil à commander (moteur par exemple), il convient de placer un relais de protection qui contrôle l'intensité du courant absorbé. Le **relais thermique**, traversé par le courant moteur et réglé à la valeur nominale de celui-ci, envoie un ordre d'arrêt à la partie commande lorsque l'image thermique du moteur est hors des limites d'un fonctionnement correct. Il possède des contacts principaux ou pôles (1-2,3-4,5-6) pour le circuit de puissance, et des contacts auxiliaires optionnels (95-96 et 97-98) pour le circuit de commande.

Le relais thermique est à **action retardée** car son principe de fonctionnement est basé sur l'échauffement de bilames. En effet entre les pôles 1-2, 3-4 et 5-6 (cf. figure 6.5) on trouve un enroulement chauffant bobiné autour d'un bilame. Comme chaque enroulement chauffant du relais est placé en série avec chaque phase du moteur à protéger (cf. figure 0.13), l'augmentation de l'intensité du courant absorbé par le moteur électrique entraîne l'échauffement des enroulements, ce qui provoque la déformation des bilames (cf. figure 0.8bis). Cette déformation se transmet à un dispositif de liaison mécanique qui provoque l'ouverture du contact auxiliaire 95-96 situé dans le circuit de commande (cf. figure 0.13). Ainsi la bobine du contacteur n'est plus alimentée, ce qui entraîne l'ouverture des contacts auxiliaires du contacteur (ainsi que de ses contacts principaux qui contrôlent le circuit de puissance).

Par conséquent en cas de surcharge dans le circuit de puissance, le circuit de commande est coupé ce qui a pour effet de déconnecter le circuit de puissance.

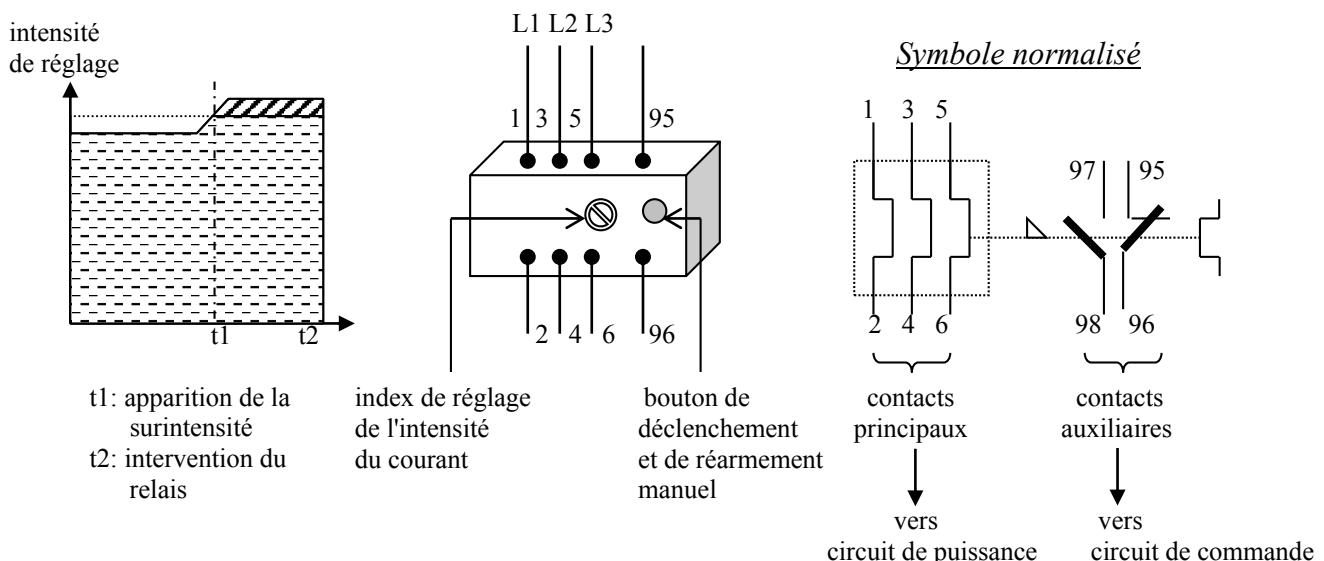


Figure 0.10 - Le relais thermique

Le principe même du relais thermique a conduit à le munir d'un système de *compensation interne* de la température ambiante, afin de ne contrôler que l'énergie thermique d'origine électrique.

Enfin son association quasi exclusive à des moteurs triphasés a permis de l'équiper d'un dispositif de surveillance de l'identité des courants dans chacune des 3 phases du moteur : c'est le *système différentiel*.

Un relais thermique compensé différentiel possédant ces trois caractéristiques est intégré à un disjoncteur, et on parle alors de *disjoncteur différentiel*.

Remarques

-1- *Ne jamais surcalibrer un relais thermique au risque de détruire le moteur.*

-2- Ne pas confondre interrupteur et disjoncteur différentiels. Si tous les deux se déclenchent sur un courant différentiel, le disjoncteur se déclenche également sur des surcharges et des courts-circuits, alors que ce n'est pas le cas pour l'interrupteur.

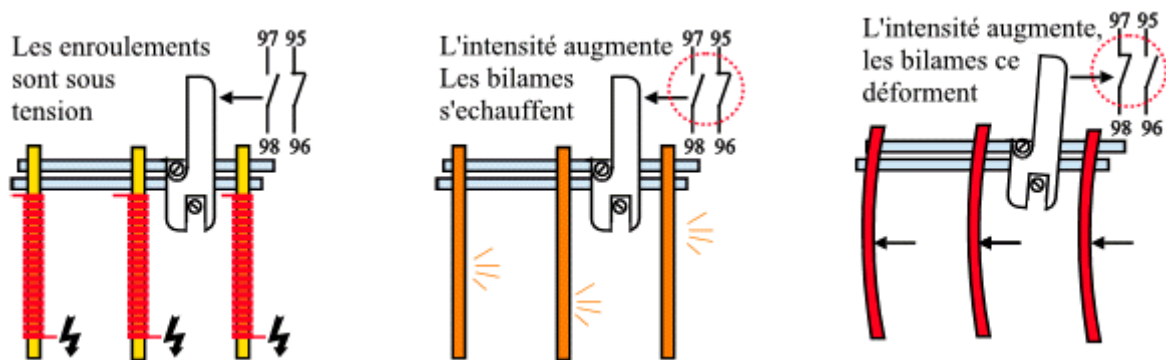


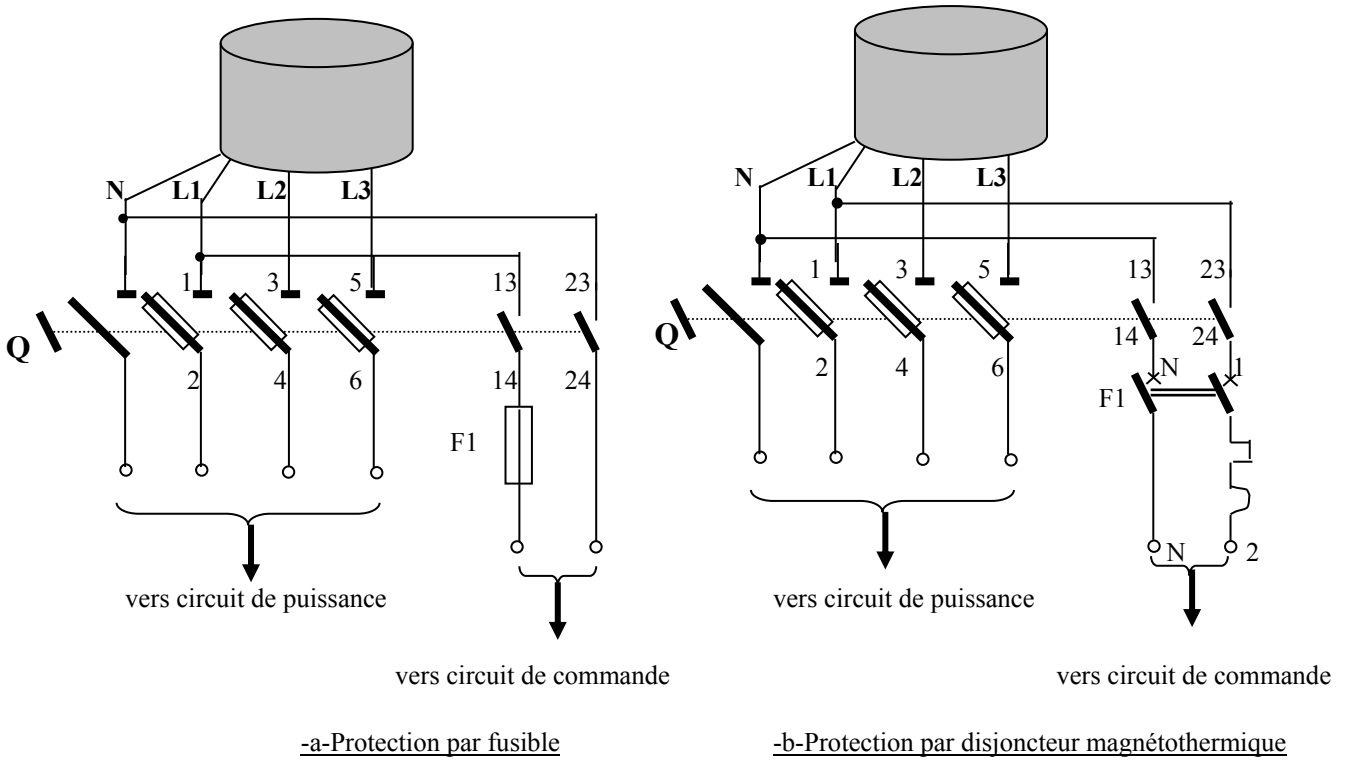
Figure 0.10 bis : Relais thermique (animation <http://www.abcclim.net>)

-I.6-Circuit de commande

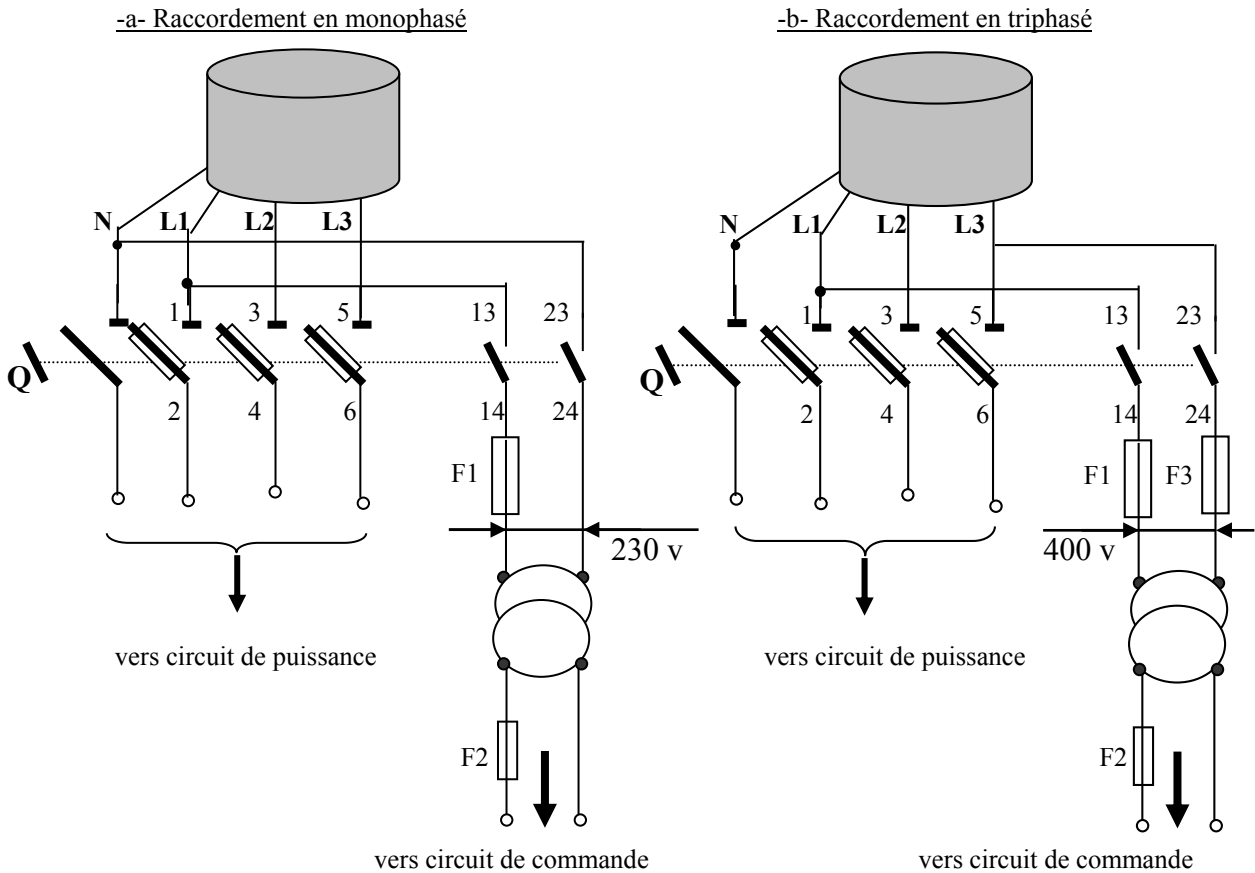
-I.6-a-Alimentation

C'est un circuit alimenté soit directement à partir du circuit de puissance (généralement monophasé), soit par l'intermédiaire d'un transformateur abaisseur de tension (notamment lorsque les règles de sécurité l'exigent).

Le calibre de la cartouche fusible dépend du nombre d'éléments constituant le circuit de commande. En général un calibre 2 ou 4 ampères est suffisant.



Figures 0.11.a - Alimentation directe du circuit de commande



Figures 0.11.b - Alimentation du circuit de commande en très basse tension ($V \leq 50 \text{ v}$)

-I.6-b-Protection

Quand on utilise une alimentation directe monophasée du circuit de commande, la protection est très souvent assurée par un disjoncteur magnétothermique unipolaire avec neutre : il possède un pôle protégé relié à la phase, et un pôle coupé relié au neutre.

Dans le cas de l'alimentation en très basse tension,

* le choix du calibre et du type de la protection du primaire (qui est une protection contre les courts-circuits) doit prendre en compte le courant magnétisant du transformateur.

Par exemple pour une protection par disjoncteur de contrôle, le calibre sera égal au courant nominal primaire multiplié par le courant magnétisant ($\leq 20 I_n$) et divisé par le courant de déclenchement magnétique (environ $13 I_n$).

Pour une protection par fusibles, l'emploi du type aM calibré au courant nominal primaire est recommandé, ces fusibles supportant le courant magnétisant du transformateur.

* La protection du secondaire contre les surcharges est assurée par un disjoncteur contrôle (relais thermique ou magnétothermique), ou par un fusible de type gG calibré au courant nominal secondaire. En général une protection unique sur le point chaud (conducteur opposé au commun bobines) est suffisante.

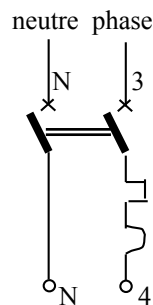
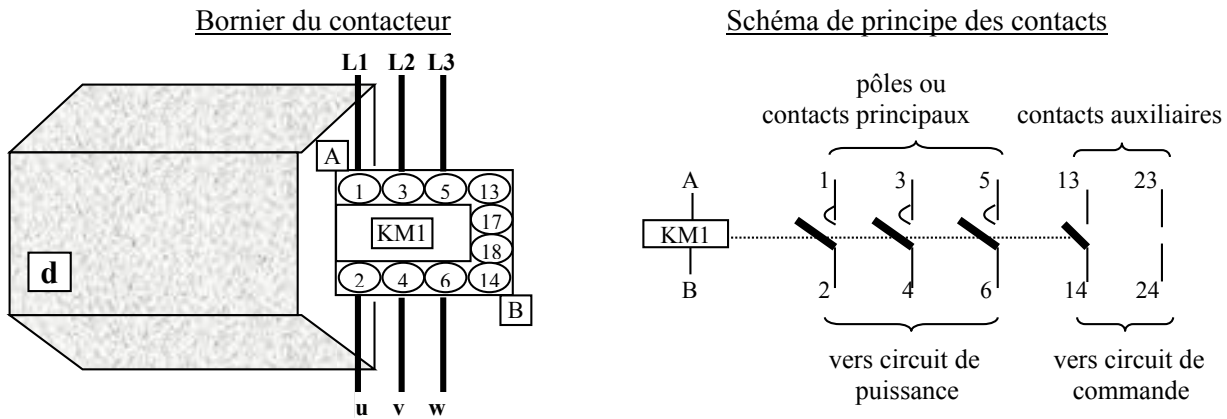


Figure 0.12 - Schéma de principe du disjoncteur magnétothermique unipolaire + neutre
 un pôle protégé (phase) et un pôle sectionné (neutre)

-I.6-c-Coupures de sécurité et arrêt d'urgence

On doit pouvoir arrêter la machine et mettre hors tension le circuit électrique à l'aide d'un organe unique, bien visible et d'accès facile : on utilise en général un bouton d'arrêt d'urgence ("*coup de poing*") commandant le contacteur.

-II- CONTACTEUR ET DEMARRAGE MOTEUR



En variante A04, pour les séries D09, D12, D16, D25, les contacteurs sont livrés avec les 4 liaisons suivantes réalisées par le constructeur : KM1.13-KM1.17 ; KM1.14-KM1.18 ; KM1.1-A ; KM1.14- B .

Figure 0.13 - Câblage du contacteur série D (doc. Télémécanique)

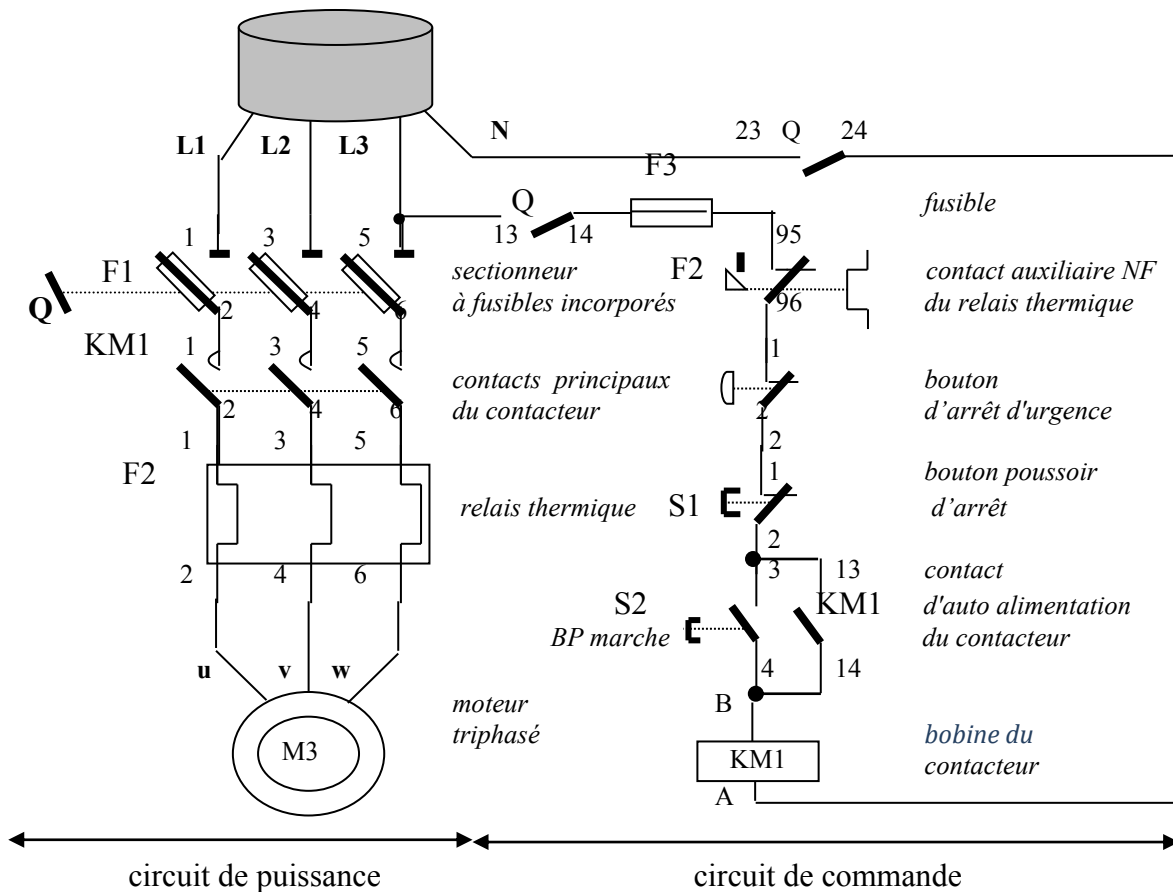


Figure 0.14 - Schéma de commande d'un moteur (démarrage direct)

-II.2-Catégories ou classes d'emploi du contacteur

-II.2-a-En courant alternatif

*Classe AC1: charges non inductives ou faiblement inductives: $\cos \varphi \geq 0.95$ et $I_d = 1.5 I_n$ (cas des fours à résistances par exemple). Elle concerne l'utilisation domestique du contacteur.

*Classe AC2: moteurs à bagues ayant un mode de marche par à-coups. Régit également le démarrage et le freinage en contre-courant. $\cos \varphi = 0.65$ et le courant de démarrage égal 2.5 à 4 fois I_n .

*Classe AC3: moteurs à cage dont la coupure s'effectue moteur lancé. C'est la catégorie d'utilisation la plus courante du moteur asynchrone. $\cos \varphi = 0.35$ à 0.65 et $I_d = 5$ à 7 fois I_n .

*Classe AC4: moteur à cage ayant un mode de marche par à-coups, démarrage et arrêts fréquents, freinage en contre-courant, inversion du sens de marche. $\cos \varphi = 0.35$ à 0.65 et $I_d = 5$ à 7 fois I_n .

-II.2-b-En courant continu

*Classe DC1 : fonctionnement dans les mêmes conditions que AC1. $\tau = L/R \leq 1$ ms.

*Classe DC2: moteur shunt, démarrage et coupure moteur lancé. $I_d = 2.5 I_n$. $\tau = 7.5$ ms

*Classe DC3: moteur shunt, démarrage et marche par à-coups, freinage en contre-courant (amortissement par inversion du sens du courant). $I_d = 2.5 I_n$. $\tau \leq 2$ ms.

*Classe DC4: moteur série, même utilisation que DC2. $I_d = 2.5 I_n$. $\tau \leq 10$ ms.

*Classe DC5: moteur série, même utilisation que DC3. $I_d = 2.5 I_n$. $\tau \leq 7.5$ ms.

Caractéristiques principales des contacteurs série D (doc. Télémécanique)

| CONTACTEURS (alimentation du circuit de commande en courant alternatif) | | LC1 D09 | LC1 D12 | LC1 D18 | LC1 D25 | LC1 D32 | LC1 D40 | LC1 D50 | LC1 D65 | LC1 D80 | LC1 D95 | |
|--|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------|
| Nombre de Pôles | | 3 | 3-4 | 3 | 3-4 | 3 | 3-4 | 3 | 3-4 | 3-4 | 3 | |
| Courant Ie assigné d'emploi (U≤440 v) | En AC-3, $\theta \leq 55^\circ\text{c}$ | A | 9 | 12 | 18 | 25 | 32 | 40 | 50 | 65 | 80 | 95 |
| | En AC-1, $\theta \leq 40^\circ\text{c}$ | A | 25 | 25 | 32 | 40 | 50 | 60 | 80 | 80 | 125 | 125 |
| Pouvoir assigné de fermeture | | A | 250 | 250 | 300 | 450 | 550 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 |
| Pouvoir assigné de coupure | 220-380-415-440 v | A | 250 | 250 | 300 | 450 | 550 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1100 |
| | 500 v | A | 175 | 175 | 250 | 400 | 450 | 800 | 900 | 1000 | 1000 | 1100 |
| | 660-690 v | A | 85 | 85 | 120 | 180 | 180 | 400 | 500 | 630 | 640 | 640 |
| Courant temporaire admissible Si le courant était au préalable nul depuis 15 min avec $\theta \leq 40^\circ\text{c}$ | Pendant 1s | A | 210 | 210 | 240 | 380 | 430 | 720 | 810 | 900 | 990 | 990 |
| | Pendant 5s | A | 130 | 130 | 185 | 290 | 340 | 420 | 520 | 660 | 800 | 800 |
| | Pendant 10s | A | 105 | 105 | 145 | 240 | 260 | 320 | 400 | 520 | 640 | 640 |
| | Pendant 30s | A | 76 | 76 | 105 | 155 | 175 | 215 | 275 | 340 | 420 | 420 |
| | Pendant 1 min | A | 61 | 61 | 84 | 120 | 138 | 165 | 208 | 260 | 320 | 320 |
| | Pendant 3 min | A | 44 | 44 | 58 | 80 | 92 | 110 | 145 | 175 | 210 | 210 |
| | Pendant 10 min | A | 30 | 30 | 40 | 50 | 60 | 72 | 84 | 110 | 135 | 135 |
| Protection par fusibles contre les courts- circuits U ≤ 440v | Circuit moteur : type aM | A | 12 | 16 | 20 | 40 | 40 | 40 | 63 | 80 | 80 | 100 |
| | Avec relais thermique : type gG | A | 20 | 25 | 35 | 63 | 80 | 100 | 100 | 100 | 125 | 160 |
| | Sans moteur (équivalent à catégorie AC1) : type gG | A | 25 | 25 | 32 | 40 | 50 | 60 | 80 | 80 | 125 | 125 |

-II.3-Appareils dérivés du contacteur

*Le rupteur : c'est un contacteur dont les contacts principaux sont fermés au repos.

*Le contacteur à accrochage : c'est un contacteur muni d'un système d'accrochage, qui empêche les contacts de retourner à la position de repos (contacts ouverts) quand on cesse d'alimenter le dispositif de commande (coupure du courant de commande de la bobine). L'accrochage et le décrochage peuvent être magnétiques, mécaniques, électriques. En fait cet appareil possède deux états stables et il est improprement appelé contacteur, car il doit répondre aux spécifications des contacteurs. On l'utilise surtout dans la commande 2 fils.

Remarque

Dans la commande 2 fils, chez Télémécanique il suffit de rajouter un dispositif d'accrochage (réf LA9 D09907) au bouton marche d'un contacteur (cf. figure 0-14) pour le transformer en un interrupteur, rendant ainsi inutile l'usage du contact d'auto maintien 13-14 ; par opposition à la commande 3 fils où l'on se sert du contact d'auto alimentation 13-14.

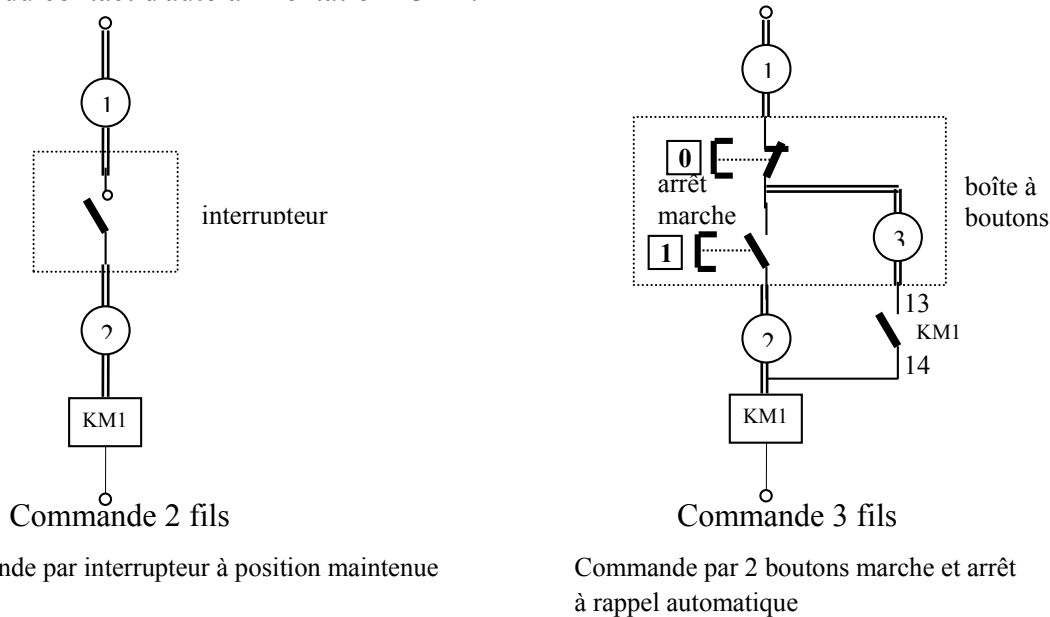


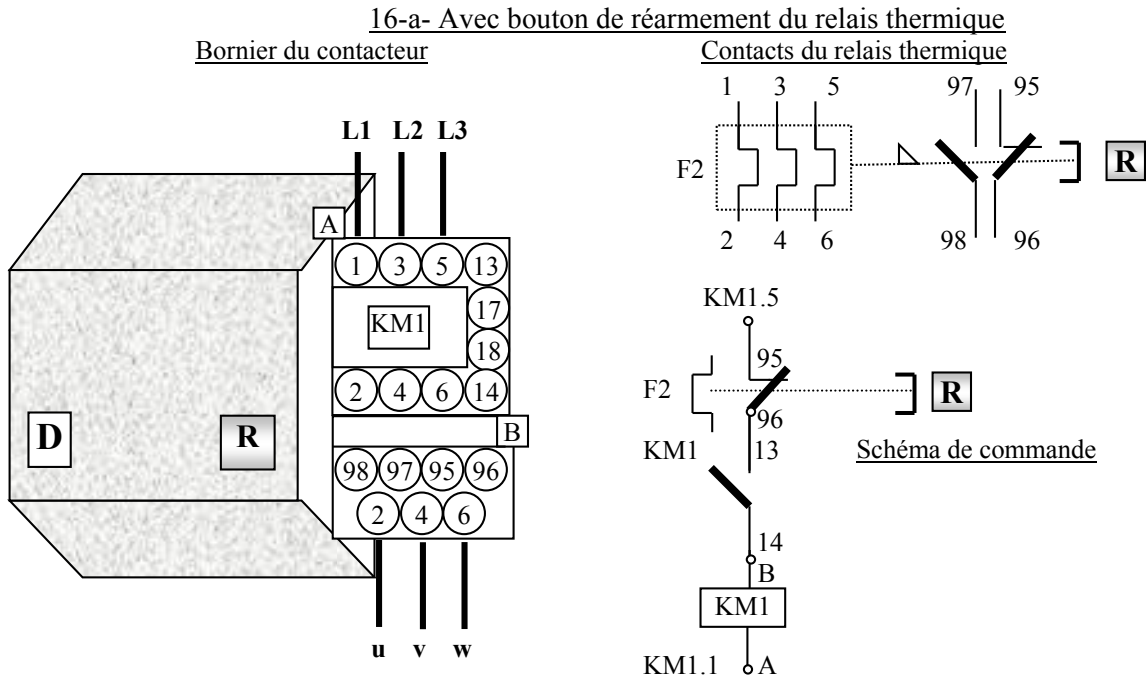
Figure 0.15 – Commandes 2 fils et 3 fils

*Le discontacteur : c'est un contacteur assurant la fonction de disjoncteur (protection contre les courts-circuits). On le réalise en rajoutant un relais magnétique à l'intérieur du contacteur.

*Le contacteur-disjoncteur : c'est la combinaison d'un contacteur, d'un disjoncteur (protection contre les courts circuits) à très fort pouvoir de coupure, et d'un relais thermique (protection contre les surcharges ou les surintensités de valeur moyenne).

Remarque : chez Télémécanique le discontacteur de la série d est un contacteur, dans lequel on insère un relais thermique et deux boutons poussoirs de marche et arrêt (cf. figure 0.15-b).

***Contacteur d'inversion de phase** : il a pour rôle d'inverser deux phases pour inverser le sens de rotation du moteur. Utilisé pour le freinage d'un moteur, on lui associe un capteur de vitesse qui détecte l'annulation de la vitesse d'un moteur. Quand cette vitesse est nulle le circuit s'ouvre provoquant l'arrêt du moteur.



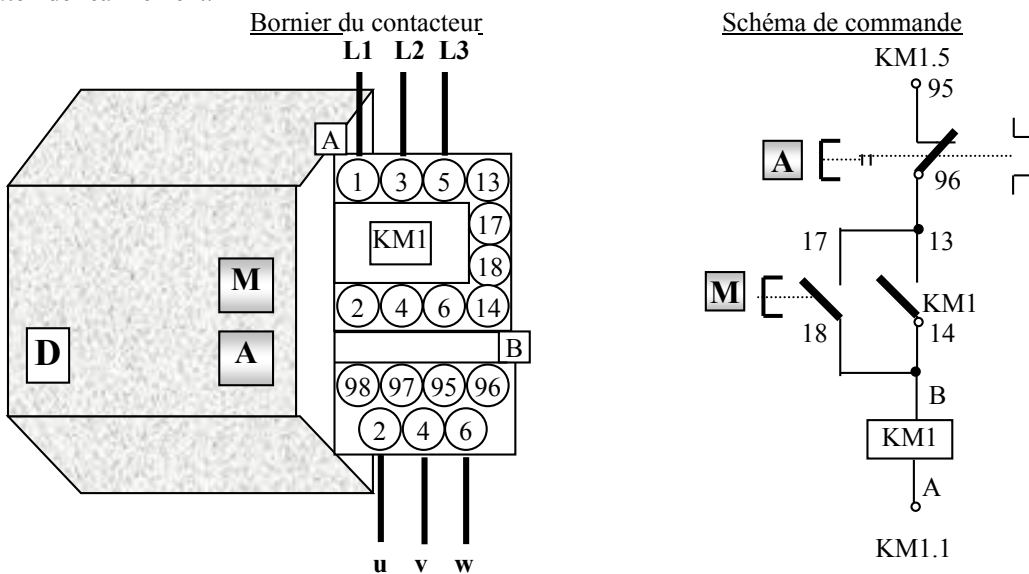
On réalise le discontacteur en insérant les bornes 1, 3, 5 du relais thermique sous les bornes 2, 4, 6 du contacteur (Fig. 15-a). On rajoute aussi sur le coffret un bouton poussoir de réarmement du relais thermique (forçage des contacts fermés au repos).

En variante A05, pour les séries D09, D12, D16, D25, les contacteurs sont livrés avec les 6 liaisons suivantes réalisées par le constructeur (si une des liaisons est indésirable, elle est supprimée par l'utilisateur):

$KM1.13 \leftrightarrow KM1.17$ $KM1.1 \leftrightarrow A$ $KM1.5 \leftrightarrow F2.95$
 (bobine alimentée en 380V) $KM1.14 \leftrightarrow KM1.18$ $KM1.14 \leftrightarrow B$ $KM1.13 \leftrightarrow F2.96$

16-b- Avec boutons poussoirs marche et arrêt à rappel automatique (variante A13)

Ce discontacteur est réalisé à partir du précédent, dans lequel deux boutons poussoirs marche et arrêt remplacent le bouton de réarmement.



Figures 0.16 - Discontacteur série D (doc. Telemecanique)

-II.4- Appareils mis en œuvre dans un équipement de démarrage

Tout système de démarrage se doit de limiter l'intensité absorbée par le moteur, tout en maintenant les performances mécaniques conformes au cahier de charges, de l'ensemble « moteur - machine entraînée ».

Le démarrage du moteur peut être direct, par paliers, progressif, variable suivant une loi de vitesse.

Les deux premières solutions font appel à une technologie électromécanique, la dernière à la technologie électronique. Dans tous les cas l'équipement du circuit terminal moteur (dit « circuit de démarrage »), est une association d'appareils qui satisfait les quatre fonctions principales suivantes :

- **Sectionnement** : pour isoler cette partie par rapport au circuit amont et permettre les interventions de maintenance en toute sécurité.
- **Protection contre les courts-circuits** : avec une détection suivie d'une coupure rapide pour éviter la détérioration de l'installation.
- **Commutation** : dont la commande peut être manuelle, semi-automatique ou automatique.
- **Protection contre les surcharges** : avec une détection et une coupure qui doivent éviter que toute élévation intempestive de la température du moteur n'entraîne la détérioration de ses isolants.

| FONCTION | SOLUTION FONCTIONNELLE | DESIGNATION DES APPAREILS | | | | | | | |
|---------------------------------------|--|---------------------------|---------------------------|---------|-------------|------------------|------------|--------------------|------------------------|
| | | SECTION-NEUR | INTERRUPTEUR SECTION-NEUR | FUSIBLE | DISJONCTEUR | RELAIS THERMIQUE | CONTACTEUR | DISJONCTEUR MOTEUR | VARIATEUR ELECTRONIQUE |
| Sectionnement | * par pôles spécifiques * avec les pôles de puissance | ● | ● | | | | | ● | |
| Protection contre les courts-circuits | * par fusibles * par déclencheur magnétique | | | ● | | | ● | ● | |
| Commutation | * à commande manuelle * à commande automatique * à commande électronique | | | | ● | | ● | | ● |
| Protection contre les surcharges | Par déclencheur thermique | | | | ● | ● | | ● | |

Les associations d'équipements de démarrage les plus utilisées pour alimenter des moteurs triphasés sont au nombre de trois. Soit le schéma classique utilisant un sectionneur à fusibles, un contacteur et un relais thermique, soit l'association d'un disjoncteur-moteur (lequel intègre un disjoncteur et un relais magnétothermique) et d'un contacteur, soit l'utilisation d'un appareil unique : le sectionneur-contacteur-disjoncteur intégral.

-a- Association sectionneur à fusibles + contacteur + relais thermique

C'est le schéma classique de commande des machines asynchrones (cf. figure 0.13).

Quand on ouvre le sectionneur, la mise à l'arrêt du circuit de puissance est effectuée par le circuit de commande, à cause de l'ouverture préalable des contacts de pré coupure insérés dans le circuit de commande avant les contacts principaux du circuit de puissance.

Il en est de même en cas de surintensité, qui provoque d'abord l'ouverture du circuit de commande (grâce aux contacts auxiliaires du relais thermique).

-b- Association disjoncteur-moteur + contacteur

Un seul appareil assure le sectionnement (disjoncteur), la protection contre les courts-circuits (déclencheur magnétique), et la protection contre les surcharges (déclencheur thermique réglable) : c'est le disjoncteur-moteur magnétothermique.

Avec cette association, la surintensité provoque directement l'ouverture du circuit de puissance, contrairement au cas précédent où l'ouverture (et donc l'arrêt) du circuit de puissance suite à une surintensité se fait *indirectement* via le circuit de commande et le contacteur.

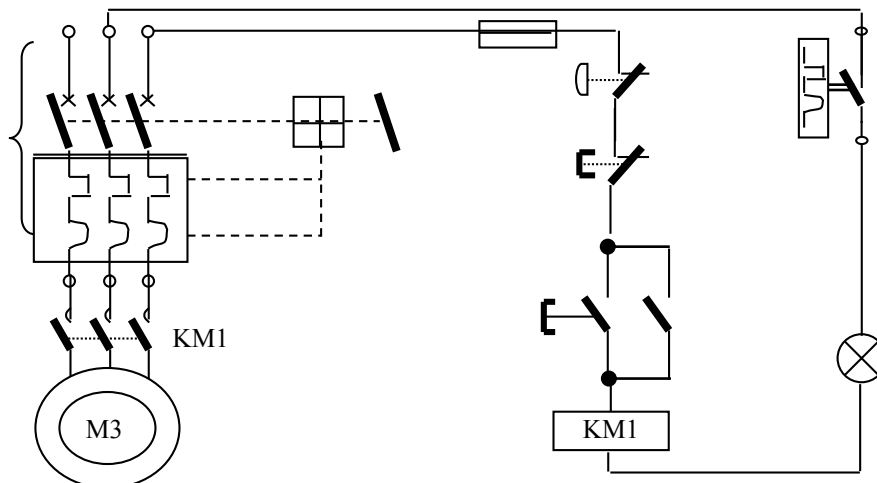


Figure 0.17- Commande d'un moteur asynchrone par disjoncteur-moteur + contacteur

-c- Sectionneur-contacteur-disjoncteur intégral

Dans un souci de gain de place et de facilité de maintenance, un appareil unique entre le réseau et le moteur intègre les fonctions de sectionnement (sectionneur), de commutation (contacteur), de protection contre les courts-circuits et les surintensités (disjoncteur différentiel). Il n'y a donc qu'un seul appareil entre le réseau d'alimentation et le récepteur, appelé le "disjoncteur différentiel intégral" (Integral 32 de Télémécanique par exemple) ou « sectionneur-contacteur-disjoncteur intégral ».

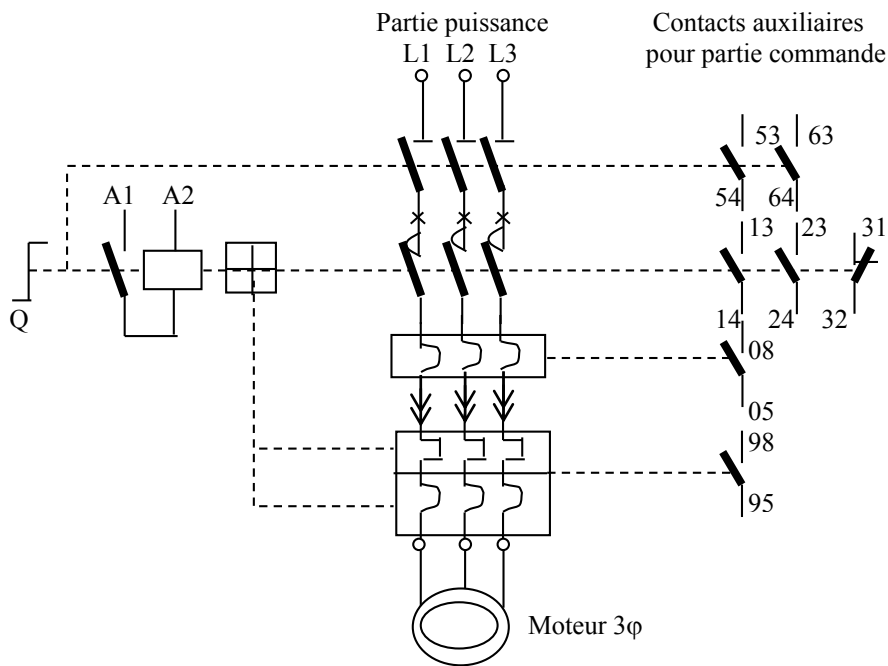


Figure 0.18 - Schéma de principe du disjoncteur différentiel intégral

III-Comment lire un schéma électrique ?

Tout comme l'apprentissage de l'alphabet est un passage obligé vers la lecture, l'écriture et la maîtrise du langage ; la connaissance des symboles électriques et de leurs fonctions est nécessaire pour l'identification des éléments, l'analyse et la compréhension d'un schéma électrique.

Un schéma électrique représente sous formes graphiques un circuit électrique. Il montre les différents symboles des éléments le composant ainsi que les interconnexions entre les éléments du circuit. Des lignes droites représentent les fils électriques.

III.1-Schéma électrique unifilaire

Un trait représente l'ensemble des conducteurs qui relie les divers composants, c'est un schéma simple qui donne une idée générale du fonctionnement de l'installation.

III.2-Schéma multifilaire

Le schéma électrique multifilaire représente tous les conducteurs, ce qui permet une interprétation et une analyse claire des schémas de puissance et de commande.

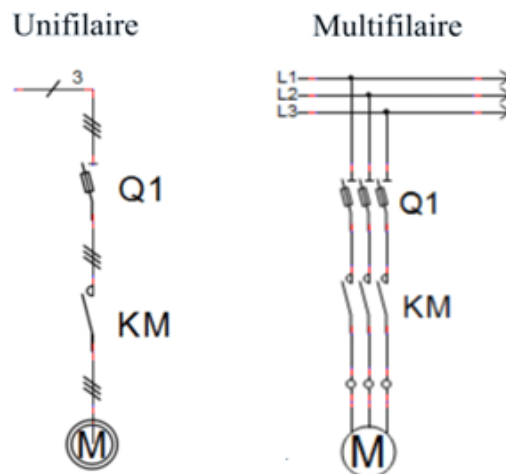


Figure 0.19 : symboles de contacts de commande

III.3-Repérage des conducteurs

Les conducteurs sont tous numérotés. Les conducteurs soumis au même potentiel portent le même numéro (exemple cercle orange sur la figure). Leurs numéros changent lorsqu'ils sont connectés à un élément qui a la capacité d'ouvrir ou de fermer un circuit (cercle

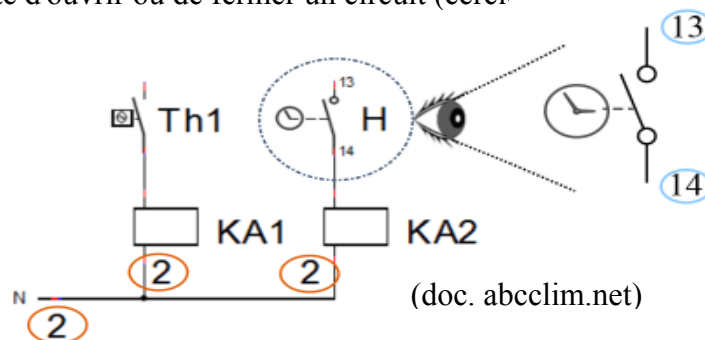


Figure 0.20 : symboles de contacts de commande

III.4-Repérage des contacts

Dans les contacteurs, les sectionneurs, les relais thermiques, les bornes des contacts de puissance (ou pôles) sont repérées par un chiffre :

- de 1 à 6 en tripolaire
- de 1 à 8 en tétrapolaire

Les contacts auxiliaires sont repérés par deux chiffres, celui des dizaines indique le numéro du contact de l'auxiliaire et celui des unités indique la fonction du contact :

- 1 et 2 : contact à ouverture ou normalement fermé "NC" (Normally Connected)
- 3 et 4 : contact à fermeture ou normalement ouvert "NO" (Normally Open)
- 5 et 6 : contact NC à fonction spéciale (contact temporisé par exemple)
- 7 et 8 : contact NO à fonction spéciale (contact temporisé par exemple)

Contact travail: généralement ouvert au repos, il ferme le circuit électrique lorsqu'il est actionné.
Contact repos: généralement fermé au repos, il ouvre le circuit électrique lorsqu'il est actionné.

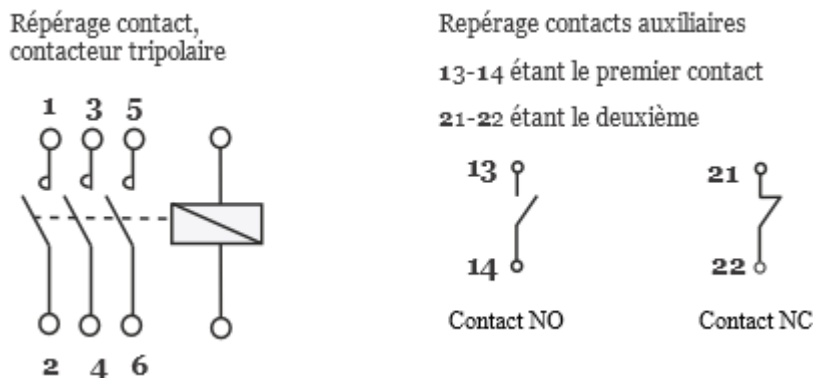


Figure 0.21 : symboles de contacts du contacteur

III.5-Identification des éléments d'un schéma

Tableau répertoriant les lettres d'identifications les plus utilisées (notamment en froid et climatisation).

| REPERES | ELEMENTS | EXEMPLES |
|---------|--|-------------------------------------|
| B | Transducteur | Pressostats |
| C | Condensateur | Démarrage ou permanent |
| F | Protection | Coupe-circuit, protection thermique |
| G | Générateur | Alimentation, batterie |
| H | Signalisation | Buzzer, voyant |
| K | Relais, contacteur | |
| KA | Contacteur auxiliaire, Relais automatisme | Temporisé, relais divers |
| KM | Contacteur moteur | Contacteur de puissance |
| M | Moteur | Tous types de moteur |
| P | Appareil mesure | Compteur, horloge |
| Q | Protection | Sectionneur, disjoncteur |
| R | Résistance | Potentiomètre, rhéostat |

Légende

- AU:** arrêt d'urgence
- BP:** bouton poussoir (réarmement)
- HP:** pressostat haute pression
- BP:** pressostat basse pression
- KA1:** relais de défaut
- KM:** contacteur compresseur

Ici ce schéma d'automatisme est utilisé sur une chaîne de sécurité d'un compresseur. Quand un contact de sécurité s'ouvre, KA1 est mis hors tension et ouvre les contacts KA1.1 et KA1.2, arrête le compresseur et ferme KA1.3 qui allume le voyant de défaut. Pour réarmer, il faudra appuyer sur le bouton poussoir à condition que le défaut ne soit plus présent, ainsi KA1 par son contact KA1.1 s'autoalimentera.

Le défaut de l'auto-alimentation est qu'en cas de coupure de courant il faudra appuyer sur le bouton poussoir de réarmement, ce qui peut être gênant ; alors on pourra améliorer le schéma en câblant en parallèle sur KA1.1 un contact temporisé à impulsion (ouverture, fermeture rapide) dont l'alimentation sera prise directement sur la télécommande.

7.b- Exemple n°2 : moteur 2 vitesses à enroulements indépendants

C'est un moteur encore utilisé de nos jours (notamment dans les machines à laver) mais qui tend à disparaître au profit de moteurs commandés par variation de fréquence. Il s'agit ici du câblage d'un moteur asynchrone triphasé à 2 enroulements séparés.

On constatera que la commande des vitesses se fait par auto maintien.

Notons aussi qu'il faudra mettre à l'arrêt la 1ère vitesse pour pouvoir enclencher la 2ème vitesse et inversement.

Légende

- KM1: contacteur 1er vitesse
- KM2: contacteur 2em vitesse
- F1: relais thermique vitesse1
- F2: relais thermique vitesse2
- S1: arrêt urgence
- S2: poussoir arrêt général
- S3: poussoir vitesse1
- S4: poussoir vitesse 2
- H1: voyant défaut vitesse 1 et 2
- H2: présence tension
- T1: transformateur

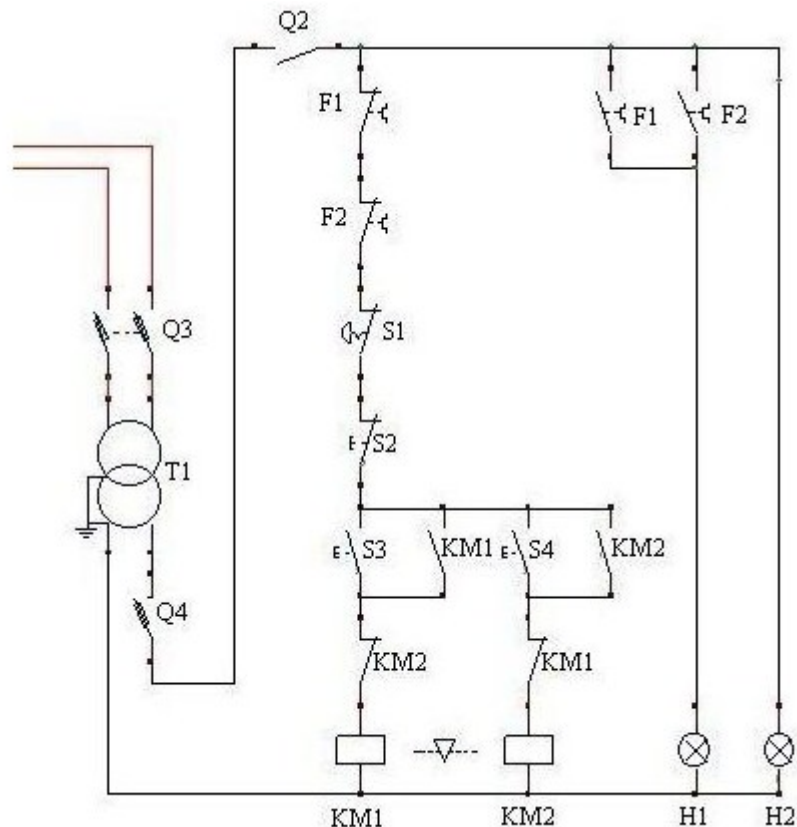


Figure 0.23-Partie commande d'un moteur à 2 vitesses

Ci-dessous le schéma de puissance, on utilise ici un moteur asynchrone triphasé possédant deux enroulements indépendants qui sont utilisés séparément, et permettent ainsi d'obtenir deux fréquences de rotation. L'ordre des phases doit être identique pour les deux vitesses. Le sens de rotation du moteur doit être le même pour les deux vitesses.

Rappelons que pour faire varier la vitesse sur ce type de moteur on joue sur le nombre de paires de pôles (cf. cours actionneurs). La vitesse d'un moteur asynchrone est fonction du nombre de paires de pôles et de la fréquence de la tension d'alimentation du moteur (50 Hz en Algérie et en Europe).

En fonction du nombre de pôles on obtient ainsi deux vitesses fixes.
Exemples en tr/min :

- 2/6 pôles : 3000 / 1000
- 2/8 pôles : 3000 / 750
- 4/6 pôles : 1500 / 1000

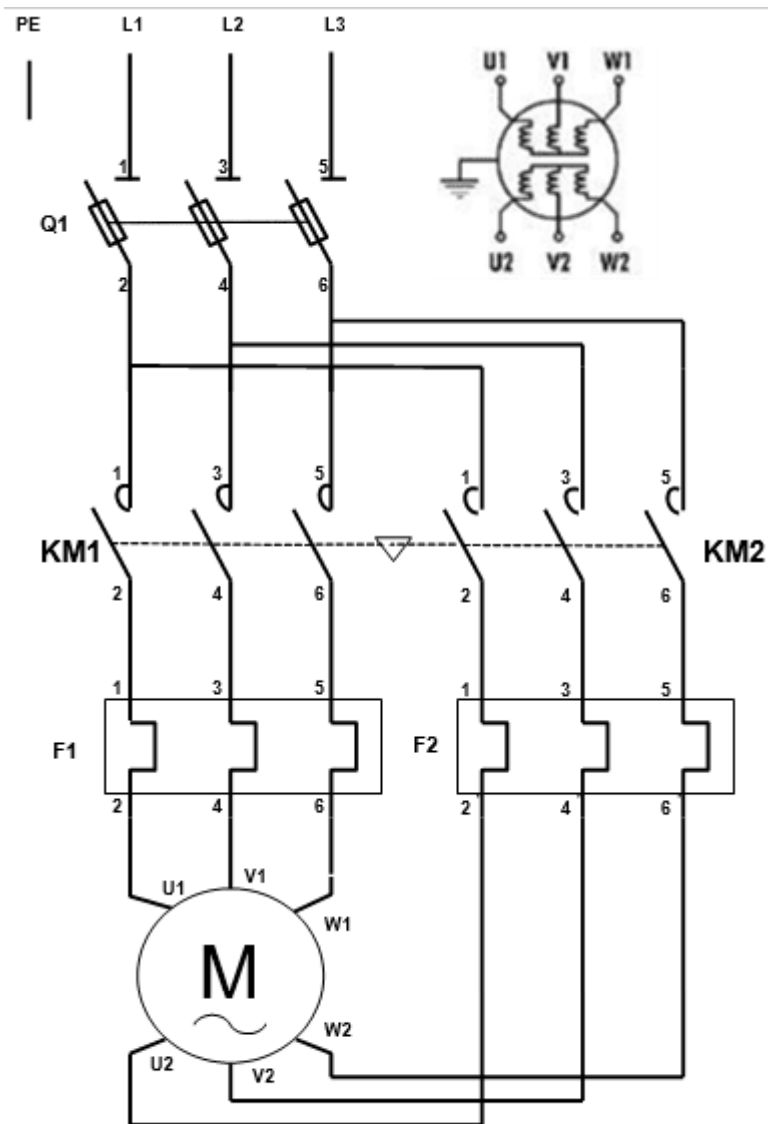


Figure 0.24 – Partie puissance de la commande du moteur à 2 vitesses