

Table des Matières

I. Introduction.....	4
II. LES SYSTEMES AUTOMATISES.....	4
II.1 Structure d'un système automatisé	4
III. Les Actionneurs.....	5
III. 1. Introduction	5
III.2. Les vérins.....	6
III. 2. 1 Les vérins pneumatiques	7
a- Vérins simple effet (VSE)	8
b- Vérins double effet (VDE).....	9
III.3 Les distributeurs	10
3.1 Fonction.....	10
3.2 Symbolisation.....	10
3.2.1 Principe de la symbolisation.....	10
3.3 Désignation des distributeurs.....	12
3.4 Principe du repérage des orifices.....	14
3.5 Symboles des commandes des distributeurs.....	14
III.4 Association Vérin / Distributeur	15
a- Cas d'un ensemble vérin simple effet / distributeur 3/2.....	15
b- Cas d'un ensemble vérin simple effet / distributeur 5/2.....	16
IV. Les actionneurs électriques	16
1- Les relais électromagnétiques.....	16
2- Les contacteurs.....	17
3- Les moteurs électriques.....	19
4- Schéma d'installation électrique d'un moteur.....	21
6- Représentation assemblée.....	22
7- Représentation rangée.....	23
8- Représentation développée.....	24
Références bibliographiques.....	25

I. Introduction

Ce cours a pour objectif de comprendre les systèmes de commandes et de contrôle des systèmes automatisés industriels. Il s'agit, dans ce cours, de mettre en évidence la technologie et les principaux dispositifs constituant les systèmes automatisés tels que les capteurs, les photocellules, les relais, les contacteurs, les relais de protection, les relais temporisés ainsi que les actionneurs d'entrainements tels que les moteurs, les vérins pneumatiques et hydrauliques. Une partie est consacrée à l'étude de la technologie à logique câblée. Enfin l'étape suivante traitera de la logique électronique et programmée qui se traduit principalement par la présentation des automates programmables industriels (API) à savoir leurs fonctionnement, leurs utilités, les principales fonctions utilisées et mettre en œuvre des applications en utilisant ces automates (programmation en utilisant principalement les langages tels que le langage Ladder ou à contact « CONT », logigramme « LOG », Liste d'instruction « LIST »).

Les domaines hydraulique et pneumatique ont des champs d'application qui diffèrent par les propriétés du fluide sous pression qu'elles utilisent : un liquide pratiquement incompressible pour l'hydraulique, un gaz très compressible pour la pneumatique. C'est pourquoi ces deux techniques font l'objet d'études séparées.

L'emploi de l'énergie pneumatique permet de réaliser des automatismes avec des composants simples et robustes, notamment dans les milieux hostiles : hautes températures, milieux déflagrants, milieux humides...

II. LES SYSTEMES AUTOMATISES

II.1 Structure d'un système automatisé :

Définition d'un "Système automatisé"

Un système automatisé est un ensemble d'éléments organisés pour réaliser de manière autonome des opérations, qui exigeaient auparavant l'intervention humaine, dans un but précis (donner une valeur ajoutée à une matière d'œuvre). Ou agir sur une matière d'œuvre afin de lui donner une valeur ajoutée. Figure 1.

Exemple de système automatisé:

Un embouteillage automatisé (remplissage, capsulage et étiquetage) permet d'assurer une cadence sûre, rapide et régulière.

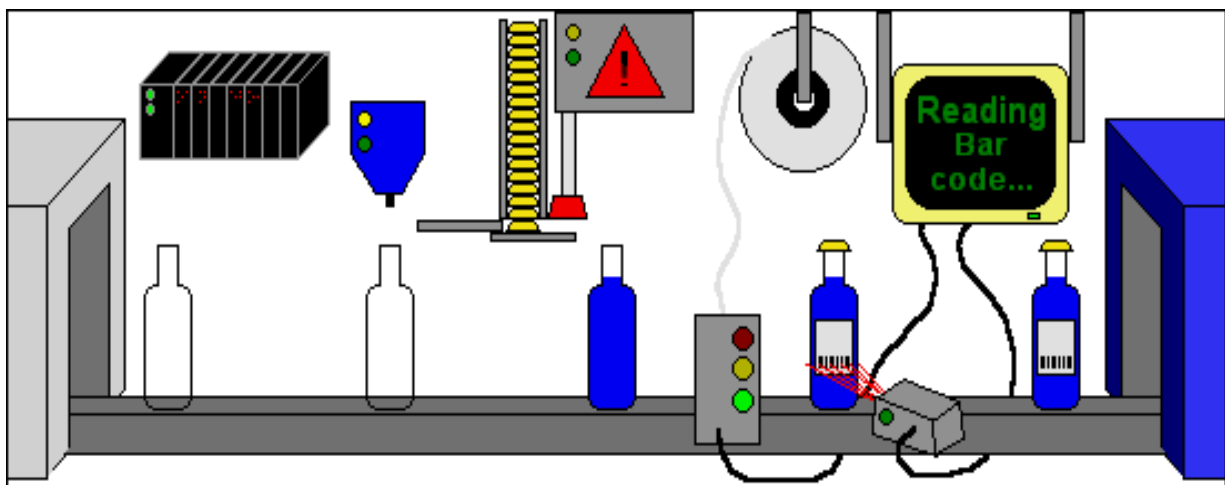


Figure 1 : Système automatisé

Un "Système Automatisé" est un système qui exécute toujours le même travail pour lequel il a été conçu.

Un système automatisé ou automatique est un système réalisant des opérations dans lequel L'homme n'intervient que dans la programmation du système et dans son réglage.

Un système automatisé effectue sans l'intervention de l'utilisateur, des tâches programmées à l'avance. Un système est dit automatisé s'il exécute toujours le même cycle de travail après avoir reçu les consignes d'un opérateur.

De façon générale, tout automatisme comporte 2 parties qui coopèrent et dialoguent : la partie opérative et la partie commande. La figure 4 schématise les interrelations entre ces parties d'un automatisme.

La partie opérative ou **PO** qui assure les modifications de matière d'œuvre et produit ainsi la valeur ajoutée ; la PO est représentative du processus physique à automatiser. La partie opérative est composée de **capteurs** et d'**actionneurs**.

Elle effectue les opérations en produisant des mouvements, de la chaleur, de la lumière, des sons.

La partie commande ou **PC** qui gère de façon coordonnée les actionneurs de la PO afin d'obtenir les effets souhaités à partir d'un modèle de fonctionnement et de diverses consignes. En général, la partie commande est composée d'un ordinateur ou d'un circuit électronique.

Elle assure le pilotage et le contrôle du système.

La PO et la PC échangent entre elles des informations :

- Comptes rendus dans le sens PO → PC
- Ordres dans le sens PC → PO

Ces échanges sont assurés par des fonctions internes au système.

La PC et la PO sont par ailleurs en relation permanente avec l'environnement (opérateur, tableau de signalisation, autres PC, etc.) avec lequel elles échangent également des informations. Dans ce cas, ce sont les fonctions et relations entre le système et son environnement qui sont sollicitées et mises en œuvre.

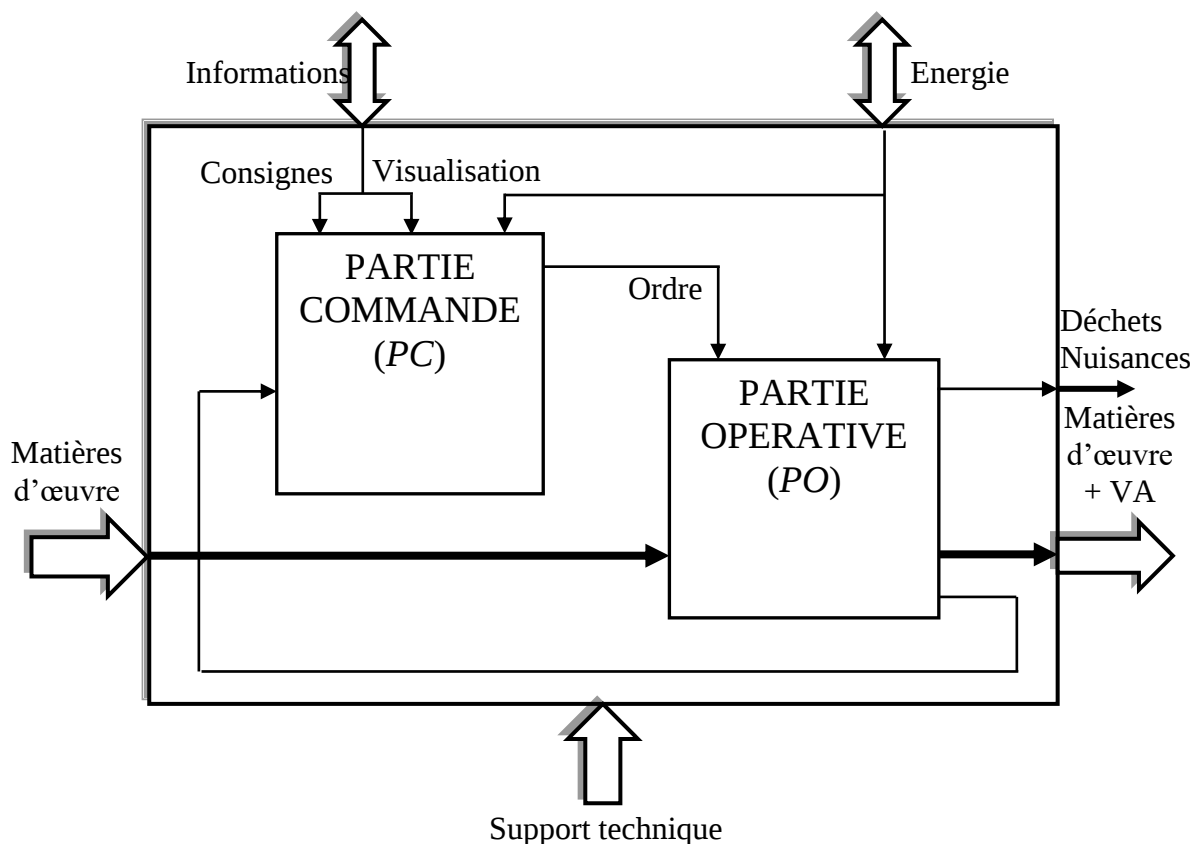


Figure 4 : Structure d'un système automatisé

III. Les Actionneurs

III. 1. Introduction :

Nous avons vu dans les paragraphes précédents que la partie opérative représente un ensemble technique qui réalise des opérations sur la matière d'oeuvre par l'intermédiaire d'objets techniques ou effecteurs.

Ces effecteurs sont actionnés par les actionneurs qui sont des objets techniques permettant de convertir une énergie d'entrée (électrique, pneumatique, hydraulique, magnétique) en une énergie autre de sortie utilisable pour obtenir une action définie.

Par ailleurs, la partie opérative informe la partie commande du déroulement des opérations par l'intermédiaire des capteurs qui mesurent et codent des grandeurs physiques.

Les actionneurs sont souvent regroupés en trois catégories en fonction de la nature de la source d'énergie d'entrée utilisée : électrique, pneumatique et hydraulique.

Les Actionneurs électriques : Ils utilisent directement l'énergie électrique distribuée sur les machines. Ils peuvent être sous plusieurs formes : moteur électrique, électrovanne de débit, résistance de chauffage, tête de soudure, ...

Les pré-actionneurs associés à ces actionneurs électriques sont principalement les contacteurs et variateurs de vitesse, entourés des sécurités nécessaires.

Les Actionneurs pneumatiques : Ce sont des vérins qui utilisent directement l'air comprimé distribué sur les machines. Ils se présentent sous diverses formes et ils sont utilisés pour de nombreux mouvements : transferts, serrages, marquages, maintiens, éjections,...

Les pré-actionneurs associés à ces actionneurs sont les distributeurs qui peuvent être à commande pneumatique ou électrique (lorsqu'ils sont équipés d'une électrovanne).

Les Actionneurs hydraulique : Ils peuvent être des vérins ou moteurs et ils ne sont utilisés qu'en cas de besoin car ils exigent l'installation sur la machine d'un groupe générateur de pression. Ils sont utiles lorsque les efforts à développer sont très importants (exemple : application de presses) ou lorsque des vitesses lentes doivent être contrôlées avec précision (exemple : avance d'outils de coupe, ...).

Dans la suite, nous allons nous intéresser aux systèmes pneumatiques qui comme leurs noms indiquent, utilisent l'énergie pneumatique. Ils sont composés principalement des vérins et des distributeurs pneumatiques. Dans la partie qui va suivre, on va étudier ces deux composants et la relation qui existe entre eux.

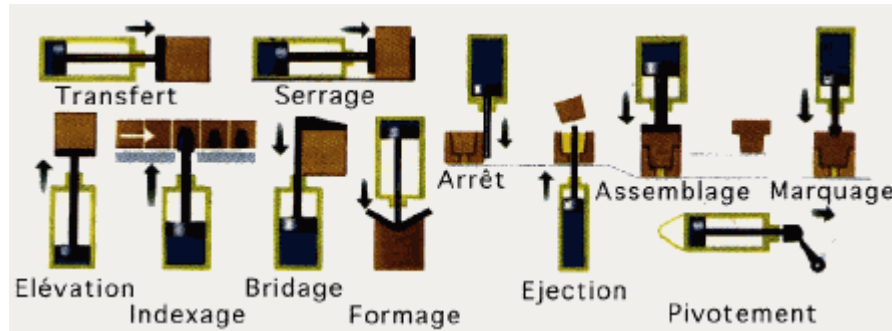
III.2. Les vérins

Ils transforment l'énergie d'un fluide sous pression en énergie mécanique (mouvement avec effort). Ils peuvent soulever, pousser, tirer, serrer, tourner, bloquer, percuter, ...

Leur classification tient compte de la nature du fluide, pneumatique ou hydraulique, et du mode d'action de la tige : simple effet (air comprimé admis sur une seule face du piston), double effet (air comprimé admis sur les deux faces du piston)...

Les vérins pneumatiques utilisent l'air comprimé, de 2 à 10 bars en usage courant. Du fait de la simplicité de mise en oeuvre, ils sont très nombreux dans les systèmes automatisés industriels.

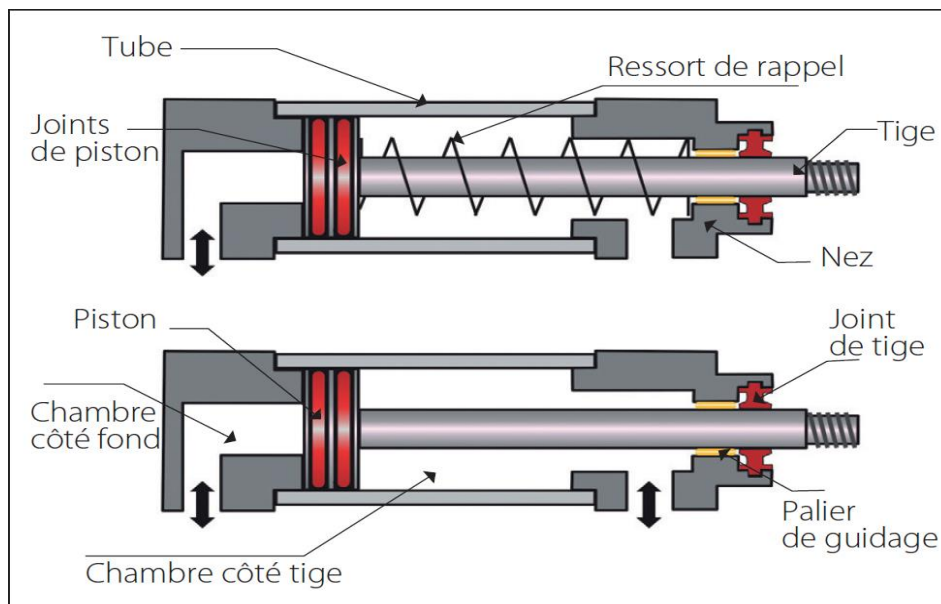
Exemples d'utilisation :



III. 2. 1 Les vérins pneumatiques :

Ils permettent de convertir l'énergie pneumatique en énergie mécanique et ils sont souvent composés de :

- un corps ou tube en aluminium ou en acier ;
- un piston muni de joints ;
- une tige en acier chromé ;
- un système d'amortissement avant et arrière.

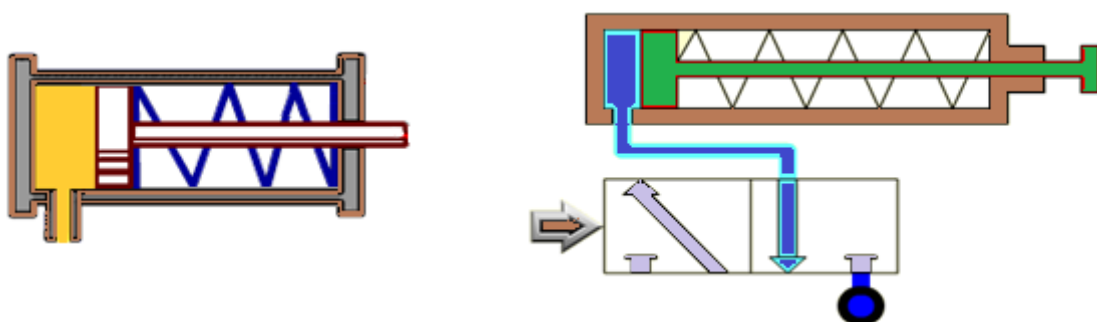


Dans les applications courantes, nous pouvons distinguer essentiellement deux types de vérins :

a- Vérins simple effet (VSE) :

L'ensemble tige-piston se déplace dans un seul sens sous l'action du fluide sous pression. Le retour est effectué par un autre moyen que l'air comprimé : ressort, charge, ... Pendant le retour, l'orifice d'admission de l'air comprimé est mis à l'échappement.

a-1. Principes de réalisation et symboles normalisés



Avantages : les vérins simple effet sont économiques, et la consommation de fluide est réduite.

Inconvénients : à course égale, ils sont plus longs que les vérins double effet ; la vitesse de la tige est difficile à régler en pneumatique et les courses proposées sont limitées (jusqu'à 100 mm).

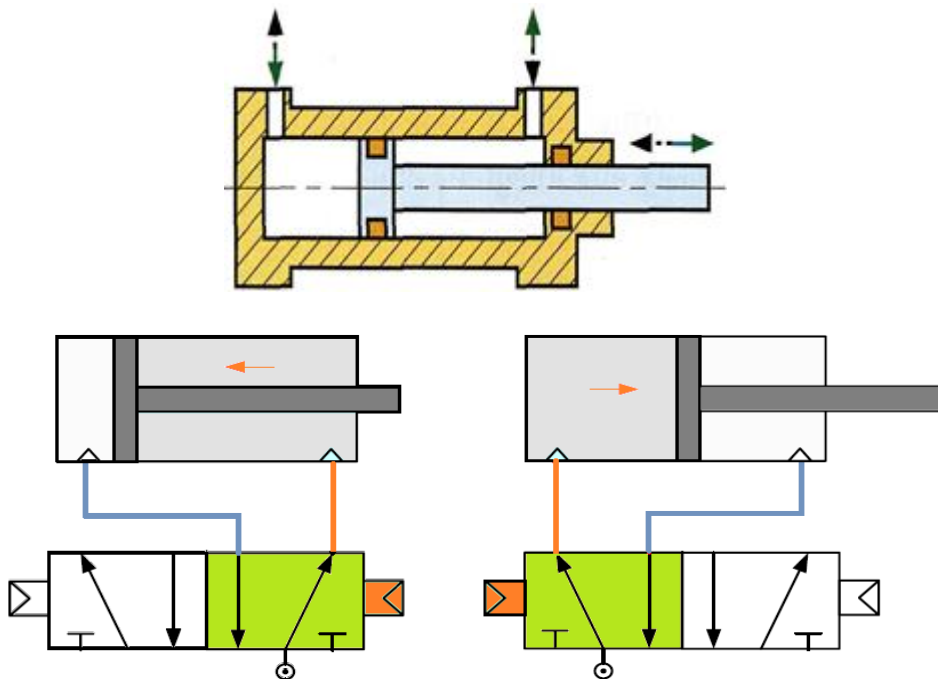
Utilisation : travaux simples (serrage, éjection, levage, emmanchements, ...)

b- Vérins double effet (VDE) :

L'ensemble tige-piston peut se déplacer dans les deux sens sous l'action du fluide sous pression (air comprimé).

L'effort en poussant (sortie de la tige) est légèrement plus grand que l'effort en tirant (entrée de la tige) car la pression n'agit pas sur la partie de surface occupée par la tige.

Principe de réalisation



Avantages : plus grande souplesse d'utilisation ; réglage plus facile de la vitesse, par contrôle du débit à l'échappement ; amortissements de fin de course, réglables ou non, possibles dans un ou dans les deux sens. Ils offrent de nombreuses réalisations et options.

Inconvénients : ils sont plus coûteux.

Utilisation : ce sont les vérins les plus utilisés industriellement, ils présentent un grand nombre d'applications.

Remarque :

Les fins de course aller et retour des vérins peuvent être amorties afin d'éviter les chocs. Cet amortissement est pneumatique (réglable ou non) ou obtenu par bague en caoutchouc.

III.3 Les distributeurs :

3.1 Fonction

Ils sont utilisés pour commuter et contrôler le débit du fluide sous pression, comme des sortes d'aiguillage, à la réception d'un signal de commande qui peut être mécanique, électrique ou pneumatique. Ils permettent de :

- contrôler le mouvement de la tige d'un vérin ou la rotation d'un moteur hydraulique ou pneumatique (distributeurs de puissance) ;
- choisir le sens de circulation d'un fluide (aiguiller, dériver, etc.) ;
- exécuter, à partir d'un fluide, des fonctions logiques (fonctions ET, OU, mémoire, etc.) ;
- démarrer ou arrêter la circulation d'un fluide (robinet d'arrêt, bloqueur, ...) ;
- être des capteurs de position (course d'un vérin).

3.2 Symbolisation

Un distributeur est caractérisé par :

- par le nombre des orifices : 2, 3, 4 ou 5 ;
- par le nombre des modes de distribution ou positions : 2 ou 3 ;
- par le type de commande du pilotage assurant le changement de position : simple pilotage avec rappel par ressort ou double pilotage, avec éventuellement rappel au centre par ressort dans le cas des distributeurs à 3 positions ;
- par la technologie de pilotage : pneumatique, électropneumatique ou mécanique ;
- par la technologie de commutation : clapets, tiroirs cylindriques, tiroirs plans.

3.2.1 Principe de la symbolisation

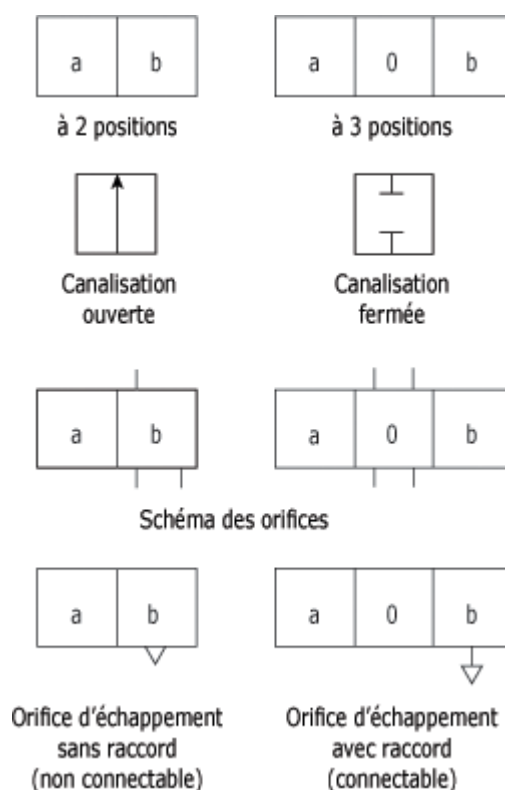
Nombre de cases : il représente le nombre de positions de commutation possibles, une case par position. S'il existe une position intermédiaire, la case est délimitée par des traits pointillés.

Flèches : dans chaque case ou position, les voies sont figurées par des flèches indiquant le sens de circulation du fluide entre les orifices.

T : les orifices non utilisés dans une position sont symboliquement obturés par un T droit ou inversé. Le nombre des orifices est déterminé pour une position et est égal pour toutes les positions.

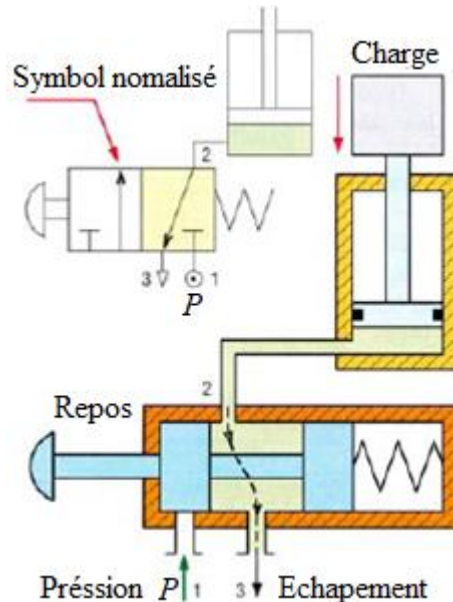
Source de pression : elle est indiquée par un cercle noirci en hydraulique, clair en pneumatique.

Echappement : il est symbolisé par un triangle noirci en hydraulique, clair en pneumatique.



Position initiale : les lignes de raccordement entre réseau et distributeur aboutissent toujours à la case symbolisant la position initiale ou repos ; cette case est placée à droite pour les distributeurs à deux positions, au centre pour ceux à trois positions. Le symbole de la pression (cercle) est mis à droite de la case de repos s'il n'y a qu'un échappement (triangle), au milieu s'il y a deux échappements.

Les orifices sont repérés par des lettres en hydraulique et par des chiffres en pneumatique



3.3 Désignation des distributeurs

Elle tient compte du nombre d'orifices et du nombre de positions. Exemple : distributeur 5/2 signifie distributeur à 5 orifices et 2 positions [3].

Distributeur normalement fermé (NF) : lorsqu'il n'y a pas de circulation du fluide à travers le distributeur en position repos (ou initiale), le distributeur est dit normalement fermé.

Distributeur normalement ouvert (NO) : c'est l'inverse du cas précédent ; au repos, il y a circulation du fluide à travers le distributeur.

Distributeur monostable : distributeur ayant une seule position stable. Dans ce type de construction, un ressort de rappel ramène systématiquement le dispositif dans sa position initiale, ou repos, dès que le signal de commande ou d'activation est interrompu.

Distributeur bistable : admet deux positions stables ou d'équilibre. Pour passer de l'une à l'autre, une impulsion de commande est nécessaire. Le maintien en position est assuré par adhérence ou par aimantation.

Leur fonctionnement peut être comparé à celui d'une mémoire à deux états : 0 ou 1, oui ou non.

Centre fermé, pour 4/3 ou 5/3 : en position neutre ou repos à centre fermé, le fluide ne peut pas circuler entre les chambres et les échappements, ce qui bloque la tige ou l'arbre moteur. Il est intéressant pour un redémarrage sous charge (ex : charges suspendues, etc.).

Centre ouvert, pour un 4/3 ou un 5/3 : en position neutre, à centre ouvert, le fluide peut circuler librement. La purge des chambres et la libre circulation de la tige (libre rotation de l'arbre moteur) sont ainsi possibles. Ce cas est intéressant pour supprimer les efforts développés et faire des réglages. Il existe d'autres types de centre pour ces distributeurs.

Principaux distributeurs et principaux dispositifs de pilotage		
symboles en pneumatique	symboles en hydraulique	symboles de pilotages
2/2 N.F. 	2/2 N.F. 	général bouton poussoir levier pédale manuel
2/2 N.O. 	2/2 N.O. 	
3/2 N.F. 	3/2 N.F. 	
3/2 N.O. 	3/2 N.O. 	
4/2 	4/3 centre fermé 	poussoir ressort galet mécanique
5/2 	centre ouvert en H 	
5/3 centre ouvert 	centre tandem 	
5/3 centre partiellement ouvert 	centre partiellement ouvert 	
1 enroulement 	2 enroulements inversés 	électro-aimant hydraulique pneumatique distributeur pilote
par détente 	électro-aimant + distributeur pilote 	
électro-aimant ou distributeur pilote 	électro-aimant ou distributeur pilote 	
électro-aimant ou distributeur pilote 	électro-aimant ou distributeur pilote 	
N.F. : normalement fermé N.O. : normalement ouvert	1 (air) P (huile)	

3.4 Principe du repérage des orifices

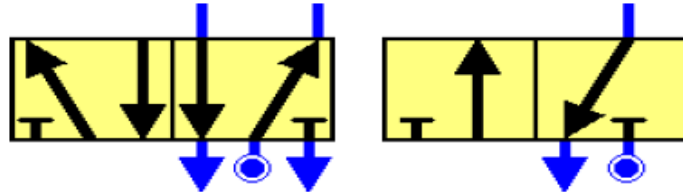
Le repérage des orifices par des chiffres et des pilotages par des nombres est normalisé :

- repère 1 pour l'orifice d'alimentation en air comprimé,
- repères 2 et 4 pour les orifices d'utilisation,
- repères 3 et 5 pour les orifices d'échappement,
- repère 12 pour l'orifice de pilotage mettant la voie 1-2 en pression,
- repère 14 pour l'orifice de pilotage mettant la voie 1-4 en pression,
- repère 10 pour l'orifice de pilotage ne mettant aucune voie en pression.

3.5 Symboles des commandes des distributeurs

La commande du changement de position est obtenue par déplacement du tiroir ou du ou des clapets, éléments mobiles essentiels des distributeurs. Ce pilotage peut être simple ou double. Le simple pilotage est associé à un rappel par ressort. Le dispositif de pilotage doit être indiqué pour chaque position du distributeur et apparaître dans la symbolisation.

Les distributeurs courants ont 2 ou 3 positions et entre 2 et 5 orifices et ils sont désignés par ces paramètres : nombre d'orifices / nombre de positions. Ainsi un distributeur 5/2 comporte 5 orifices et 2 positions.



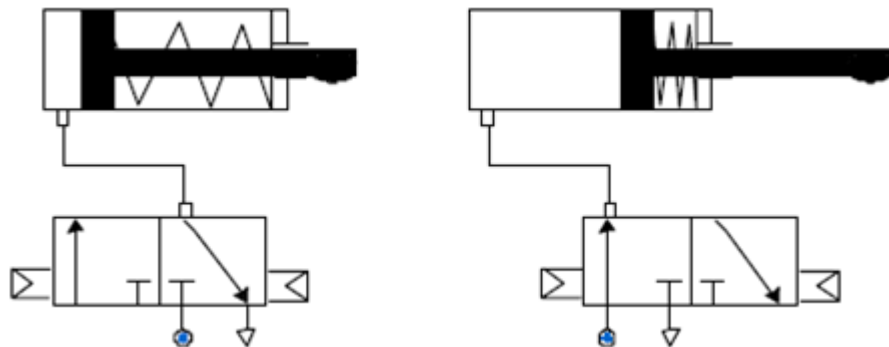
Le choix d'un distributeur s'effectue en fonction :

- du nombre de positions et d'orifices ;
- du type de la commande : mécanique, électrique, pneumatique, ...
- de la capacité qui correspond au débit volumique nominal ;
- du type de montage.

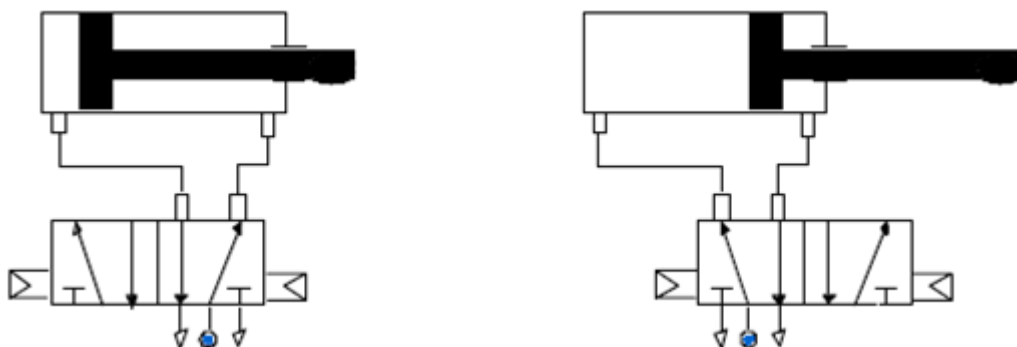
III.4 Association Vérin / Distributeur :

Les vérins simples effet sont alimentés par des distributeurs 3/2 alors que ceux à double effet sont alimentés par des distributeurs 4/2, 5/2 ou 5/3.

a- Cas d'un ensemble vérin simple effet / distributeur 3/2



b- Cas d'un ensemble vérin double effet / distributeur 5/2



IV. Les actionneurs électriques :

Ils utilisent directement l'énergie électrique distribuée sur les machines. Ils peuvent être sous plusieurs formes : moteur électrique, électrovanne de débit, résistance de chauffage, tête de soudure, ...

Les pré-actionneurs associés à ces actionneurs électriques sont principalement les contacteurs et variateurs de vitesse, entourés des sécurités nécessaires [4].

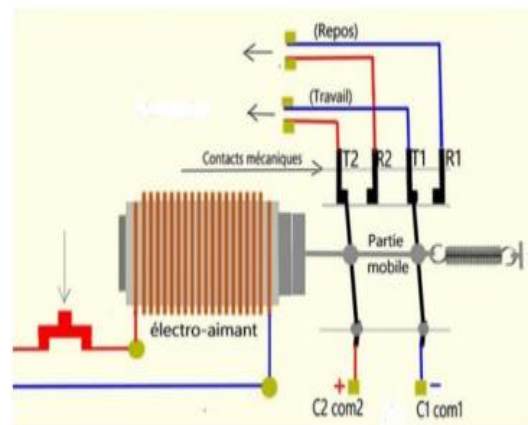
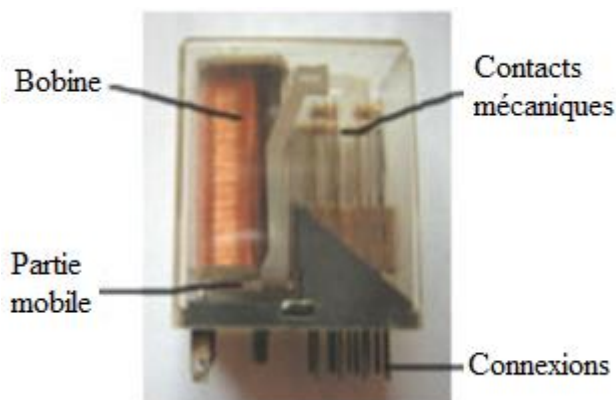
Les actionneurs électriques utilisent la technologie électromécanique. Ils nécessitent des pré-actionneurs comme les contacteurs, les distributeurs à commande électrique et les relais.

1- Les relais électromagnétiques

Les relais d'automatismes sont utilisés pour commander de petites charges électriques (moins de 10 A). Ils sont aussi utilisés pour servir de mémoire, ou pour constituer des fonctions logiques plus complexes.

Le relais est constitué d'une bobine qui génère un champ magnétique lorsqu'elle est traversée par un courant électrique. Deux bornes extérieures (C et D) permettent de connecter la bobine avec d'autres éléments électriques.

Une lame mobile, permet d'ouvrir et de fermer des contacts. Lorsqu'il n'y a pas de champ magnétique, i.e., qu'il n'y a pas de courant dans la bobine, la lame mobile est à sa position de repos et ferme le contact normalement fermé. Dans la figure ci-contre, la lame établit une connexion entre le point commun E et la borne A (borne du contact NF).



Lorsqu'un courant circule dans la bobine, un champ magnétique apparaît et attire la lame. Le contact normalement fermé s'ouvre et le contact normalement ouvert se ferme. Dans la figure, la lame établirait une connexion entre le point commun E et la borne B (borne du contact NO). Cette situation dure tant qu'un courant traverse la bobine. La coupure de ce courant entraîne le retour de la lame à sa position de repos.

Un relais peut contenir de un à quatre circuits de commutation interne.

2- Les contacteurs

Les contacteurs sont utilisés pour commuter de moyennes ou grosses charges électriques. Dès que l'on envisage commander un moteur, quelle que soit sa puissance, on devrait utiliser un contacteur.

Un contacteur est un relais de haute puissance modulaire comportant des contacts à double rupture pour s'assurer de pouvoir couper des tensions et des courants élevés.

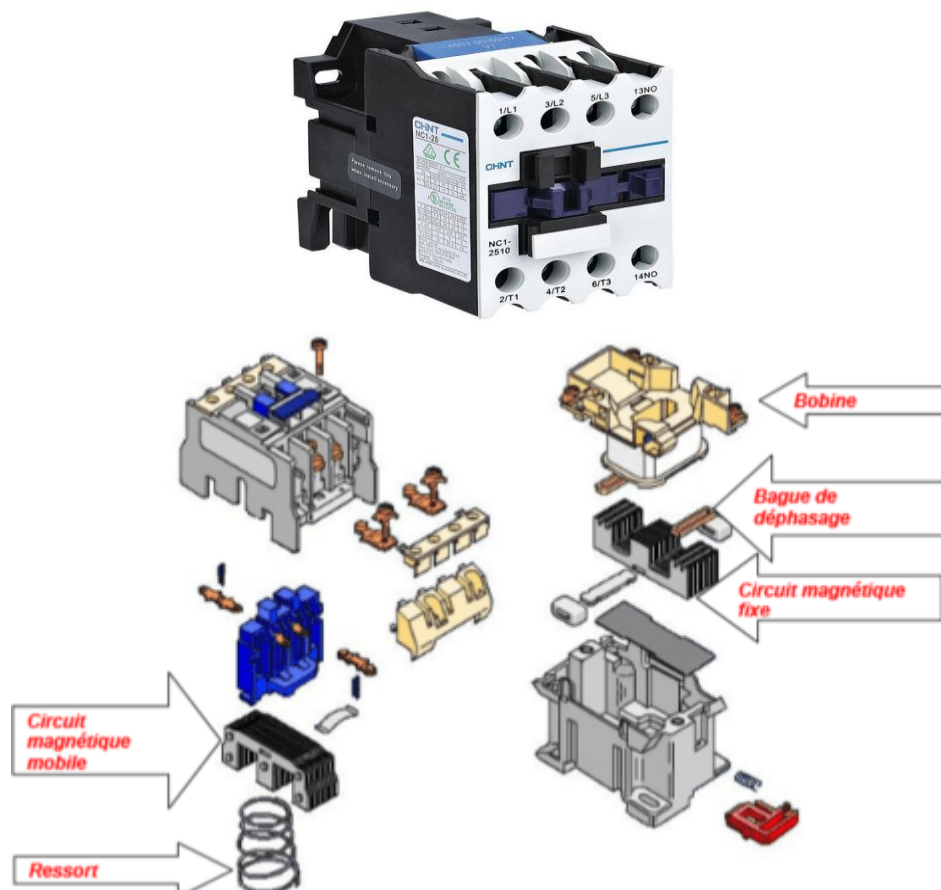
Les contacteurs sont souvent équipés de contacts de basse puissance dit « contacts auxiliaires » permettant d'accéder de façon électrique à l'état du contacteur (ouvert ou fermé). Ces contacts auxiliaires permettent une gestion par un contrôleur extérieur et sont aussi souvent utilisés dans les logiques d'inter verrouillage (interlock).

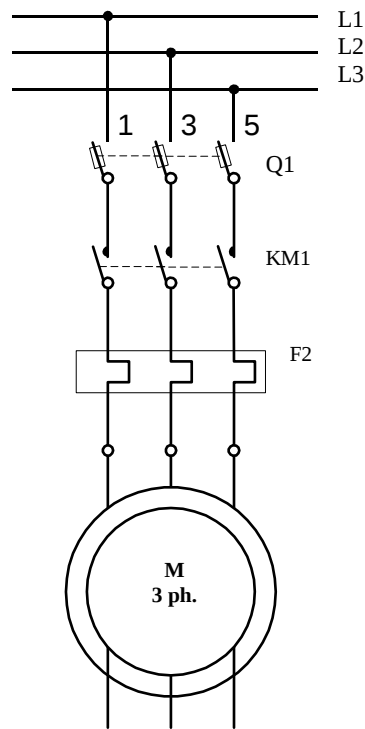
Les contacteurs font partie d'une chaîne d'éléments reliant les moteurs électriques aux sources d'alimentation électrique. La figure ci-dessous montre ces éléments importants. La source d'alimentation électrique est représentée par les symboles « L1 », « L2 » et « L3 ».

De cette source triphasée, on passe par un « sectionneur porte-fusibles » identifié « Q1 ». Ce sectionneur permet d'ouvrir le circuit et d'être ainsi isolé de la source. L'électricien qui travaille sur le circuit cadenasse le sectionneur pour éviter une fermeture intempestive du sectionneur et l'électrocution qui s'en suivrait. Les fusibles sont un dispositif de protection qui permet une coupure de l'alimentation en cas de court-circuit.

Suite au sectionneur, on retrouve le contacteur « KM1 » permettant de commander la marche ou l'arrêt du moteur triphasé. Ce contacteur est commandé par une bobine non montrée sur ce schéma de puissance mais qui apparaîtrait sur le schéma de commande accompagnant ce schéma.

Élément généralement associé au contacteur, le « relais de protection thermique » « F2 » est un dispositif permettant de couper l'alimentation électrique au moteur en cas de surcharge. Un moteur surchargé consomme un courant plus élevé que ce qui est requis et il a tendance à chauffer, ce qui risque de l'endommager. L'intensité du courant ne fera pas brûler les fusibles, qui ne réagissent qu'à de grands courants. Le relais de protection thermique protégera le moteur dans ces cas de simple surcharge. Il est choisi en fonction du courant limite à partir duquel le relais de protection thermique devra agir. En cas de court-circuit, les fusibles réagissent très rapidement et les relais de protection thermique ne se déclenchent pas, car ils exigent un certain temps avant d'agir, ce qui permet des surchauffes de durée limitées des moteurs.



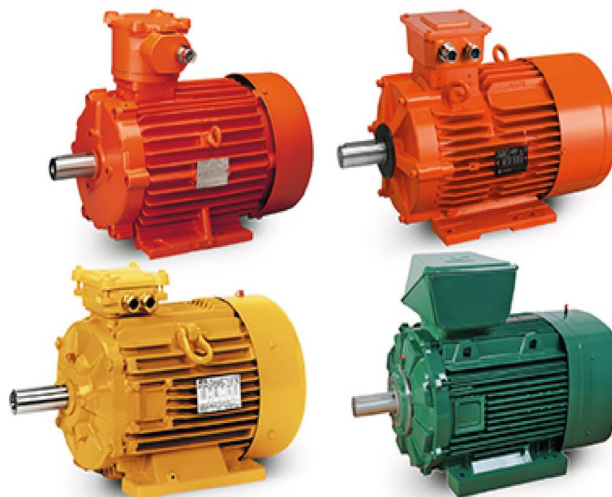


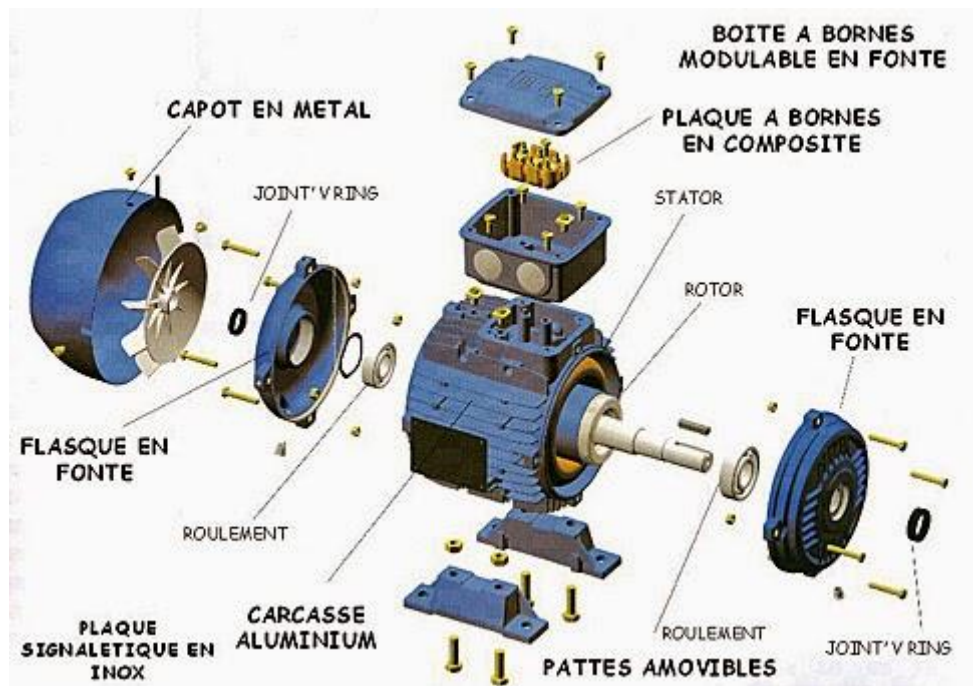
3- Les moteurs électriques

Un moteur électrique, travaille à l'inverse du générateur ou de l'alternateur : il transforme l'énergie électrique reçue en énergie mécanique. Cela au départ d'une batterie ou d'une autre source d'alimentation électrique. Les moteurs sont alimentés soit par du courant continu (CC) ou par du courant alternatif (CA).

Bien que de conception différente les moteurs fonctionnent sous deux grands principes :

- l'induction électromagnétique, découverte par l'inventeur britannique Michael Lardy. Un conducteur crée un courant « induit » lorsqu'il se déplace dans un champ magnétique.
- A l'inverse du premier principe la réaction électromagnétique observée par le physicien français André-Marie Ampère : un courant électrique passant dans un conducteur subit une force.





4- Schéma d'installation électrique d'un moteur

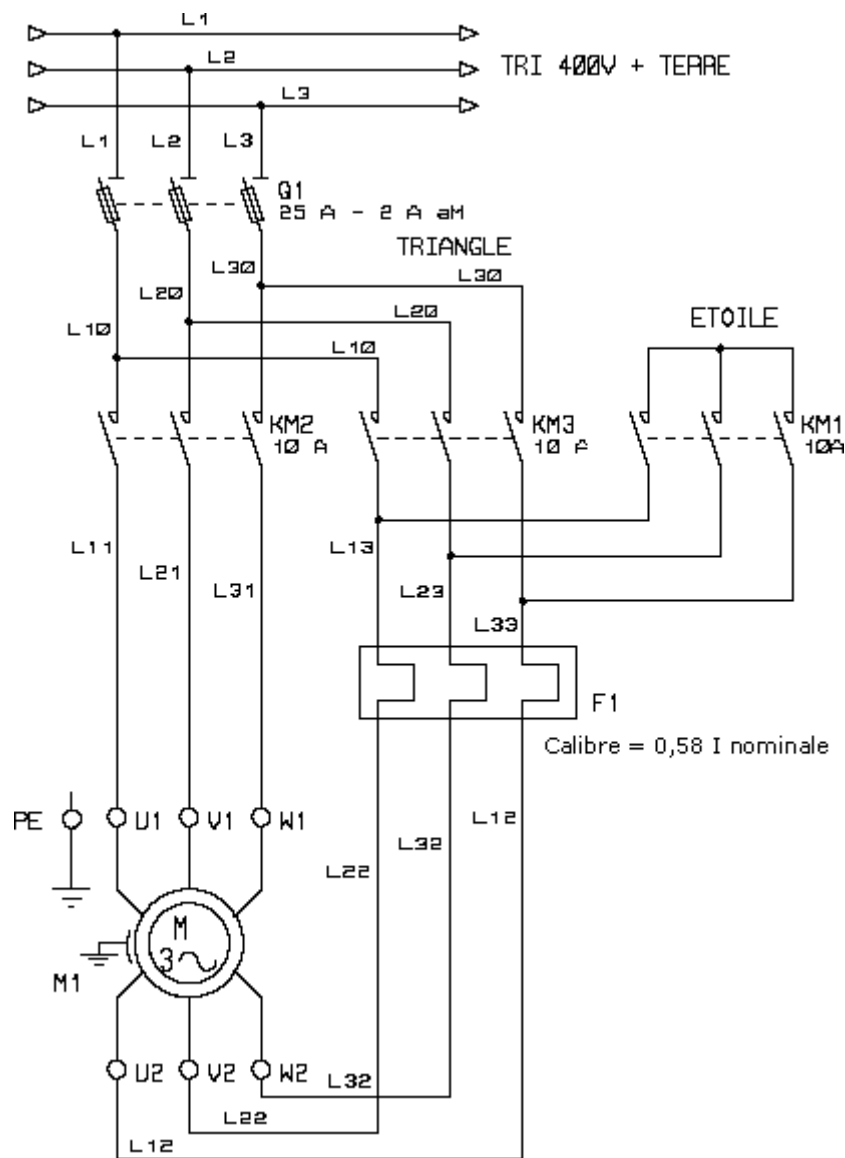
Un schéma électrique représente, à l'aide de symboles graphiques, les différentes parties d'un réseau, d'une installation ou d'un équipement qui sont reliées et connectées fonctionnellement. Un schéma électrique a pour but :

- d'expliquer le fonctionnement de l'équipement (il peut être accompagné de tableaux et de diagramme),
- de fournir les bases d'établissement des schémas de réalisation,
- de faciliter les essais et la maintenance.

5- Représentation multifilaire

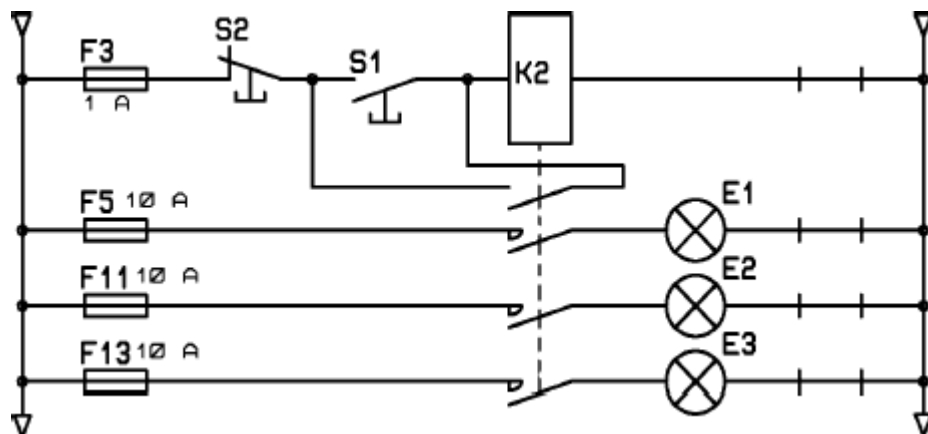
Chaque conducteur est représenté par un trait.

Exemple de schéma : démarrage étoile-triangle d'un moteur triphasé (circuit de puissance).



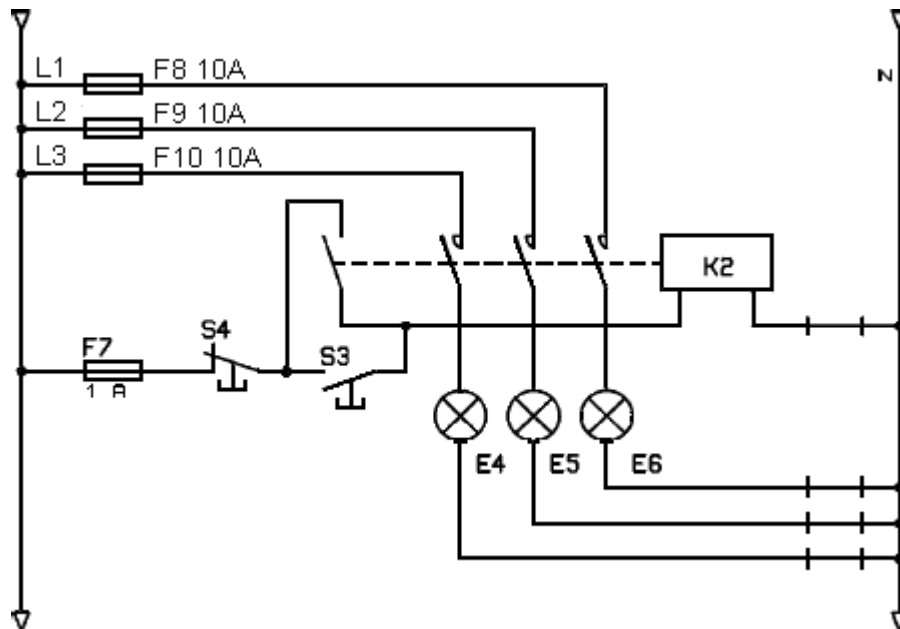
6- Représentation assemblée

Les symboles des différents éléments d'un même appareil, ou d'un même équipement, sont représentés juxtaposés sur le schéma.



7- Représentation rangée

Les symboles des différents éléments d'un même appareil ou d'une même installation sont séparés et disposés de façon que l'on puisse tracer facilement les symboles des liaisons mécaniques entre différents éléments qui manœuvrent ensemble (la bobine K2 et ses contacts sont dessinés juxtaposés).



8- Représentation développée

Les symboles des différents éléments d'un même appareil ou d'une même installation sont séparés et disposés de manière que le tracé de chaque circuit puisse être facilement suivi. C'est la tendance actuelle dans tous les schémas de commandes.

