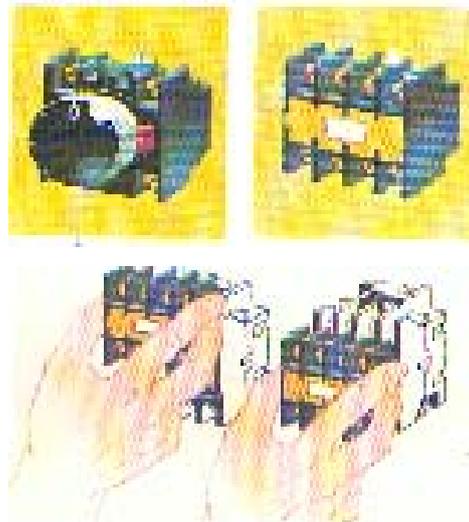
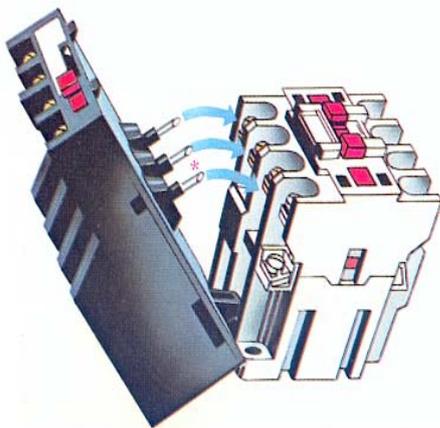


**HAMDI HOCINE**

**AUTOMATISMES LOGIQUES**  
*modélisation et commande*

**Volume 3**

*Commande d'un automate électrique  
( alimentation et câblage )  
extrait (version distribution étudiant)*



**Les éditions de l'université Mentouri-Constantine**

## - AUTOMATISMES LOGIQUES : modélisation et commande -

## VOLUME 3 : DIMENSIONNEMENT ET CABLAGE DES AUTOMATISMES ELECTRIQUES

## - 2° édition revue et augmentée -

## - TABLE DES MATIERES -

## - PAGES-

<b>Chapitre 6 : FONCTIONS SECTIONNEMENT, PROTECTION ET COMMUTATION D'UN AUTOMATISME ELECTRIQUE</b>	<b>192</b>
-I- Structure d'une installation électrique	
-1-Structure fonctionnelle d'une installation électrique	193
-2-Réseau d'alimentation et rappel des lois fondamentales d'électricité	
-3-Sectionnement ou isolement de l'installation	194
-4-Circuit de puissance	195
-a-Protection contre les courts-circuits	
-b-Protection contre les surintensités et les surcharges	
-5-Circuit de commande	198
-a-Alimentation	
-b-Protection: disjoncteur de contrôle ou cartouche fusible	
-II- Préactionneurs ou organes de commutation: principes de fonctionnement	201
-1-Organe de commutation à commande manuelle : le disjoncteur et le disjoncteur moteur	
-2-Organe de commutation à commande automatique : le contacteur	201
-3-Organe de commutation à commande électronique : le variateur électronique	213
-III- Appareils mis en œuvre dans un équipement de démarrage	213
-IV- Conception du schéma de commande d'un système automatisé	216
-V- Exemple de synthèse : commande d'un moteur de ventilateur	220-226
 <b>Chapitre 7 : COMMANDE DES MOTEURS ELECTRIQUES</b>	 <b>227</b>
-I- Les moteurs : principes généraux	
-1- Moteur à courant continu	
-2- Moteur pas à pas	
-3- Moteur asynchrone triphasé	228
-II- Démarrage des moteurs asynchrones triphasés à cage	
-1-Démarrage direct	232
-2-Réduction du courant de démarrage	
*par commutation montage étoile-triangle	233
*par élimination de résistances statoriques ou rotoriques	236
-III- Freinage des moteurs asynchrones triphasés à cage	
-1- Freinage en contre-courant	241
-2-Freinage par injection de courant continu	243
-IV- Exemple de synthèse : commande d'une porte de garage	245
-1- Commande semi-automatique	247
-2- Commande automatique par API (TSX 17-10)	255-260
 <b>Chapitre 8 : EXERCICES SUR LA COMMANDE DES MOTEURS en modes semi-automatique et automatique</b>	 <b>261</b>
 <b>Annexes</b>	 <b>280</b>
-I- Formulaire (mécanique, électricité)	
-II- Lois générales d'électrotechnique	

**Chapitre 6 : FONCTIONS SECTIONNEMENT, PROTECTION ET COMMUTATION  
D'UN AUTOMATISME ELECTRIQUE**

<b>SOMMAIRE</b>	<b>PAGE</b>
<b><u>-I- Structure d'une installation électrique</u></b>	<b>192</b>
-1-Structure fonctionnelle	192
-2-Réseau d'alimentation	
-3-Isolement de l'installation: le sectionneur	193
-4-Circuit de puissance	194
-a-Protection contre les courts-circuits: cartouche fusible et disjoncteur à relais magnétique	
-b-Protection contre les surintensités et les surcharges: disjoncteur à relais thermique	
-5-Circuit de commande	197
-a-Alimentation	
-b-Protection: disjoncteur de contrôle ou cartouche fusible	
<b><u>-II- Préactionneurs ou organes de commutation: principes de fonctionnement</u></b>	<b>201</b>
-1-Organe de commutation à commande manuelle : le disjoncteur et le disjoncteur moteur	
-2-Organe de commutation à commande automatique:le contacteur	
-a-Constitution	201
-b-Caractéristiques fonctionnelles	207
-c-Catégories ou classes d'emploi	209
-d-Appareils dérivés du contacteur	211
-3-Organe de commutation à commande électronique : le variateur électronique	
<b><u>-III- Conclusion: appareils mis en œuvre dans un équipement de démarrage</u></b>	<b>213</b>
<b><u>-IV- Orientations pour la conception du schéma de commande d'un système automatisé</u></b>	<b>216</b>
-1- Circuit de puissance	
-2- Alimentation de la partie commande	
-3- Traduction du grafcet en circuit de commande	
<b><u>-V- Application: commande d'un moteur de ventilateur dans un tunnel routier</u></b>	<b>220-226</b>

**-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 :

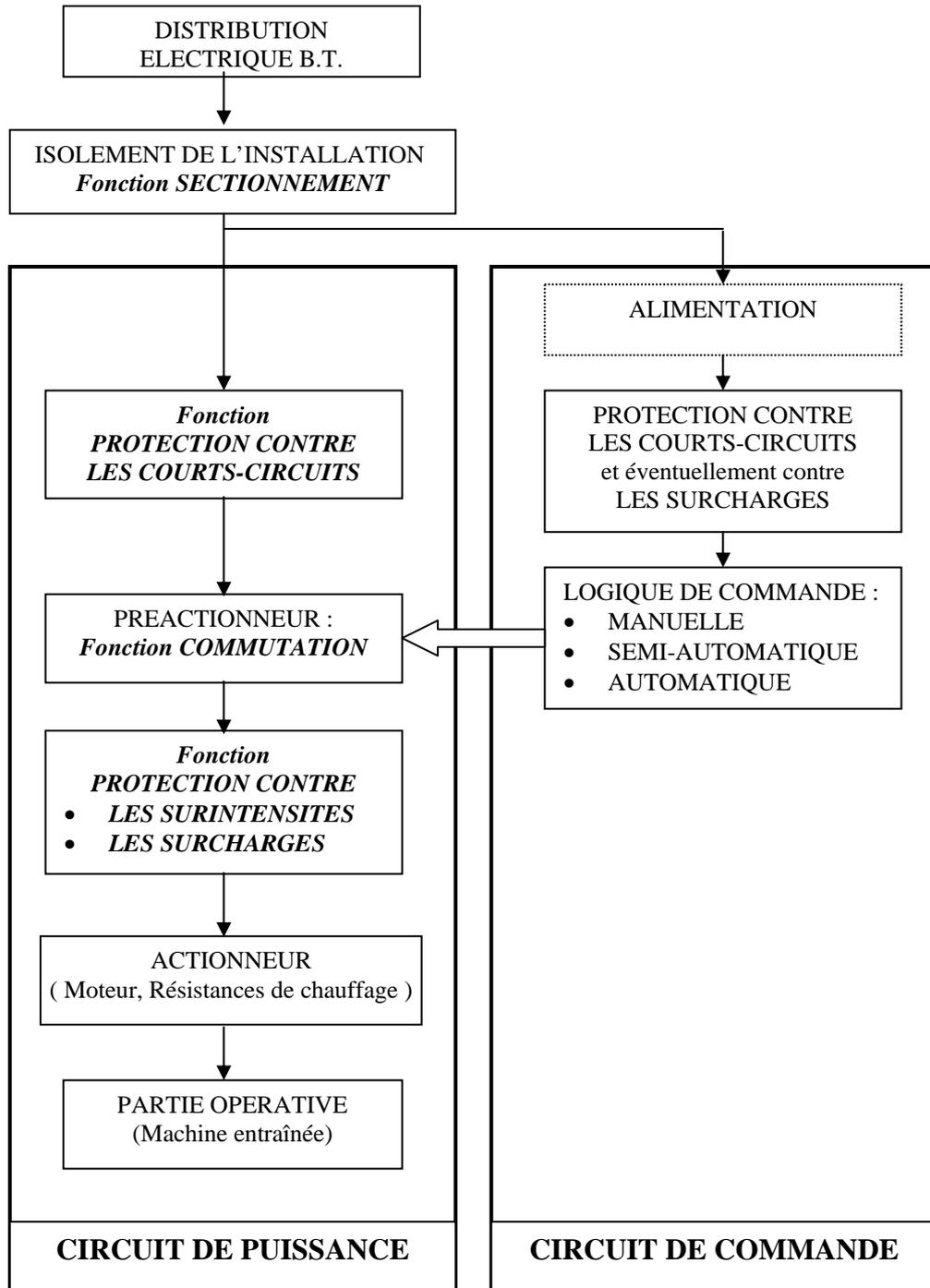
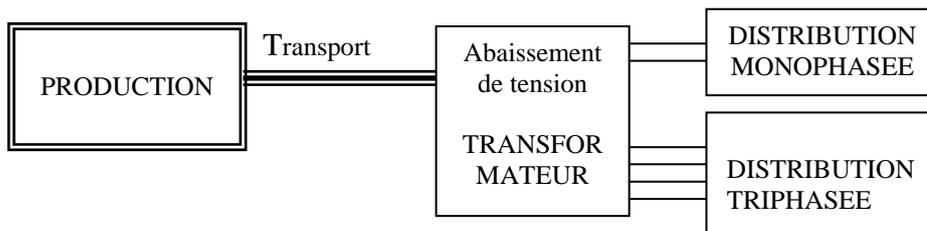


Figure 6.1 - Schéma synoptique d'un automatisme électrique

**-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 monophasée et triphasée domestiques, les tensions sont:

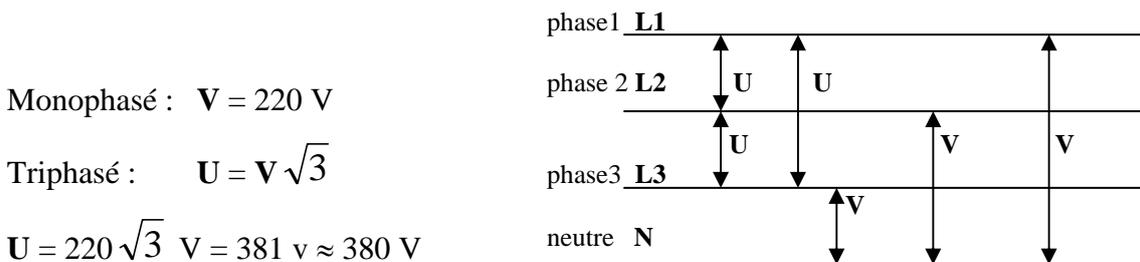


Figure 6.2 - Réseau d'alimentation

Remarque : Les nouvelles tensions normalisées sont 230v et 400v respectivement.

**-I-3-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.

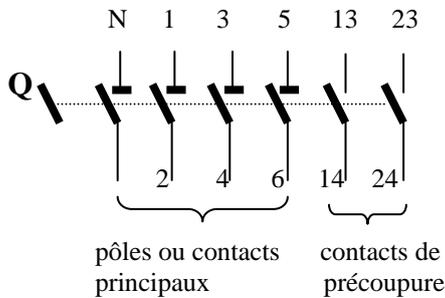


Figure 6.3-a- Symbole normalisé du sectionneur tétrapolaire

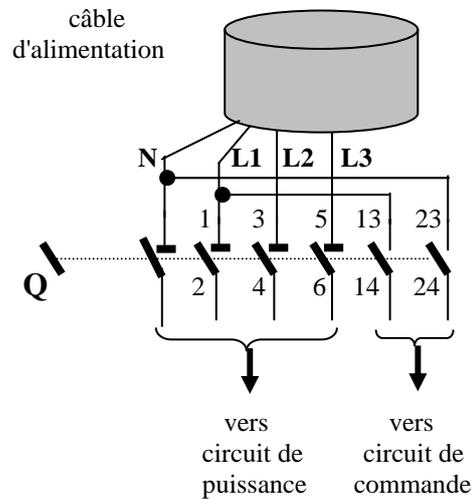


Figure 6.3-b- Raccordement en triphasé du sectionneur tétrapolaire

Lors de l'ouverture du sectionneur, comme leur nom l'indique, les contacts auxiliaires de pré coupure 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. 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-4-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.

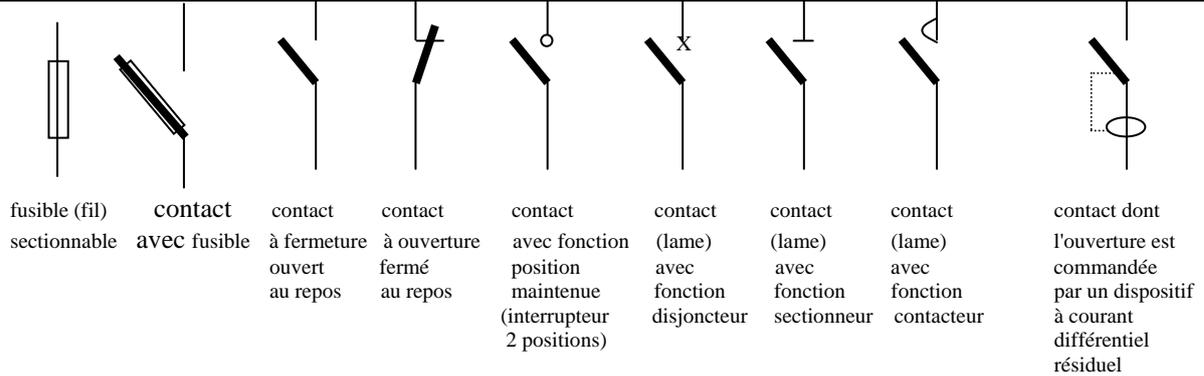
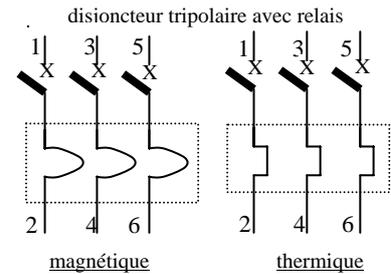


Figure 6.4 - Symboles normalisés de quelques contacts



-I-4-a-Protection contre les courts-circuits

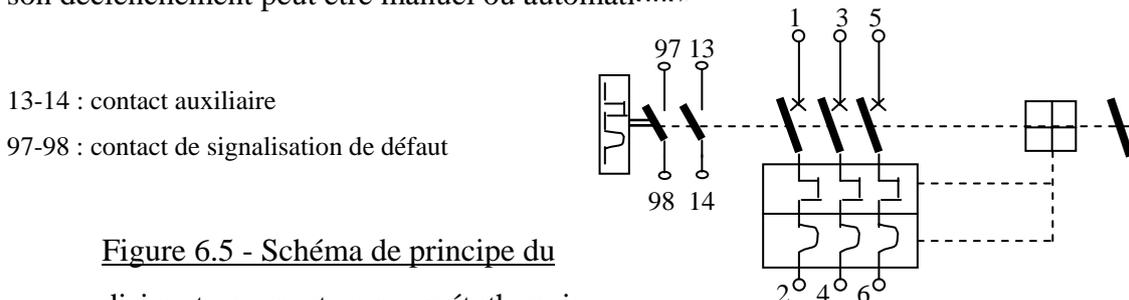
Le type de cartouche fusible dépend de la nature du circuit à protéger. S'il s'agit d'une ligne d'alimentation générale, d'éclairage, de chauffage etc...(circuit fortement résistif et peu inductif), on utilise des cartouches noires de type gG (c'est à dire à usage général). S'il s'agit de moteurs ou transformateurs (circuit inductif) engendrant des pointes de courant à la mise sous tension, on utilise des cartouches vertes de type aM (c'est à dire 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 magnéto-thermique 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

97-98 : contact de signalisation de défaut

Figure 6.5 - Schéma de principe du disjoncteur – moteur magnétothermique

-I-4-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 (2,4,6) pour le circuit de puissance, et des contacts auxiliaires (96 et 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, l'augmentation de l'intensité du courant absorbé par le moteur électrique entraîne l'échauffement des enroulements, ce qui provoque la déformation des bilames. 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. 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).

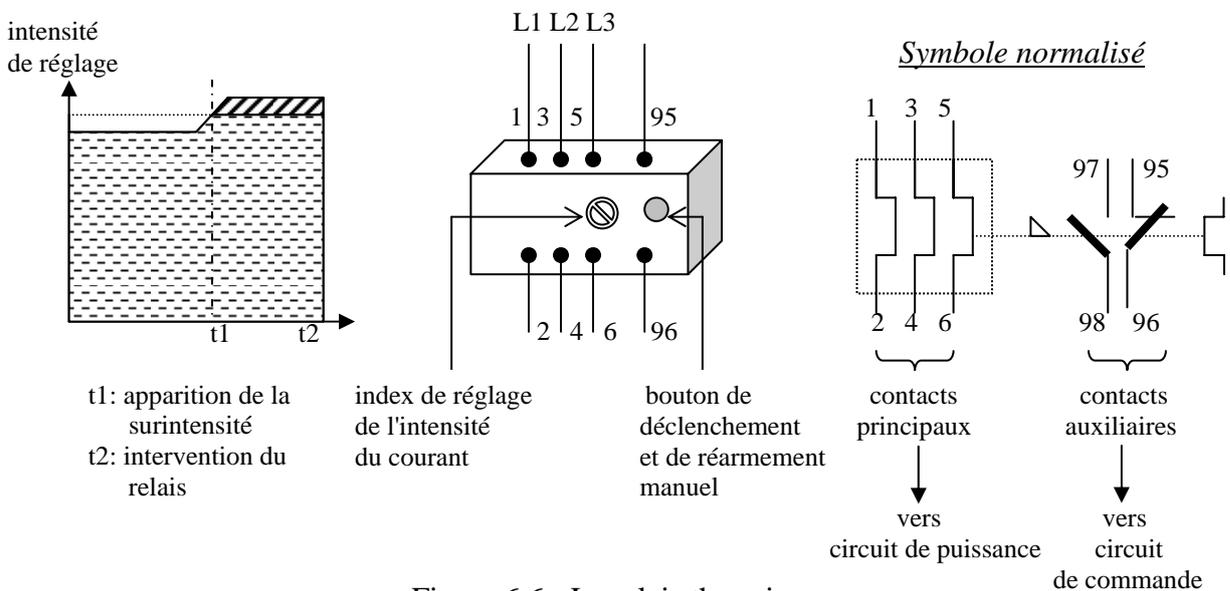


Figure 6.6 - Le relais thermique

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.
- 3- Dans un souci de gain de place et de facilité de maintenance, un appareil intègre les fonctions de sectionnement (sectionneur), de commande (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 Telemecanique par exemple) ou «sectionneur-contacteur-disjoncteur intégral».
- 4- L'alimentation du récepteur (moteur asynchrone) se fait en général selon l'un des trois schémas suivants (cf. fig. 6.23 page 124): 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.

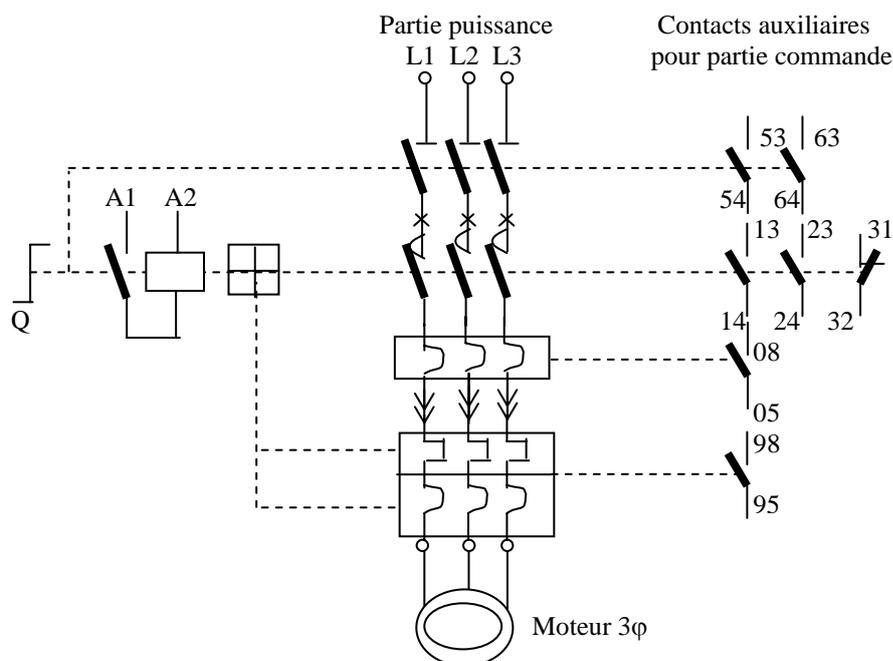


Figure 6.7 - Schéma de principe du disjoncteur différentiel intégral

Figure 6.8 - Différents types de contacts (norme NF E 04-056)

-a- Contacts électriques

Type	Commande		Exemples
à fermeture	manuelle (symbole général)	manuelle à tirette	bouton poussoir à fermeture
à ouverture	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

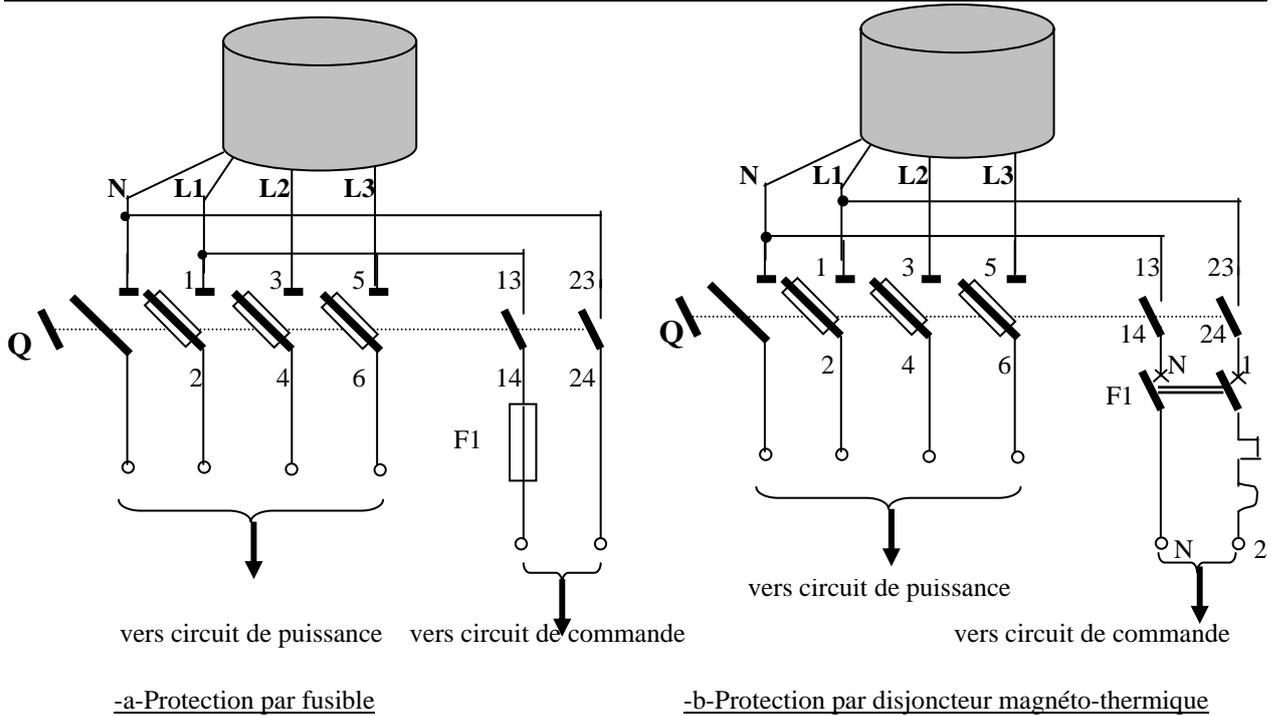
symbole général	à un enroulement	à effet thermique	à action retardée	à relâchement retardé	à impulsion
-----------------	------------------	-------------------	-------------------	-----------------------	-------------

**-I-5-Circuit de commande**

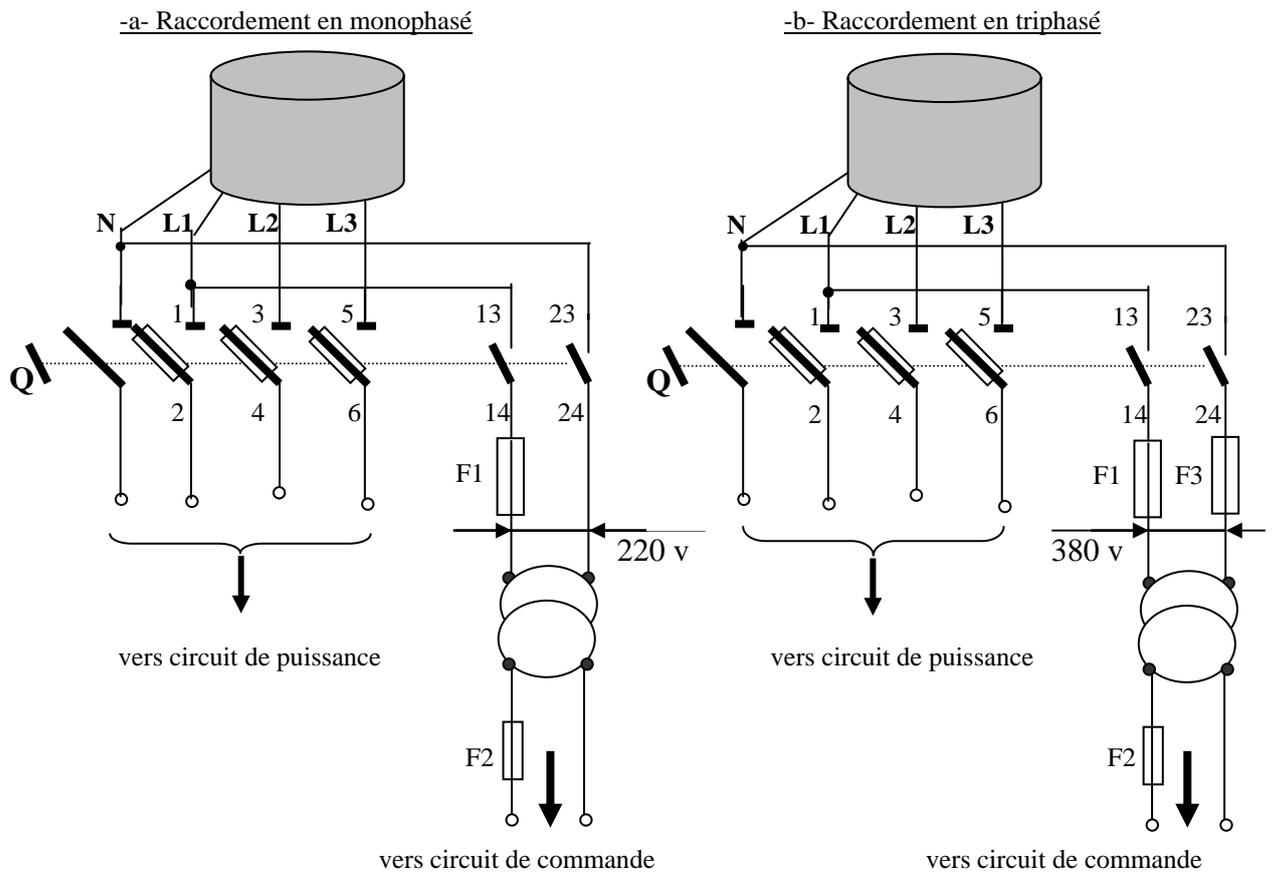
-I-5-a-Alimentation

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 6.9 - Alimentation directe du circuit de commande



Figures 6.10 - Alimentation du circuit de commande en très basse tension ( $V \leq 50\text{ v}$ )

### -I-5-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 par un fusible de type gG calibré au courant nominal secondaire. En général une protection sur le seul conducteur opposé au commun bobines est suffisante.

### Remarque

Le relais thermique utilisé dans le circuit de puissance possède un contact auxiliaire (fermé au repos), qui est utilisé en série dans le circuit d'alimentation de la partie commande (cf fig 6.20 page 118) pour déconnecter le circuit de commande en cas de surcharge dans le circuit de puissance.

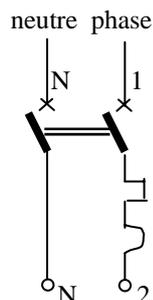


Figure 6.11 - Schéma de principe du disjoncteur magnétothermique unipolaire + neutre  
un pôle protégé (phase) et un pôle sectionné (neutre)

### -I-5-d-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-ORGANE DE COMMUTATION A COMMANDE AUTOMATIQUE: LE CONTACTEUR**

C'est un appareil de commande à ouverture ou fermeture de contacts, capable de supporter et de couper de forts courants. C'est pourquoi il est principalement utilisé comme pré actionneur pour la commande des moteurs.

En général il possède une seule position stable de repos correspondant à la position ouverte. Le passage en position fermée et son maintien dans cette position font appel à une source d'énergie électromagnétique.

Parmi ses avantages on peut citer la possibilité:

- d'interrompre des courants triphasés importants en agissant sur un auxiliaire de commande parcouru par un faible courant ;
- de faire une commande à distance à l'aide de fils de faible section, permettant ainsi de réduire la longueur des câbles de forte section utilisés dans la partie puissance,
- d'assurer le fonctionnement intermittent ou continu, et de multiplier les postes de commande.

### **-II-1-Constitution**

Il comprend 4 éléments principaux.

\*Le circuit principal: c'est l'ensemble des éléments de liaisons électriques, et des pièces conductrices insérées dans le circuit qui a pour fonction de fermer ou d'ouvrir les pôles ou contacts principaux (utilisés dans la partie puissance de l'automatisme).

\*Un dispositif d'extinction d'arc qui est généralement associé aux contacts principaux.

\*Un circuit auxiliaire destiné à remplir les fonctions de verrouillage et de signalisation. Ces contacts auxiliaires (utilisés dans la partie commande de l'automatisme) peuvent être de type instantané ou temporisé.

\*L'organe moteur: il comprend essentiellement un électroaimant. Selon que sa bobine est alimentée en courant continu ou alternatif, il se présente sous des aspects différents.

L'électroaimant à courant alternatif a un circuit magnétique feuilleté à cause des pertes par courants de Foucault. Le courant de *maintien* lorsque le circuit est fermé est de 6 à 10 fois plus faible que le courant d'appel qui traverse le circuit au moment de la mise sous tension. L'électroaimant à courant continu est réalisé le plus souvent en acier massif, car il n'y a pas de pertes par courants de Foucault. En position fermée le courant permanent ( $I=U/R$ ) ne dépend que de la valeur résistive de l'enroulement. Pour réduire la puissance dissipée par la bobine on place en série avec elle une résistance additionnelle.

sens du mouvement des contacts	contacts instantanés		contacts temporisés à l'action (travail)		contacts temporisés au relâchement (repos)		organe de commande	pôles des contacteurs	
	à fermeture F (T)	à ouverture O (R)	à fermeture F (T)	à ouverture O (R)	à fermeture F (T)	à ouverture O (R)	bobine de contacteur	P	R
→									

Figure 6.12 - Symboles graphiques pour schémas blocs de contacteurs  
(norme CEI-117-3)

Remarques

- le mouvement des contacts (passage de l'état "repos" à l'état "travail") s'effectue de la gauche vers la droite (ou du bas vers le haut);
- pour les contacts temporisés, le trait curviligne peut être apparenté à un parachute, ralentissant dans son sens logique le déplacement du contact.

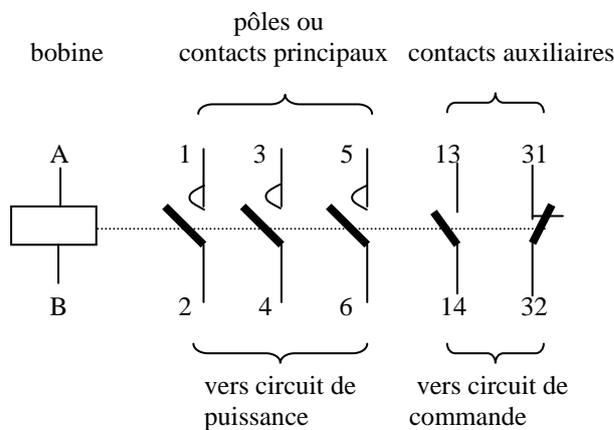


Figure 6.13 - Contacteur tripolaire : schéma de principe  
(3 pôles et 2 contacts auxiliaires F + O)

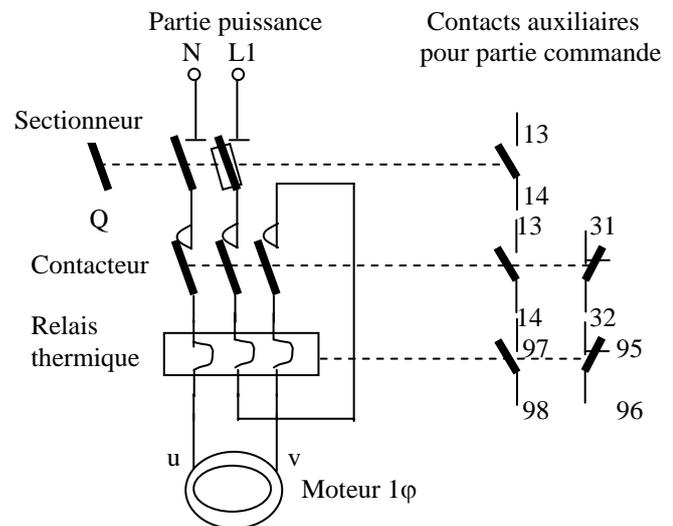
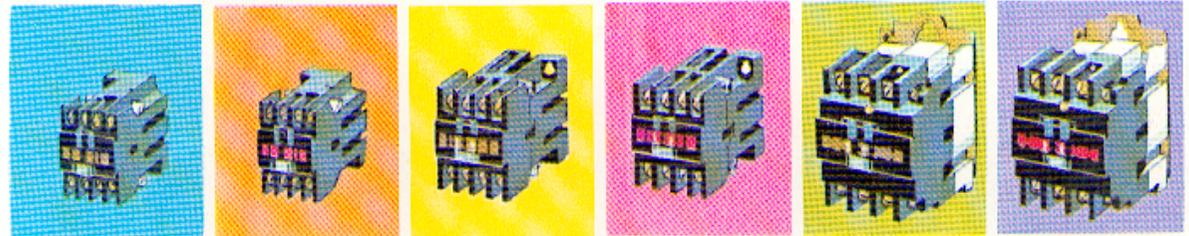


Figure 6.14 - Alimentation d'un moteur asynchrone monophasé  
(contacteur et relais thermique tripolaires)

**Figure 5.15- Exemples de contacteurs industriels avec leurs schémas-blocs (doc.Telemecanique)**

-15-a-Schémas des contacteurs série d



	LC ● - D09 ●	LC ● - D12 ●	LC ● - D16 ●	LC ● - D25 ●	LC ● - D40 ●	LC ● - D63 ●
références contacteurs	LC ● - D09 ●	LC ● - D12 ●	LC ● - D16 ●	LC ● - D25 ●	LC ● - D40 ●	LC ● - D63 ●
références contacteurs en coffret	LE ● - D09 ●	LE ● - D12 ●	LE ● - D16 ●	LE ● - D25 ●	LE ● - D40 ●	LE ● - D63 ●
3P +F		D093	D123	D163	D253	
3P +O		D099	D129	D169	D259	
4P		D093 *	D123 *	D163 *	D254	D404
						D634
						* dans ces cas le 4 <sup>ème</sup> pôle est repéré 13-14
3P +F +O					D403	D633
2P +2R			D128		D258	
					D408	D638

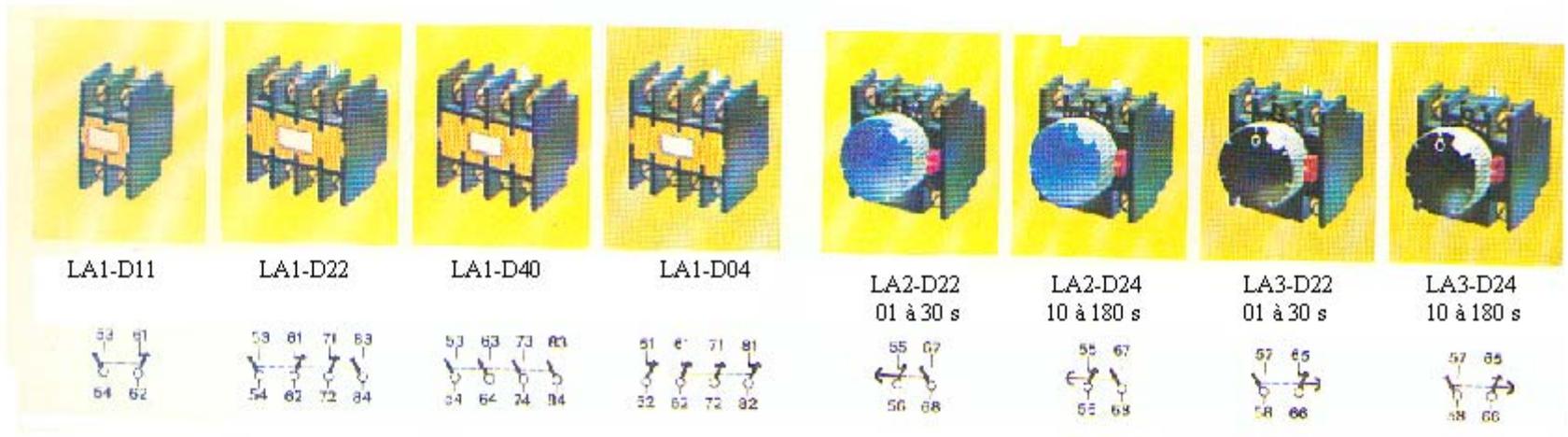
-15-b-Schémas des blocs de contacts auxiliaires

contacts instantanés

contacts temporisés

travail (à l'action)

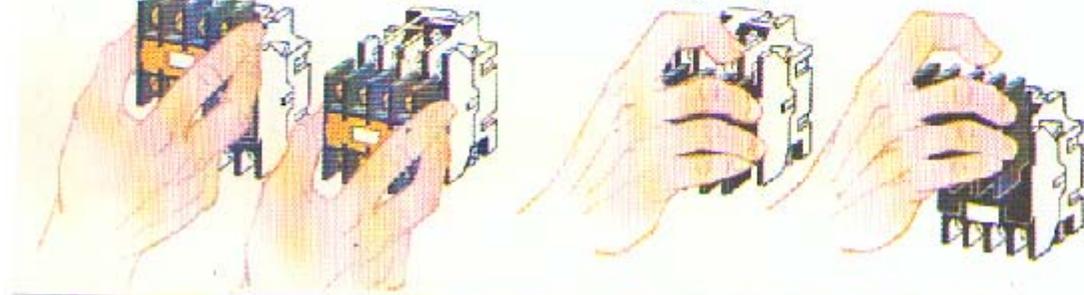
repos (au relâchement)



montage simple et rapide  
à verrouillage automatique

démontage et déverrouillage  
par simple action sur le verrou

Ces blocs de contacts  
auxiliaires peuvent être  
ajoutés sur tous les  
contacteurs de la série d



Les fabricants de matériel fournissent maintenant des contacteurs sur lesquels on peut adapter par embrochage ou emboîtement divers additifs comme des blocs de contacts auxiliaires instantanés, des modules de temporisation, des modules de commande auto/manuel, des convertisseurs ou amplificateurs permettant la commande directe de la bobine du contacteur à partir du signal bas niveau 24 V sortant de l'automate, des modules d'antiparasitage, des blocs d'accrochage mécanique permettant le verrouillage de deux contacteurs. Dans le cas de l'intégral 32 de Telemecanique, on peut également rencontrer des blocs de contacts de signalisation, un bloc déclencheur (déclenchement du relais magnétothermique sur défaut d'automatisme), un dispositif de réarmement à distance par télécommande.

Certains contacteurs ont des circuits de commande à faible consommation (1,2 W) et peuvent être directement commandés par les sorties statiques des automates, sans avoir recours à une interface d'amplification. Cette faible consommation les rend très intéressants dans un environnement comportant beaucoup de composants électroniques. Ils peuvent commander des moteurs jusqu'à 7,5 kW en catégorie AC3 sous 400 V.

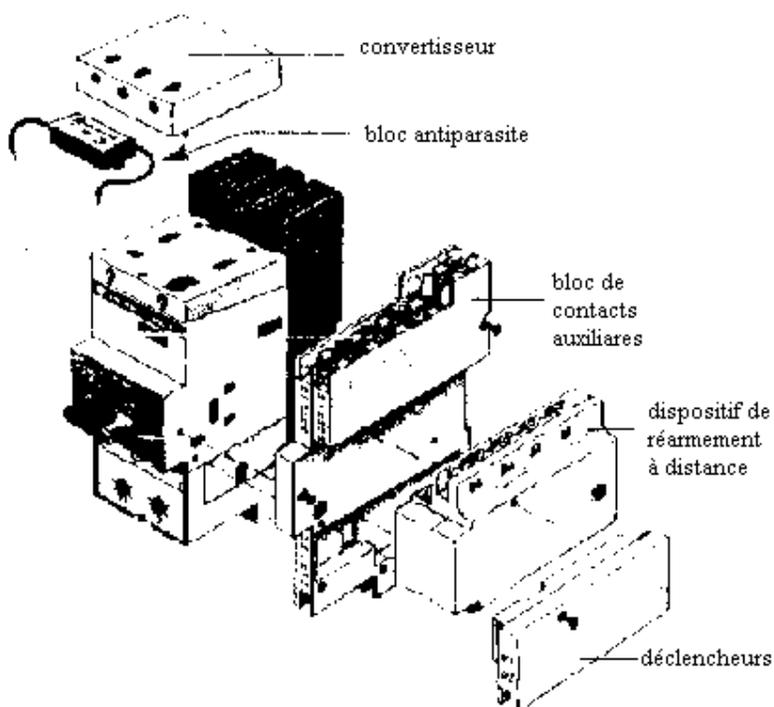


Figure 5.16- Modules additifs pour Integral 32 (doc.Telemecanique)

**Figure 5.17-Composants auxiliaires du contacteur**

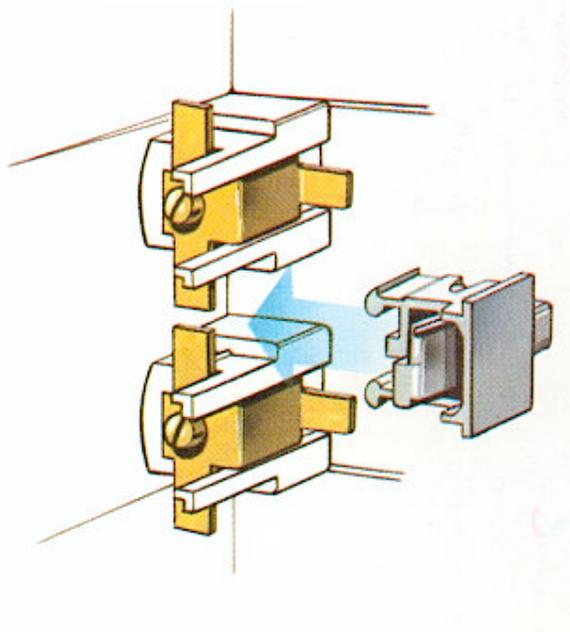
*Eléments détachés*



*Auxiliaires de commande*

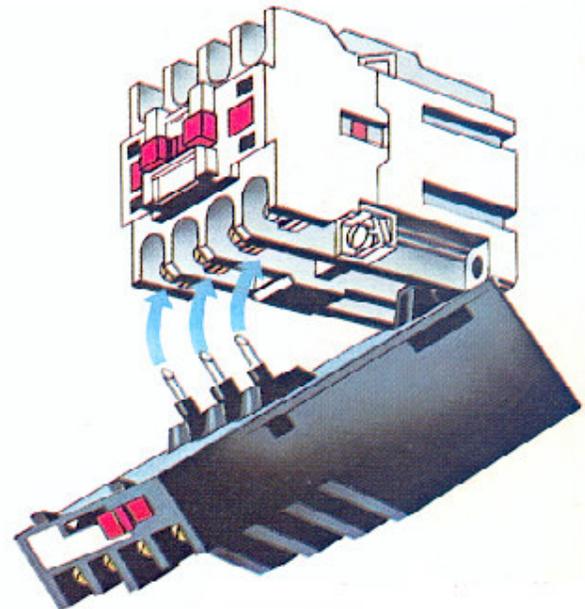


**Montage du dispositif d'accrochage**  
(ref LA9-D09907)



**Montage du relais thermique**

Le montage direct du relais LR1-D s'effectue en introduisant ses 3 barrettes sous les bornes 2-4-6 du contacteur.



**-II-2-Caractéristiques fonctionnelles**

Lorsque la bobine d'électroaimant d'un contacteur noté KM1 est alimentée entre les bornes notées A1/A2 ou A/B (cf. figure 6.13), les contacts principaux (numérotés impairs en entrée N, 1, 3, 5 et pairs en sortie N, 2, 4, 6) sont fermés. Quant aux contacts auxiliaires, ceux ouverts au repos (numérotés avec des indices impairs:  $KM1_3$ ,  $KM1_5$  ...) sont alors fermés, et ceux fermés au repos (d'indices pairs:  $KM1_2$ ,  $KM1_4$  ...) s'ouvrent. Les contacts principaux servent à alimenter en puissance un moteur, et les contacts auxiliaires sont utilisés dans le circuit de commande (cf. figure 6.14). Le contact 13-14 (noté  $KM1_1$  sur le schéma de commande) est dit d'auto alimentation ou d'auto maintien, car il sert souvent à alimenter la bobine du contacteur, lorsque le bouton poussoir de mise en marche est relâché.

Quand la bobine n'est plus alimentée, sous l'effet des ressorts de pression des pôles et du ressort de rappel de l'armature mobile, les contacts principaux ainsi que les contacts auxiliaires d'indices impairs (ouverts au repos) s'ouvrent, alors que les contacts auxiliaires d'indices pairs (fermés au repos) se referment.

Une autre technique de numérotation des contacts auxiliaires, conforme aux repères souvent portés sur les appareils, consiste à leur attribuer un numéro à deux chiffres (toujours impair en entrée et pair en sortie): le chiffre des dizaines indique le numéro d'ordre de chaque contact, **le chiffre des unités indique la fonction du contact auxiliaire** : 1-2 pour le contact repos, 3-4 pour le contact travail, 5-6 pour le contact à ouverture à fonctionnement spécial (tel que temporisé, de protection,...), 7-8 pour le contact à fermeture à fonctionnement spécial.

Les principales caractéristiques d'un contacteur sont :

\**La tension d'utilisation*  $U_e$  ou tension nominale  $U_n$  :

En courant continu les valeurs normalisées sont 24, 60, 110, 120, 440, 600, 750, 1200, 1500 v.

En courant alternatif elles sont de 220, 380, 500, 660 et 1000 v.

\**Le courant d'utilisation*  $I_e$  ou nominal  $I_n$  et la *puissance d'utilisation nominale*  $P_n$ .

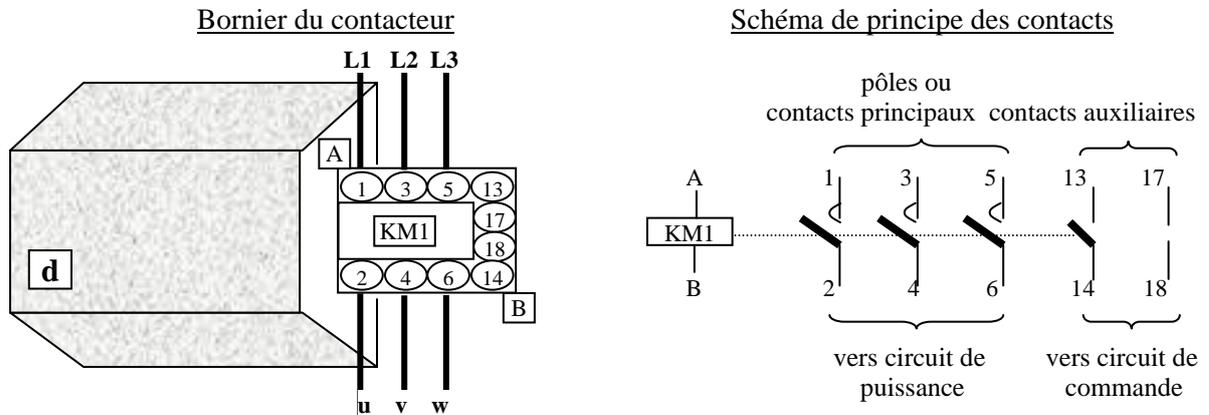
\**Les services assignés* : ils concernent le mode d'utilisation du contacteur. On parle de service de 8h, ininterrompu, intermittent, temporaire, périodique.

Un cycle de manœuvres comprend un cycle complet de fonctionnement, correspondant à une manœuvre de fermeture et une manœuvre d'ouverture. Pour le fonctionnement intermittent les constructeurs donnent un nombre de cycles de manœuvres autorisés pendant une durée déterminée (par exemple 6 cycles de manœuvres par heure).

\**Le pouvoir de fermeture nominal*  $P_f$  et le *pouvoir de coupure nominal*  $P_c$  : ils sont définis par la valeur du courant que le contacteur peut établir (ou couper) sans usures exagérées des

contacts, et sans émissions excessives de flammes (arcs électriques), dans des conditions de fermeture (ou de coupure) spécifiées pour une tension nominale d'utilisation :

$$P_c \text{ ou } P_f = f(I_n, U_n, \text{Classe d'utilisation})$$



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 6.18 - Câblage du contacteur série d (doc. Telemecanique)

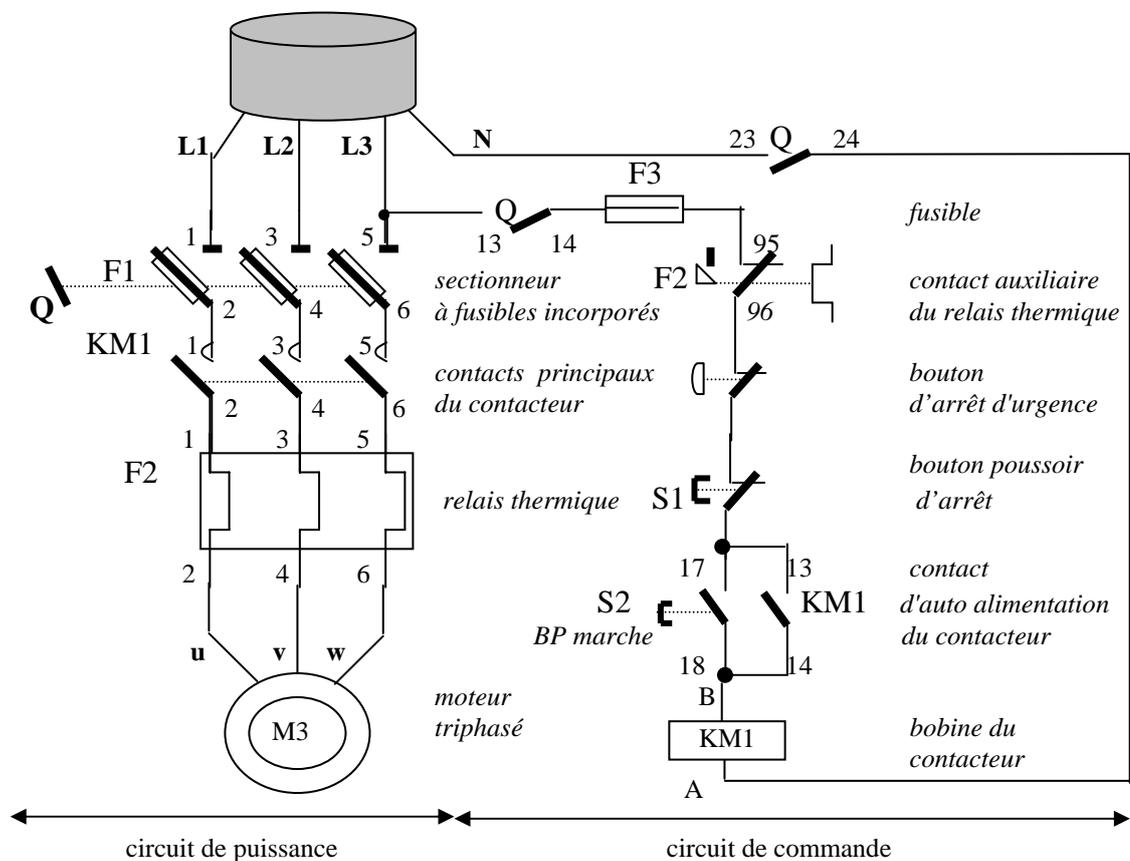


Figure 6.19 - Schéma de commande d'un moteur

**-II-3-Catégories ou classes d'emploi**

**-II-3-a-En courant alternatif**

\*Classe AC1: charges non inductives ou faiblement inductives:  $\cos \varphi \geq 0.95$  et  $I_d=1.5I_n$  (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-3-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. Telemecanique)**

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	
<b>Nombre de Pôles</b>			3	3-4	3	3-4	3	3-4	3	3-4	3-4	3	
<b>Courant assigné d'emploi (Ie)</b> (U≤440 v)	En AC-3, θ≤55°C	A	9	12	18	25	32	40	50	65	80	95	
	En AC-1, θ≤40°C	A	25	25	32	40	50	60	80	80	125	125	
<b>Pouvoir assigné de fermeture</b>			A	250	250	300	450	550	800	900	1000	1100	1200
<b>Pouvoir assigné de coupure</b>	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	
<b>Courant temporaire admissible</b> Si le courant était au préalable nul depuis 15 min avec θ≤40°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	
<b>Protection par fusibles</b> contre les courts-circuits U ≤440v	Circuit moteur (aM)	A	12	16	20	40	40	40	63	80	80	100	
	Avec relais thermique (gG)	A	20	25	35	63	80	100	100	100	125	160	
	Sans moteur (gG)	A	25	25	32	40	50	60	80	80	125	125	



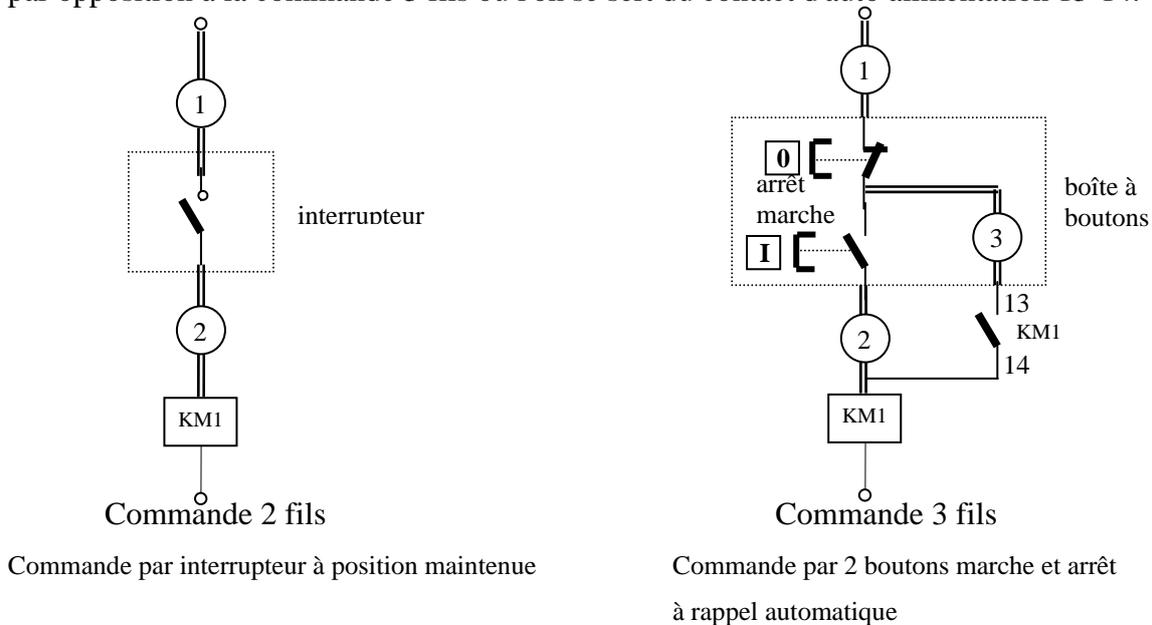
### **-II-4-Appareils dérivés du contacteur**

\**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 magnétique, mécanique, électrique. 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 Telemecanique il suffit de rajouter un dispositif d'accrochage (réf LA9 D09907) au bouton marche d'un contacteur (cf. figure 6-17) 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 6.20 – Commandes 2 fils et 3 fils**

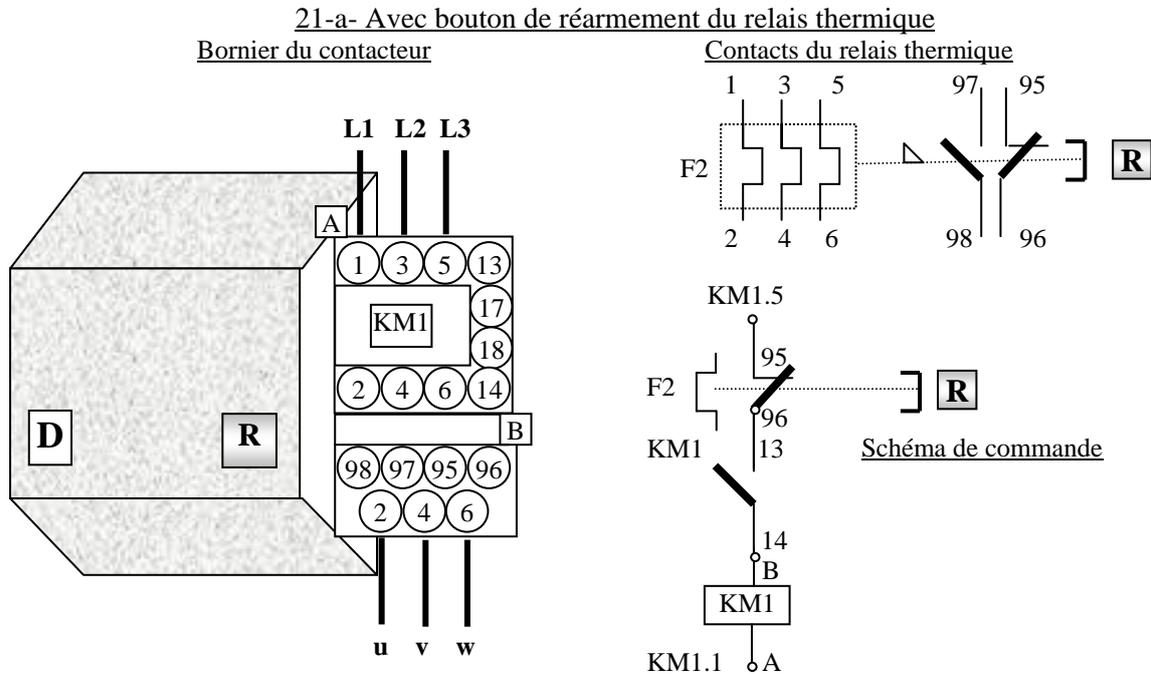
\**Le discontacteur*: c'est un contacteur assurant la fonction de disjoncteur (protection contre les courts-circuits). On le réalise en rajoutant un relais magnétique à l'intérieur du contacteur.

\**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 Telemecanique 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 6.21-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.

Figure 6.21 - Discontacteur série D (doc. Telemecanique)



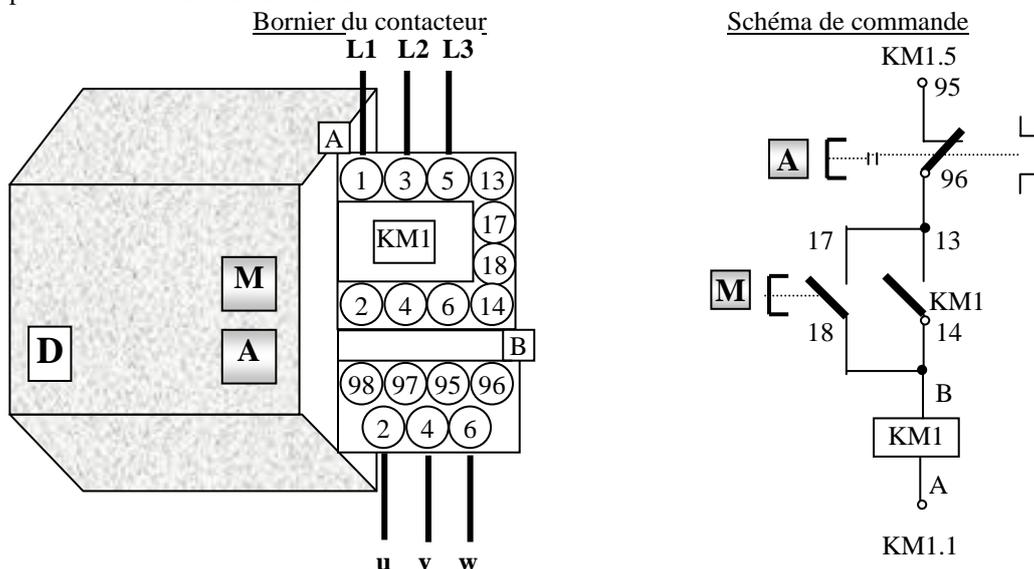
On réalise le discontacteur en insérant les bornes 1, 3, 5 du relais thermique sous les bornes 2, 4, 6 du contacteur (fig 6-12). On rajoute aussi sur le coffret un bouton poussoir de réarmement du relais thermique (forçage des contacts fermés au repos).

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

21-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.



**-III- APPAREILS MIS EN ŒUVRE DANS UN EQUIPEMENT DE DEMARRAGE**

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.

FONCTIONS	SOLUTIONS FONCTIONNELLES	DESIGNATION DES APPAREILS					
		SECTIONNEUR	FUSIBLE	DISJONCTEUR	RELAIS THERMIQUE	CONTACTEUR	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.

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

C'est le schéma classique de commande des machines asynchrones (cf. figure 6.19).

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 (cf. paragraphe I-3).

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 (déclencheurs thermiques réglables) : c'est le disjoncteur-moteur magnéto-thermique.

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.

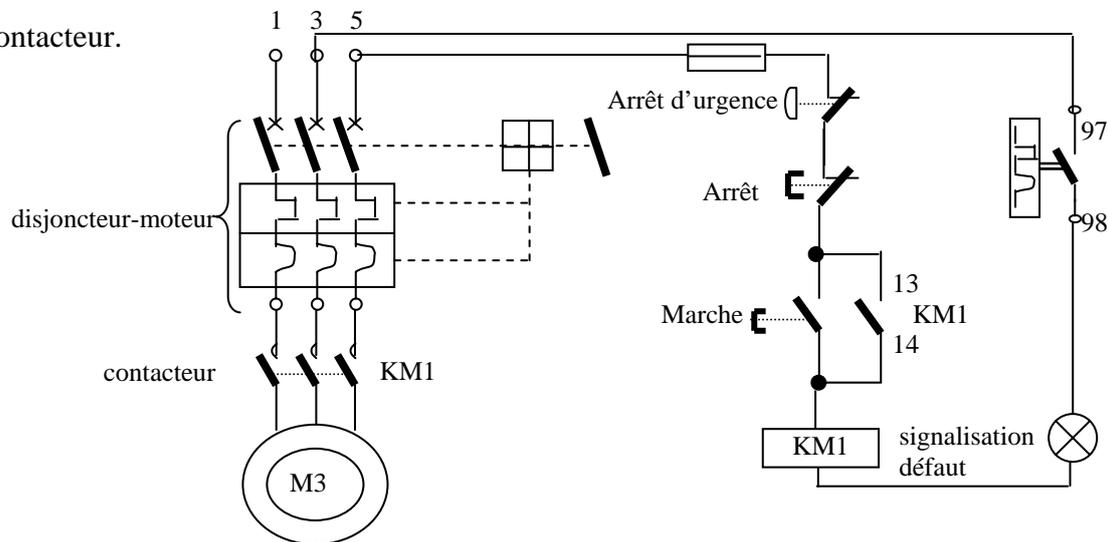


Figure 6.22- Commande d'un moteur asynchrone par disjoncteur-moteur + contacteur

-c- Sectionneur-contacteur-disjoncteur intégral

Ce appareil unique entre le réseau et le moteur (cf. figure 6.7) assure les 3 fonctions de sectionnement, protection et commutation.

**CHOIX DES CONSTITUANTS DU CIRCUIT DE PUISSANCE**

(utilisation en catégorie AC3, d'après documentation télémechanique)

MOTEUR A CAGE				PROTECTION						
220 / 240V		380 / 400V		contacteur tripolaire	relais thermique tripolaire différentiel		3 fusibles classe aM		sectionneur	sectionneur disjoncteur
Kw	In(A)	Kw	In(A)	référence	référence	zone de réglage ( A )	calibre ( A )	taille	référence	référence
-	-	0.37	1.03	LC1-D09	LR1-D1306	1 ÷ 1.6	2	10x38	LS1-D2531	GK2-CF06
-	-	0.55	1.6	LC1-D09	LR1-D13x6	1.25 ÷ 2	4	10x38	LS1-D2531	GK2-CF07
0.37	1.8	0.75	2	LC1-D09	LR1-D1307	1.6 ÷ 2.5	4	10x38	LS1-D2531	GK2-CF07
0.55	2.75	1.1	2.6	LC1-D09	LR1-D1308	2.5 ÷ 4	6	10x38	LS1-D2531	GK2-CF08
0.75	3.5	1.5	3.5	LC1-D09	LR1-D1308	2.5 ÷ 4	6	10x38	LS1-D2531	GK2-CF08
1.1	4.4	2.2	5	LC1-D09	LR1-D1310	4 ÷ 6	8	10x38	LS1-D2531	GK2-CF10
1.5	6.1	3	6.6	LC1-D09	LR1-D1312	5.5 ÷ 8	12	10x38	LS1-D2531	GK2-CF12
2.2	8.7	4	8.5	LC1-D09	LR1-D1314	7 ÷ 10	12	10x38	LS1-D2531	GK2-CF14
3	11.5	5.5	11.5	LC1-D12	LR1-D1316	9 ÷ 13	16	10x38	LS1-D2531	GK2-CF16
4	14.5	7.5	15.5	LC1-D18	LR1-D1321	12 ÷ 18	20	10x38	LS1-D2531	GK2-CF21
-	-	9	18.5	LC1-D25	LR1-D1322	17 ÷ 25	25	10x38	LS1-D2531	GK2-CF22
5.5	20	11	22	LC1-D25	LR1-D1322	17 ÷ 25	25	10x38	LS1-D2531	GK2-CF22
7.5	27	15	30	LC1-D32	LR1-D2353	23 ÷ 32	40	14x51	GK1-EK	GK3-EF04
-	-	15	30	LC1-D32	LR1-D2355	28 ÷ 36	40	14x51	GK1-EK	GK3-EF40
10	35	18.5	37	LC1-D40	LR1-D3355	30 ÷ 40	40	14x51	GK1-EK	GK3-EF40
11	39	-	-	LC1-D40	LR1-D3357	37 ÷ 50	63	22x58	DK1-FB23	GK3-EF65
-	-	22	44	LC1-D50	LR1-D3357	37 ÷ 50	63	22x58	DK1-FB23	GK3-EF65
15	52	25	52	LC1-D50	LR1-D3359	48 ÷ 65	63	22x58	DK1-FB23	GK3-EF65
18.5	64	30	60	LC1-D65	LR1-D3361	55 ÷ 70	80	22x58	DK1-FB23	GK3-EF65
22	75	37	72	LC1-D80	LR1-D3363	63 ÷ 80	80	22x58	DK1-FB23	GK3-EF80
25	85	51	98	LC1-D95	LR1-D3365	80 ÷ 93	100	22x58	DK1-FB23	-

FONCTION	DESIGNATION FONCTIONNELLE	CHOIX DU CALIBRE ( égal ou immédiatement supérieur à )
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sectionnement</li> <li>Protection contre les courts-circuits</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>sectionneur tripolaire avec fusibles classe aM</li> </ul>	In
	<ul style="list-style-type: none"> <li>ou</li> <li>sectionneur disjoncteur</li> </ul>	In
<ul style="list-style-type: none"> <li>Commutation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Couplage étoile: contacteur tripolaire</li> </ul>	In/3 soit 0.33In
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Couplage triangle: contacteur tripolaire</li> </ul>	$In/\sqrt{3}$ soit 0.58In
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ligne contacteur tripolaire</li> </ul>	$In/\sqrt{3}$ soit 0.58In

• Protection contre les surcharges

• Relais thermique tripolaire, différentiel compensé

$I_n / \sqrt{3}$  soit  $0.58I_n$

#### **-IV- ORIENTATIONS POUR LA CONCEPTION DU SCHEMA DE CABLAGE D'UN SYSTEME AUTOMATISE**

Il s'agit d'énoncer quelques règles de base permettant d'établir de manière systématique à partir du grafcet, les schémas de puissance et de commande d'un système automatisé en technologie électromécanique ou électropneumatique. Ces règles peuvent s'étendre sans difficulté à toute autre technologie.

##### **-IV-1- Circuit de puissance**

Conformément aux règles à observer dans la conception des installations électriques basse tension (cf. chapitre 6-1), on doit disposer dans l'ordre les fonctions suivantes dans le schéma de puissance:

###### -1-a-Fonctions communes à tous les actionneurs

*Alimentation* : les bornes d'alimentation de la partie puissance.

*Sectionnement* : les contacts principaux du sectionneur éventuel.

*Protection contre les courts circuits* : les contacts du relais magnétique insérés dans le disjoncteur ou les cartouches fusibles insérées dans les contacts du sectionneur (de type gG ou aM en fonction de la nature de l'actionneur cf. I-4-a).

###### -1-b-Fonctions spécifiques à chaque actionneur

*Commutation* : pour chaque actionneur les contacts principaux du préactionneur (contacteur le plus souvent dans le cas du moteur)

*Protection contre les surcharges* : pour chaque actionneur nécessitant ce type de protection (moteur par exemple), les contacts principaux de l'organe de protection (relais thermique pour le moteur);

*Actionneur* : les différentes bornes de l'actionneur (bornes des enroulements pour le moteur).

#### **-IV-2- Alimentation de la partie commande**

En général on rencontre en série dans le circuit d'alimentation de la partie commande (et dans l'ordre de préférence) :

- Les contacts de pré coupure du sectionneur éventuel;
- Les contacts du disjoncteur contrôle (ou un fusible de type aM par phase) de protection contre les courts-circuits;
- Le contact auxiliaire 95-96 du relais thermique éventuel de protection du circuit de puissance. Ce contact a pour rôle d'ouvrir le circuit de commande en cas de surcharge dans le circuit de puissance ;
- Dans le cas d'une alimentation en très basse tension, le transformateur suivi d'un fusible de type gG de protection du secondaire contre les surcharges;
- Le bouton d'arrêt d'urgence éventuel;
- Le bouton d'arrêt éventuel.
- Enfin on alimente en parallèle les différents capteurs présents dans la partie opérative, les circuits des différentes signalisations et des organes de commande des différents actionneurs (bobines des contacteurs) .

#### **-IV-3- Traduction du grafcet en schéma de commande**

Sept règles peuvent être observées pour la *traduction d'une étape de grafcet et ses actions associées, en circuit d'alimentation de l'organe de commande de chaque actionneur présent dans l'étape*, en tenant compte des réceptivités d'activation et de désactivation [cf. volume1 chapitre 2].

---

---

—

## **-V- APPLICATION: COMMANDE D'UN MOTEUR DE VENTILATEUR**

### **-V-1- Enoncé**

Un moteur de ventilateur est utilisé en catégorie AC3 (dans un tunnel routier par exemple), et a une puissance normalisée de 5.5 kw sous 380v. Un transformateur portant sur sa plaque les indications 220V/24V, 40VA, alimente le circuit de commande. Un voyant (lampe) de signalisation H1 indique la mise sous tension, et un voyant H2 indique la marche du moteur.

- 1- Donner la nature du matériel de protection et de commande utilisé.
- 2- Donner les schémas électriques de puissance et de commande.
- 3- Calibrer les composants choisis et faire un choix dans le catalogue de Telemecanique.

### **-V-2- Matériel de protection et de commande**

#### -a- Isolement

Utilisation d'un sectionneur Q à 3 pôles (pour le circuit de puissance) et 2 contacts pour le circuit de commande (alimentation du transformateur).

#### -b- Protection contre les courts-circuits

- \*Circuit de puissance: trois cartouches fusibles F1 de type aM à intégrer dans le sectionneur.
- \*Circuit de commande: une cartouche fusible F 3 (type aM) à l'entrée du transformateur pour protéger le primaire.

#### -c- Protection contre les surcharges

- \*Circuit de puissance: un relais thermique F2 à quatre contacts fermés au repos: 3 pôles pour le circuit de puissance, et un contact pour le circuit de commande.
- \*Circuit de commande: une cartouche fusible F4 de type gG pour la protection du secondaire du transformateur.

#### -d- Commutation

Moteur à un sens de marche, donc utilisation d'un contacteur à 5 contacts à fermeture (contacts ouverts au repos):

- 3 contacts pour le circuit de puissance (sorties numéros 2,4 et 6);
- 1 contact d'auto alimentation pour la bobine du circuit de commande (sortie numéro 14);
- 1 contact pour les voyants de visualisation marche (sortie numéro 54).

#### -e- Marche et arrêt

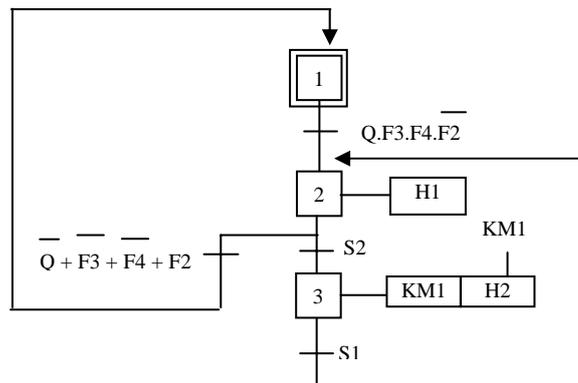
- \*Marche: un bouton poussoir ouvert au repos S2
- \*Arrêt: un bouton poussoir fermé au repos S1

**-V-3- Grafcet de description de la commande**

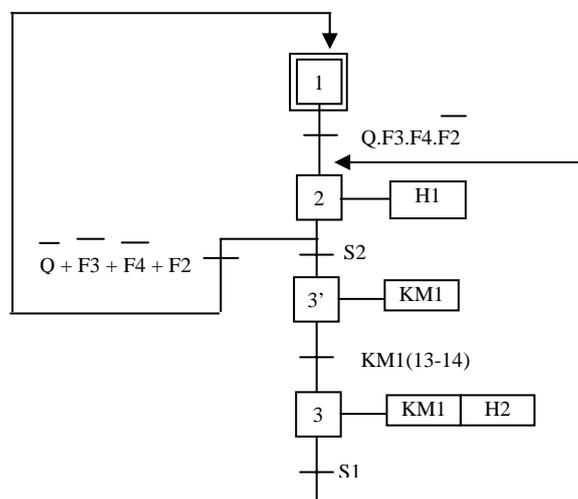
-3-a- Tableau des variables d'entrée sortie

Variable	Type	Signification
S1	Entrée	Bouton poussoir d'arrêt
S2	Entrée	Bouton poussoir de mise en marche
Q	Entrée	Sectionneur avec cartouches fusibles F1
F2	Entrée	Relais thermique de protection contre les surcharges
F3	Entrée	Fusible de protection contre les courts circuits
F4	Entrée	Fusible de protection contre les surcharges
KM1	Sortie	Contacteur de commande
H1	Sortie	Voyant de signalisation alimentation
H2	Sortie	Voyant de signalisation marche moteur

-3-b-Grafcet



Si on considère le contact d'auto alimentation 13-14 de KM1 comme réceptivité d'activation (cf. règle n°4), alors le grafcet précédent devient :



#### **-V-4- Traduction du grafcet en schémas**

##### -4-a-Circuit de puissance

###### Fonctions communes à tous les actionneurs

*Alimentation:* on a un circuit triphasé, on aura donc les bornes des 3 phases L1, L2, L3.

*Sectionnement :* les 3 contacts principaux du sectionneur. Les contacts auxiliaires seront représentés dans la partie commande.

*Protection contre les courts circuits :* les 3 cartouches fusibles de type aM seront insérées dans les contacts du sectionneur.

###### Fonctions spécifiques à chaque actionneur

Nous avons 3 actions : un moteur, un voyant de mise sous tension H1, un voyant de marche du moteur H2. Seul le moteur nécessite de la puissance et sera par conséquent représenté dans le schéma de la partie puissance.

*Commutation :* On représente les 3 contacts principaux du contacteur noté KM1. Les contacts auxiliaires seront représentés dans la partie commande.

*Protection contre les surcharges :* les contacts principaux du relais thermique sont directement reliés au contacteur et aux enroulements du moteur. Les contacts auxiliaires seront représentés dans la partie commande.

*Actionneur :* les différentes bornes de l'actionneur (bornes U, V et W des enroulements pour le moteur).

*Toutes les fonctions de cette partie puissance seront représentées en série sur une seule colonne.*

##### -4-b-Alimentation du circuit de commande

A la sortie des contacts de pré coupure du sectionneur, on place la protection contre les courts-circuits (fusible F3) avant le transformateur 24V, et la protection contre les surcharges (fusible F4) après le transformateur.

Ensuite on met le contact auxiliaire fermé au repos (95-96), issu du relais thermique, qui permet d'ouvrir le circuit de commande en cas de «surchauffe » du moteur.

Les boutons poussoirs marche (S2 ouvert au repos) et arrêt (S1 fermé au repos) seront de préférence placés dans le circuit de commande correspondant à la traduction du grafcet, comme réceptivités d'activation et de désactivation.

-4-c- Traduction du grafcet en schéma de commande

Etape 2 - Signalisation : colonne d'alimentation de la lampe H1

Commande de H1

Ce voyant indique la mise sous tension.

S'il indique la mise sous tension du circuit de puissance, il s'allumera si le sectionneur est fermé. Il sera donc directement alimenté par la sortie des contacts de pré coupure du sectionneur, qui sont ouverts au repos.

Par contre s'il indique la mise sous tension du circuit de commande, il s'allumera si le sectionneur est fermé, et si les fusibles de protection F3 et F4 ne sont pas coupés, et si le fusible F2 n'est pas ouvert. Par conséquent il sera alimenté par la mise en série des contacts de pré coupure, des fusibles F3, F4 et F2. C'est ce dernier cas de la commande du voyant par la sortie normale de l'alimentation du circuit commande, qui a été pris en compte sur le grafcet et qui sera par conséquent câblé.

Arrêt de H1

Par la mise en série des contacts et fusibles précédents, dès que l'un d'eux est ouvert, le circuit d'alimentation de la lampe s'ouvre et la lampe n'est plus alimentée.

Etapes 3' et 3

-3-1-Colonnes d'alimentation de la bobine du contacteur

Conformément à la règle n°5 on place en série dans l'ordre : les réceptivités d'activation, les réceptivités de désactivation, et éventuellement les contacts dus à un couplage.

Commande de KM1

La bobine du contacteur KM1 est commandée soit par appui sur le bouton de marche S2, soit par le contact d'auto alimentation 13-14 du contacteur.

Par conséquent ces deux possibilités de commande seront mises en parallèle.

Arrêt de KM1

Comme la bobine KM1 n'est désactivée que par le bouton d'arrêt S1, ce contact  $\overline{S1}$  (fermé au repos en vertu de la règle numéro 2) doit être rajouté en série avec la partie commande précédente (règle 5). Si on détecte S1, le circuit s'ouvre et la bobine KM1 n'est plus alimentée, ce qui arrête le moteur.

3-2- Signalisation : colonne d'alimentation de la lampe H2

La lampe H2 n'est allumée que quand le moteur est en marche. On utilise donc un contact auxiliaire du contacteur de marche KM1 pour alimenter cette lampe.

**-V-5- Schéma électrique**

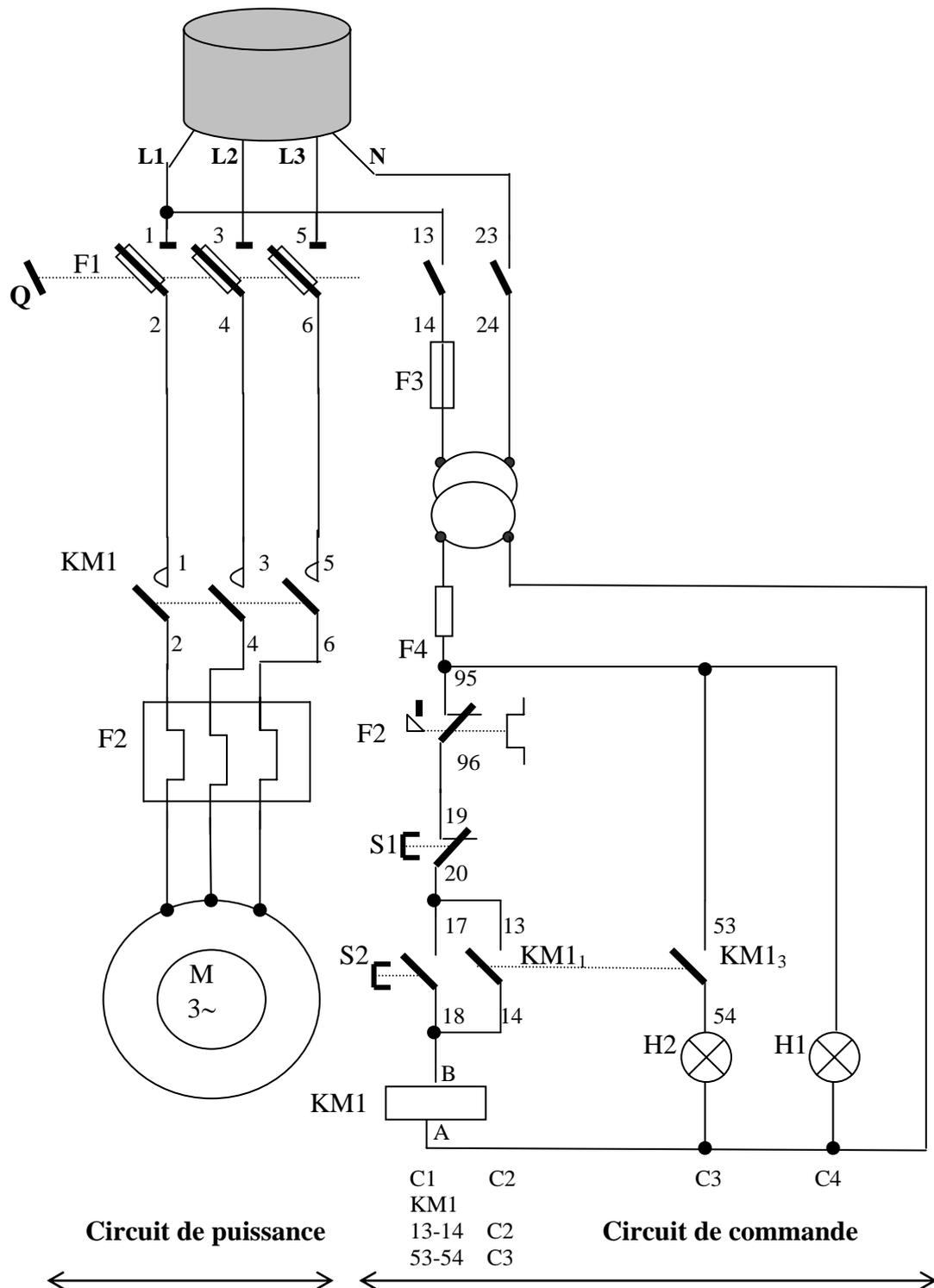


Figure 6.23 - Schéma de l'installation électrique

**Remarque**

Pour le voyant marche H2, une autre façon de procéder pour économiser un contact, consiste à le brancher aux bornes de la bobine. Mais comme le circuit est inductif (bobine) la surtension qui se produit au moment de la coupure va détériorer la lampe. L'utilisation d'un voyant équipé d'un transformateur ou d'une lampe au néon évite cet inconvénient.

**-V-6- Dimensionnement**

-a- Choix des protections du circuit de commande

Le rendement d'un transformateur étant proche de l'unité, la puissance mentionnée sur sa plaque signalétique (puissance apparente) permet de calculer les intensités primaire et secondaire. Cette puissance est choisie en tenant compte de l'appareillage constituant le circuit de commande.

Primaire du transformateur: c'est une protection contre les courts-circuits.

Puissance apparente:  $S(va) = UI \rightarrow I = S / U = 40 / 220 = 0.18 \text{ A}$

Dans le catalogue le minimum est de 1 A  $\rightarrow$  on choisit 1 cartouche fusible F3 de type aM calibrée au courant nominal primaire, soit 1A.

Secondaire: c'est un protection contre les surcharges.

$S = UI \rightarrow I = S / U = 40 / 24 = 2 \text{ A}$

Le circuit de commande ne comportant qu'un contacteur, et le circuit de signalisation deux voyants, le fusible coupe-circuit F4 sera calibré au courant nominal du secondaire, soit 2A.

-b- Choix du relais thermique et des cartouches fusibles associées au sectionneur

La puissance normalisée est celle mentionnée par la plaque signalétique du moteur, elle correspond à la puissance mécanique nominale disponible sur l'arbre.

La puissance, la tension d'alimentation et la catégorie d'emploi déterminent directement (sur le catalogue) le choix du relais thermique. Ce choix donne le courant d'emploi (courant nominal  $I_n$ ) ainsi que le calibre des cartouches fusibles à associer au relais thermique.

Consultation du catalogue: (AC3 & U= 380 v & P = 5.5 kw)  $\rightarrow$

$I_n = 10 \text{ à } 13 \text{ A}$ , Fusible F2 =16A, relais LR1-D121316

-c- Choix du sectionneur

L'intensité de 16 A définie précédemment	}	$\rightarrow$	sur le catalogue
La tension d'alimentation 380v $\leftrightarrow$ tripolaire			sectionneur tripolaire 25 A
L'intensité nominale 10 A			LS1-D2531

-d- Choix du contacteur

Nous avons besoin de:

- \*3 contacts principaux à fermeture ("F") pour le circuit de puissance (car 380v)
- \*2 contacts auxiliaires à fermeture ("F") pour le circuit de commande:
- \*-\* 13-14 pour l'autoalimentation de la bobine (mémorisation de l'action sur S2)
- \*-\* 53-54 pour l'alimentations du voyant de signalisation marche ( H2 ) .

La catégorie d'emploi AC3, la tension 380 v, la puissance 5.5 kw, ainsi que la tension du circuit de commande (24 v) et les contacts auxiliaires, nous amènent à choisir sur le catalogue LC1-D123B.

Ce contacteur ne possède qu'un seul contact auxiliaire 13-14. Donc il faut prévoir un bloc additif "F" (pour le contact 53-54) embrochable sur le contacteur. Dans le catalogue on ne trouve qu'un bloc "F" + "O" : LA1-D11.

-e- Boutons poussoirs de marche et arrêt

On a besoin de deux contacts: un pour S2 à fermeture ("F": ouvert au repos)  
un pour S1 à ouverture ("O": fermé au repos).

D'où la boîte à boutons XAB-A21 à 2 boutons "marche" et "arrêt" à impulsion et retour automatique.

-f- Bon de commande

DESIGNATION	REFERENCE	QUANTITE	FOURNISSEUR
Sectionneur tripolaire	LS1-D2531	1	Télemécanique
Contacteur tripolaire	LC1-D123B	1	" "
Relais thermique	LR1-D12316	1	" "
Bloc de contacts auxiliaires "F"+"O"	LA1-D11	1	" "
Boîte à boutons "marche arrêt"	XAB-A21	1	" "
Cartouche fusible aM 16A 10.3x38	13016	3	Legrand
Cartouche fusible gG 2A 10.3x38	13301	1	" "
Cartouche fusible aM 1A 10.3x38	13001	1	" "

## Chapitre 7: COMMANDE DES MACHINES ASYNCHRONES TRIPHASEES

<b>SOMMAIRE</b>	<b>PAGE</b>
<b><u>-I- Les moteurs : principes généraux</u></b>	<b>228</b>
-1- Moteur à courant continu	
-2- Moteur pas à pas	
-3- Moteur asynchrone triphasé -----	228
-a-Constitution générale	
-b-Principe de fonctionnement	
-c-Grandeurs caractéristiques	229
-d-couplage au réseau	231
*couplage étoile	
*couplage triangle	
<b><u>-II-Démarrage des moteurs asynchrones triphasés</u></b>	<b>232</b>
-1-Démarrage direct	232
-2-Réduction du courant de démarrage	
*Montage étoile-triangle	233
*Résistances au stator	236
*Résistances au rotor	
-3-Caractéristiques résumées des divers procédés de démarrage	239
- 4-Bilan énergétique	240
<b><u>-III-Freinage des moteurs</u></b>	<b>241</b>
-1-Freinage en contre courant	241
-2-Freinage par injection de courant continu	243
<b><u>-IV- Exemple de synthèse : commande d'une porte de garage</u></b>	<b>245</b>
-1- Commande semi-automatique	247
-2- Commande automatique par API (TSX 17-10)	255-260

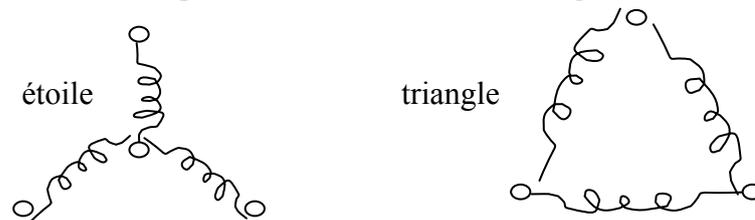
## -I-GENERALITES SUR LE MOTEUR ASYNCHRONE

### -1-Constitution générale

Le moteur asynchrone ou moteur à induction est constitué de 2 parties essentielles: le stator et le rotor.

-a-Le stator constitue la partie fixe du moteur dans laquelle se trouvent les enroulements générateurs du champ tournant: le stator est l'inducteur du moteur asynchrone.

Sur le plan électrique, le stator comporte autant d'enroulements que de phases d'alimentations, soit 3 pour le moteur triphasé. Ces enroulements réalisent une ou plusieurs paires de pôles et peuvent être couplés, soit en étoile soit en triangle.



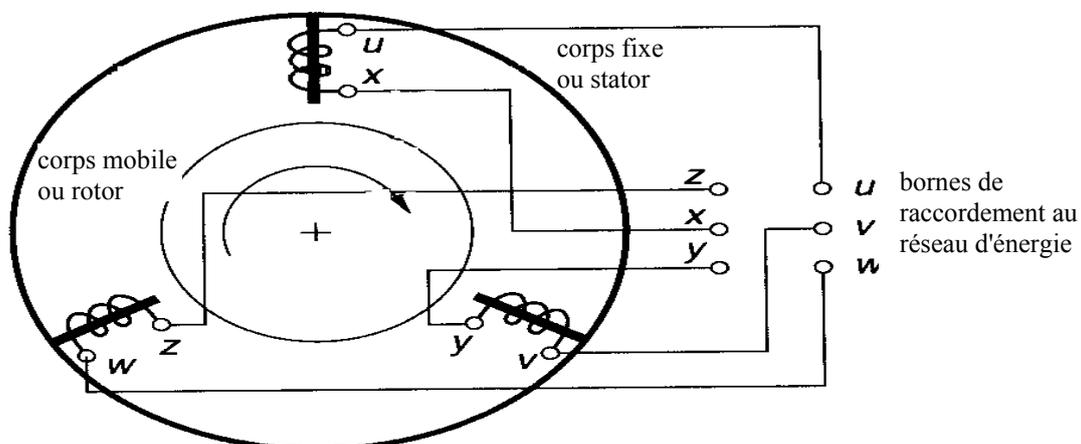
-b-Le rotor est un organe mobile soumis aux effets du champ tournant: c'est l'induit du moteur asynchrone. Il est constitué:

\*pour le moteur à rotor en court-circuit (à cage d'écureuil) : d'un enroulement fermé sur lui-même (d'où l'appellation court-circuit) et non accessible à l'utilisateur;

\*pour le moteur à rotor bobiné (à bagues): de trois enroulements couplés en étoile pouvant être mis en "court-circuit" par l'intermédiaire de bagues, de balais et d'un dispositif extérieur de mise en court-circuit. Les extrémités des enroulements du rotor sont disponibles sur la carcasse du moteur, l'utilisateur les relie entre elles ("court-circuit") pour réaliser le couplage en étoile des enroulements du rotor.

Ces enroulements, sièges des courants induits par la rotation du champ statorique, comportent autant de pôles que le stator.

figure 7.1-Structure d'un moteur asynchrone triphasé



## -2-Principe de fonctionnement

Considérons un moteur triphasé dont les enroulements statoriques réalisent  $p$  paires de pôles, et le rotor est en court-circuit.

Dès la mise sous tension du moteur les courants triphasés alimentant le stator donnent naissance à un *champ tournant*, qui induit des courants dans les conducteurs du rotor. L'action du champ sur les courants rotoriques génère des *forces électromagnétiques*, lesquelles créent un couple moteur qui fait tourner le rotor.

Le rotor tourne dans le même sens que le champ tournant, mais sa vitesse (ou fréquence de rotation) est nécessairement inférieure à celle du champ tournant. En effet si les deux fréquences de rotation étaient égales, il n'y aurait plus création de courants induits dans le rotor et donc plus de couple moteur. Ceci découle de la loi de Lenz qui énonce que l'effet s'oppose toujours à la cause qui lui donne naissance.

### Remarque:

Le moteur asynchrone ou moteur à induction est un transformateur à champ tournant :

- le *stator* est le *primaire*, il est alimenté par le réseau d'énergie;
- le *rotor en court-circuit* et libre de tourner constitue le *secondaire*.

## -3-Grandeurs caractéristiques

### -a- Vitesses de rotation et glissement

- *Vitesse du champ tournant ou vitesse de synchronisme*

$$\Omega_S = 2\pi n_S = 2\pi f/p = w/p \quad n_S = f/p$$

avec :

$\Omega_S$ : vitesse angulaire de synchronisme en rad/s     $n_S$  : vitesse de synchronisme en tr/s

$w$  : pulsation (=  $2\pi f$ )

$f$  : fréquence du réseau en Hz

$p$  : nombre de paires de pôles du moteur

- *Limites de vitesses*

Pour une fréquence donnée, la vitesse ne dépend que du facteur technologique de construction: le nombre de paires de pôles. La limite de vitesse supérieure est obtenue pour le nombre de paires de pôles minimal, soit  $p=1$ . A la fréquence industrielle de 50Hz, la vitesse de synchronisme maximale est :  $n_S = f/p = 50\text{tr/s} = 3000\text{tr/mn}$ .

La limite inférieure est fonction des contraintes technologiques liées aux problèmes de réalisation et de positionnement des paires de pôles dans la machine. On ne descend généralement pas en dessous de 500 tr/mn, ce qui correspond à  $p=6$  paires de pôles.

- *Inversion du sens de rotation*

Pour inverser le sens de rotation du moteur il suffit d'inverser celui du champ tournant. Cela s'obtient en intervertissant deux des trois phases d'alimentation du moteur.

- *Vitesse rotorique, glissement*

Le rotor tourne à une vitesse angulaire  $\Omega_r$  inférieure à la vitesse de synchronisme  $\Omega_s$ . La différence  $(\Omega_s - \Omega_r)$  est dite *vitesse de glissement*, et les rapports définissant le glissement sont donnés par:  $g = (\Omega_s - \Omega_r) / \Omega_s = 1 - \Omega_r / \Omega_s = 1 - n_r / n_s$ .

En fonctionnement normal le glissement du moteur asynchrone est de l'ordre de 2 à 6%.

#### -b- Paramètres utiles

En plus des caractéristiques du réseau d'alimentation : fréquence du réseau (f) et tension monophasée ou triphasée, les paramètres à considérer en priorité sont indiqués sur la plaque signalétique du moteur:

- *du point de vue exploitation*: la fréquence de rotation (n) et donc le glissement (g), le couple utile (Tu), deux tensions (220/380v par exemple): la valeur la plus faible indique la tension que peuvent supporter les enroulements (c'est un indicateur pour le choix du type de couplage en fonction de la tension du réseau).

- *du point de vue économique*: l'intensité absorbée ou courant nominal (In), la puissance nominale (Pn), le facteur de puissance  $\cos\phi$ ;

**La puissance nominale Pn portée sur la plaque signalétique du moteur désigne la puissance utile Pu.**

Pu correspond à la puissance disponible sur l'arbre du moteur. Elle est différente de la puissance active Pa, qui correspond à la puissance active extraite du réseau (ou absorbée) par le moteur.

- *du point de vue global*: le rendement.

On utilise soit le *Rendement industriel*  $\eta_i = Pu / Pa$ , soit celui du rotor  $\eta_r = 1 - g$ .

#### -4-Couplage au réseau

Le choix du couplage étoile ou triangle des *enroulements statoriques* s'effectue en fonction des caractéristiques du réseau et du moteur.

##### \*Couplage étoile

Les trois enroulements ont un point commun: ils sont montés en parallèle. Sur la plaque à bornes du moteur, on réalise ce couplage en reliant ensemble les 3 bornes Z, X et Y à l'aide de barrettes (cf. figure 7.2.a). La tension aux bornes de chaque enroulement est égale à  $V = U / \sqrt{3}$  (soit 220 v en triphasé 380 v cf. figure 7.2-b).

\*Couplage triangle

Les 3 enroulements sont montés en série. Sur la plaque à bornes du moteur, on réalise ce couplage en reliant, par des barrettes, deux à deux les différents pôles: U à Z, V à X, W à Y.

La tension aux bornes de chaque enroulement est égale à la tension composée U (380V dans le cas du réseau triphasé précédent cf. figure 7.2-b).

\*Principe de couplage

Un moyen mnémotechnique simple pour le choix du type de couplage est **PTT**: petite tension triangle. C'est à dire si la tension la plus faible indiquée sur la plaque signalétique du moteur correspond à la tension du réseau, on utilise un montage triangle. Sinon on utilise le montage étoile.

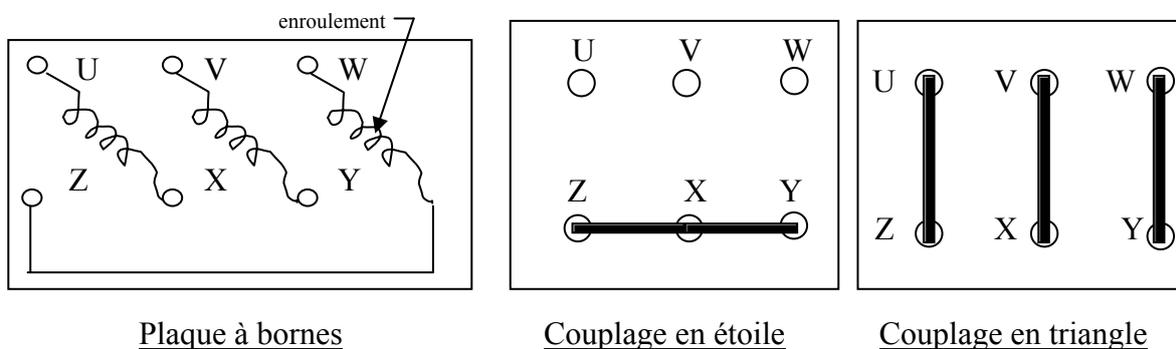


Figure 7.2-a- Couplage à l'aide de barrettes sur la carcasse du moteur

Ainsi par exemple un moteur dont la plaque indique 220/380 V pourra être branché en étoile sur le 380 V (réseau) ou en triangle sur le 220 V (réseau). Ses performances seront identiques puisque les bobines seront alimentées en 220 V dans les deux cas (en effet dans le couplage étoile sur un réseau de tension U, la tension aux bornes de chaque enroulement est égale à la tension du réseau divisée par racine de 3, soit dans notre cas 220V).

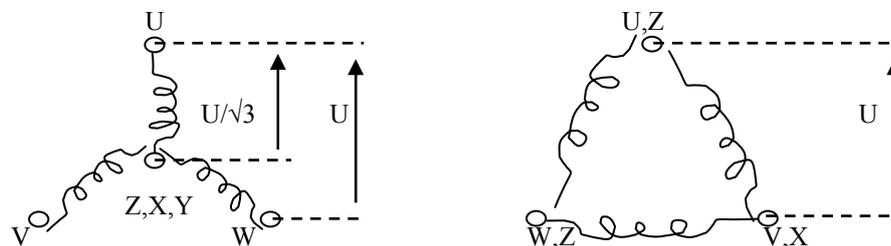


Figure 7.2-b- Couplage étoile et triangle des enroulements du stator  
(pour une tension de réseau de U volts)

## **-II- DEMARRAGE DES MOTEURS**

### **-1- Démarrage direct**

Dans ce procédé le stator du moteur est branché directement sur le réseau d'alimentation triphasé. Le démarrage s'effectue en un seul temps.

*Seuls les moteurs asynchrones triphasés avec rotor en court circuit (ou rotor à cage) peuvent être démarrés suivant ce procédé.*

En fonction de la tension du réseau de distribution, les enroulements du stator doivent être couplés en étoile ou en triangle suivant les indications de la plaque signalétique du moteur.

Toutefois, avant d'atteindre son fonctionnement normal ("régime permanent"), le moteur passe préalablement par une phase de démarrage ("régime transitoire") au cours de laquelle il va absorber un courant très important dit "surintensité" de démarrage.

En effet de par sa construction le rotor, toujours fermé sur lui même, est en court-circuit. Le moteur à l'arrêt est comparable à un transformateur dont le secondaire est en court-circuit. Il en résulte dès la mise sous tension, un fort appel de courant au primaire (stator). Cette pointe de courant ou intensité de décollage peut atteindre jusqu'à 8 fois l'intensité nominale (courant de fonctionnement normal) du moteur. Au fur et à mesure de l'accroissement de la fréquence de rotation, le courant diminue et se stabilise à sa valeur nominale.

Tout démarrage direct de moteur asynchrone présente cet inconvénient majeur (surintensité de démarrage) qui a des effets néfastes à la fois sur le moteur lui-même (échauffement des enroulements, contraintes mécaniques dues à l'application d'un couple d'accélération trop important dû à l'énergique couple de décollage), et sur le réseau qui l'alimente (baisse de tension  $\Delta U > 5\% U$  perturbant les autres utilisateurs, et sollicitant la fourniture d'une puissance apparente élevée). Il est donc important de réduire ce courant.

### **-2- Réduction du courant de démarrage**

Mis à part le démarrage direct, les autres procédés de démarrage ont pour objectif fondamental de limiter l'intensité absorbée, tout en maintenant les performances mécaniques de l'ensemble "moteur - machine entraînée" conformes au cahier de charges.

Dans le cas des moteurs à cage d'écureuil (à rotor en court-circuit) la réduction de l'intensité du courant de démarrage s'obtient par une diminution de la tension d'alimentation du stator (le courant étant proportionnel à la tension). Cette technique présente l'inconvénient

de diminuer le couple moteur dans un rapport encore plus important, car le couple est proportionnel au carré de la tension.

Cette diminution s'obtient en agissant sur le circuit primaire (stator), et les méthodes principales sont soit un démarrage à couplage étoile-triangle, soit l'utilisation d'un autotransformateur, soit l'élimination progressive de résistances en série avec les enroulements du stator.

Dans le cas des moteurs à bagues (à rotor bobiné), la réduction de la surintensité de démarrage s'obtient en agissant sur le secondaire (rotor): par l'élimination progressive de résistances rotoriques, en série avec les enroulements du rotor. Cette seconde méthode ne présente pas d'inconvénient sur le plan fonctionnel, car l'augmentation de la résistance du rotor se traduit par une augmentation du couple de démarrage et une diminution du courant de démarrage.

### **2-a- Montage étoile-triangle**

Le démarrage étoile-triangle (applicable uniquement aux moteurs normalement couplés en triangle) est basé sur le rapport des grandeurs entre la tension simple (V) et la tension composée (U) du réseau de distribution:  $U = V\sqrt{3}$ .

Dans un premier temps la tension appliquée à chacun des enroulements du moteur couplé en **étoile** (Y) est une tension simple (généralement 220v). Après un certain temps, on remplace le couplage étoile par un couplage **triangle** ( $\Delta$ ), dans lequel à chacun des enroulements est appliquée la tension composée (généralement 380v).

Le gros inconvénient de cette technique est qu'au moment du passage de l'étoile au triangle, les deux contacteurs (étoile et triangle) sont ouverts et le moteur n'est plus alimenté.

Pour éviter cet inconvénient de l'état transitoire on utilise la technique des résistances au stator.

Exemple: Démarrage étoile triangle semi-automatique à 2 sens de marche

#### Nomenclature

L1, L2, L3 : arrivée du réseau triphasé.

Q1: sectionneur porte fusibles tripolaire à 2 contacts fermeture (F).

F1: fusible de protection du circuit de commande.

F2: relais d'intensité à effet thermique (relais thermique) à 1 contact à ouverture (O) + 1 contact à fermeture (F).

Si: auxiliaires de commande.

-S1: bouton-poussoir d'arrêt à 1 contact O,

-S2: bouton-poussoir de marche avant à 1 contact F,

-S3: bouton-poussoir de marche arrière à 1 contact F.

KMi: contacteurs tripolaires

-KM1: contacteur marche avant (AV) à 3 contacts F + 1 contact O,

-KM2: contacteur marche arrière (AR) à 3 contacts F + 1 contact O,

-KM3: contacteur couplage étoile à 1 contact F,

-KM4: contacteur couplage triangle à 1 contact O.

KA1: relais auxiliaire à 1 contact F + 1 contact O temporisé à l'action.

∇ : verrouillage mécanique entre KM1 et KM2 d'une part, KM3 et KM4 d'autre part.

Hi: lampes de signalisation (couleur conforme à la norme NF C 93-011).

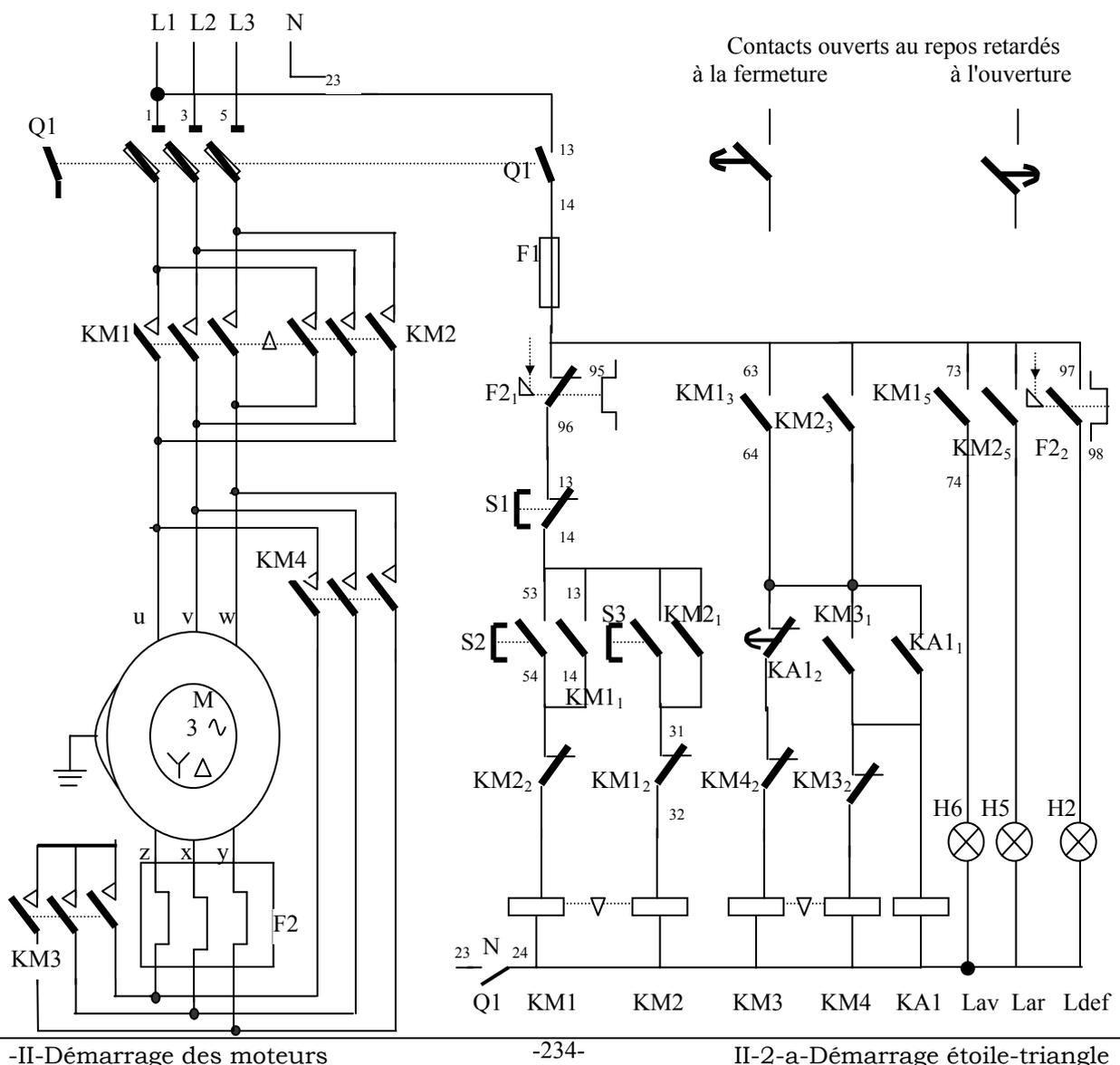
-H6 bleue: signalisation fonctionnement en marche avant,

-H5 verte: signalisation fonctionnement en marche arrière,

-H2 rouge: signalisation présence de défaut (surcharge).

Schémas de puissance et de commande

Figure 7.3



Remarques

- On observe dans le circuit de commande l'utilisation des contacts de pré coupure du sectionneur Q1 (13-14 et 23-24 ). En cas de sectionnement ces derniers s'ouvrent avant les contacts principaux de Q1 (1-2, 3-4, 5-6).
- Dans notre exemple nous avons pris un circuit de commande alimenté en 220 V monophasé.
- Pour changer le sens de rotation du moteur, on doit actionner deux boutons: d'abord le bouton poussoir S1 (arrêt), puis le bouton S2 (marche avant) ou S3 (marche arrière). Pour éviter l'action sur le bouton d'arrêt, une autre variante au schéma de commande de sélection du sens de rotation peut être proposée. Les boutons poussoirs S2 et S3 assurent le verrouillage électrique. Il est ainsi possible de passer d'un sens de marche au sens opposé directement par action sur le capteur concerné. L'action préalable sur le bouton poussoir S1 n'est plus indispensable.

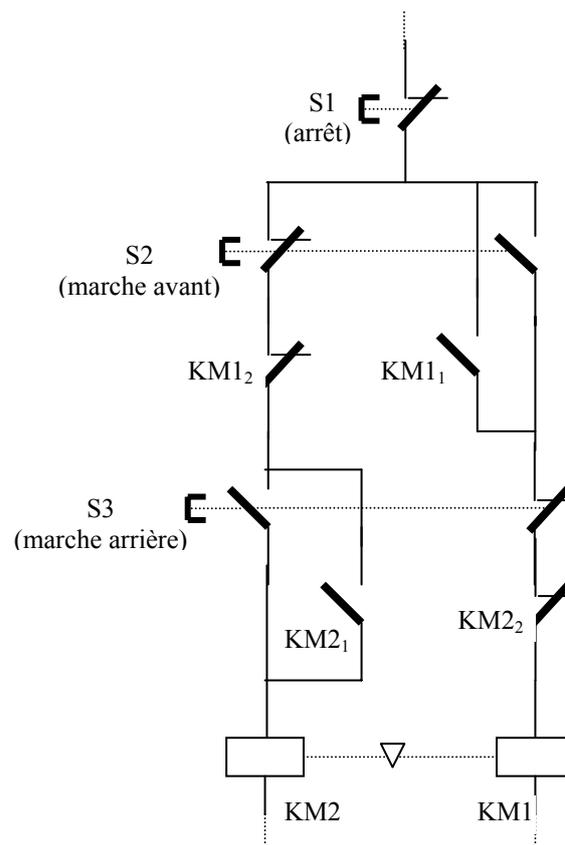
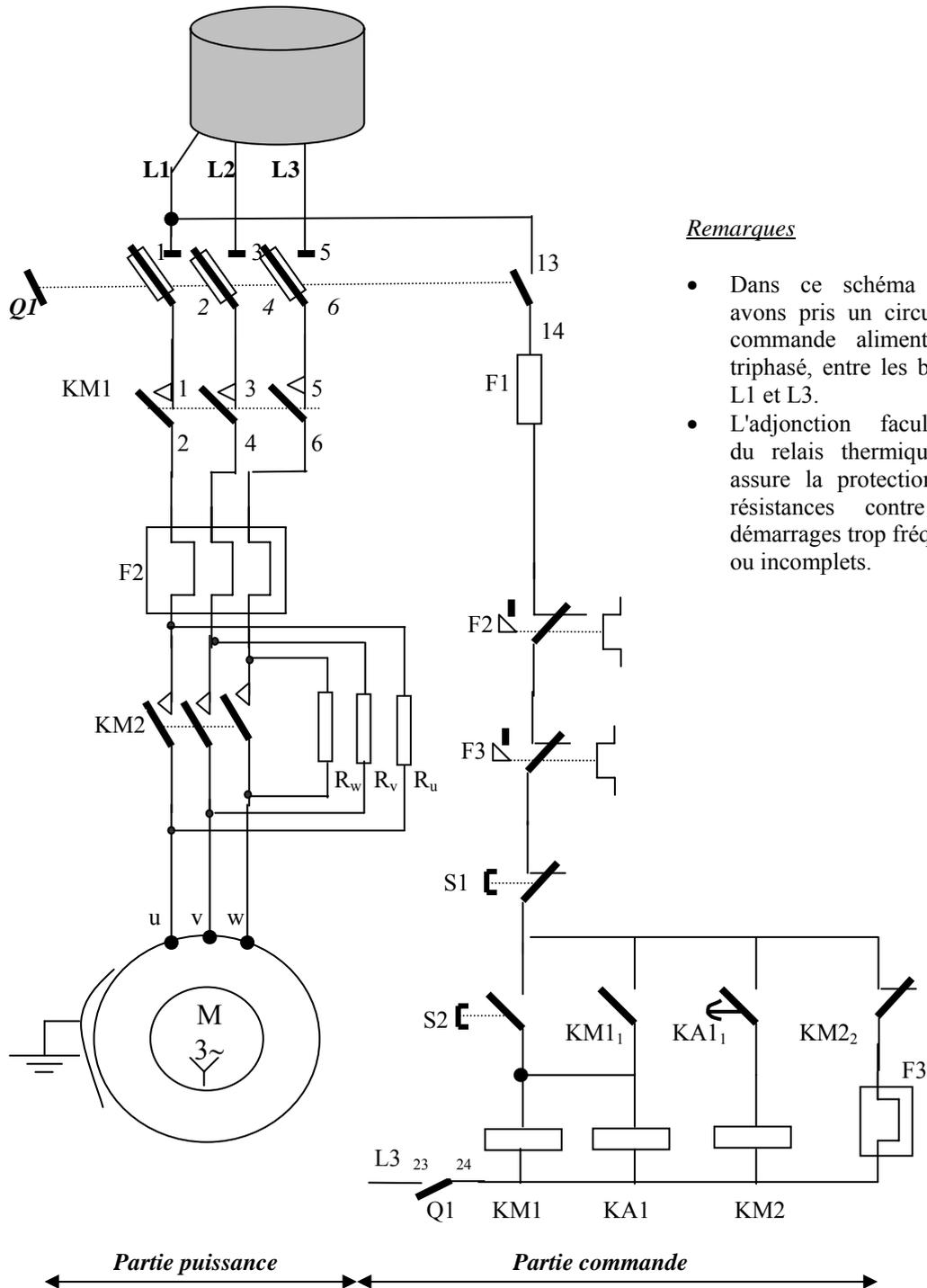


Figure 7.4 - Variante au schéma de commande de sélection du sens de rotation

**2-b- Résistances au stator**

La tension réduite d'alimentation, nécessaire pour limiter l'intensité de démarrage, est obtenue par l'insertion d'une ou plusieurs résistances en série avec chacun des enroulements du stator. Quand le moteur a atteint 80% de sa vitesse nominale, ces résistances sont court-circuitées et le stator est alimenté par la pleine tension du réseau.



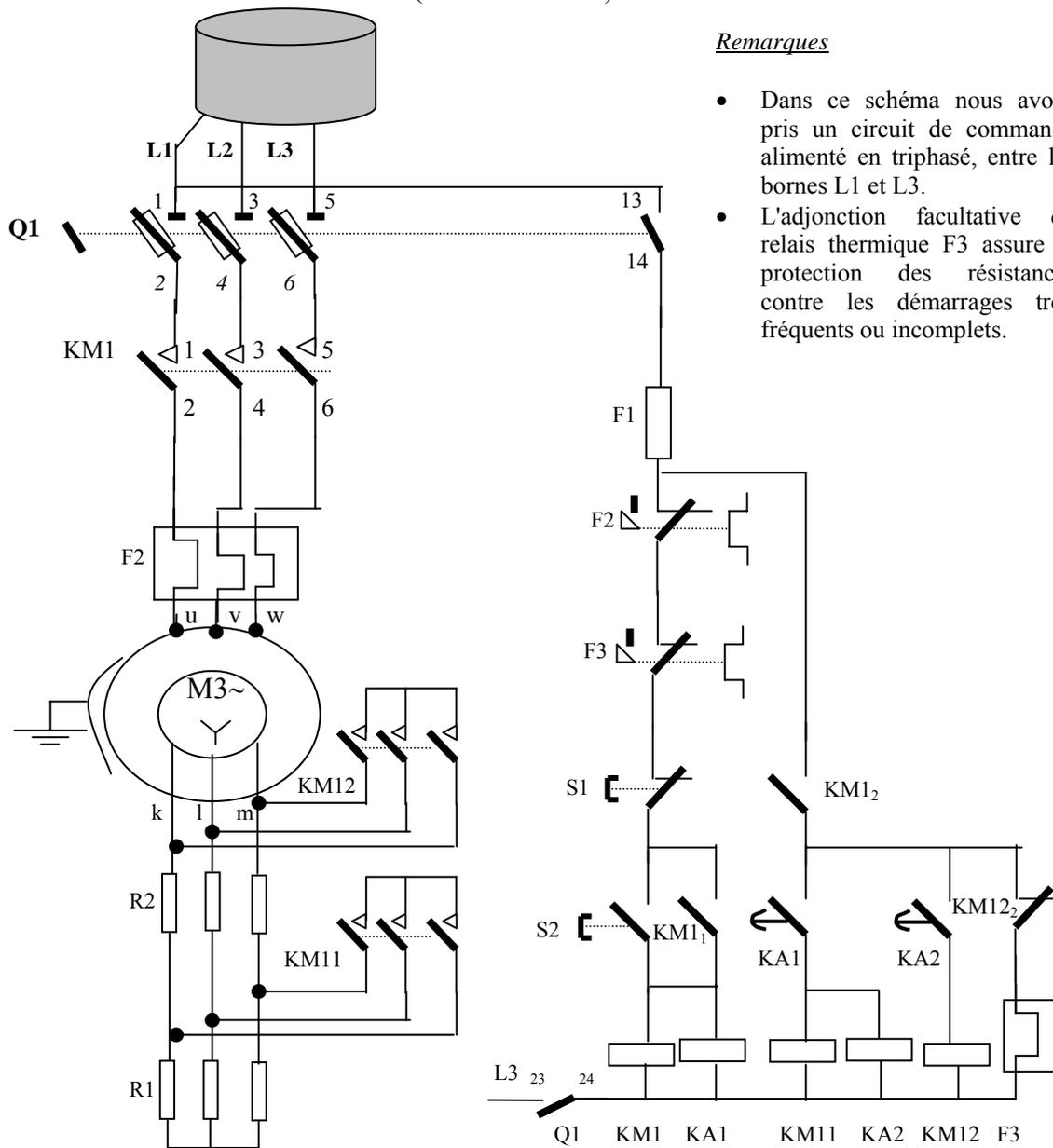
*Remarques*

- Dans ce schéma nous avons pris un circuit de commande alimenté en triphasé, entre les bornes L1 et L3.
- L'adjonction facultative du relais thermique F3 assure la protection des résistances contre les démarrages trop fréquents ou incomplets.

Figure 7.5 - Démarrage statorique semi-automatique, un sens de marche

**2-c- Résistances au rotor**

Pour les moteurs à bagues (à rotor bobiné) on insère des groupes de résistances en série avec les enroulements du rotor, permettant ainsi de diminuer le courant du secondaire (rotor) qui est inversement proportionnel à la résistance du secondaire. Au fur et à mesure que la vitesse du moteur augmente le courant du primaire diminue, et on peut alors diminuer graduellement les résistances insérées au rotor, jusqu'à les court-circuiter complètement pour avoir une résistance rotorique égale à la valeur de la résistance de l'enroulement. Une fois toutes les résistances court-circuitées, les extrémités de l'enroulement sont reliées entre elles et on obtient un rotor monté en étoile (en court circuit).



Remarques

- Dans ce schéma nous avons pris un circuit de commande alimenté en triphasé, entre les bornes L1 et L3.
- L'adjonction facultative du relais thermique F3 assure la protection des résistances contre les démarrages trop fréquents ou incomplets.

Figure 7.6 - Démarrage rotorique trois temps, semi-automatique, un sens de marche

**-3- Caractéristiques résumées des divers procédés de démarrage (doc. Telemecanique)**

<i>Moteurs à cage</i>							<i>Moteurs à bagues</i>
	direct	part winding	étoile-triangle	statorique	par auto-transformateur	progressif	rotorique
<b>Couple C'd</b> valeur typique en % de Cd	Imposé par le moteur = Cd 100%	50 %	imposé par le moteur 30 %	suivant demande user 50 %	suivant demande utilisateur 40/65/80 %	réglable de 10 à 70 %	suivant demande utilisateur
<b>Couple initial de démarrage</b>	0,6 à 1,5 Cn	0,3 à 0,75 Cn	0,2 à 0,5 Cn	0,6 à 0,85 Cn	0,4 à 0,85 Cn	réglable de 0,1 à 0,7 Cn	< 2,5 Cn
<b>Courant de démarrage</b> valeur typique en % de Id	imposé par le moteur: = Id 100%	50 %	33 %	suivant couple demandé $I_d \sqrt{C'd / Cd}$ (70 %)	suivant couple demandé $I_d \sqrt{C'd / Cd}$ 40/ 65/ 80 %	réglable (potentiomètre) de 25 à 75%	suivant couple demandé 1,2 InxCd/Cn (70 %)
<b>Surcharge en ligne</b>	4 à 8 In	2 à 4 In	1,3 à 2,6 In	4,5 In	1,7 à 4 In	réglable de 2 à 5 In	< 2,5 In
<b>Commande</b>	tout ou rien	tout ou rien	tout ou rien	1 cran fixe	3 crans fixes	progressive	de 1 à 5 crans
<b>Avantages</b>	- démarreur simple - économique - couple de démarrage important	- simple - couple de démarrage plus élevé qu'en étoile-triangle - pas de coupure d'alimentation pendant le démarrage	- démarreur relativement économique - bon rapport couple/courant	- démarrage progressif - possibilité de réglage des valeurs au démarrage - choix du couple en fonction de la machine entraînée - couple moteur croissant pendant le démarrage - forte réduction des pointes de courant transitoires	- démarrage progressif - bon rapport couple/courant - choix du couple en fonction de la machine entraînée - prix intéressant pour les puissances > 75kW - pas de coupure d'alimentation pendant le démarrage - pas de courants transitoires pendant le démarrage	- réglable à la mise en service - peu encombrant - statique adaptable à tout cycle	- très bon rapport couple/courant (pour un couple donné, la pointe de courant est nettement plus faible que dans les autres types de démarrage) - possibilité de réglage des valeurs au démarrage - démarrage progressif - prix intéressant pour les puissances > 75kW
<b>Inconvénients</b>	- pointe de courant très importante au démarrage - démarrage brutal	- pas possibilité de réglage - moteur spécial - réseau spécial	- couple de démarrage faible - limité au démarrage à vide ou sous faible charge - coupure d'alimentation au changement de couplage et courants transitoires importants - moteur à 6 bornes	- faible réduction de la pointe de démarrage (à couple égal, appel de courant plus élevé qu'avec étoile-triangle ou par autotransform.) - nécessité de résistances volumineuses	- nécessite un auto-transformateur onéreux - prix élevé pour les puissances < 35kW - présente des risques sur réseaux perturbés	- génère des perturbations	- moteur à bagues plus onéreux - nécessite des résistances - entretien des balais et bagues

<i>Moteurs à cage</i>							<i>Moteurs à bagues</i>
	direct	part winding	étoile-triangle	statorique	par auto-transformateur	progressif	rotorique
<b>Durée de démarrage</b>	2 à 3 secondes	3 à 6 secondes	3 à 7 secondes	7 à 12 secondes	7 à 12 secondes	réglable de 1 à 60 secondes	- 3temps: 2,5s - 4&5temps: 5s
<b>Applications typiques</b>	petites machines, même démarrant à pleine charge	machines démarrant à vide ou à faible charge (compresseurs pour groupe de climatisation)	- machines démarrant à vide - ventilateurs et pompes centrifuges de petite puissance	machines à forte inertie sans problèmes particuliers de couple et de courant au démarrage	machines de forte puissance ou de forte inertie, dans le cas où la réduction de l'appel de courant au démarrage est un critère important	pompes, ventilateurs, compresseurs, convoyeurs	machines à démarrage en charge, à démarrage progressif, etc.

C'd : couple de démarrage sous tension réduite

Cn : couple nominal

### Remarque:

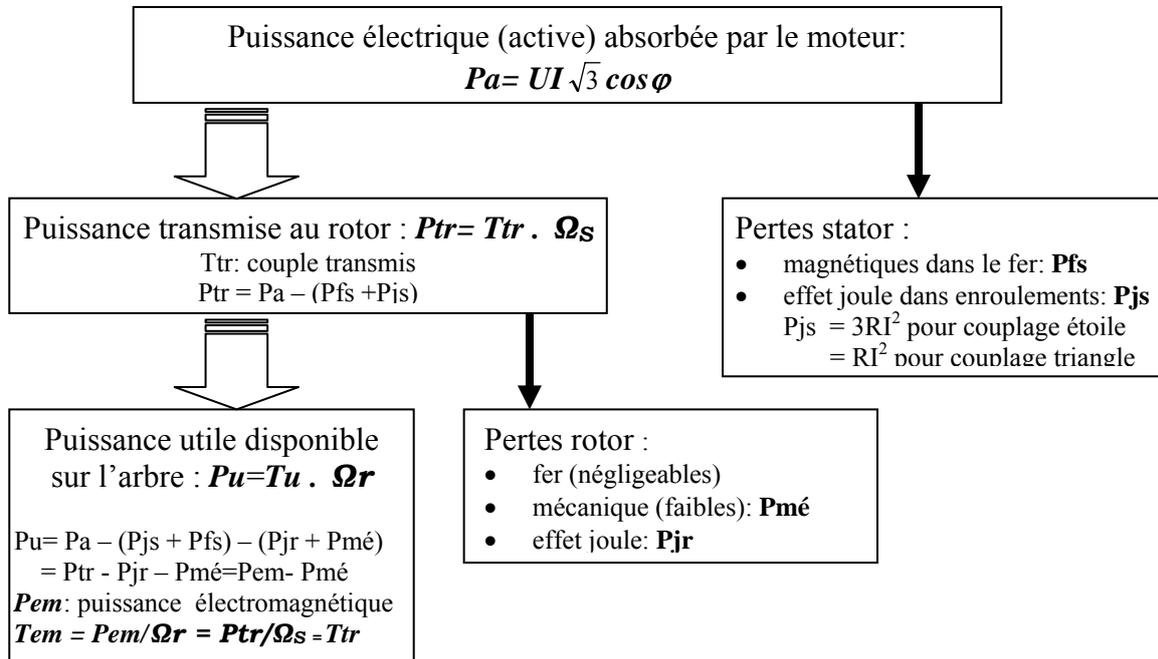
"Part winding" (signifie littéralement enroulement en parties): dans cette technique on utilise deux enroulements statoriques (au lieu d'un) par phase. Chacun des deux groupes d'enroulements est monté en étoile. Au démarrage on utilise un seul groupe d'enroulements, puis quand le moteur a atteint les 2/3 de sa vitesse nominale, on ferme un contacteur qui permet de mettre en circuit le deuxième groupe d'enroulements.

### Comment utiliser le tableau

- Si l'installation est desservie en basse tension par le réseau de distribution: se conformer aux règlements du secteur qui fixent la puissance limite pour laquelle un moteur peut être démarré sans réduction de la pointe de courant.
- Si l'installation est desservie à partir d'un transformateur particulier (cas de certaines usines): déterminer la pointe de démarrage maximale admissible sans provoquer une disjonction côté haute tension du transformateur.
- Comparer la pointe de démarrage en direct du moteur choisi en fonction de l'un des critères ci-dessous:

\*Si la pointe est acceptable: vérifier que la chute de tension en ligne n'est pas trop importante, sinon soit renforcer la ligne, soit choisir un autre mode démarrage.

\*Si la pointe doit être réduite ou la chute de tension est trop importante: choisir un autre mode de démarrage, et vérifier dans ces conditions si le couple obtenu est suffisant.

**-4- Bilan énergétique**• **Bilan des puissances**

- 
- Couple utile:**
- $T_u = P_u / \Omega_r$

- 
- Couple transmis au rotor:**
- $T_{tr} = P_{tr} / \Omega_s = T_{em} = P_{em} / \Omega_r$

Si les pertes mécaniques sont négligeables alors  $P_{em} = P_u$ , et on peut alors écrire :

$$T_{tr} = P_u / \Omega_r$$

- **Rendement du moteur ou rendement industriel :**  $\eta = \eta_i = P_u / P_a$
- **Rendement du rotor :**  $\eta_r = P_{em} / P_{tr} = P_{tr}(1 - g) / P_{tr} = 1 - g$

- **Conclusion :** le rendement du moteur asynchrone dépend essentiellement de son glissement; le glissement doit être très faible pour que le rendement soit acceptable.

*La puissance nominale  $P_n$  portée sur la plaque signalétique du moteur correspond à la puissance utile  $P_u$ .*

**-IV- EXEMPLE DE SYNTHÈSE : COMMANDE D'UNE PORTE DE GARAGE**

en modes semi-automatique et automatique par API TSX 17-10

(automatisme de l'exercice 2.2 chapitre grafcet, volume 2)

Considérons l'automatisme de gestion de l'entrée d'un parking d'immeuble décrit par la figure (la barrière est en fait un rideau métallique en accordéon).

Deux barrages optiques "e" et "s" contrôlent les accès à l'entrée ( e ) et à la sortie ( s ). L'ouverture se fait soit après détection par la barrière optique ( e ) qu'un véhicule veut entrer en plus de la validation ( v ) du code confidentiel tapé au clavier par le conducteur entrant; soit après détection par la barrière optique ( s ) qu'un véhicule veut sortir en plus de l'appui sur un bouton bs par le conducteur sortant .

Une fois que la barrière est en position fin de course levée, la fermeture se fait au bout de 3 secondes. Si avant la fin de la temporisation on détecte qu'un véhicule entre ( e ) ou sort ( s ) la temporisation est réinitialisée.

Pendant la descente de la barrière, si on détecte qu'un véhicule veut sortir ( s ) ou veut entrer ( e ), la barrière se relève automatiquement.

La barrière est actionnée par un moteur à deux sens de marche, commandé par deux contacteurs : **MM** (montée) et **MD** (descente). Les fins de courses sont détectées par 2 contacts : **bl** (barrière levée) et **bb** (barrière baissée). Une lampe L indique la descente de la barrière. Le moteur alimenté en 380 V possède sur sa plaque signalétique les indications suivantes: 220V/380 V ; puissance = 0,75 KW;  $\cos\varphi = 0,5$ . La partie commande est alimentée par le biais d'un transformateur marqué 220V/24V- 44VA.

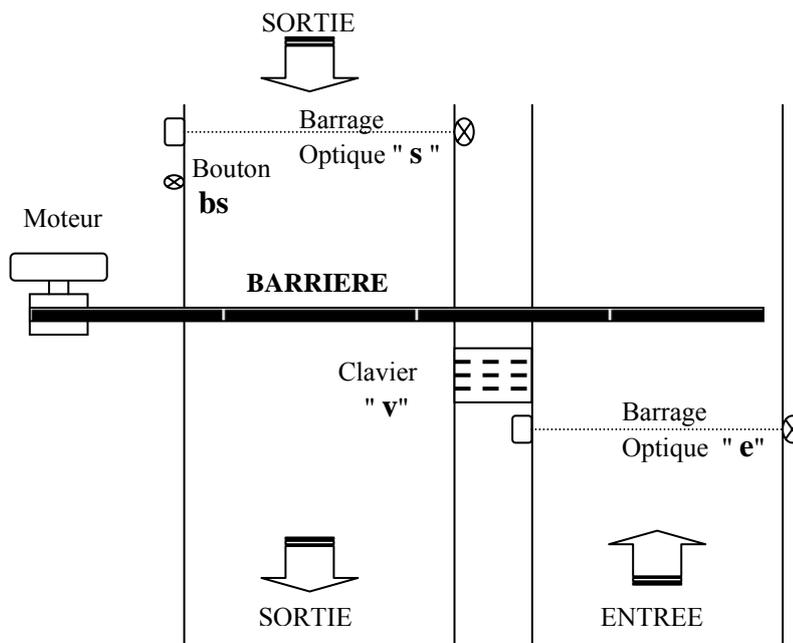


Figure 7.9 - Schéma de principe de l'installation

**Questions:**

-1- Donner (et dites pourquoi) le type de couplage des enroulements, ainsi que le mode de démarrage choisi pour le moteur.

-2- Donner les schémas de puissance et de commande, pour une commande semi-automatique.

-3- Donner dans un tableau une description détaillée des matériels utilisés.

-4- Calibrer les matériels choisis et faire un choix dans le catalogue de Télémécanique (utiliser pour cela les tableaux du chapitre 5 pages 113 et 116 ).

-5- Dans le cas d'une commande par API, donner le nouveau schéma de commande automatique.

-6- Donner le programme de commande pour l'API TSX 17-10.

-7- Pour renforcer la sécurité des conducteurs on rajoute quatre feux:

- deux feux oranges: l'un placé à l'intérieur du garage (pour indiquer qu'un véhicule est en train d'entrer) et un autre à l'extérieur (pour indiquer qu'un véhicule est en train de sortir);

- deux feux rouges (placés l'un à l'extérieur et l'autre à l'intérieur) serviront pour indiquer les défauts temporaires (surchauffe du moteur).

Donner les modifications du schéma de commande.

-8- On veut rajouter un bouton d'arrêt d'urgence. De plus on veut une commande par API soit manuelle soit entièrement automatique. Dans ce dernier cas toutes les alimentations seront contrôlées par l'api: en cas de défaillance réseau ou api, toute l'installation électrique du système automatisé est coupée automatiquement par l'api. Donner les modifications des schémas de câblage.

**SOLUTION**Question 1°

Sur la plaque signalétique la petite tension est de 220V. Elle est différente de la tension du réseau (380 V). Par conséquent on ne peut pas utiliser le couplage triangle. On doit donc utiliser le couplage étoile.

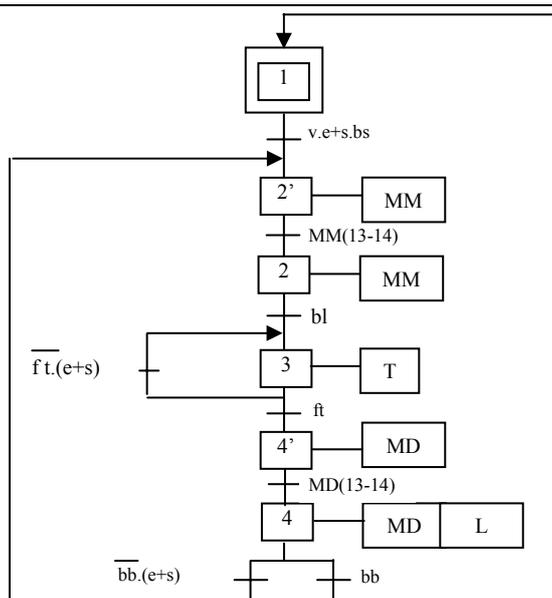
La puissance est faible (0.75KW), donc on peut utiliser un démarrage direct. Sinon on peut utiliser le démarrage avec résistances au stator (s'il s'agit d'un moteur à cage) ou le démarrage avec résistances au rotor (s'il s'agit d'un moteur à bagues, donc à rotor bobiné). Sur les schémas de commande et de puissance, on choisira de représenter le démarrage direct.

Question 2°2-1- GRAFCET DE DESCRIPTION DE LA COMMANDE**-2-1-a-Tableau des variables d'entrée sortie**

Variable	Type	Signification
v	Entrée	Variable de validation du code tapé au clavier
s	Entrée	Cellule photoélectrique de sortie
e	Entrée	Cellule photoélectrique d'entrée
bs	Entrée	Bouton poussoir interne de sortie du garage
bb	Entrée	Détecteur fin de course barrière baissée
bl	Entrée	Détecteur fin de course barrière levée
ft	Entrée	Fin de temporisation
T	Sortie	Temporisation
MM	Sortie	Commande de rotation à droite du moteur : montée de la barrière
MD	Sortie	Commande de rotation à gauche du moteur : descente de la barrière
L	Sortie	Lampe indiquant la descente de la barrière

**2-1-b- Grafcet**

Pour tenir compte de l'effet des contacts d'autoalimentation 13-14 des deux contacteurs MM et MD, ces contacts sont placés comme réceptivités et on rajoute deux étapes supplémentaires numéros 2' et 4'.



## 2-2- TRADUCTION DU GRAFCET EN SCHEMAS

### 2-2-a- Circuit de puissance

#### Fonctions communes à tous les actionneurs

*Alimentation:* on a un circuit triphasé, on aura donc les bornes des 3 phases L1, L2, L3.

*Sectionnement :* les 3 contacts principaux du sectionneur.

*Protection contre les courts circuits :* on utilisera 3 cartouches fusibles de type aM insérées dans les contacts du sectionneur.

#### Fonctions spécifiques à chaque actionneur

Nous avons 3 actions : moteur, temporisation et lampe L. Seul le moteur nécessite de la puissance et sera par conséquent représenté dans le schéma de la partie puissance.

*Commutation :* comme c'est un moteur à 2 sens de marche, par conséquent nous avons besoin de 2 contacteurs notés MD et MM. L'inversion du sens de marche est obtenue par inversion de deux phases. On représente pour chaque contacteur les contacts principaux, sans oublier de représenter le couplage électrique.

*Protection contre les surcharges :* on utilise un relais thermique dont les « contacts » principaux (bilames) sont directement reliés aux contacteurs et aux bobinages des moteurs ;

*Actionneur :* les différentes bornes des enroulements pour le moteur U, V et W.

### 2-2-b- Alimentation du circuit de commande

A la sortie des contacts de pré coupure du sectionneur, on place une protection contre le court-circuit (fusible F3) avant le transformateur 24V, et une protection contre les surcharges (fusibles F4) après le transformateur.

Ensuite on met un contact auxiliaire, issu du relais thermique, qui permet d'ouvrir le circuit de commande en cas de surcharge du moteur.

Après on alimente les cellules photoélectriques « e » et « s ».

Chaque cellule photoélectrique « e » ou « s » commande un relais auxiliaire.

### **2-2-c- Traduction du grafset en schéma de commande**

#### **Étape 2 et étape 2' : colonnes d'alimentation de la bobine du**

contacteur de montée de la barrière MM

#### **Commande de MM**

La bobine MM est commandée par l'une des trois possibilités suivantes:

- la détection de la réceptivité « v.e + s.bs » : utilisons des contacts ouverts au repos pour les 4 variables (si par commodité on continue d'écrire « e » et « s », en réalité on utilise des contacts issus des relais auxiliaires KA2 et KA3 commandés par ces cellules photoélectriques).

En vertu de la règle 1, « v » et « e » seront en série ainsi que « s » et « bs ».

Ensuite les 2 couples seront mis en parallèle ;

- le contact d'auto alimentation 13-14 du contacteur MM ;
- la détection de la réceptivité «  $\overline{bb}$  (e + s) » : les contacts ouverts au repos « e » et « s » seront mis en parallèle, et l'ensemble mis en série avec le contact fermé au repos  $\overline{bb}$ .

Ces trois possibilités de commande seront donc mises en parallèle.

#### **Arrêt de MM**

Comme la bobine MM est désactivée par  $\overline{bl}$ , en vertu de la règle numéro 2, on doit rajouter en série avec la partie commande précédente un contact  $\overline{bl}$ . Si on détecte  $\overline{bl}$ , le circuit s'ouvre et la bobine MM n'est plus alimentée, ce qui arrête le moteur.

#### **Verrouillage électrique avec MD**

Afin d'empêcher que les deux contacteurs MM et MD ne soient commandés en même temps, on doit réaliser un « verrouillage » électrique (ou mécanique) entre eux. On doit donc empêcher que les deux bobines qui les commandent soient alimentées en même temps. Pour réaliser un verrouillage électrique, on rajoute dans le circuit d'alimentation de MM, un contact fermé au repos issu du contacteur MD.

#### **Étape 3 : temporisation T**

Pour réaliser la temporisation T, on utilise un relais temporisé KA1. L'information de fin de temporisation «ft» correspondra à la fermeture du contact temporisé.

La commande de la tempo (donc du relais KA1) se fait sur détection du contact fin de course barrière levée « bl ». En vertu de la règle 2, on utilisera un contact ouvert au repos bl.

#### Etape 4 et étape 4'

#### 4-1- Colonnes d'alimentation de la bobine du contacteur de descente de la barrière MD

##### Commande de MD

La bobine MD est commandée par l'une des deux possibilités suivantes :

- fin de temporisation ft : comme T a été réalisée par un relais temporisé, ft est un contact de KA1 ;
- le contact d'auto alimentation 13-14 du contacteur MD.

Ces deux possibilités de commande seront donc mises en parallèle.

##### Arrêt de MD

La bobine MD est désactivée par l'une des deux possibilités suivantes :

- comme le moteur MD est arrêté par « bb », en vertu de la règle numéro 2, on doit donc rajouter en série avec la partie commande précédente un contact  $\overline{bb}$ . Si on détecte bb, le circuit s'ouvre et la bobine MD n'est plus alimentée, ce qui arrête le moteur ;
- la détection de la réceptivité « bb (e + s) » : comme il s'agit de désactivation on utilisera donc pour « e » et « s » des contacts fermés au repos (cf. règle 2). Les contacts seront mis en série (cf. règle 1), et l'ensemble mis en série avec le contact fermé au repos  $\overline{bb}$  précédent.

##### Couplage électrique avec MM

Comme pour MM, pour réaliser un couplage électrique, on rajoute dans le circuit d'alimentation de MD, un contact fermé au repos issu du contacteur MM.

#### 4-2- Signalisation : colonne d'alimentation de la lampe L

La lampe L n'est allumée que quand la barrière est en phase de descente (commande de MD). On utilise donc un contact auxiliaire du contacteur MD pour alimenter la lampe.

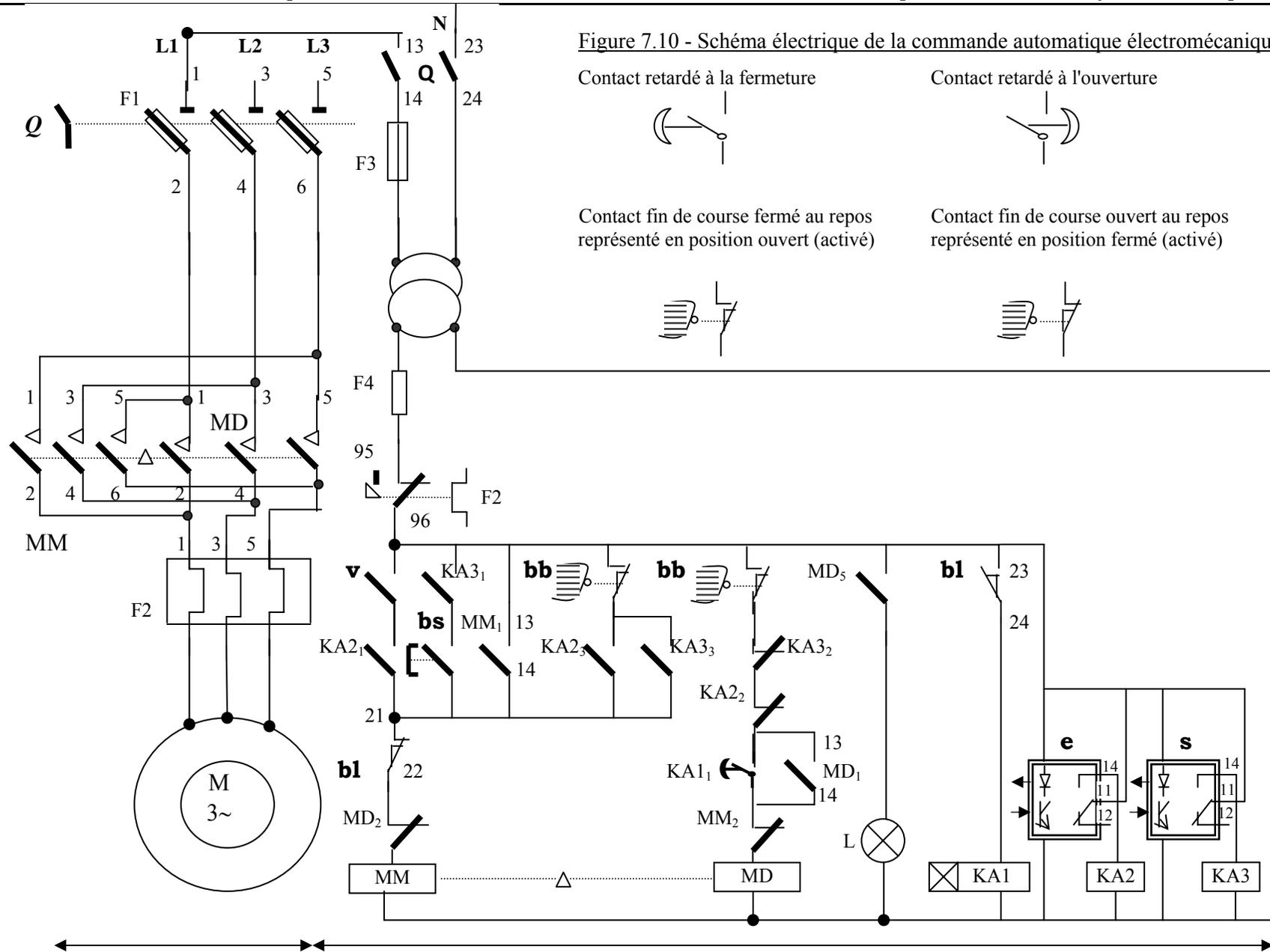
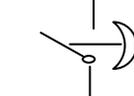
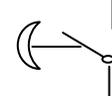


Figure 7.10 - Schéma électrique de la commande automatique électromécanique

Contact retardé à la fermeture

Contact retardé à l'ouverture



Contact fin de course fermé au repos représenté en position ouvert (activé)

Contact fin de course ouvert au repos représenté en position fermé (activé)



Remarques

Nous avons représenté sur le schéma de la figure 10 (question 2) une commande automatique en technologie électromécanique. Pour une commande semi-automatique, il suffit de rajouter les boutons de mise en marche et d'arrêt.

Dans la technologie électromécanique, on ne peut pas réinitialiser une temporisation qui est déjà en cours. Par conséquent la boucle avec  $\overline{ft}$  (e+s) sur le grafcet ne peut pas être réalisée.

La seule méthode pour réaliser une temporisation réinitialisable est d'utiliser une « minuterie » avec un dispositif électromécanique de réarmement. Ce cas n'est pas envisagé ici.

Par souci d'efficacité (éviter l'alimentation inutile du transformateur et surchauffe en cas de non fonctionnement) il est préférable de mettre le contact de F2 avant le transformateur.

Question n°3

Code	DESIGNATION	REFERENCE	CARACTERISTIQUES
Q1	Sectionneur tripolaire triphasé		3 pôles principaux porte-fusibles + 2 contacts de précoupure F (13-14 & 23-24)
MM	Contacteur tripolaire de montée du rideau		3 pôles principaux + 2 contacts auxiliaires : F (MM1) + O (MM2)
MD	Contacteur tripolaire de descente du rideau		3 pôles principaux + 4 contacts auxiliaires : F (MD1) + O (MD2) + F (MD5) + F retardé à l'ouverture (MD3)
KA1	Relais auxiliaire temporisé		1 contact F retardé à la fermeture (KA1 <sub>1</sub> )
KA2	Relais auxiliaire du système photoélectrique « e » d'entrée		2 contacts F et un contact O
KA3	Relais auxiliaire du système photoélectrique « s » de sortie		2 contacts F et un contact O
bs	Bouton poussoir de sortie garage		1 contact F
$\overline{bb}$	Fin de course mécanique descente		2 contacts O
$b1\&\overline{b1}$	Fin de course mécanique montée		2 contacts: F (23-24) + O (21-22)
F2	Relais thermique de protection		3 pôles principaux + 1 contact auxiliaire O (95-96)
F1	3 Cartouches fusibles type aM 4A	13016	protection contre les C.C.
F4	Cartouche fusible type gG 2A	13301	protection contre les surcharges
F3	Cartouche fusible type aM 1A	13001	protection contre les C.C.

Question n°4: dimensionnement-a- Choix des protections du circuit de commande

Le rendement d'un transformateur étant proche de l'unité, la puissance mentionnée sur sa plaque signalétique (puissance apparente) permet de calculer les intensités primaire et secondaire. Cette puissance est choisie en fonction de l'appareillage constituant le circuit de commande.

Primaire du transformateur: c'est une protection contre les courts-circuits.

Puissance apparente:  $S(va) = UI \rightarrow I = S / U = 44 / 220 = 0.2 \text{ A}$

Dans le catalogue le minimum est de 1 A  $\rightarrow$  on choisit 1 **cartouche fusible F3 de type aM calibrée au courant nominal primaire, soit 1A.**

Secondaire du transformateur: c'est un protection contre les surcharges.

$S = UI \rightarrow I = S / U = 44 / 24 = 2 \text{ A}.$

Le circuit de commande ne comportant qu'un contacteur, et le circuit de signalisation un voyant, le **fusible coupe-circuit F4 sera calibré au courant nominal du secondaire, soit 2A.**

-b- Choix du relais thermique et des cartouches fusibles associées au sectionneur

La puissance normalisée est celle mentionnée par la plaque signalétique du moteur, elle correspond à la puissance mécanique nominale disponible sur l'arbre.

La puissance, la tension d'alimentation et la catégorie d'emploi déterminent directement (sur le catalogue) le choix du relais thermique. Ce choix donne le courant d'emploi (courant nominal  $I_n$ ) ainsi que le calibre des cartouches fusibles à associer au relais thermique.

Consultation du catalogue: (AC3 &  $U = 380 \text{ v}$  &  $P_n = 0.75 \text{ kw}$ )  $\rightarrow I_n = 2 \text{ A},$

**$\rightarrow$  Fusible F2 =2A, relais thermique LR2-D1307**

zone de réglage: 1,6 à 2,5A- réglé sur  $0.58I_n$ , soit le calibre le plus faible de la zone càd 1,6A.

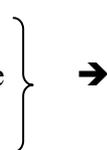
Ce relais peut se monter directement sur le contacteur en introduisant ses 3 barrettes sous les bornes 2-4-6 du contacteur.

-c- Choix du sectionneur

L'intensité de 2A définie précédemment

La tension d'alimentation 380v  $\leftrightarrow$  triphasé

L'intensité nominale 2 A



sur le catalogue

**sectionneur triphasé 25 A**

**LS1-D2531**

**& fusibles F1 type aM calibre 4A**

#### -d- Choix du contacteur MM

Nous avons besoin de:

\*3 contacts principaux à fermeture ("F") pour le circuit de puissance (car 380v)

\*2 contacts auxiliaires à fermeture et ouverture pour le circuit de commande:

\*-\* contact F (MM.1) pour l'autoalimentation de la bobine

\*-\* contact O (MM.2) pour la désactivation de la bobine MD (couplage électrique)

La catégorie d'emploi AC3, la tension 380 v, la puissance 0.75 kW, ainsi que la tension du circuit de commande (24 V) et les contacts auxiliaires, nous amènent à choisir sur le catalogue le *type LC1-D093*.

Ce contacteur ne possède qu'un contact auxiliaire ( F ). Il faut donc prévoir un *bloc additif* encliquetable sur le contacteur, *de type LA1-D11* à 2 contacts: F (53-54) + O (61-62).

#### -e- Choix du contacteur MD

Nous avons besoin de:

\*3 contacts principaux à fermeture ("F") pour le circuit de puissance (car 380v)

\*4 contacts auxiliaires à fermeture et ouverture pour le circuit de commande:

\*-\* contact F (MD.1) pour l'autoalimentation de la bobine

\*-\* contact O (MD.2) pour la désactivation de la bobine MM (couplage électrique)

\*-\* contact F (MD.5) pour l'alimentation du voyant descente barrière

\*-\* contact F (MD.3) retardé à l'ouverture pour commander l'inversion du sens de marche du moteur après détection de e ou de s. La durée de la temporisation correspond à la durée de descente du rideau.

La catégorie d'emploi AC3, la tension 380 v, la puissance 0.75 kW, ainsi que la tension du circuit de commande (24 v) et les contacts auxiliaires, nous amènent à choisir sur le catalogue le *type LC1-D093*.

Ce contacteur ne possède qu'un contact auxiliaire ( F ). Il faut donc prévoir deux blocs additifs encliquetables sur le contacteur. Le *type LA1-D11* à 2 contacts F(53-54) + O(61-62), et le *type LA3-D22* à 2 contacts temporisés au relâchement O(65-66) + F(57-58), de durée réglable de 1 à 30s. On n'a besoin que du contact F(57-58).

-f- Choix du relais auxiliaire KA1

Nous avons besoin d'un contact F (KA1.1) retardé à la fermeture pour temporiser la commande de MD lors de l'inversion du sens de marche du moteur.

L'inexistence de relais à contact retardé dans le magasin nous a conduit à choisir un contacteur alors que nous n'avons pas besoin des contacts de puissance. On a choisi le type LC1D093 et le bloc de contacts auxiliaires retardés à l'action LA2-D22: F(67-68).

Question n°5: commande automatique par API

Pour une commande automatique par API, tous les capteurs sont pris en charge directement par le programme de l'API. Donc cela permet d'éliminer le contacteur KA1 ainsi que les contacts temporisés des contacteurs de marche avant et marche arrière. Le schéma se simplifie considérablement, et les deux contacts S0 et S1 symbolisent des sorties de l'automate.

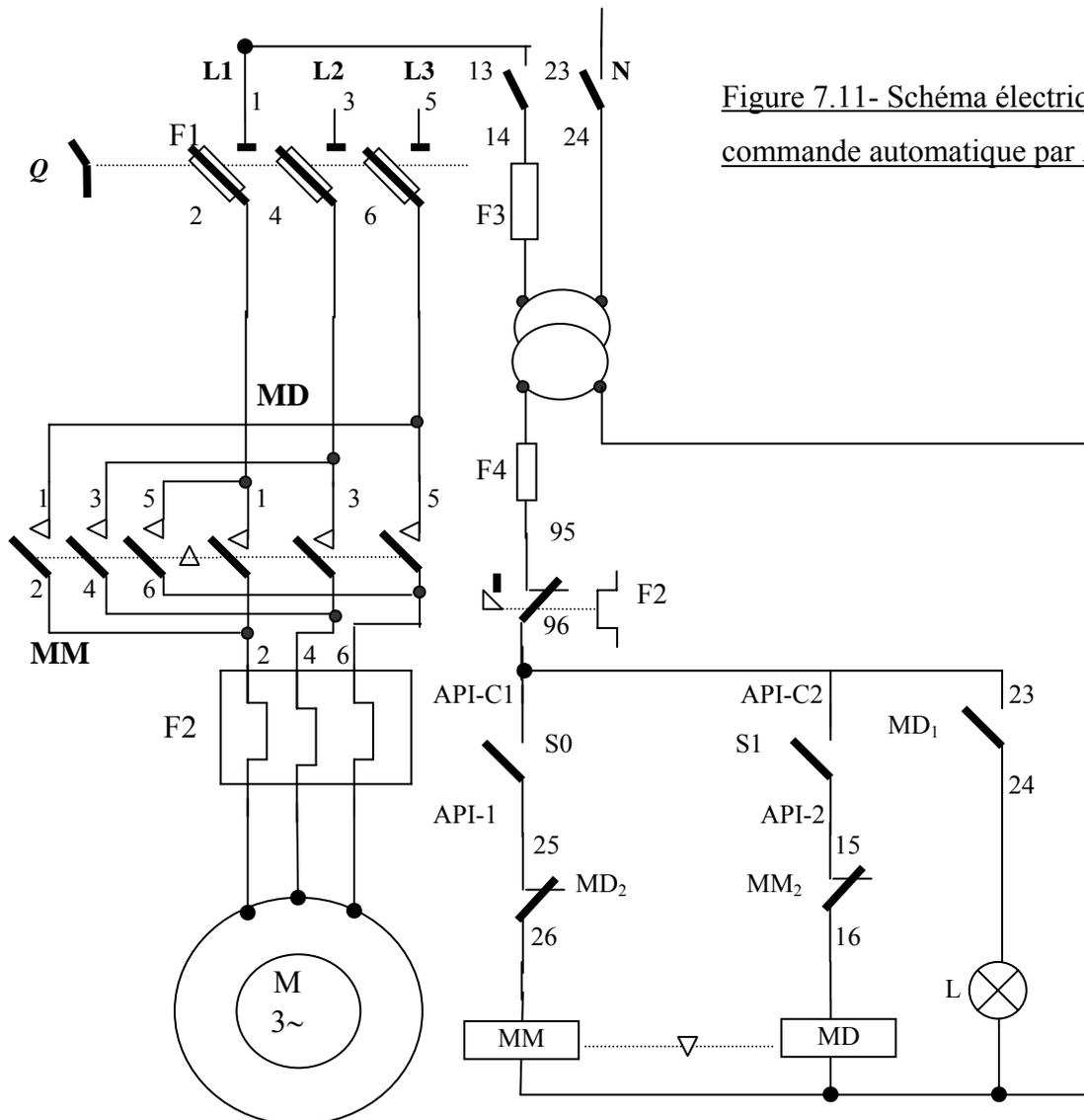


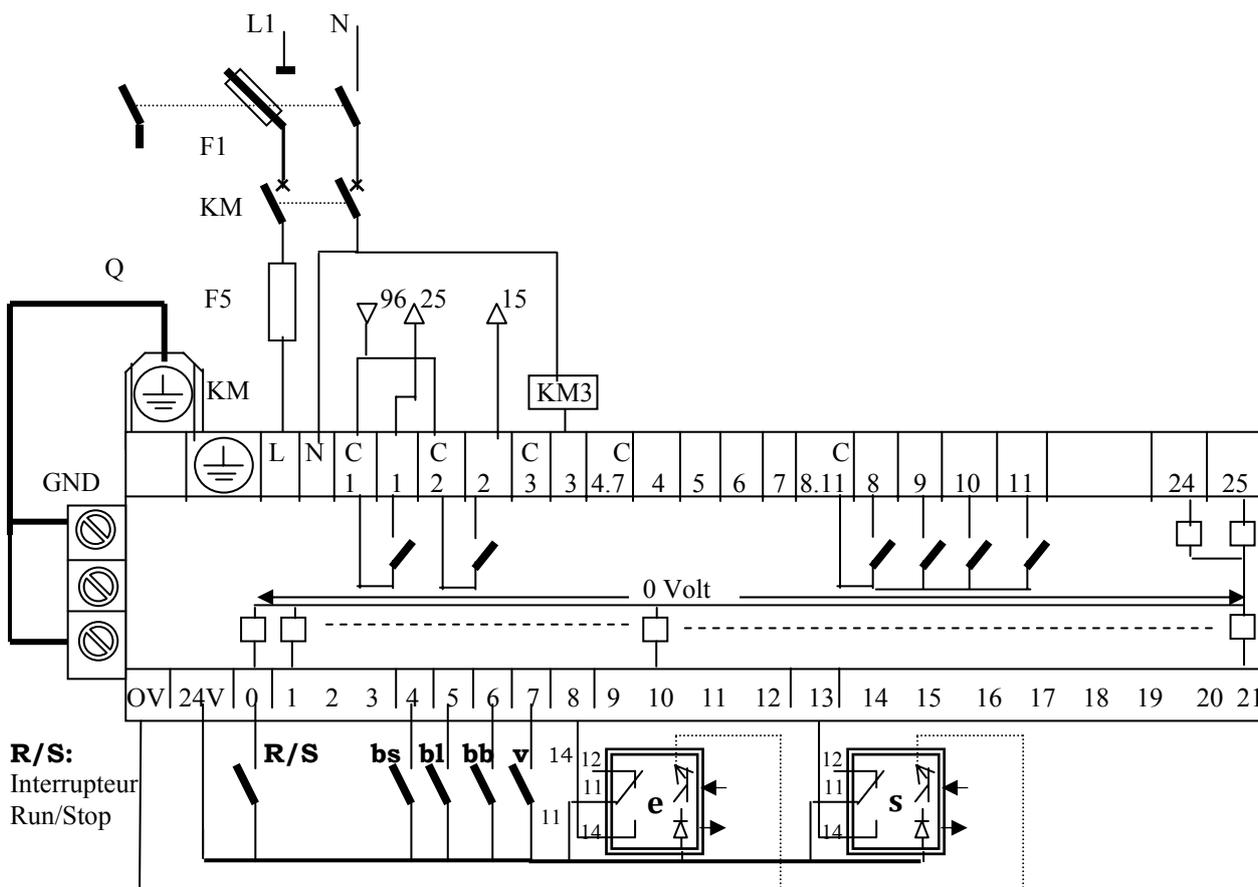
Figure 7.11- Schéma électrique de la commande automatique par API

Ainsi si on utilise l'automate TSX 17, la borne 96 de sortie du fusible F2 (cf. figures 10 et 11) sera reliée aux bornes C1 et C2 des sorties de l'automate, et les sorties 1 et 2 de l'automate sont à relier respectivement aux bornes 25 et 15 des deux contacteurs.

Attention ! Le commun du secondaire du transformateur ne doit surtout pas être relié à la borne de terre "GND" de l'automate (cf. figures 11 et 14).

En entrée l'automate fournit l'alimentation en 24 V= (0.25A) pour les capteurs, qui seront ensuite reliés aux différentes entrées. En sortie il ne peut pas alimenter les préactionneurs: leur alimentation est obligatoirement externe mais elle passe par l'automate, ce dernier se contentant d'ouvrir ou fermer les contacts de ses relais de sortie en fonction des ordres d'activation ou de désactivation des sorties contenus dans le programme (dans le cas d'autres automates des transistors de sortie remplacent les relais et on y autorise ou non le passage du courant).

Quant à l'alimentation de l'automate en 220 V, elle ne se fait pas directement sur le secteur, mais on rajoute un disjoncteur KM (ou contacteur de ligne) suivi d'un relais magnétothermique (ou fusible ) F5.



Remarques

-1- Les communs des sorties de commande de l'automate TSX 17 sont soit regroupés, soit indépendants, permettant ainsi de commander des préactionneurs avec des tensions différentes. Puisqu'on a la même tension de commande issue de la borne 96, au lieu d'utiliser les sorties 1 et 2, on peut utiliser des sorties avec communs regroupés (C4 à C7 ou C8 à C11). Ainsi par exemple si on utilise C4 et C5, la borne 96 sera reliée à C4.7, et les sorties 4 et 5 seront reliées à 25 et 15 respectivement.

-2- Sur le schéma on s'est servi de l'entrée I0.0 de l'automate configurée en mode "run/stop", c'est à dire que nous avons relié l'interrupteur 2 positions run/stop du système automatisé à l'entrée I0.0 l'automate. Alors la position run (marche) met en route l'API et par conséquent exécute le programme en mémoire. La position stop (arrêt) arrête l'exécution du programme.

Question 6°

Variable	Adresse	Programme séquentiel			Programme postérieur
e	I0.8	=*= 01	--*-- 03	--*-- 04	=*= POST
s	I1.13	L I1.13	L I0.8	L I0.4	L X02
bs	I0.4	A I0.4	O I1.13	O I0.5	= O0.01
bl	I0.5	# 02	AN T0	AN I0.1	L X03
bb	I0.6	L I0.7	# 03	# 02	= T0
v	I0.7	A I0.8	L T0	L I0.1	L X04
ft	T0	# 02	# 04	# 01	= O0.02
M+	O0.1	--*-- 02			EP
M-	O0.2	L I0.5			
T	T0	# 03			

Question 7°

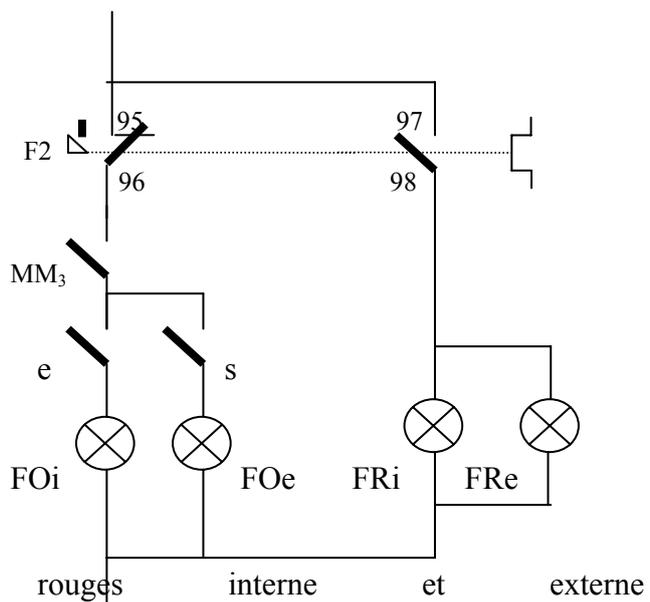


Figure 7.13 - Câblage des feux de signalisation

FOi et FOe: feux oranges interne et externe  
 FRi et FRe: feux rouges interne et externe

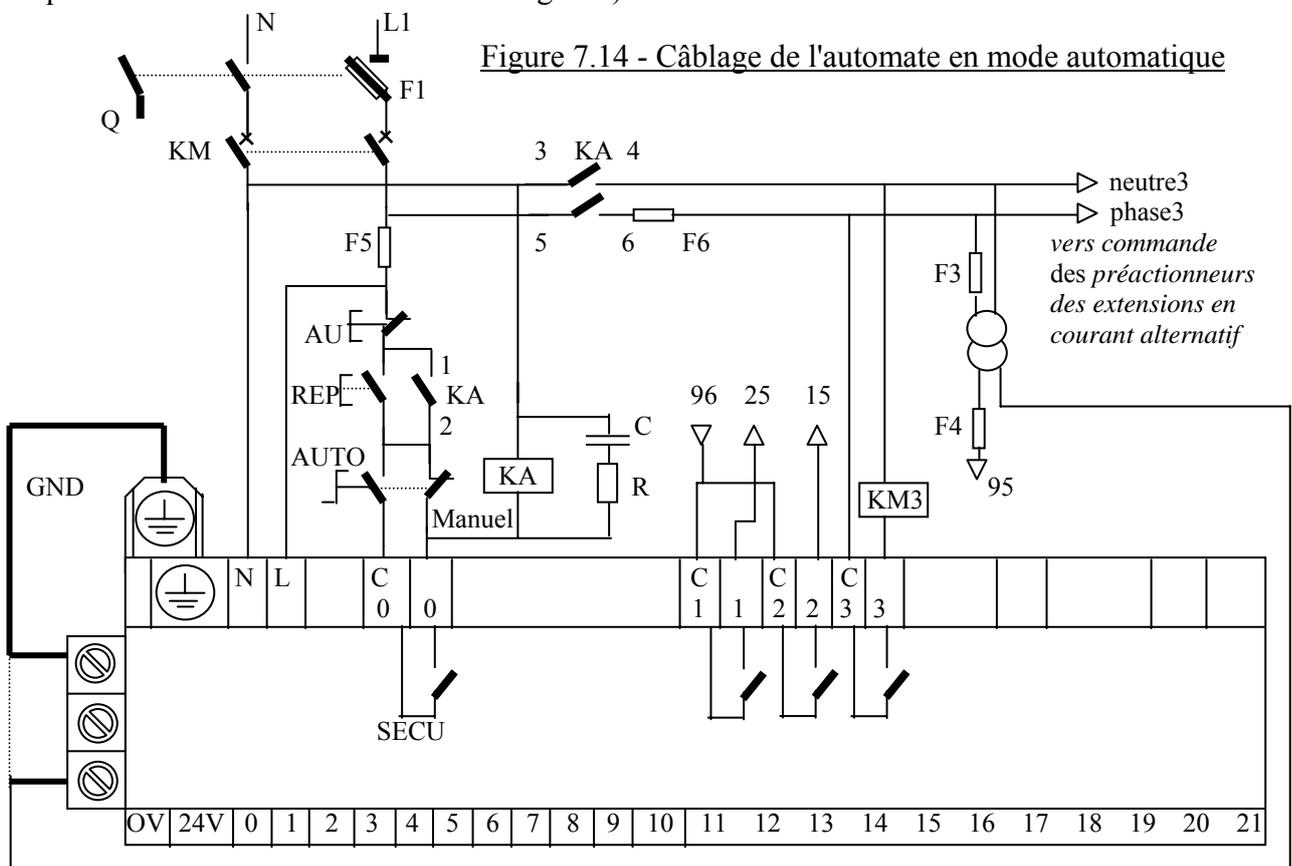
Question 8

En marche entièrement automatique, il est naturel de chercher à sécuriser au maximum l'installation électrique. On va se servir pour cela de la sortie "SECU" de l'automate (d'adresse O0.0) pour le mode de marche automatique. En mode manuel cette sortie est inutilisée.

Si elle est configurée dans le programme en mode « secu », la sortie O0.0 (secu) se met à l'état logique 1 si l'automate est en mode run et sans défaut, et à l'état logique 0 si l'automate est en mode stop ou en run avec présence de défaut.

On va donc utiliser un contacteur supplémentaire d'asservissement KA. Il sera commandé directement en mode manuel, et piloté par la sortie secu en mode automatique. Ainsi le transformateur et la commande des bobines des contacteurs ne seront alimentés que si le contacteur KA est alimenté. Les commandes des préactionneurs se trouvent ainsi conditionnées par le contacteur KA, qui est lui-même commandé par l'état logique 1 de la sortie secu (bornes C0 et 0) en mode automatique.

Dans toute installation industrielle, avant redémarrage de l'installation consécutif à un arrêt (provoqué par une coupure secteur ou l'action sur le bouton poussoir d'arrêt d'urgence), les normes de sécurité imposent une autorisation préalable par le personnel d'exploitation : d'où l'introduction du bouton poussoir REP sur le schéma de la figure 14 (pour reprise et acquittement ou validation de l'arrêt d'urgence).



Remarque

Les bornes neutre 3 et phase 3 servent à l'alimentation des extensions qui nécessitent du courant alternatif. Ainsi par exemple si un contacteur KM3 (cf. figure 14) doit être commandé en 220 V, les bornes de sa bobine doivent être branchées entre les bornes neutre 3 et phase 3. C'est à dire phase 3 envoie le 220 V sur la borne C3 de l'automate, quand le relais de la sortie 3 de l'automate se ferme, le 220 V entre dans la bobine KM3. Le circuit se referme en reliant la sortie de la bobine à la borne neutre 3. La commande du contacteur KM3 est ainsi conditionnée par le contacteur d'asservissement KA.

**- AUTOMATISMES LOGIQUES : modélisation et commande -**

-----  
**VOLUME 1 : STRUCTURE ET PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT**  
 -----

**- 2° édition revue et augmentée -**  
 -----

**- TABLE DES MATIERES -**

**- PAGES-**

<b>Chapitre 1 : STRUCTURE D'UN AUTOMATISME LOGIQUE</b>	<b>1</b>
<b>ET NOTION DE CAHIER DE CHARGES</b>	
-I- Notions sur l'automatisation et les automatismes	02
-II- Structure d'un automate logique	05
-III- Modes de marche d'un système automatisé	11
-IV- Approche du cahier de charges de la partie commande	14
-V- Exemple d'application : la machine à laver	16
<b>Chapitre 2 : LE GRAFCET</b>	<b>21</b>
-I- Introduction	22
-II- Eléments du grafcet	23
-III- Règles d'évolution	26
-IV- Représentation des séquences multiples	28
-V- Compléments introduits par la norme CEI-848	37
<b>Chapitre 3 : ELEMENTS DE TECHNOLOGIE</b>	<b>41</b>
-I- Rappel sur la structure d'un automate dans les technologies concurrentes	42
-II- Actionneur pneumatique : le vérin	43
-III- Préactionneur pour actionneur pneumatique: le distributeur	49
-IV- Les interfaces	59
-V- La fonction mémoire	69
-VI- Organe de commande : le programmeur cyclique à cames	71
<b>Chapitre 4 : COMMANDE EN LOGIQUE CABLEE</b>	<b>75</b>
-I- Synthèse de la partie commande	76
-II- Matérialisation de grafcet par des séquenceurs	82
-III- Le séquenceur électronique à bascules	87
-IV- Le séquenceur électrique	93
-V- Le séquenceur pneumatique	104
<b>Chapitre 5 : COMMANDE EN LOGIQUE PROGRAMMEE : L'API</b>	<b>110</b>
<b>A.P.I. : AUTOMATE PROGRAMMABLE INDUSTRIEL</b>	
-I- Introduction	111
-II- Architecture	112
-III- Programmation	118
-IV- Programmation de grafcets à séquences multiples	147
-V- Câblage des automates TSX 17	156
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	<b>159</b>
<b>ANNEXES :</b>	<b>160</b>
-I- Alimentation et commande des automatismes électriques	160
-II- Lois générales d'électrotechnique	162
-III- Formulaire (mécanique, électricité)	163

**- AUTOMATISMES LOGIQUES : modélisation et commande -**

-----  
**VOLUME 2 : EXERCICES CORRIGES**  
-----

**- 2° édition revue et augmentée -**  
-----

<b><u>SOMMAIRE</u></b>	<b><u>PAGE</u></b>
PARTIE I: DIMENSIONNEMENT DE VERINS ELECTROPNEUMATIQUES ET UTILISATION DES DISTRIBUTEURS	1
PARTIE II: MODELISATION D'AUTOMATISMES PAR GRAFCET	19
PARTIE III: COMMANDE PAR SEQUENCEURS ELECTRIQUES Annexe: compléments sur le câblage des séquenceurs électriques	66
PARTIE IV: COMMANDE PAR API	82
PARTIE V: MODELISATION D'AUTOMATISMES PAR RDP	98
PARTIE VI: MODELISATION GEOMETRIQUE DE ROBOTS	114
PARTIE VII: COMMANDE DE MACHINES ASYNCHRONES : MODES SEMI-AUTOMATIQUE ET AUTOMATIQUE	138