

## Sommaire

### Section 1 : Rappels sur l'architecture d'un système automatisé

1- Notions sur l'automatisation et les automatismes	PAGE
-1-Objectifs de l'automatisation -----	2
-2-Fonctions des automatismes -----	3
-3-Technologies des automatismes -----	4
2- Structure d'un automatisme logique	
-1-Parties opérative et commande d'un système automatisé -----	5
-2-Synthèse d'un automatisme séquentiel -----	6
-3-Fonctions de l'automate central -----	8
-4-Les périphériques -----	9
-5-Les interfaces	
-6-Structure d'un automatisme dans les technologies concurrentes	

### Section 2 : Structure d'une installation électrique et symboles des composants

- 1-Structure fonctionnelle d'une installation électrique
- 2- Réseau d'alimentation
- 3-Symboles normalisés des contacts
- 4- Isolement de l'installation : le sectionneur
- 5- Circuit de puissance
- 6- Circuit de commande
- 7-Contacteur et démarrage moteur

### Section 3 : Comment lire un schéma électrique ?

- 1- Schéma unifilaire
- 2- Schéma multifilaire
- 3- Repérage des conducteurs
- 4- Repérage des contacts
- 5- Identification des éléments d'un schéma
- 6- Lecture de schéma électrique
- 7- Exemples de schémas

## **Section 1 : Rappels sur l'architecture d'un système automatisé**

### **-I- NOTIONS SUR L'AUTOMATISATION ET LES AUTOMATISMES**

L'automatisation d'un procédé (c'est à dire une machine, un ensemble de machines ou plus généralement un équipement industriel) consiste à en assurer la conduite par un dispositif technologique.

#### **1-Objectifs de l'automatisation**

La compétition économique entraîne les industriels à vivre en permanence dans un esprit de concurrence, qui oblige à toujours améliorer les performances en termes de quantité et surtout de qualité (d'où le maître mot de l'économie : rapport qualité/prix). L'automatisation des processus industriels a pour finalité de réaliser ces vœux. Ses objectifs principaux au nombre de quatre sont complémentaires et liés. Ils peuvent s'énoncer ainsi :

**-a- produire à qualité constante** : contrairement à l'être humain, il est clair que la machine n'est pas sujette à la fatigue de fin de journée, par conséquent la qualité des produits sortant des chaînes est généralement la même ;

**-b- fournir les quantités nécessaires** : cette notion fait référence à l'adaptativité, c'est à dire pouvoir adapter l'offre à la demande. L'objectif est de produire juste les quantités nécessaires à un instant donné, de façon à tendre vers la notion de stock zéro. Pour pouvoir adapter l'offre à la demande, cela se fait rapidement et efficacement dans un environnement automatisé (arrêter par exemple une chaîne de fabrication en période de faible demande, ou au contraire en mettre en route d'autres pour répondre à la forte demande) ;

**-c- augmenter la productivité** : il s'agit donc d'augmenter le rendement. Pour ce faire l'automatisation a consisté à remplacer une grande partie des opérateurs humains par des machines, qui ont des cadences de travail élevées, ne connaissant ni les pauses café ni les congés payés ;

**-d- améliorer les conditions de travail** : il s'agit d'une part de remplacer l'homme par la machine pour les tâches pénibles ou qu'il ne peut pas faire (pour l'affecter ailleurs où il est censé faire un travail plus noble), d'autre part d'augmenter les possibilités de réaliser les objectifs "a", "b" et "c". En effet un employé qui mange bien, est bien soigné, et a de bonnes conditions de vie et de travail, n'est pas souvent malade, n'est pas fatigué, a peu d'absentéisme, et devient donc plus rentable économiquement.

## **2-Fonctions des automatismes**

Le degré d'automatisation d'un système varie selon la nature, la complexité, les objectifs assignés au projet. La surveillance d'une tour d'immeuble est différente de celle des ascenseurs qu'elle comporte ou de son dispositif de climatisation.

Il existe trois degrés d'automatisation ou modes de fonctionnement des automatismes :

### **2-a-Mode surveillance**

Dans ce mode l'automatisme a une fonction passive vis à vis du procédé qu'il pilote. L'organe de contrôle acquiert les informations et les analyse pour fournir journaux de bord et bilans. L'objectif est la connaissance technique et économique du procédé.

### **2-b-Mode guide opérateur**

Les traitements sont plus élaborés que dans le cas précédent, et l'automatisme propose des actions pour conduire le procédé selon un critère donné. L'automatisme ne réagit pas directement sur le procédé, il a donc un fonctionnement en boucle ouverte.

### **2-c-Mode commande**

L'automatisme a une structure en boucle fermée. On a une automatisation complète de certaines fonctions : acquisition des informations, leur traitement, et enfin l'action sur le procédé.

MODE FONCTIONNEMENT	ACQUI SITION	TRAITEMENT	ACTION	STRUCTURE
Surveillance	X			Boucle ouverte
Guide-Opérateur	X	X		Boucle ouverte
Commande	X	X	X	Boucle fermée

*Figure 1.1 : différentes fonctions d'un automatisme*

Les fonctions assurées dans chaque mode sont simples ou complexes selon le procédé ou la partie de procédé auxquelles elles sont assignées.

Prenons à titre d'exemple la surveillance d'une installation de chauffage central d'un édifice quelconque. Si le niveau d'eau diminue, la pression augmente. Au-delà d'une certaine pression la chaudière risque d'exploser. Pour faire baisser la pression il faut tout simplement rajouter de l'eau.

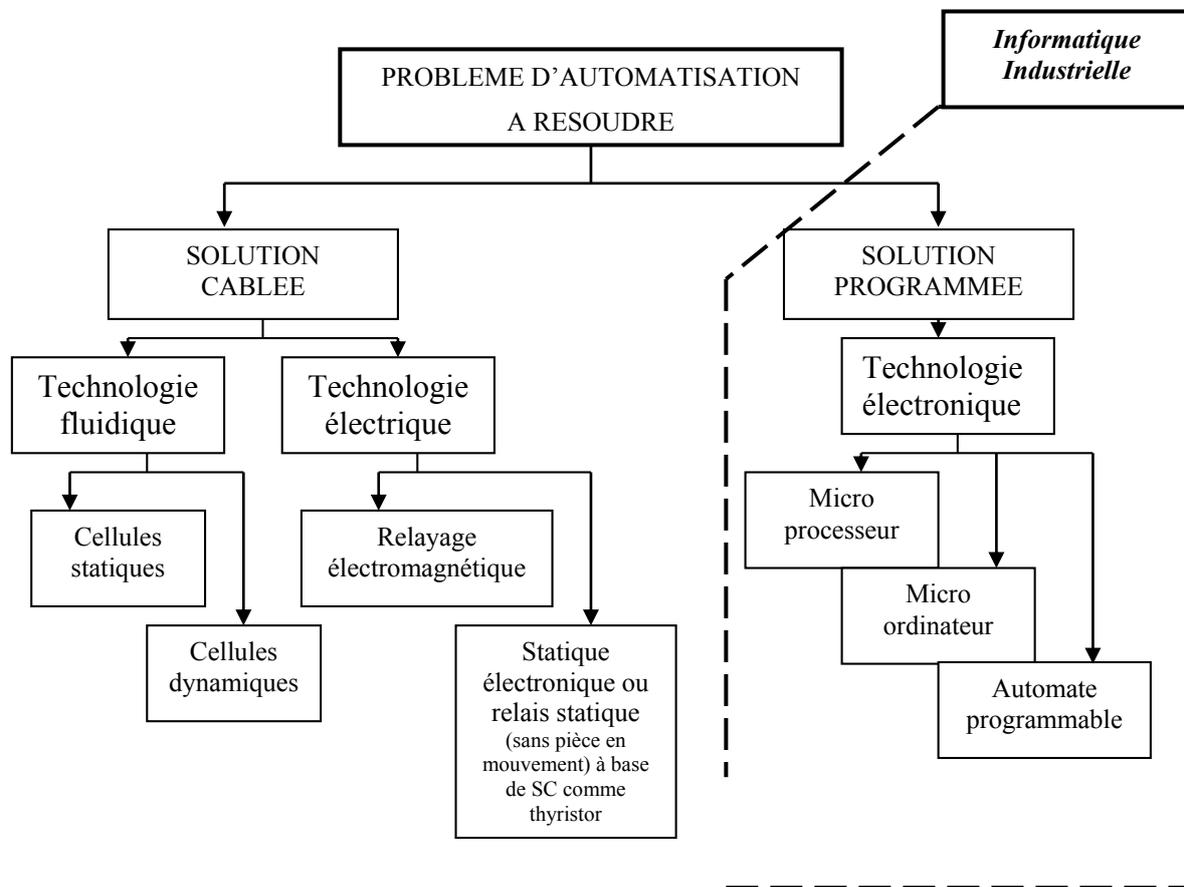
Dans le cas du mode surveillance, seul un indicateur visuel à aiguille nous permet de savoir que la pression a augmenté.

Dans le mode guide opérateur, on donne l'information sur l'action qu'il faut entreprendre, afin de baisser la pression. Un indicateur visuel ou sonore indique qu'il faut ouvrir la vanne d'eau.

Dans le mode commande, l'automatisme commande l'ouverture de la vanne, surveille le niveau d'eau, puis ferme la vanne quand le niveau désiré est atteint.

### **3-Technologies des automatismes**

L'automaticien dispose de nombreux outils technologiques pour réaliser l'organe de commande de son système, que l'on regroupe habituellement en deux catégories fondamentales : les solutions câblées et les solutions programmées (cf figure 1.2).



**Figure 1.2 : principales solutions d'un problème d'automatisation**

**Remarques :**

-1-L'informatique industrielle est une discipline conjuguant les théories de l'automatique et les moyens de l'informatique pour résoudre des problèmes de nature industrielle.

-2-Un automate programmable industriel ou API (cf. chapitre 4) est une machine électronique, programmable par un personnel non informaticien, destinée à piloter en ambiance industrielle et en temps réel, des procédés logiques séquentiels.

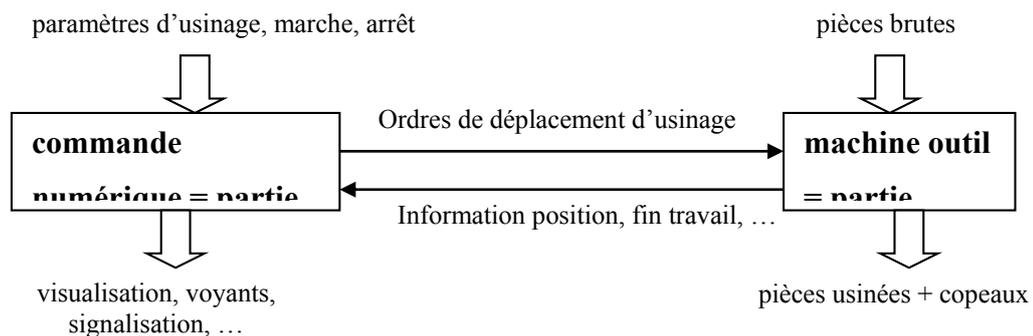
## -II-STRUCTURE D'UN AUTOMATISME LOGIQUE

### 1-Parties opérative et commande d'un système automatisé

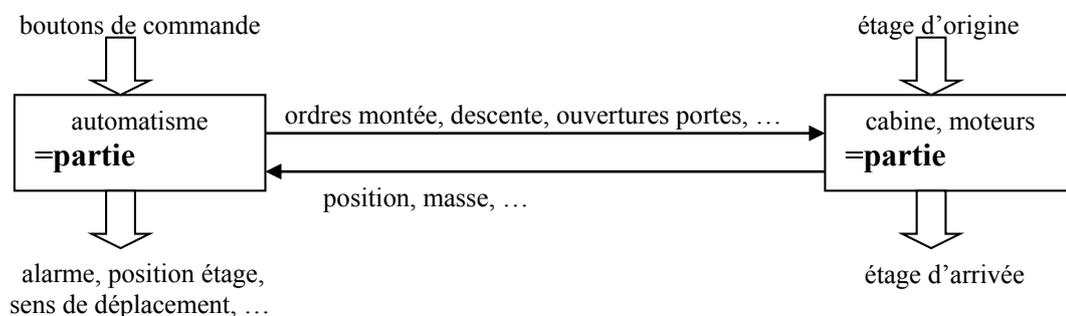
D'une façon tout à fait générale, un système automatisé peut se décomposer en deux parties qui coopèrent : une *partie opérative* ou puissance, et une *partie commande* ou automate ou automatisme (cf. figure 1.3).

La partie opérative effectue des opérations (transformation de pièces brutes en pièces usinées dans le cas d'une machine outil à commande numérique, translation de la cabine d'un ascenseur de l'étage de départ à l'étage d'arrivée), lorsque l'ordre lui en est donné par la partie commande. En revanche elle fournit à la partie commande des informations sur les opérations effectuées.

La partie commande reçoit des consignes de l'extérieur (paramètres des opérations à effectuer) et fournit des comptes-rendus visuels ou sonores.



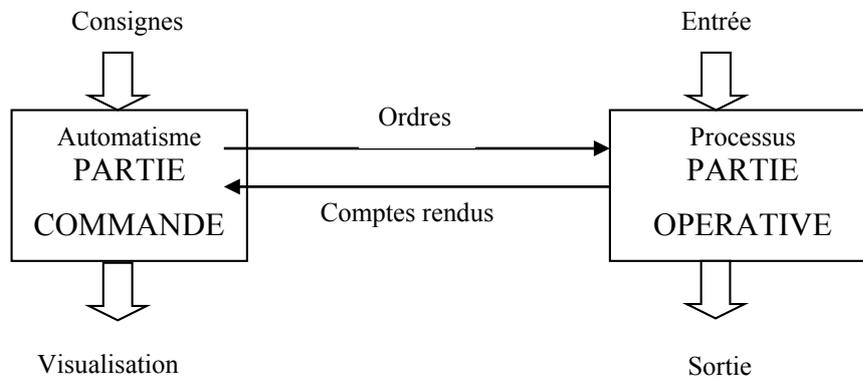
**Figure 1.3-a : machine-outil à commande numérique**



**Figure 1.3-b : ascenseur**

**Figure 1.3 : exemples de systèmes automatisés**

En conclusion la partie opérative est le processus physique à automatiser. La partie commande est un automatisme qui élabore en sortie des ordres destinés au processus, et des signaux de visualisation en fonction des comptes-rendus venant du processus et des consignes qu'il reçoit en entrée.



*Figure 1.4 : schéma de principe d'un système automatisé*

## 2-Synthèse d'un automatisme séquentiel

### 2-a-Rappel sur les logiques combinatoire et séquentielle

En logique combinatoire la sortie d'un système ne dépend que de la combinaison des informations d'entrée, et ceci quel que soit l'ordre d'arrivée de ces informations.

En logique séquentielle le système évolue en fonction des entrées et des états antérieurs du système.

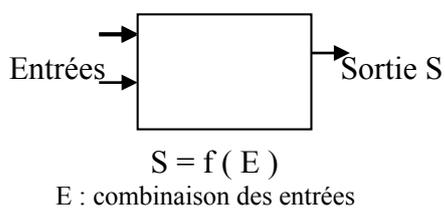


Figure 1.5-a: système combinatoire

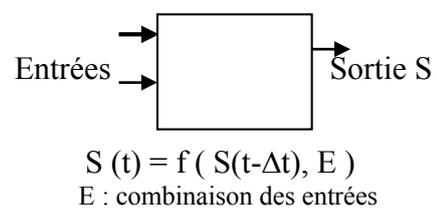
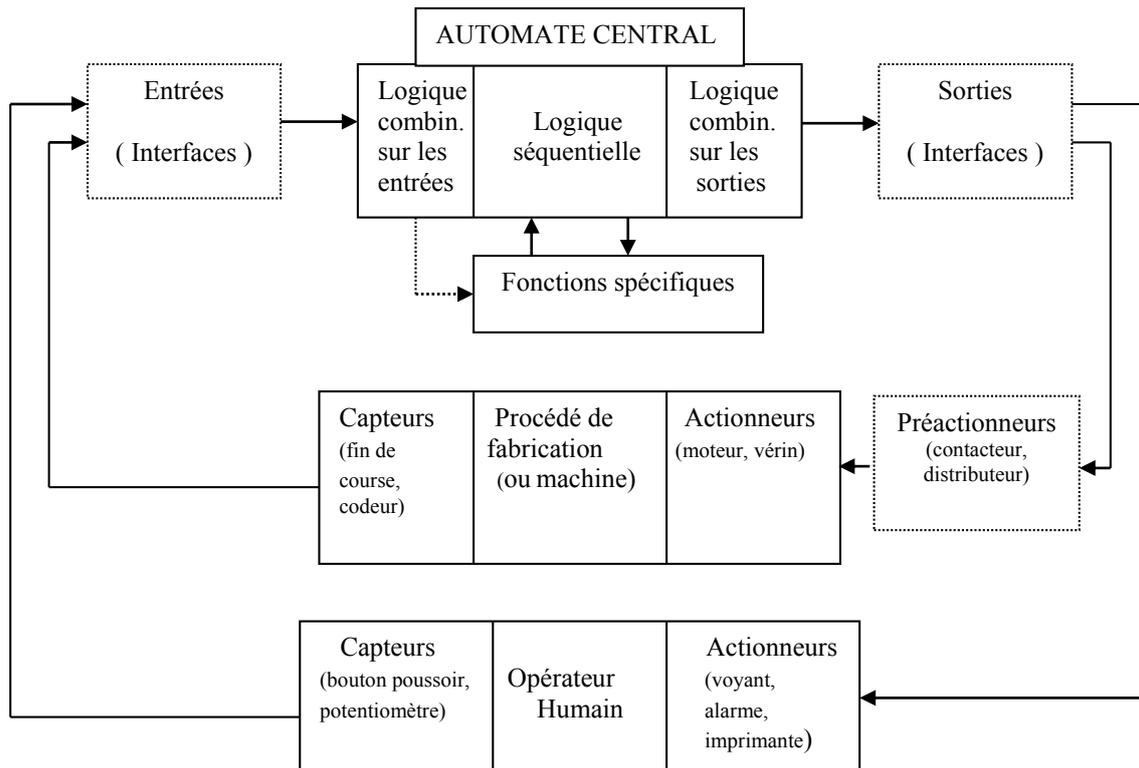


Figure 1.5-b: système séquentiel

*Figure 1.5 : systèmes combinatoire et séquentiel purs*

## 2-b-Synthèse

La synthèse d'un automatisme séquentiel consiste à établir une relation entre les informations délivrées par les capteurs (entrées) d'une part, et les ordres donnés aux actionneurs (sorties) d'autre part, à travers un automate séquentiel autour duquel gravitent des fonctions spécifiques. La décomposition et le principe de fonctionnement sont généralement ceux donnés par la figure 1.6 .



*Figure 1.6 : structure d'un automatisme séquentiel*

## 3-L'automate central

### 3-a-Structure

On désigne par automate ou automate central la partie centrale ou cerveau de l'automatisme, dont il constitue la structure séquentielle.

Il comprend une logique combinatoire, une logique séquentielle, et un certain nombre de périphériques qui assurent des fonctions spécifiques (comptage, temporisation). Ces périphériques dits « internes » peuvent être intégrés ou non à l'automate.

La logique combinatoire sur les entrées concerne les conditions de transition du système d'un état vers un autre. Elle se présente sous forme d'équations booléennes qui permettent de faire évoluer l'automatisme de manière séquentielle.

La logique combinatoire sur les sorties permet de faire la relation entre l'état de l'automate central et des sorties. Là aussi elle se présente sous forme d'équations booléennes en logique combinatoire.

Les périphériques internes sont des fonctions auxquelles l'automate central a recours pour élaborer des informations supplémentaires nécessaires à l'enchaînement des étapes (temporisations, comparateurs, calcul, etc.).

### **3-b-Fonctions**

Son fonctionnement est cyclique. Pour une phase élémentaire de fonctionnement séquentiel, ses fonctions principales peuvent se résumer de la manière suivante :

- *dialogue* avec l'opérateur dont il reçoit les ordres (début de cycle, arrêt, changement du mode de marche,...) et à qui il envoie des informations (alarme, visualisation d'état, bilan des entrées sorties, etc...),
- *acquisition* des informations fournies par les capteurs, et leur mise en forme par les interfaces d'entrée si nécessaire,
- *traitement* de ces informations,
- *élaboration des ordres* puis *commande* des actionneurs par l'intermédiaire des interfaces de sortie.

## **4-Les périphériques**

Ce sont des sous-ensembles de l'automatisme distincts de l'automate central, qui transmettent les informations et les ordres.

### **4-a-Capteurs**

-*Liés à la machine* : ils transmettent les informations à l'automate. Parmi les exemples simples on peut citer les fins de course, les codeurs, les capteurs à seuil de grandeurs analogiques.

-*Liés à l'opérateur* : ils transmettent les ordres de l'opérateur à l'automate. On peut citer les interrupteurs, les boutons poussoirs, les potentiomètres.

### **4-b-Actionneurs**

-*Liés à la machine* : ils transmettent des ordres à la partie mécanique de la machine. On peut citer les plus courants qui sont le moteur et le vérin.

-*Liés à l'opérateur* : ils transmettent des informations à l'opérateur. On peut citer les voyants, les alarmes sonores ou visuelles, l'écran, l'imprimante.

### **4-c-Périphériques internes**

Ils reçoivent des informations des capteurs et des ordres de la logique séquentielle et combinatoire. Ils transmettent des informations à cette même logique. Les exemples les plus courants sont le temporisateur, le compteur et le comparateur.

## **5-Les interfaces**

### **5-a-Interfaces d'entrée**

En plus de la protection de l'automate (rôle secondaire), ils assurent surtout un rôle d'adaptation (niveau de tension et courant) et de mise en forme (conversion analogique numérique) de l'information d'entrée.

### **5-b-Interfaces de sortie**

Comme les interfaces d'entrée ils assurent également une fonction de protection et d'isolation de la partie commande par rapport à la partie opérative. Mais ils servent principalement d'interface d'amplification.

Il est à remarquer que lorsque l'actionneur nécessite une interface de puissance, cette dernière est distincte de l'interface de sortie de l'automate. On l'appelle préactionneur (contacteur par exemple pour la commande de moteurs).

## **6-Structure d'un automatisme dans les technologies concurrentes**

Le tableau ci-dessous résume de manière succincte, en fonction des technologies employées, les différentes combinaisons des éléments intervenant dans la structure d'un système automatisé. Les détails sur le fonctionnement et les aspects technologiques seront traités au paragraphe III de ce même chapitre.

<b>TECHNO-LOGIE</b>	<b>ACTIONNEUR</b>	<b>PREACTION-NEUR</b>	<b>CAPTEURS</b>	<b>LOGIQUE DE COMMANDE</b>
<b>Electrique</b>	- Moteur électrique (à CC, pas à pas, asynchrone...) - Electroaimant (levage des grandes charges, freinage) - Résistances	- Contacteur - Relais - Electroaimant (pour actionner électrovanne, serrure, serrage ...)	Electriques : fin de course, interrupteur, bouton poussoir, codeur, potentiomètre etc...	- Concevoir soi-même le boîtier de commande (électrique ou électronique) - Relais -Séquenceur - API - Ordinateur - Programmeur à cames réglable à E/S électriques
<b>Electro pneumatique ou Electro hydraulique</b>	- Vérin pneumatique ou hydraulique - Moteur pneumatique ou hydraulique	- Electrodistributeur - MIE+Distributeur à commande pneumatique  MIE : Module d'Interface Electropneumatique	Electriques : -manostat et vacuostat à sortie électrique, -contact à pression (interface de transduction) -capteurs à seuil de pression (cellule Nand)	Idem à électrique (pour le programmeur à cames, les E/S peuvent être électriques et/ou pneumatiques)
<b>Tout pneumatique</b>	- Vérin pneumatique - Moteur pneumatique - Venturi	Distributeur à commande pneumatique	Pneumatiques	- Cellules pneumatiques - Relais & Séquenceurs pneumatiques, - Programmeur à cames réglable à E/S pneumatiques

***Tableau 2.1 : composants d'automatismes fréquemment utilisés dans les 3 technologies***

### Remarques

Quand on parle de capteur électrique, cela signifie que le signal délivré est électrique.

La logique de commande électrique a de plus en plus tendance à devenir une logique d'interfaçage, d'amplification et de sécurité. La logique de commande électronique est surtout utilisée pour le traitement de l'information à cause de sa faible consommation d'énergie, de son faible volume, de sa puissance de traitement, de son faible coût et de la possibilité de programmation de certains composants.

Excepté les préactionneurs les plus courants, nous avons volontairement occulté les interfaces dans ce tableau. Elles feront l'objet du paragraphe III de ce même chapitre.

### -III- LES INTERFACES

On entend par interfaces les composants reliant les parties commande et opérative : soit la partie commande à l'actionneur, soit le capteur à la partie commande. Les préactionneurs, les coupleurs d'entrées/sorties, les modules d'entrées/sorties analogiques etc., font donc partie des interfaces.

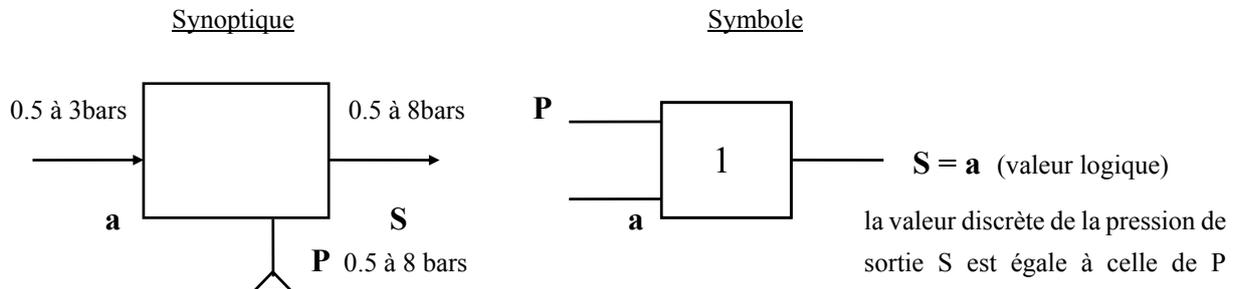
Les interfaces de puissance ou préactionneurs (déjà cités dans le paragraphe I) qui peuvent être considérés comme une catégorie à part entière, s'insèrent naturellement entre l'interface de sortie et l'actionneur.

Les interfaces remplissent l'une des fonctions suivantes : conversion, adaptation, isolement. On les classera en deux catégories : celles qui modifient les paramètres d'un signal, et celles qui modifient la nature d'un signal.

#### 1-Interfaces modifiant les paramètres d'un signal

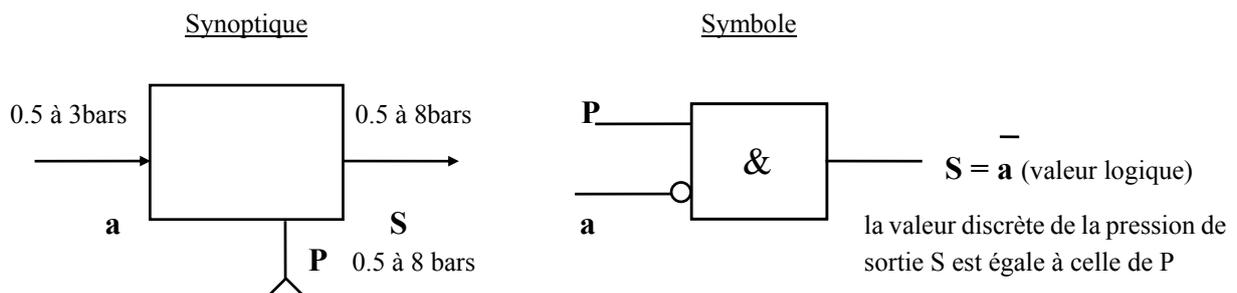
##### 1.1. Pneumatiques

##### 1.1.a- Cellule OUI



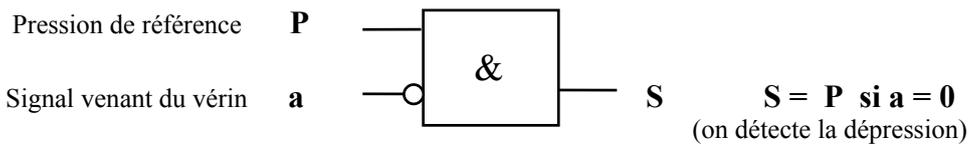
Suivant la valeur de la pression de référence  $P$ , la cellule peut être destinée à **augmenter** ou **réduire** la pression d'un signal (exemple le cas des réemetteurs ou répéteurs qui jouent le rôle de filtre et d'amplification du signal). Elle est surtout utilisée pour garantir une pression suffisante aux pilotes des préactionneurs (distributeurs).

##### 1.1.b- Cellule NON ou inverseur



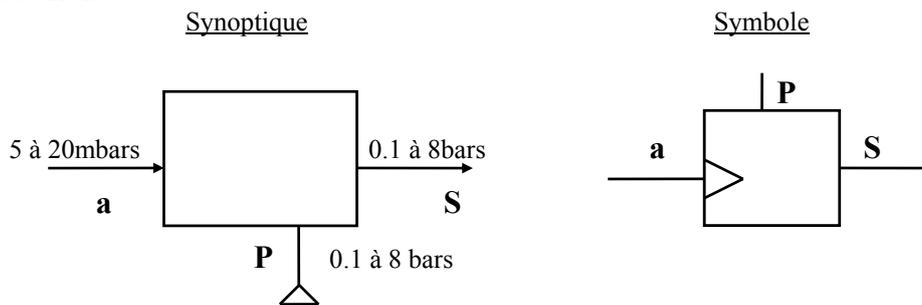
Cette cellule est également appelée cellule inhibition, car on peut l'utiliser pour inhiber une entrée. Si on remplace la pression P par un signal b, la sortie correspondra alors à l'inhibition de l'entrée b par le signal a ( $S = \bar{a} b$ )

Montée sur un vérin, cette cellule est souvent utilisée comme capteur fin de course : elle détecte la chute de pression dans la chambre d'échappement quand le piston arrivant à l'extrémité a chassé tout l'air de la chambre. On l'appelle alors capteur à seuil de pression à sortie pneumatique.



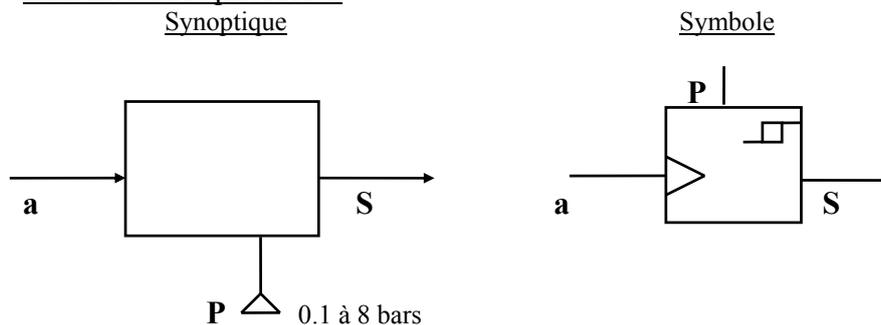
1.1.c- Relais amplificateur

Il permet de transformer un signal de très basse pression en un signal de pression industrielle.



1.1.d- Relais manostatique et vacuostatique

\* Manostat ou pressostat



P<sub>2</sub> : pression de préréglage du mini-détendeur du manostat

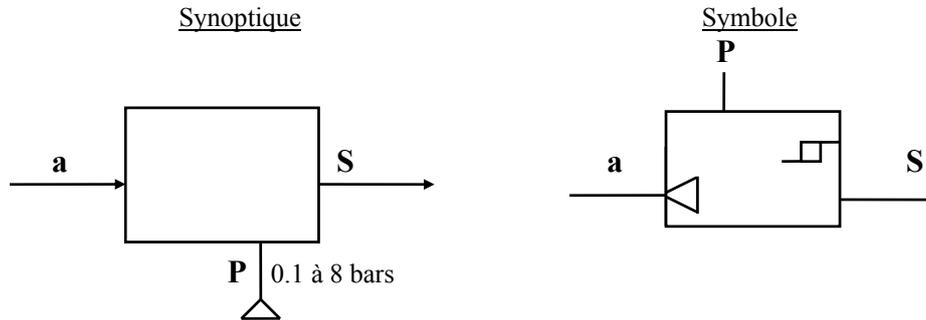
Si a < P<sub>2</sub> → S = 0 (0 logique)

Si a ≥ P<sub>2</sub> → S = P (1 logique)

(Exemple d'utilisation : détection de serrage de pièces, détection de niveau de liquide).

\* Vacusostat

Détecte le seuil de vide pré réglé sur l'appareil, et autorise un signal de sortie.



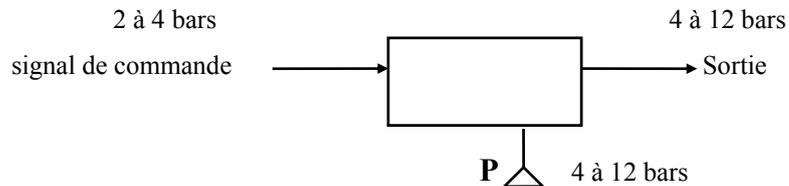
$P_2$  : pression de pré réglage du mini détendeur du manostat

Si  $a > P_2 \rightarrow S = 0$

Si  $a \leq P_2 \rightarrow S = P$

1.1.e-Distributeur piloté (voir son étude au paragraphe III)

Dès qu'il reçoit un signal de commande la sortie S devient égale à P.



1.2. Interfaces électriques

1.2.a- Transformateurs

Leur utilisation principale est la transformation d'une tension alternative en courant alternatif.



La puissance apparente s'exprime en VA (voltampères).

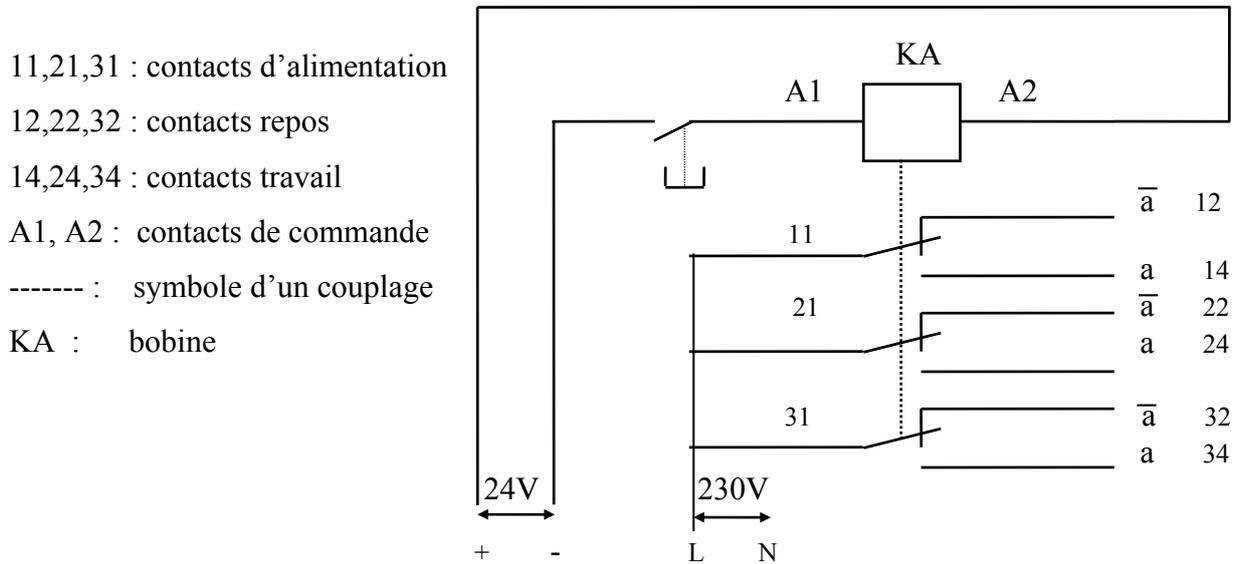
Remarque : dès qu'un transformateur est alimenté, il se comporte comme une résistance de faible valeur. Il est donc normal qu'il chauffe (même s'il travaille à vide).

1.2.b- Les relais électromagnétiques

- Relais instantané (RHN) ou mémoire monostable

\*\*Description

C'est un composant capable d'amplifier un signal, de l'inverser, ou de le mémoriser en câblant un circuit d'auto maintien.



*Figure 3.4.1 : Borne du relais instantané*

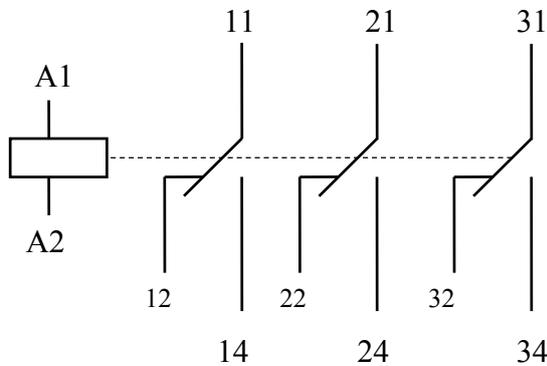
**En général la tension de commande des bobines et la tension des sorties (ou d'utilisation) sont différentes (de l'ordre de 24 V et 230 V respectivement).**

\*\*Principe de fonctionnement

Le passage du courant de commande dans la bobine (KA) crée, avec le noyau, un champ magnétique qui attire l'armature mobile qui vient s'appuyer contre le contact travail tant que la bobine est commandée. Si la bobine n'est plus alimentée, l'armature mobile est ramenée contre le contact repos grâce à un ressort.

Symbole :

- 11, 21, 31 : contacts d'alimentation
- 12, 22, 32 : contacts repos
- 14, 24, 34 : contacts travail
- A1, A2 : contacts de commande



*Figure 3.4.2 : Symbole du relais instantané*

**\*\*Caractéristiques**

-Liées au circuit de commande (alimentation bobine) :

-courant du circuit de commande : alternatif ou continu,

-tensions d'alimentation : 24, 48, 110, 230 volts (6 et 12 volts pour les platines électroniques),

-consommation moyenne : de 2.5 à 4.5 VA en alternatif, 1.6 VA en continu.

-Liées au circuit de puissance :

-tension et intensité maximales en courant alternatif : 250 V, 5 A,

-nombre de contacts : variable, par exemple 4 contacts à fermeture « NO » (Normally Open) càd ouverts au repos et 4 contacts à ouverture « NC » (Normally Closed) càd fermés au repos.

-Liées au fonctionnement : (données par les abaques du constructeur)

-cadence maximale : en nombre de manœuvres (travail-repos) par seconde (10 par exemple),

-endurance mécanique : en millions de manœuvres (20 millions par exemple).

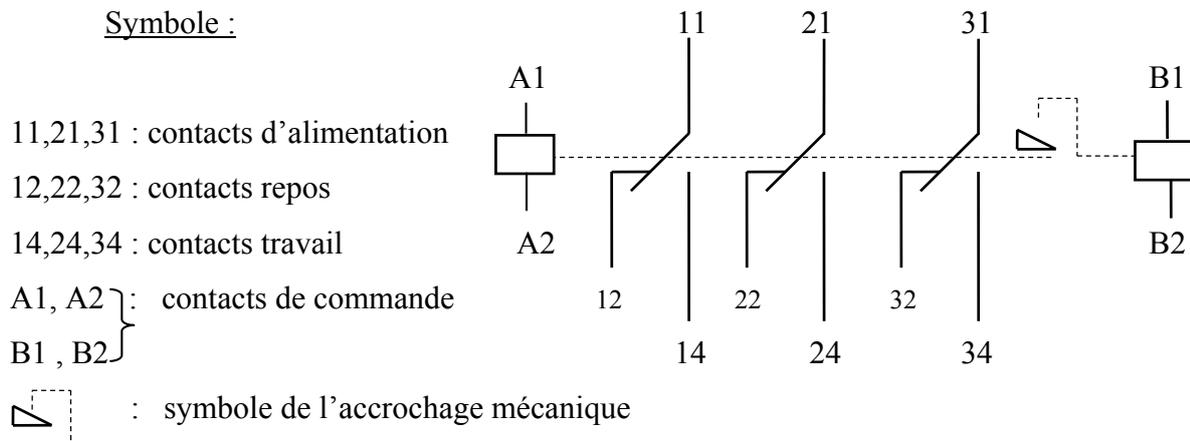
Elle dépend de la tension et du courant.

- Relais électromagnétique à accrochage ou mémoire bistable (RHK)

C'est un relais instantané à deux états stables, commandé par deux bobines : l'une pour l'enclenchement (A) et l'autre pour le déclenchement (B).

Leur mémoire est assurée par un accrochage mécanique ou magnétique, donc même si on supprime le signal de commande de la bobine, le relais « reste accroché » et ne change pas d'état. Par conséquent une simple impulsion suffit à le faire changer d'état.

Symbole :



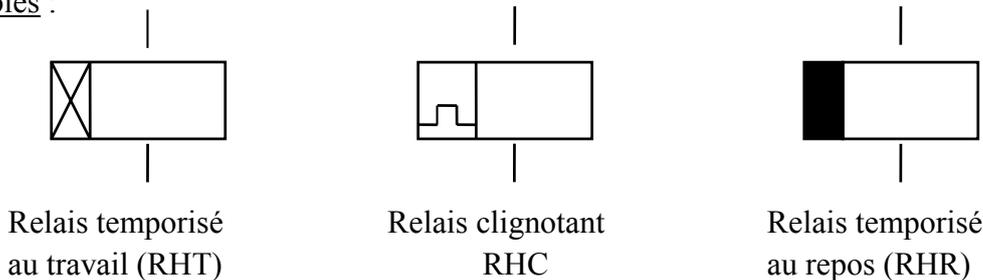
**Figure 3.4.3 : Symbole du relais électromagnétique à accrochage**

- Relais temporisés et relais clignotant

Les relais temporisés ont le même principe de fonctionnement qu'un relais instantané, mais leur action est différée dans le temps. Leur symbole est donc le même excepté pour la bobine qui comporte une information supplémentaire. On rencontre le relais temporisé au travail (RHT) et le relais temporisé au repos (RHR). La durée de la temporisation  $T$  varie de 0.1 à 300 s ou de 1 à 40 mn.

Le relais clignotant (RHC) change d'état (une fois qu'il est commandé) suivant une fréquence réglable. Le temps de réaction du relais varie de 2 à 40 ms, quant à sa période elle varie de 0.5 à 5 s, ou de 2 à 30 s.

Symboles :



*Figure 3.4.4 : Symboles des relais RH*

- Contacteur

C'est un préactionneur principalement destiné à la commande des moteurs.

Il est constitué d'un relais monostable (ou bistable) dit de puissance, car pouvant supporter de forts courants (utilisation courante : commande des machines asynchrones en triphasé).

Le principe de fonctionnement est le même que celui du relais : quand la bobine est alimentée, elle ferme les contacts de puissance (destinés à l'alimentation de l'actionneur) et les contacts auxiliaires (destinés à la partie commande de l'actionneur).

Le circuit de commande (alimentation bobines) est généralement alimenté en 24 V (alternatif ou continu), et le circuit de puissance en 230, 400 ou 700 Volts.

On ajoute généralement avant et après le contacteur une protection des circuits commandés. Avant lui on utilise soit des fusibles coupe-circuit soit un relais magnétique (disjoncteur) pour la protection contre les court-circuit. Après lui on utilise généralement un relais thermique pour la protection contre les surcharges faibles et prolongées. Pour protéger également contre les surcharges fortes on préfère parfois utiliser un relais magnétothermique.

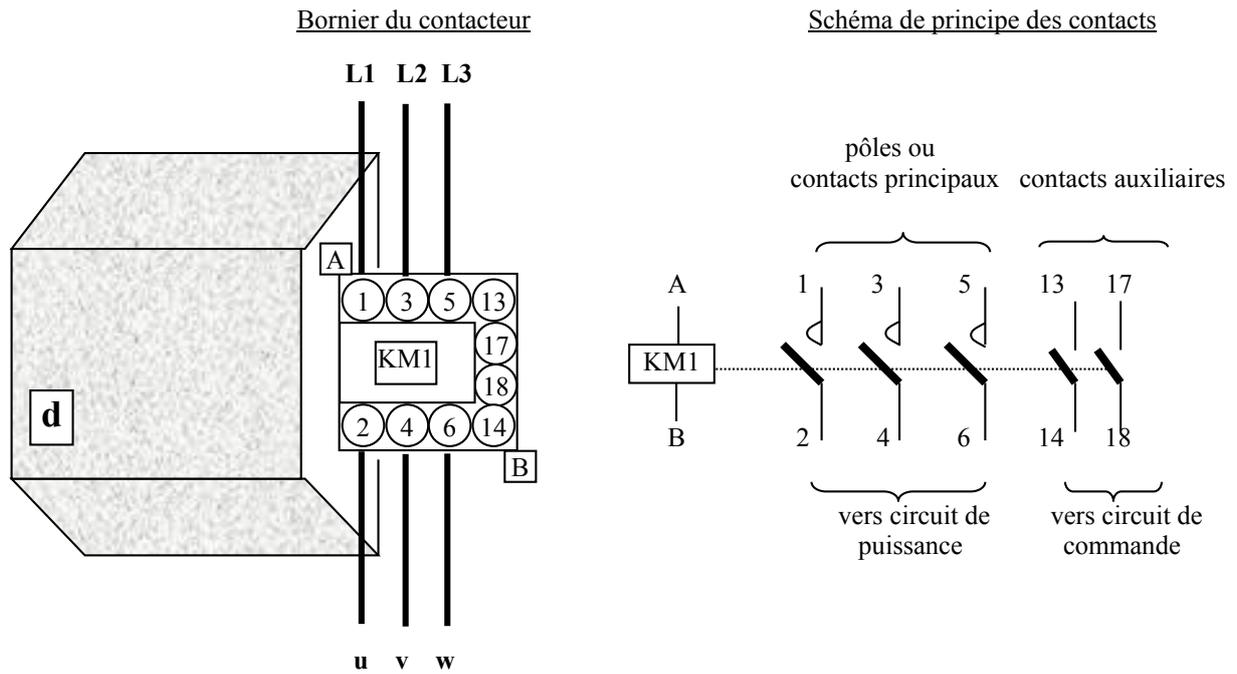


Figure 3.4.5 : Câblage d'un contacteur série D (doc. Télémécanique)

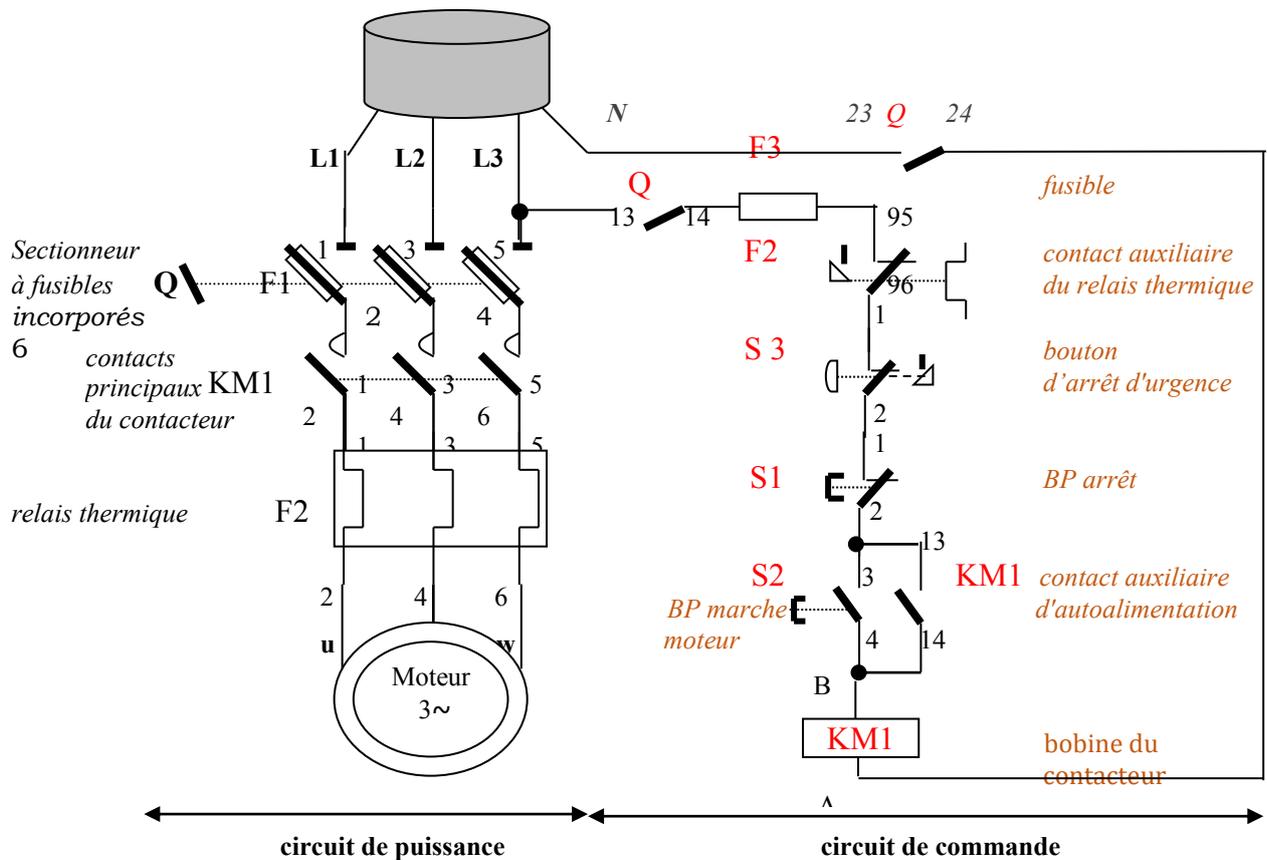


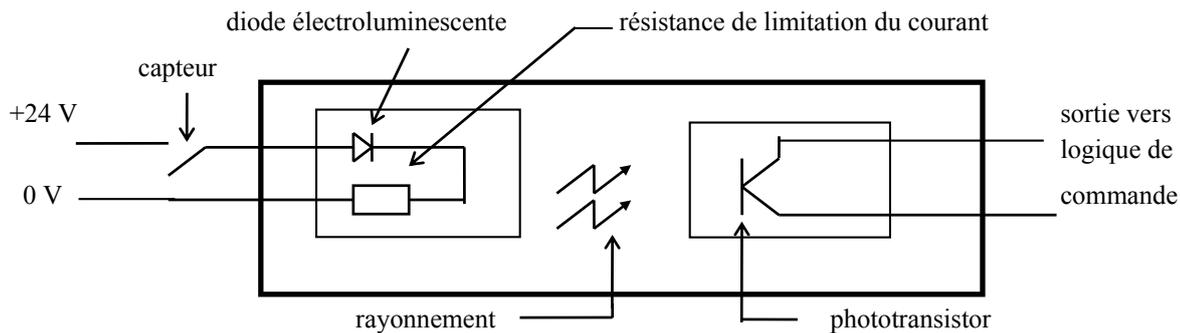
Figure 3.4.6 : Schéma de commande d'un moteur (à démarrage direct)

### 1.3. Interfaces électroniques

#### 1.3.a- Découpleur optoélectronique

Il est utilisé en interface d'isolation galvanique (découplage) aussi bien en entrée qu'en sortie, pour isoler la partie commande de la partie opérative.

Il protège contre les perturbations électromagnétiques, les effets de rebondissement des contacts, les défaillances de câblage (courants de fuite, mauvaise mise à la terre, etc.).



**Figure 3.4.7 : Schéma de principe d'un optocoupleur utilisé en interface d'entrée**

#### 1.3.b- Les convertisseurs

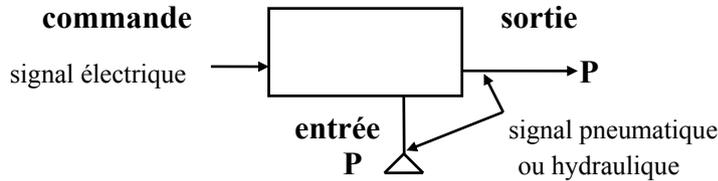
Ils sont principalement utilisés en électronique de puissance.

- Redresseur :      courant alternatif  $\sim$        $\longrightarrow$  courant continu =
- Gradateur :      courant  $\sim$  sinusoïdal       $\longrightarrow$  courant  $\sim$  de forme quelconque
- Hacheur :      courant = à faible ondulation  $\longrightarrow$  courant = à tension variable
- Onduleur :      courant continu =       $\longrightarrow$  courant alternatif  $\sim$

**2-Interfaces modifiant la nature d'un signal (transducteurs)**

2.1. Les électrovannes

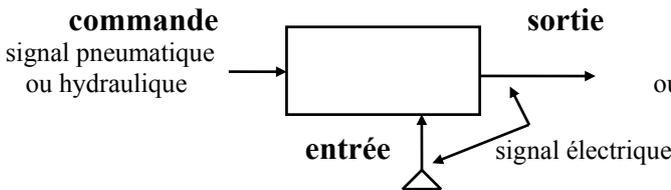
Synoptique



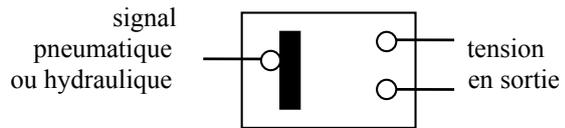
A la réception du signal de commande, le fluide en entrée se retrouve en sortie. Le signal électrique de commande est en 230, 110, 48 ou 24 volts.

2.2. Les contacts à pression

Synoptique

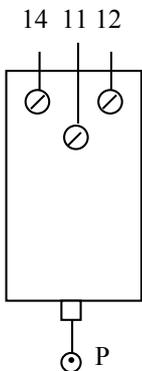


Symbole



Le signal de commande agit sur la membrane qui déplace le clapet et le rend solidaire des contacts, fermant ainsi le circuit électrique et provoquant l'apparition d'une tension en sortie.

Exemple : Contact à pression de Parker Pneumatic

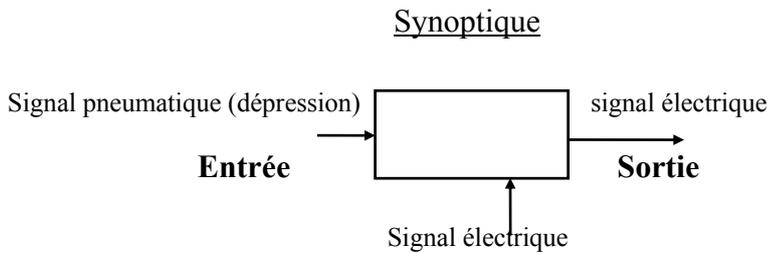


Il fonctionne comme un relais à trois lames dont la commande est pneumatique. La tension (généralement le +24V) qui est appliquée sur la borne 11 se retrouve à l'état de repos sur la borne 12 (contact repos). Quand une pression P est appliquée, les bornes 11 et 14 sont reliées et la tension se retrouve sur la sortie 14 (contact travail).

2.3. Les capteurs à seuil de pression à sortie électrique

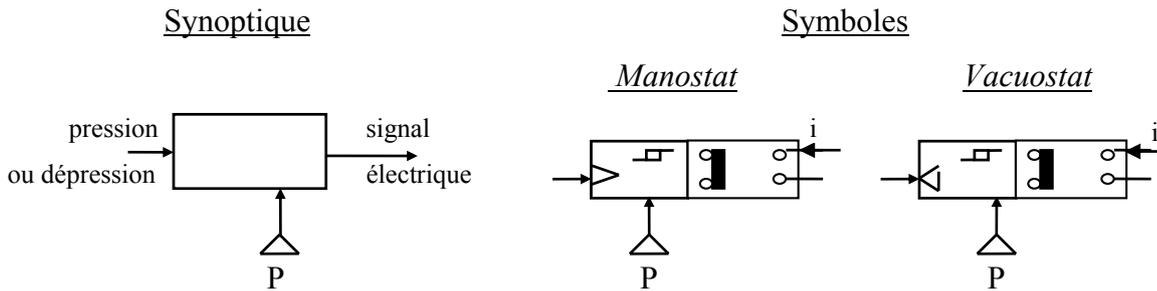
Le principe est le même que celui des contacts à pression, sauf que le signal de commande pneumatique n'est plus une pression mais une dépression (comme pour la cellule NON du paragraphe IV-1-a). On l'utilise, monté sur un vérin, comme capteur fin de course à sortie électrique.

Si on remplace les simples contacts de sortie par un transistor PNP, on parle alors de capteur à seuil de pression électronique.



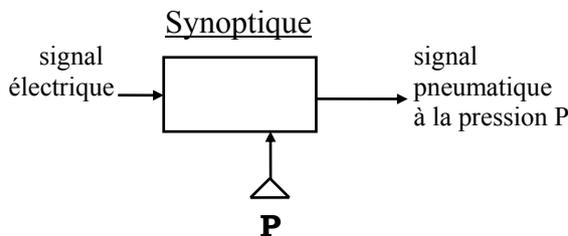
2.4. Manostat et vacuostat à sortie électrique

Ils sont constitués par l'association d'un manostat (ou d'un vacuostat) et d'un contact à pression (cf figure 3.2 page 46).



2.5 Les électrodistributeurs

Ils ont déjà fait l'objet du paragraphe III-3. Le signal électrique commande la bobine d'électroaimant d'une électrovanne, ce qui a pour effet d'ouvrir l'électrovanne (ou de déplacer un clapet ou un tiroir) et laisser ainsi passer l'air comprimé qui se retrouve en sortie.



## Section 2 : Structure d'une installation électrique et symboles des composants

### -I-STRUCTURE D'UNE INSTALLATION ELECTRIQUE

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

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

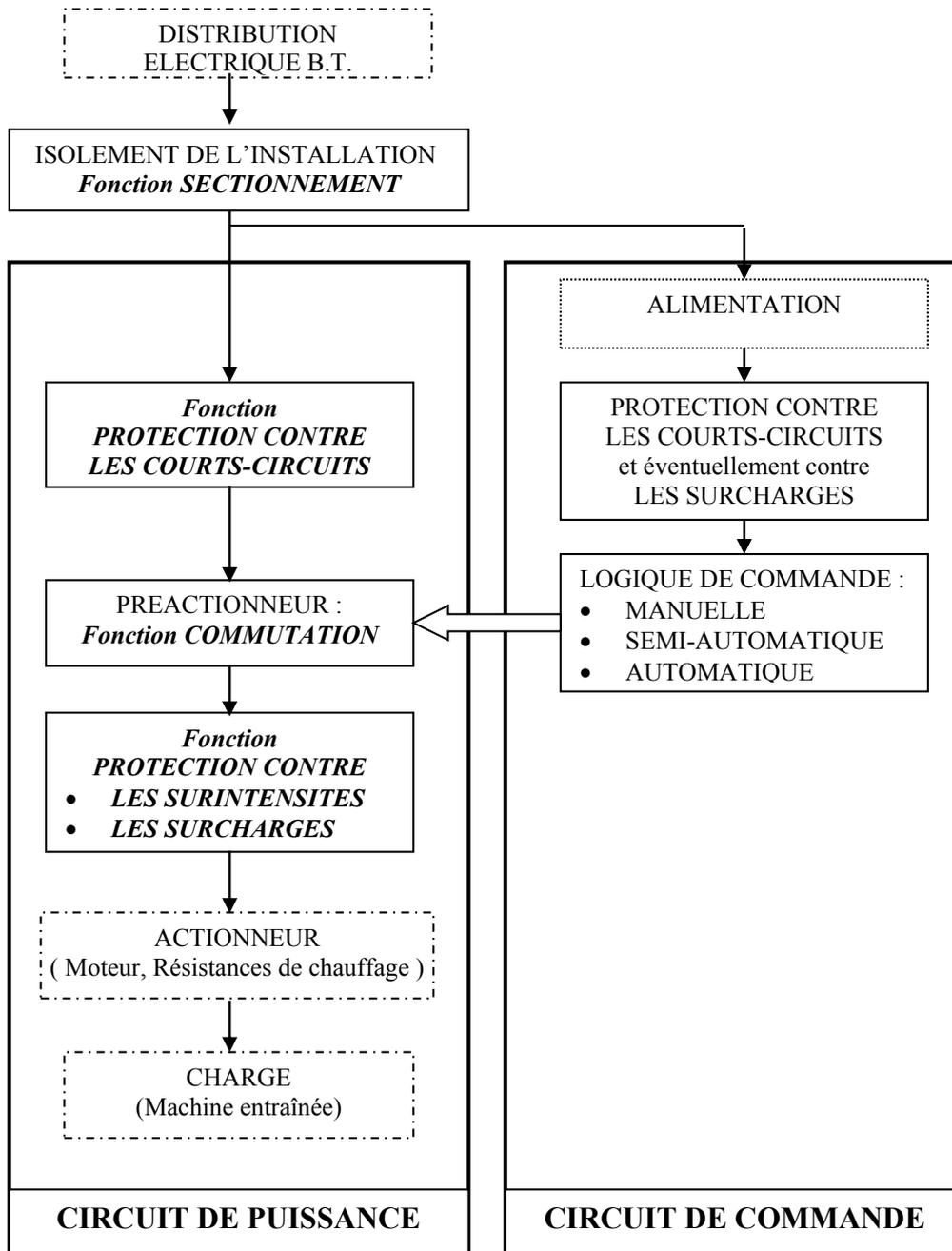


Figure 0.1 - Schéma synoptique d'un automatisme électrique

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

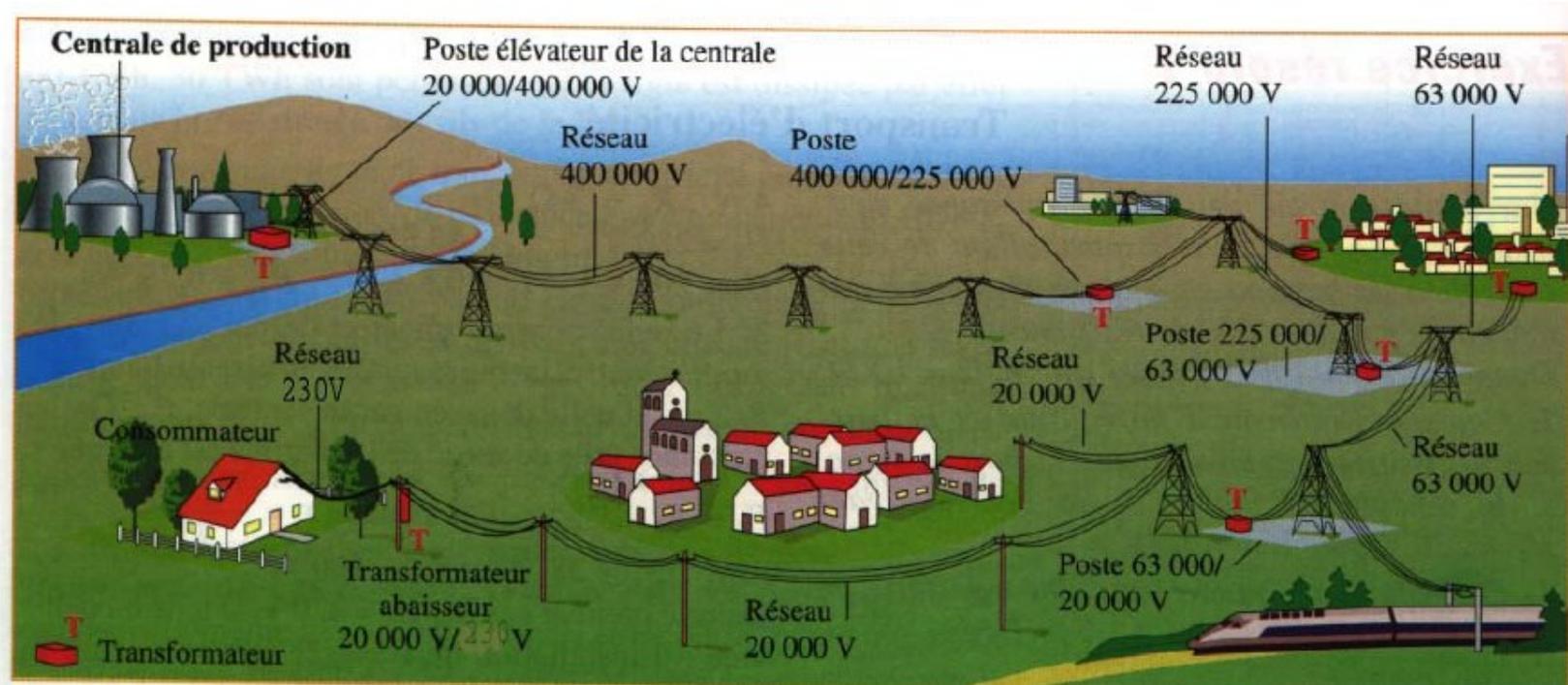


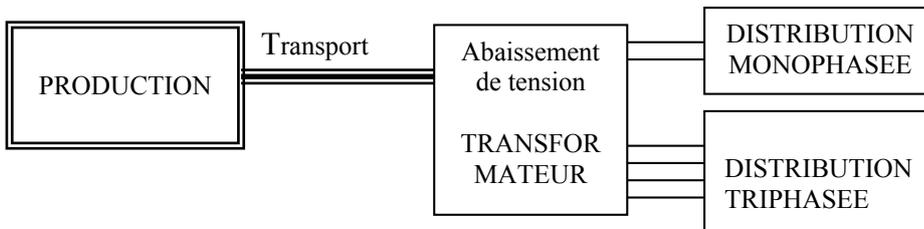
Figure 0.2 - Le transport de l'électricité

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

## -I.2-Réseau d'alimentation

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

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



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

En monophasé :  $V = 230 \text{ V}$

En triphasé :  $V = 230 \text{ V}$

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

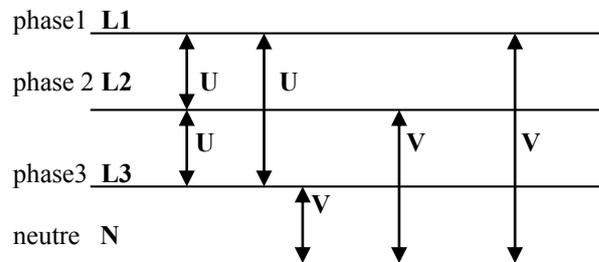


Figure 0.3 - Réseau d'alimentation

## I.3- Symboles normalisés des contacts

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

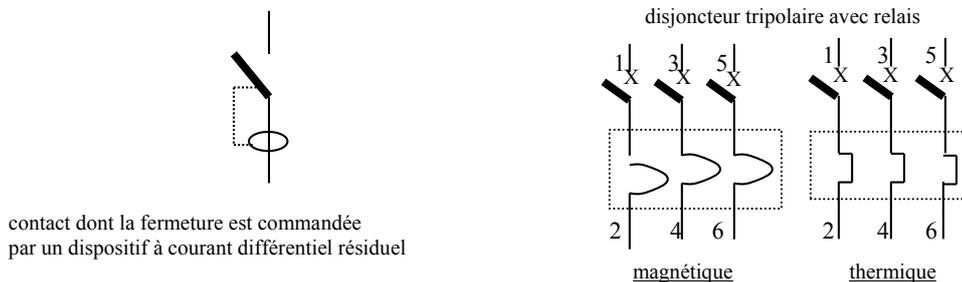


Figure 0.4 - Symboles normalisés de quelques contacts

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

a-Symboles de commande

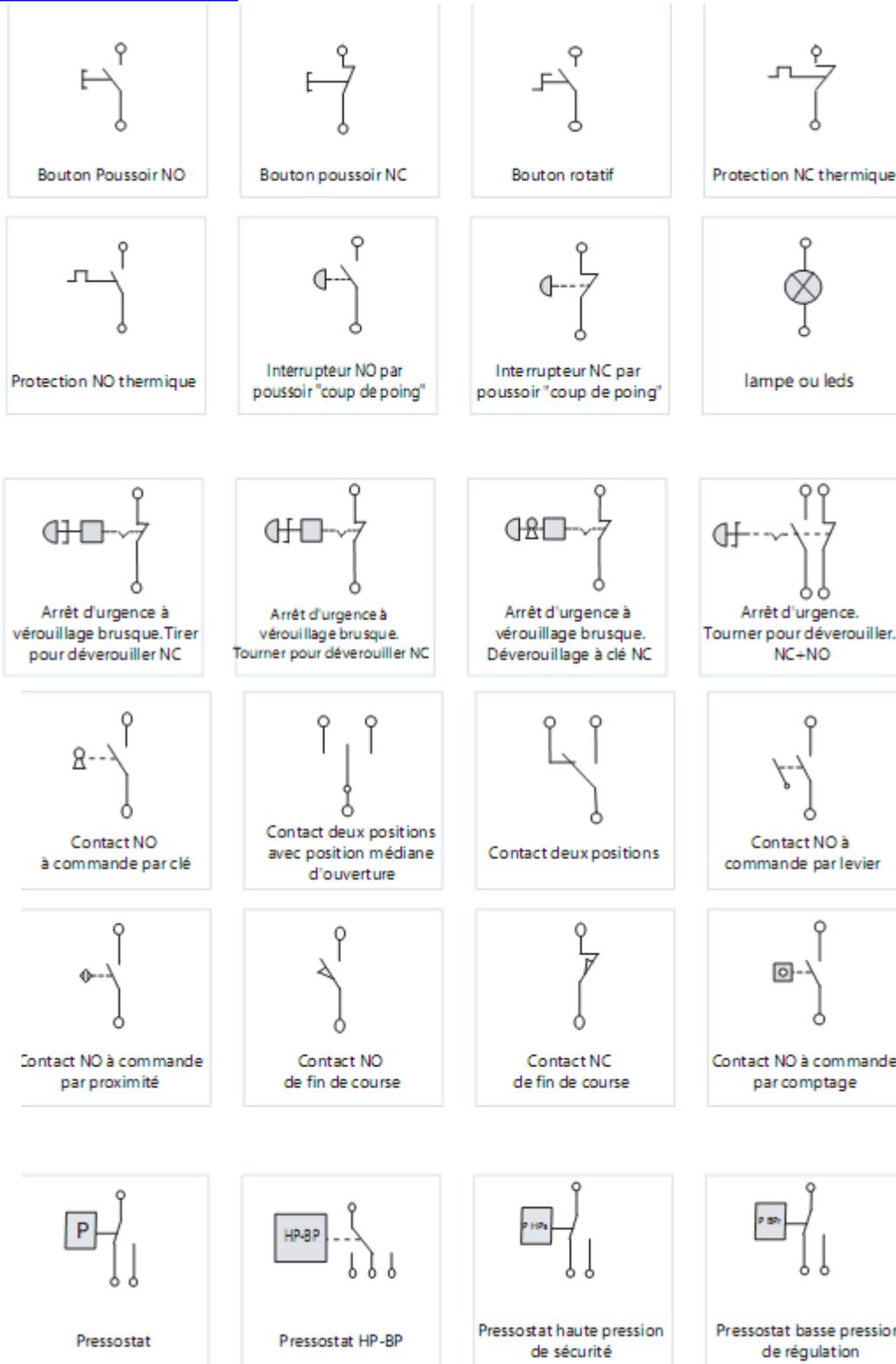


Figure 0.5 : symboles de contacts de commande

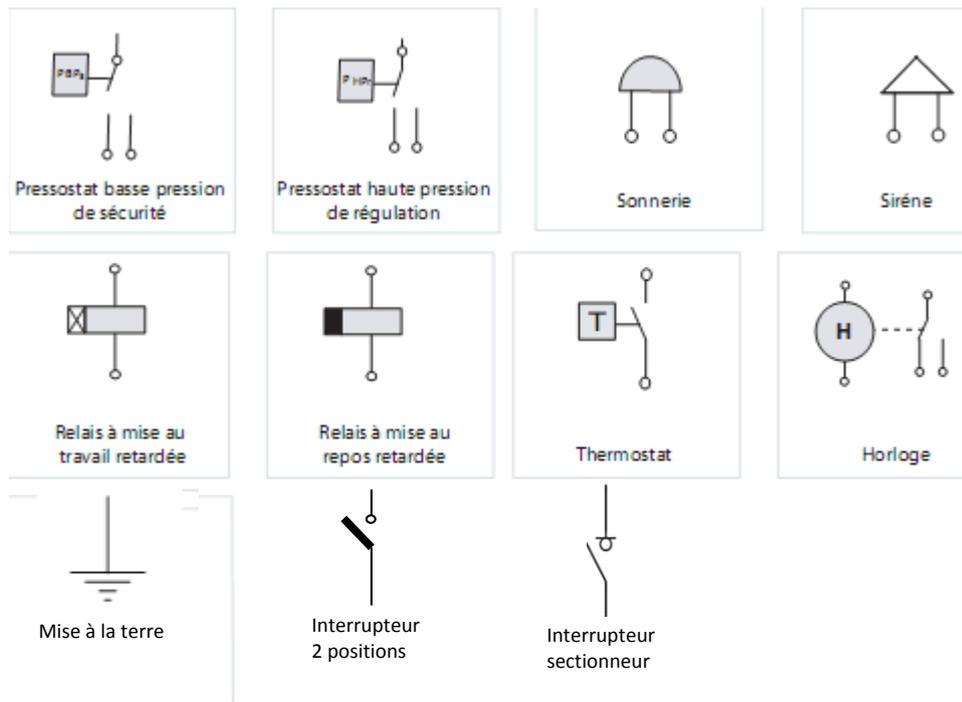
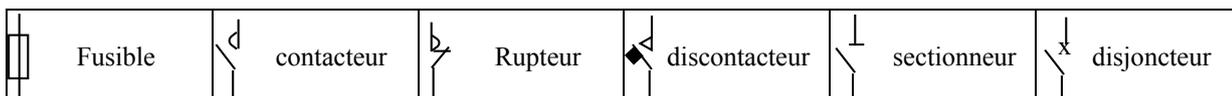


Figure 0.5bis : symboles de contacts de commande

-a- Contacts électriques

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

-b- Appareils de séparation et de coupure



-c- Organes de commande des relais électromécaniques

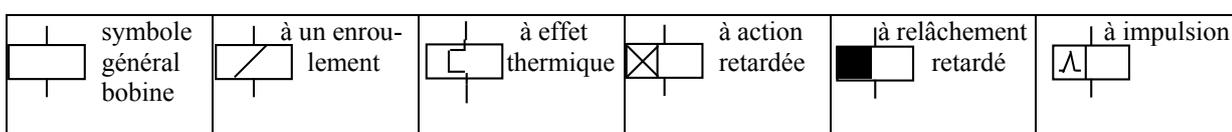


Figure 0.5ter – Symboles de différents types de contacts (norme NF E 04-056)

b-Symboles de puissance

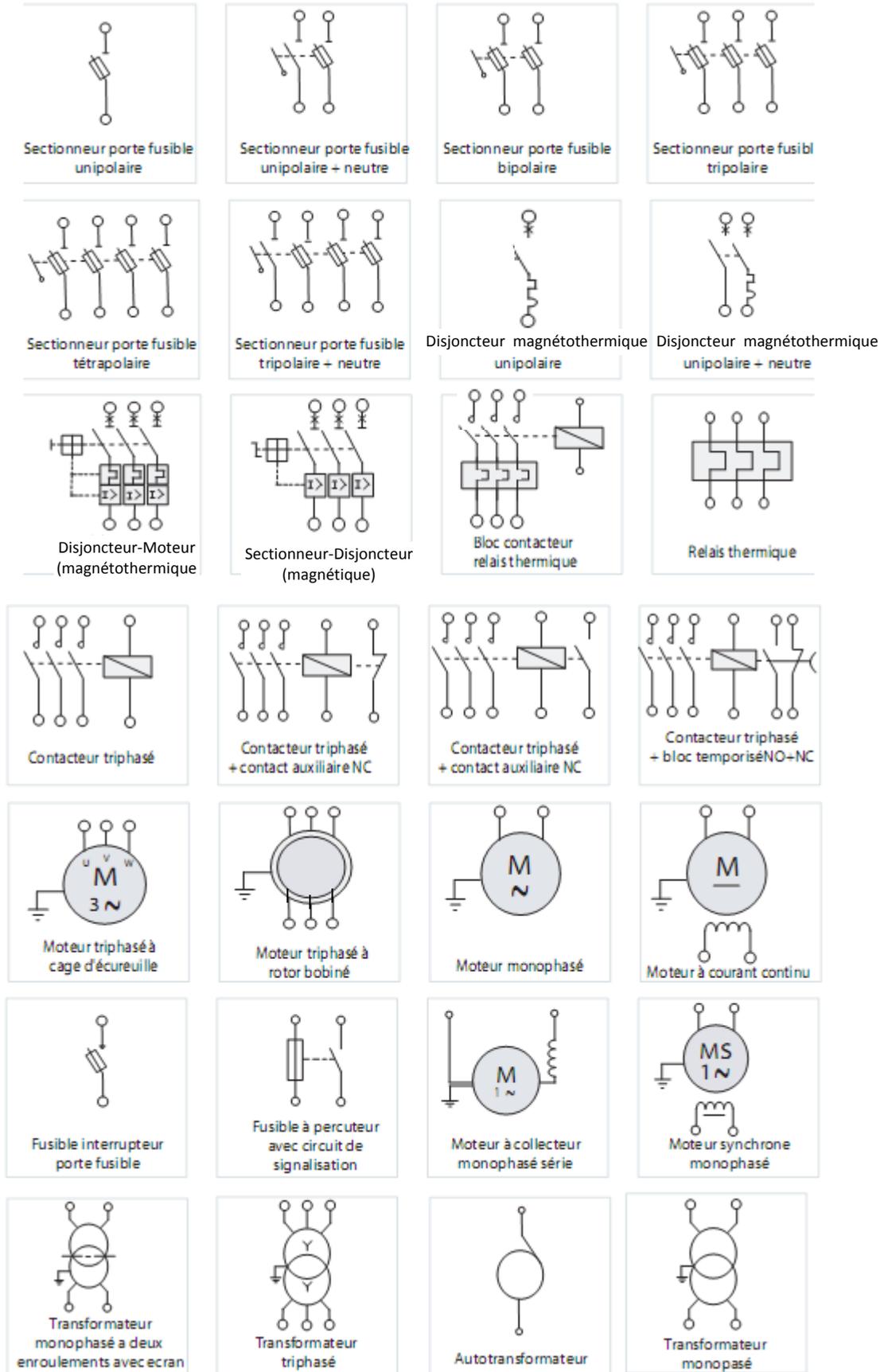


Figure 0.6 : symboles de puissance

### c-Repérage des contacts

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

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

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

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

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

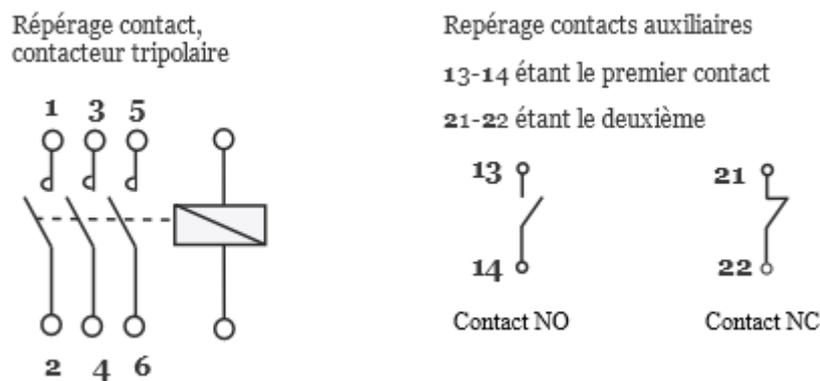


Figure 0.7 : Contacteur triphasé

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

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

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

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

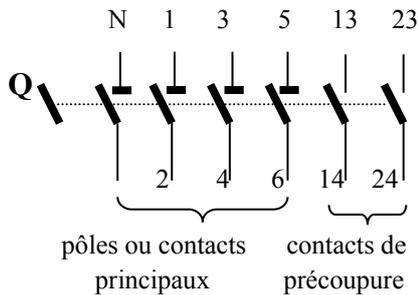


Figure 0.8-a- Symbole normalisé du sectionneur tétrapolaire

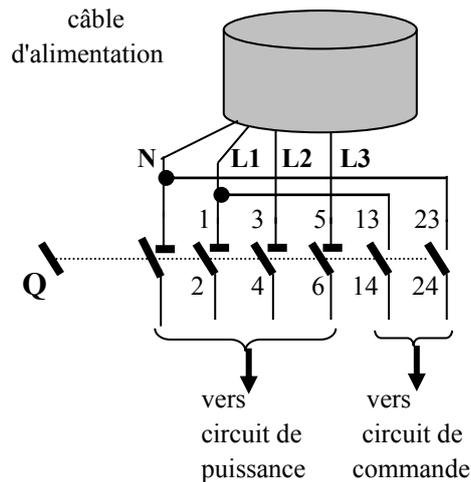


Figure 0.8-b- Raccordement en triphasé du sectionneur tétrapolaire

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

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

## -I.5-Circuit de puissance

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

### -I.5-a-Protection contre les courts-circuits

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

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

### Remarques

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

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

13-14 : contact auxiliaire NO

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

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

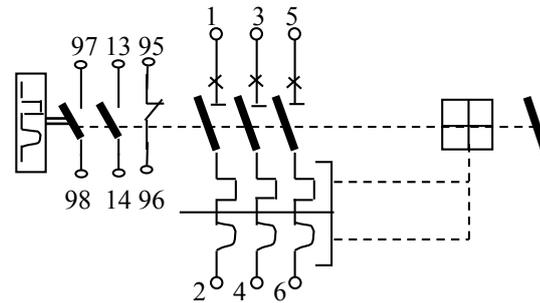


Figure 0.9 - Schéma de principe du disjoncteur – moteur magnétothermique

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

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

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

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

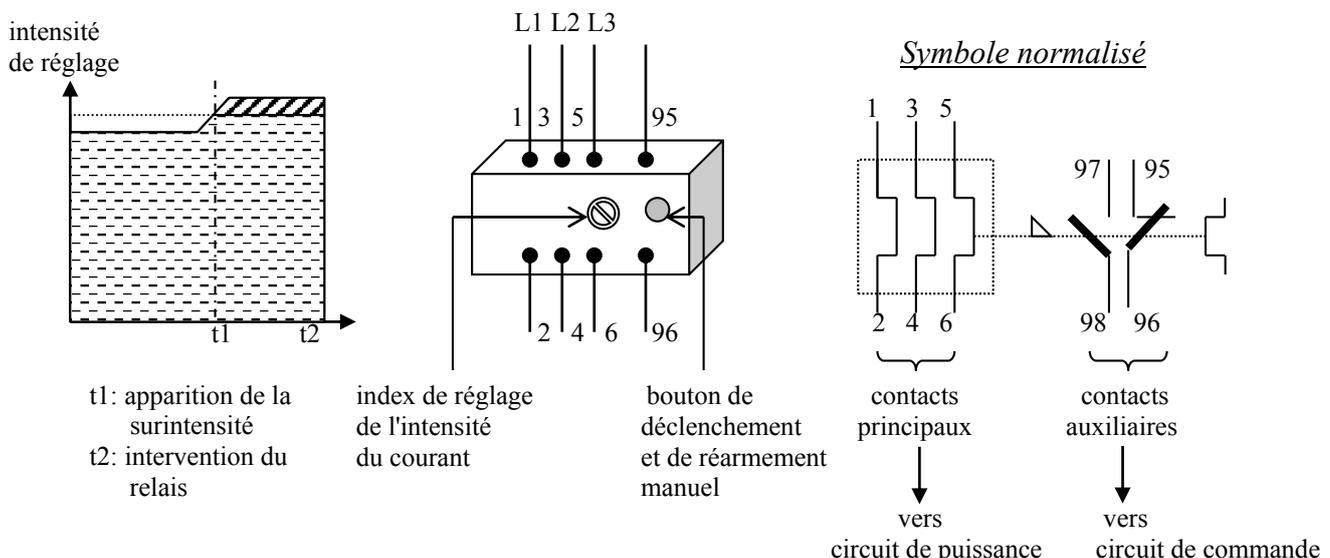


Figure 0.10 - Le relais thermique

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

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

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

#### Remarques

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

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

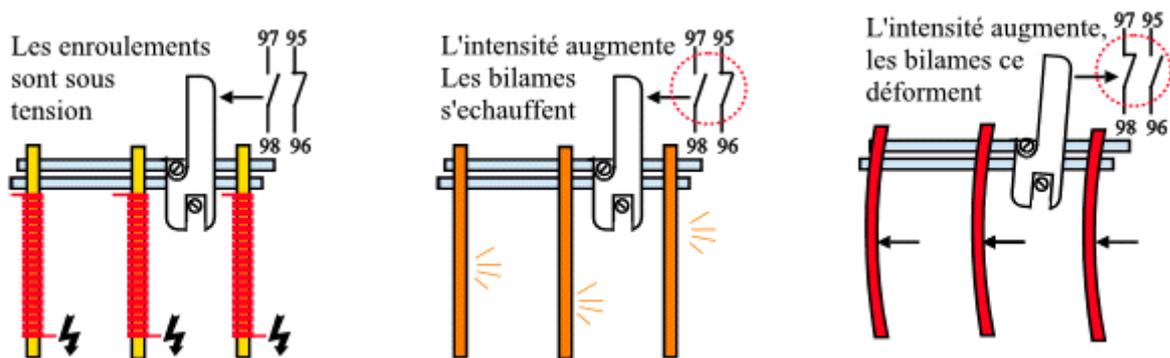


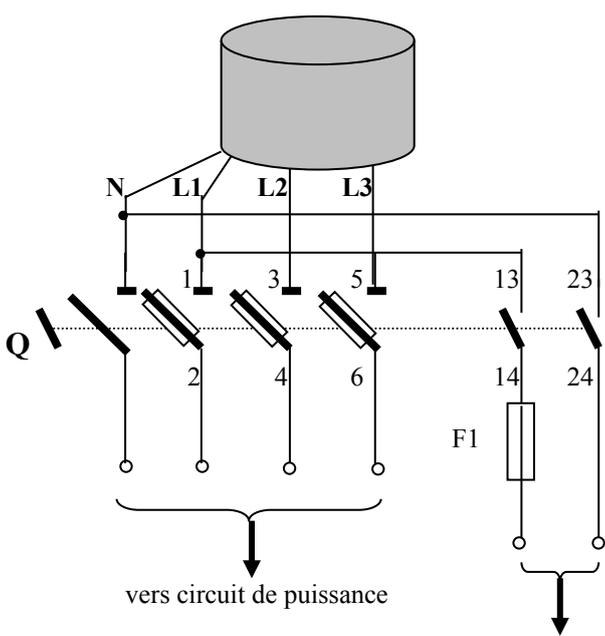
Figure 0.10 bis : Relais thermique (animation <http://www.abcclim.net>)

## -I.6-Circuit de commande

### -I.6-a-Alimentation

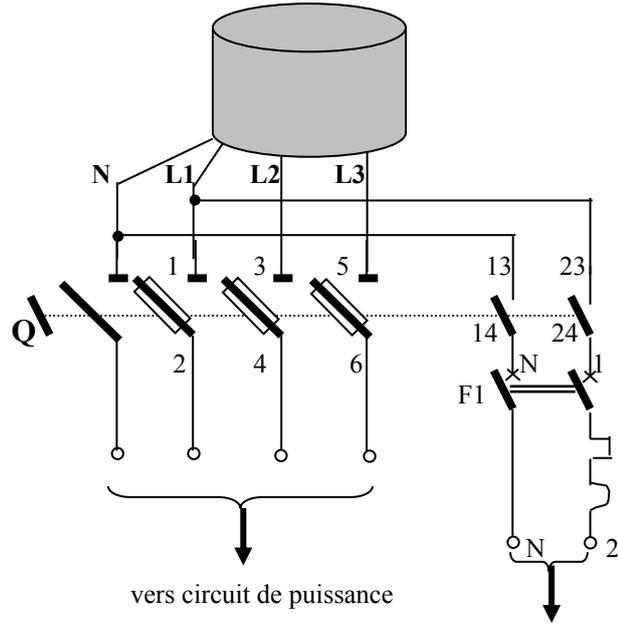
C'est un circuit alimenté soit directement à partir du circuit de puissance (généralement monophasé), soit par l'intermédiaire d'un transformateur abaisseur de tension (notamment lorsque les règles de sécurité l'exigent).

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



vers circuit de commande

-a- Protection par fusible

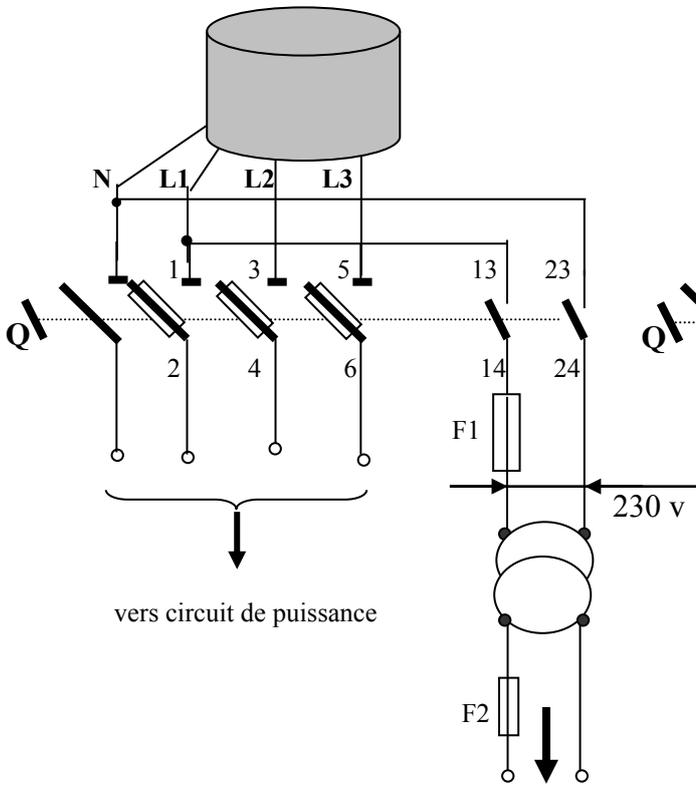


vers circuit de commande

-b- Protection par disjoncteur magnétothermique

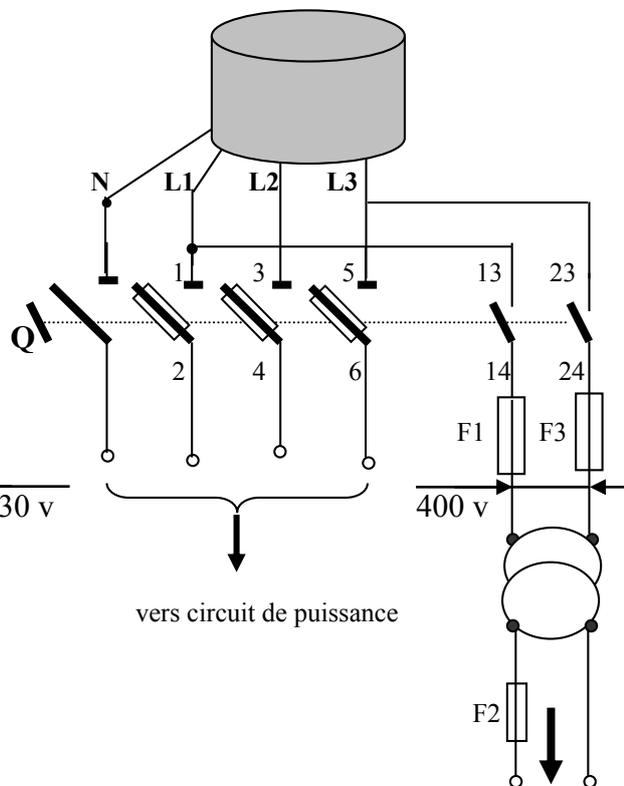
Figures 0.11.a - Alimentation directe du circuit de commande

-a- Raccordement en monophasé



vers circuit de commande

-b- Raccordement en triphasé



vers circuit de commande

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

### -I.6-b-Protection

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

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

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

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

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

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

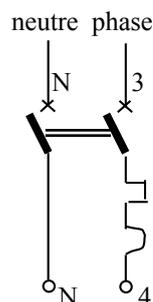
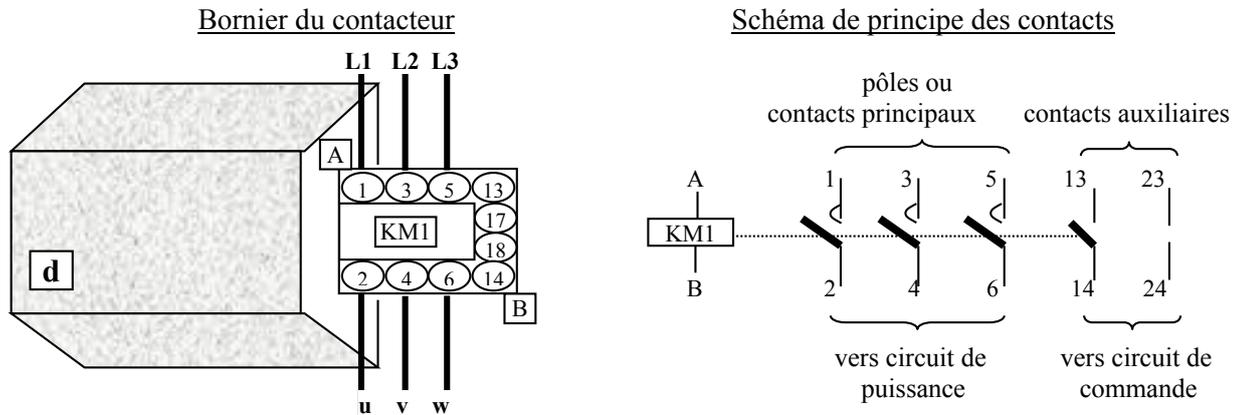


Figure 0.12 - Schéma de principe du disjoncteur magnétothermique unipolaire + neutre  
un pôle protégé (phase) et un pôle sectionné (neutre)

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

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

## -II- CONTACTEUR ET DEMARRAGE MOTEUR



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

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

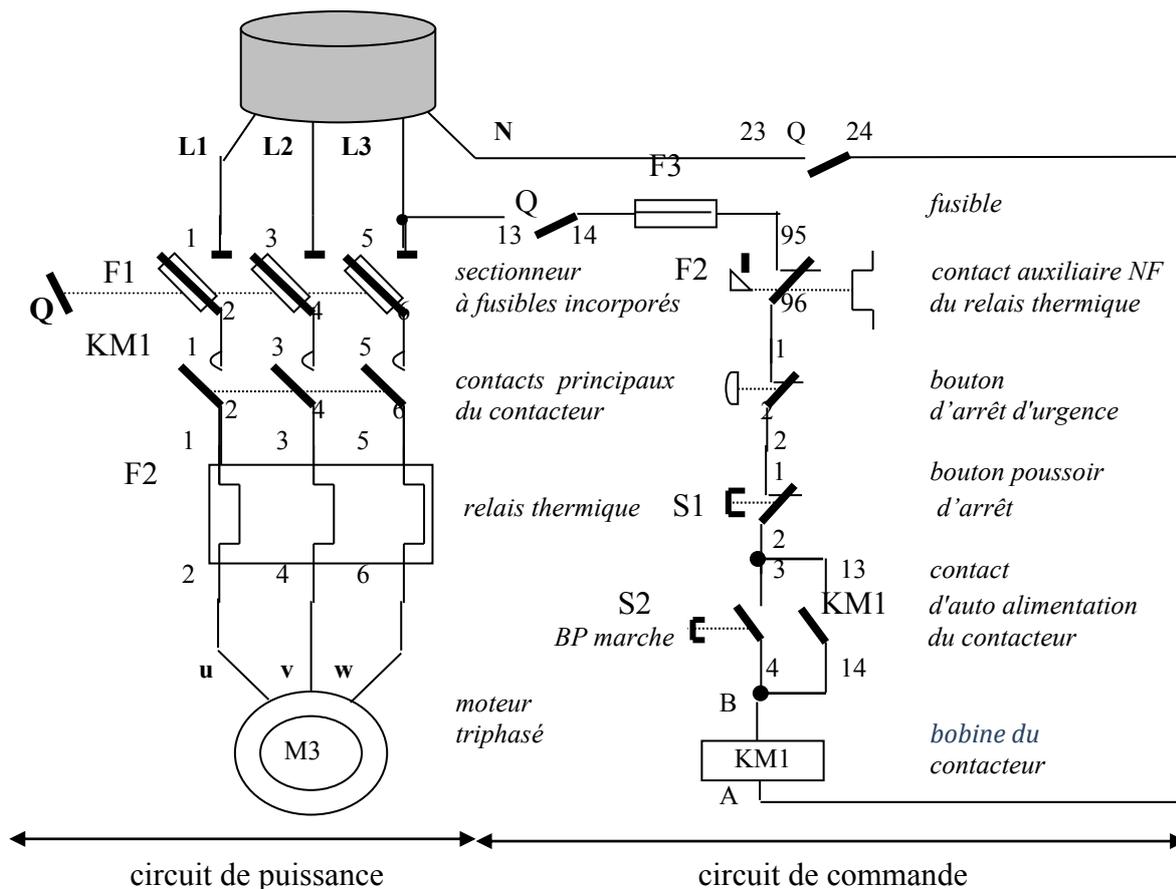


Figure 0.14 - Schéma de commande d'un moteur (démarrage direct)

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

### -II.2-a-En courant alternatif

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

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

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

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

### -II.2-b-En courant continu

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

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

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

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

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

### Caractéristiques principales des contacteurs série D (doc. Télémécanique)

<b>CONTACTEURS</b> (alimentation du circuit de commande en courant alternatif)		<b>LC1 D09</b>	<b>LC1 D12</b>	<b>LC1 D18</b>	<b>LC1 D25</b>	<b>LC1 D32</b>	<b>LC1 D40</b>	<b>LC1 D50</b>	<b>LC1 D65</b>	<b>LC1 D80</b>	<b>LC1 D95</b>	
<b>Nombre de Pôles</b>		3	3-4	3	3-4	3	3-4	3	3-4	3-4	3	
<b>Courant Ie assigné d'emploi</b> (U≤440 v)	En AC-3, $\theta \leq 55^\circ\text{C}$	A	9	12	18	25	32	40	50	65	80	95
	En AC-1, $\theta \leq 40^\circ\text{C}$	A	25	25	32	40	50	60	80	80	125	125
<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 $\theta \leq 40^\circ\text{C}$	Pendant 1s	A	210	210	240	380	430	720	810	900	990	990
	Pendant 5s	A	130	130	185	290	340	420	520	660	800	800
	Pendant 10s	A	105	105	145	240	260	320	400	520	640	640
	Pendant 30s	A	76	76	105	155	175	215	275	340	420	420
	Pendant 1 min	A	61	61	84	120	138	165	208	260	320	320
	Pendant 3 min	A	44	44	58	80	92	110	145	175	210	210
	Pendant 10 min	A	30	30	40	50	60	72	84	110	135	135
<b>Protection par fusibles</b> contre les courts-circuits U ≤ 440v	Circuit moteur : type aM	A	12	16	20	40	40	40	63	80	80	100
	Avec relais thermique : type gG	A	20	25	35	63	80	100	100	100	125	160
	Sans moteur (équivalent à catégorie AC1) : type gG	A	25	25	32	40	50	60	80	80	125	125

### -II.3-Appareils dérivés du contacteur

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

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

#### Remarque

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

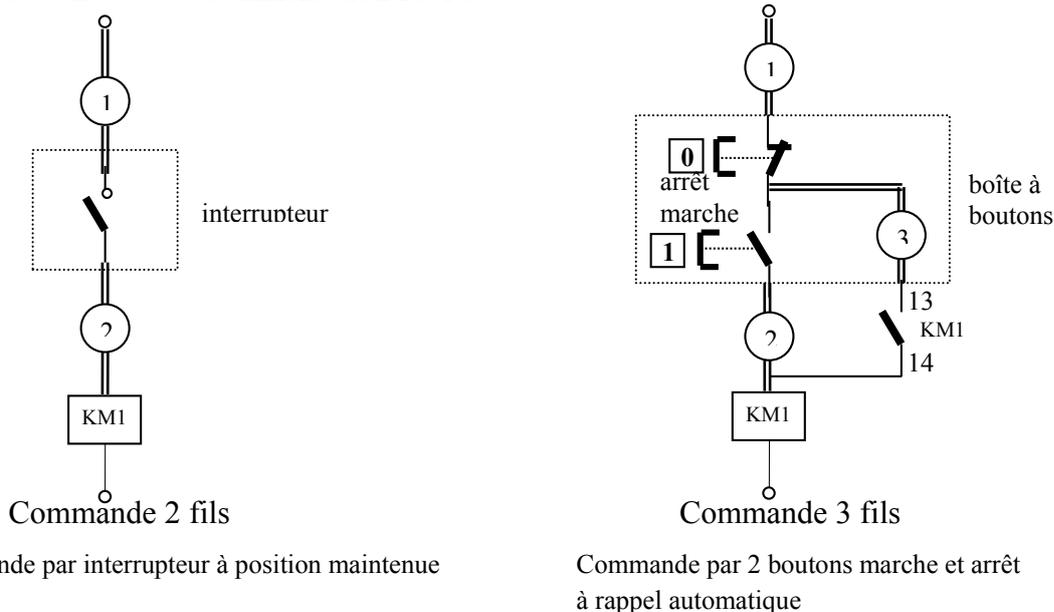


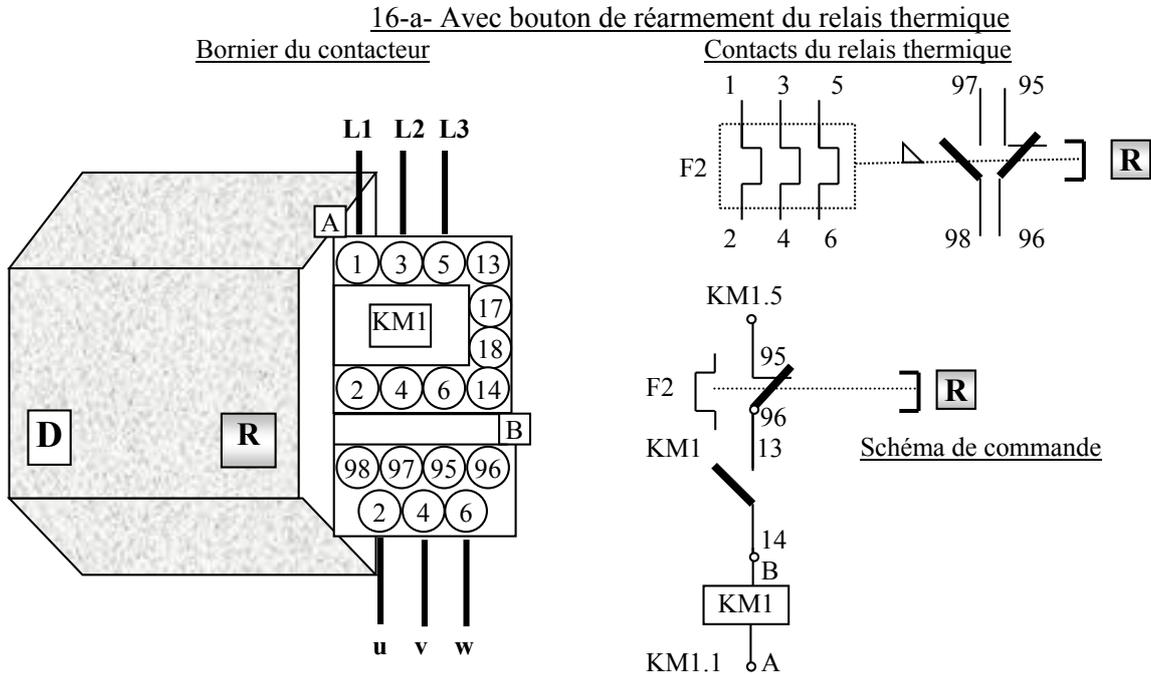
Figure 0.15 – Commandes 2 fils et 3 fils

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

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

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

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



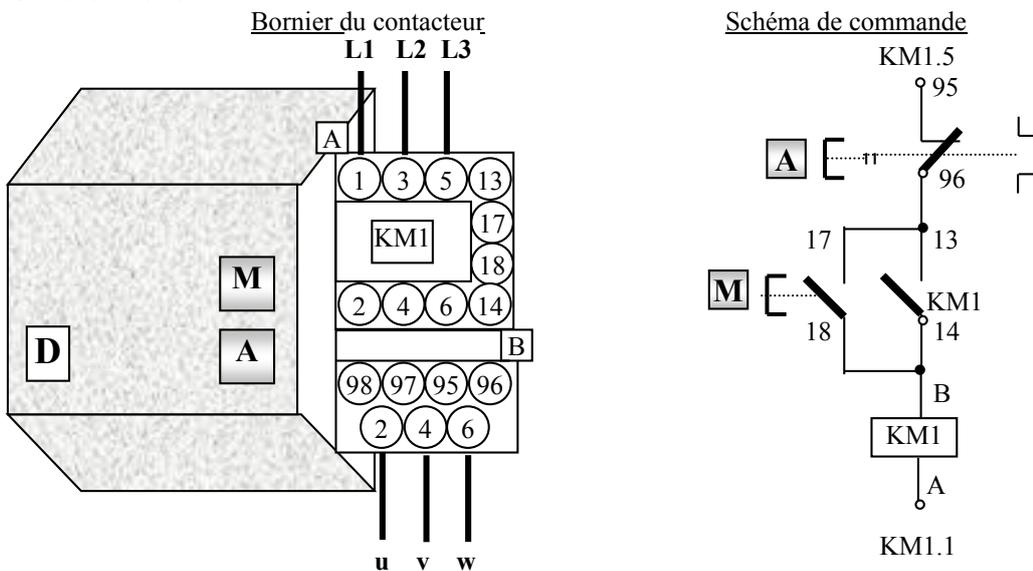
On réalise le discontacteur en insérant les bornes 1, 3, 5 du relais thermique sous les bornes 2, 4, 6 du contacteur (Fig. 15-a). On rajoute aussi sur le coffret un bouton poussoir de réarmement du relais thermique (forçage des contacts fermés au repos).

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

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

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

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



Figures 0.16 - Discontacteur série D (doc. Telemecanique)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

-b- Association disjoncteur-moteur + contacteur

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

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

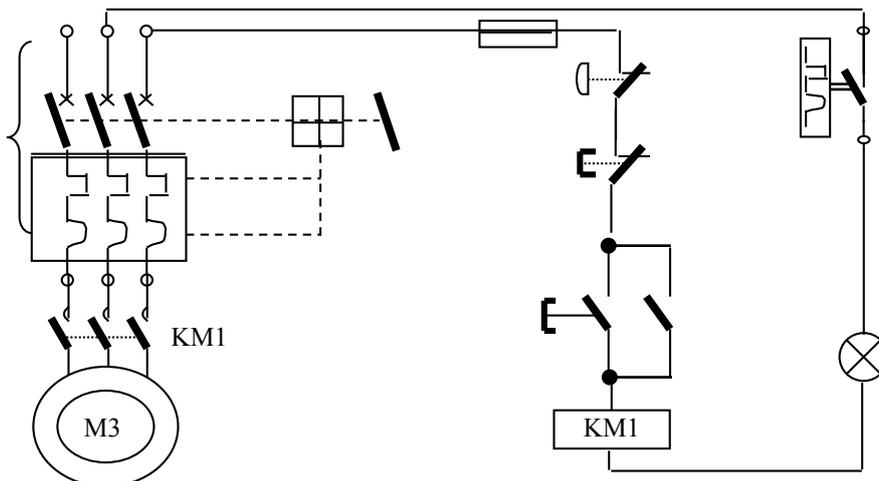


Figure 0.17- Commande d'un moteur asynchrone par disjoncteur-moteur + contacteur

-c- Sectionneur-contacteur-disjoncteur intégral

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

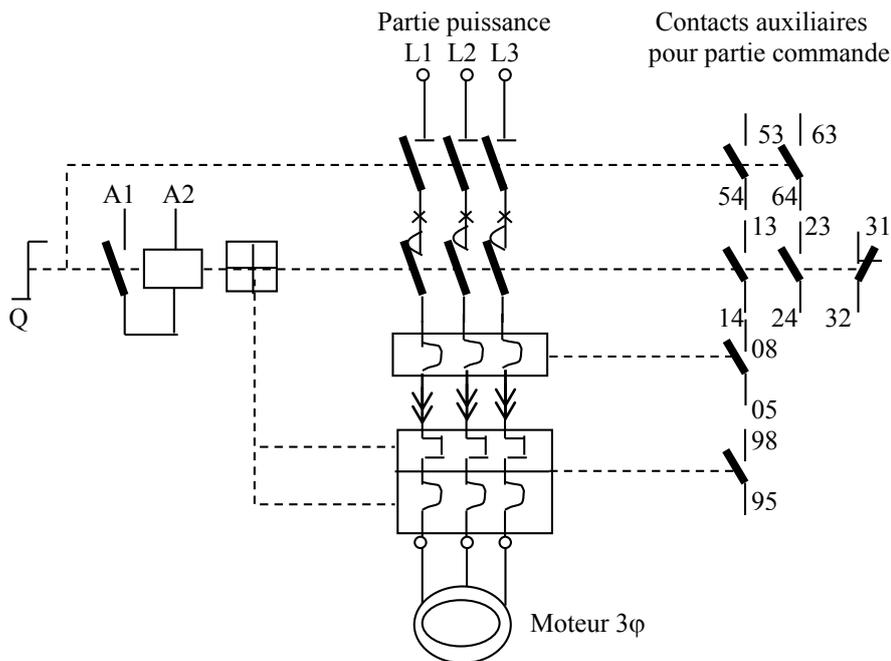


Figure 0.18 - Schéma de principe du disjoncteur différentiel intégral

### Section 3 : Comment lire un schéma électrique ?

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

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

#### 1-Schéma électrique unifilaire

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

#### 2-Schéma multifilaire

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

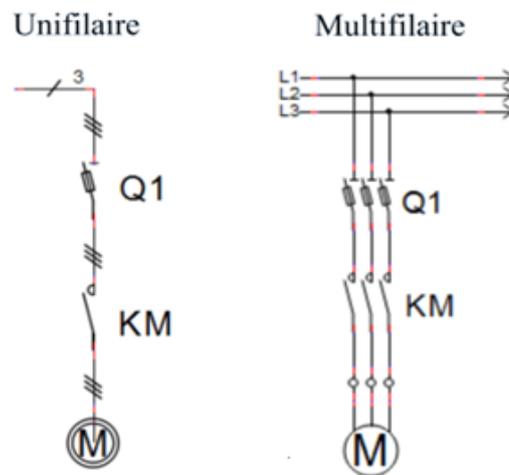


Figure 0.19 : Schémas électriques avec symboles de composants

#### 3-Repérage des conducteurs

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

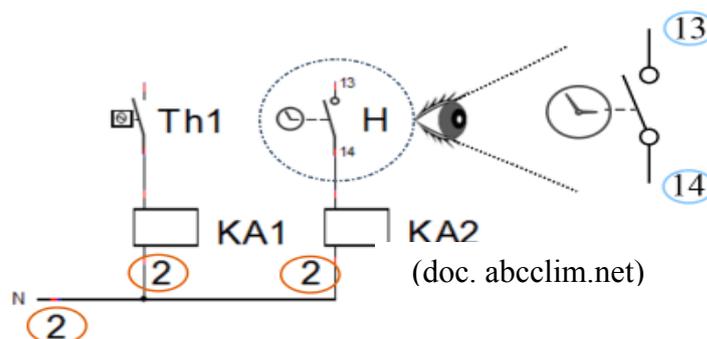


Figure 0.20 : symboles de contacts de commande

## 4-Repérage des contacts

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

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

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

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

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

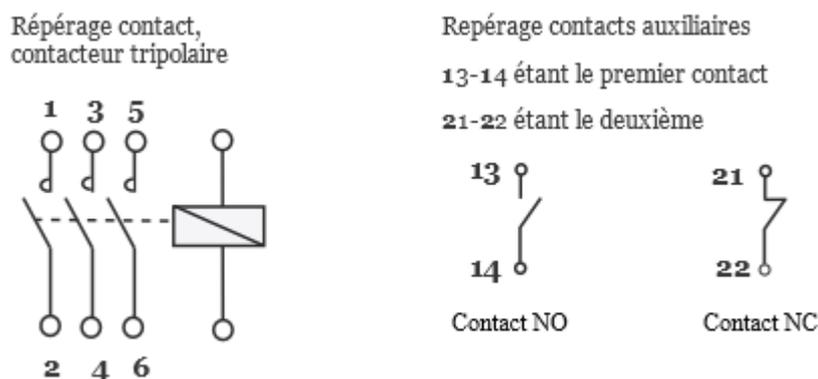


Figure 0.21 : symboles de contacts du contacteur

## 5-Identification des éléments d'un schéma

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

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



### Légende

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

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

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

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

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

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

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

### Légende

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

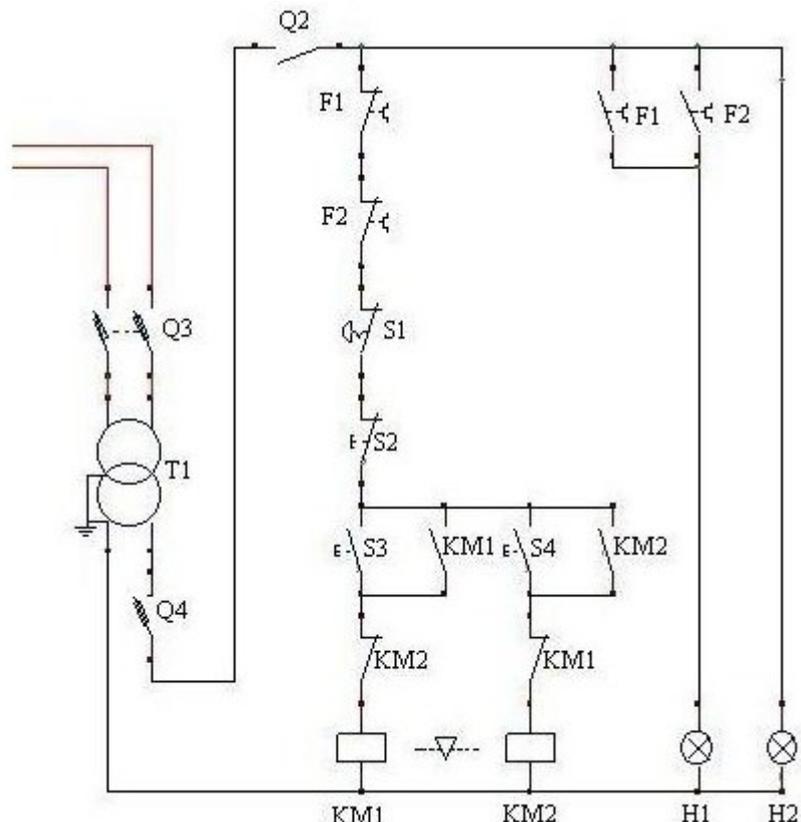


Figure 0.23-Partie commande d'un moteur à 2 vitesses

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

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

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

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

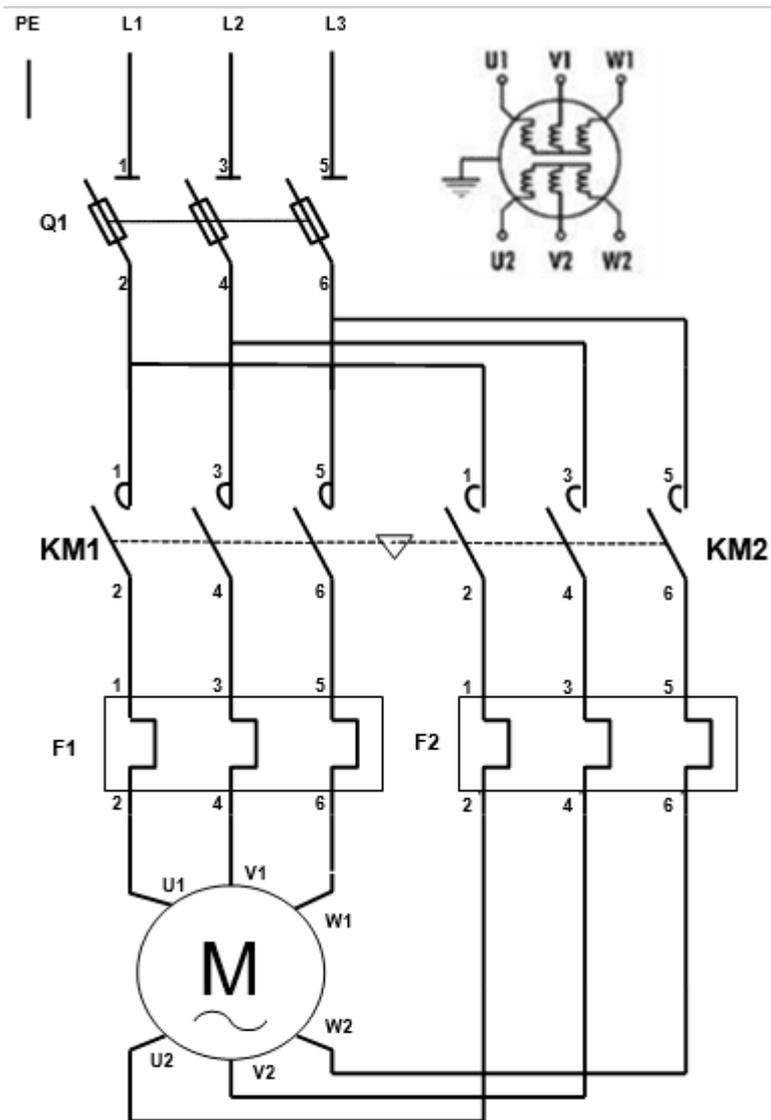


Figure 0.24 – Partie puissance de la commande du moteur à 2 vitesses