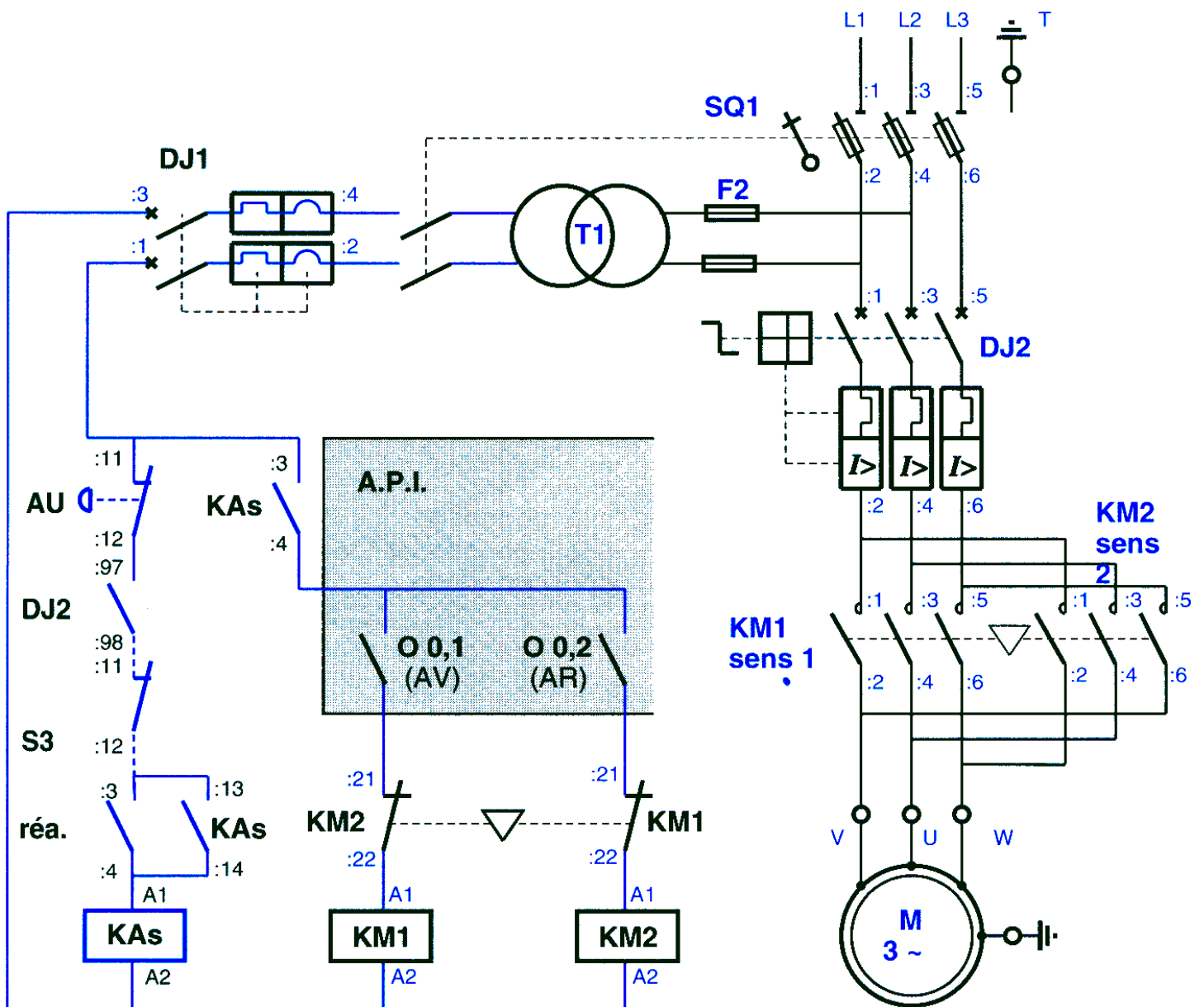


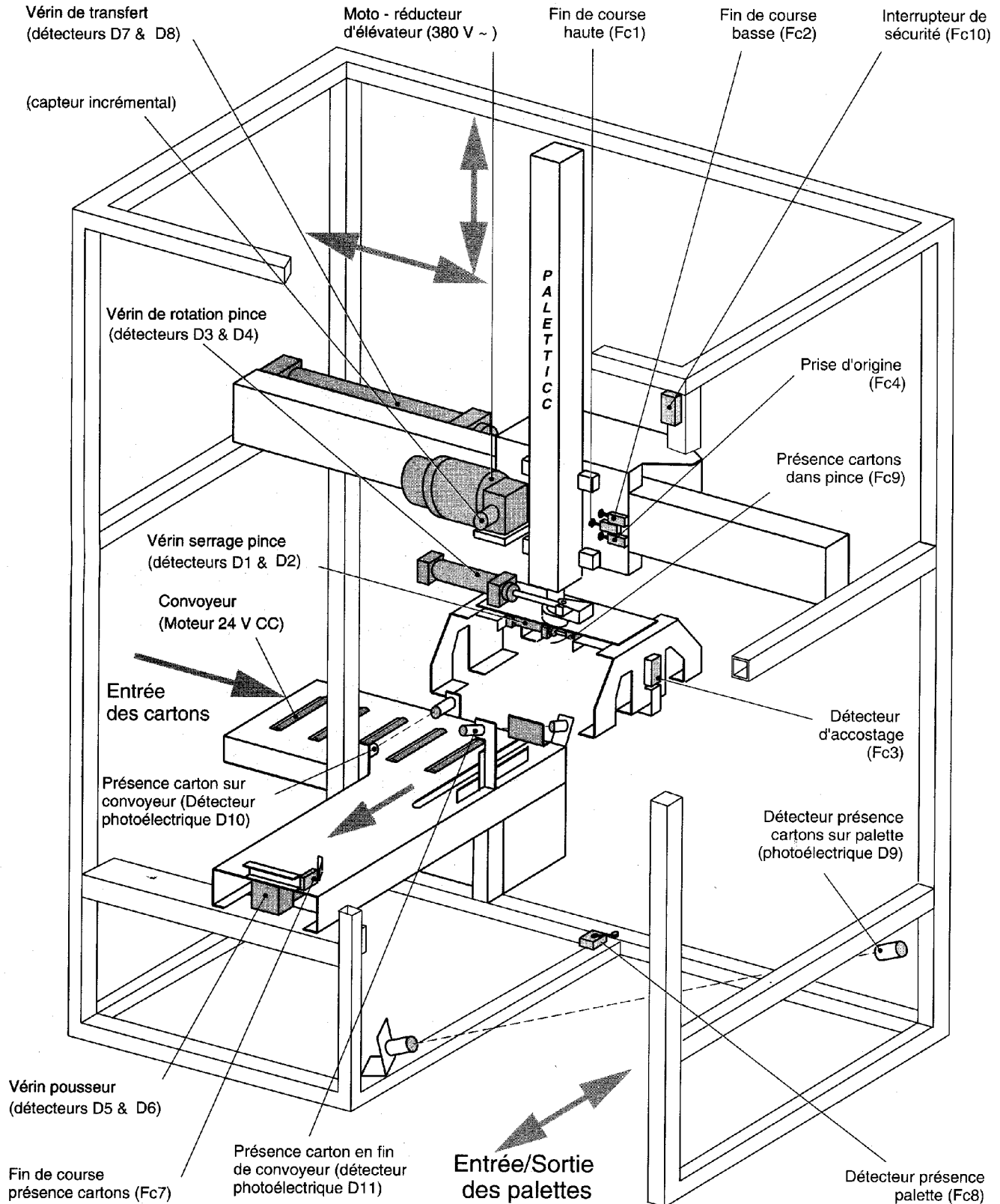
AUTOMATISMES TECHNOLOGIE ÉLECTRIQUE



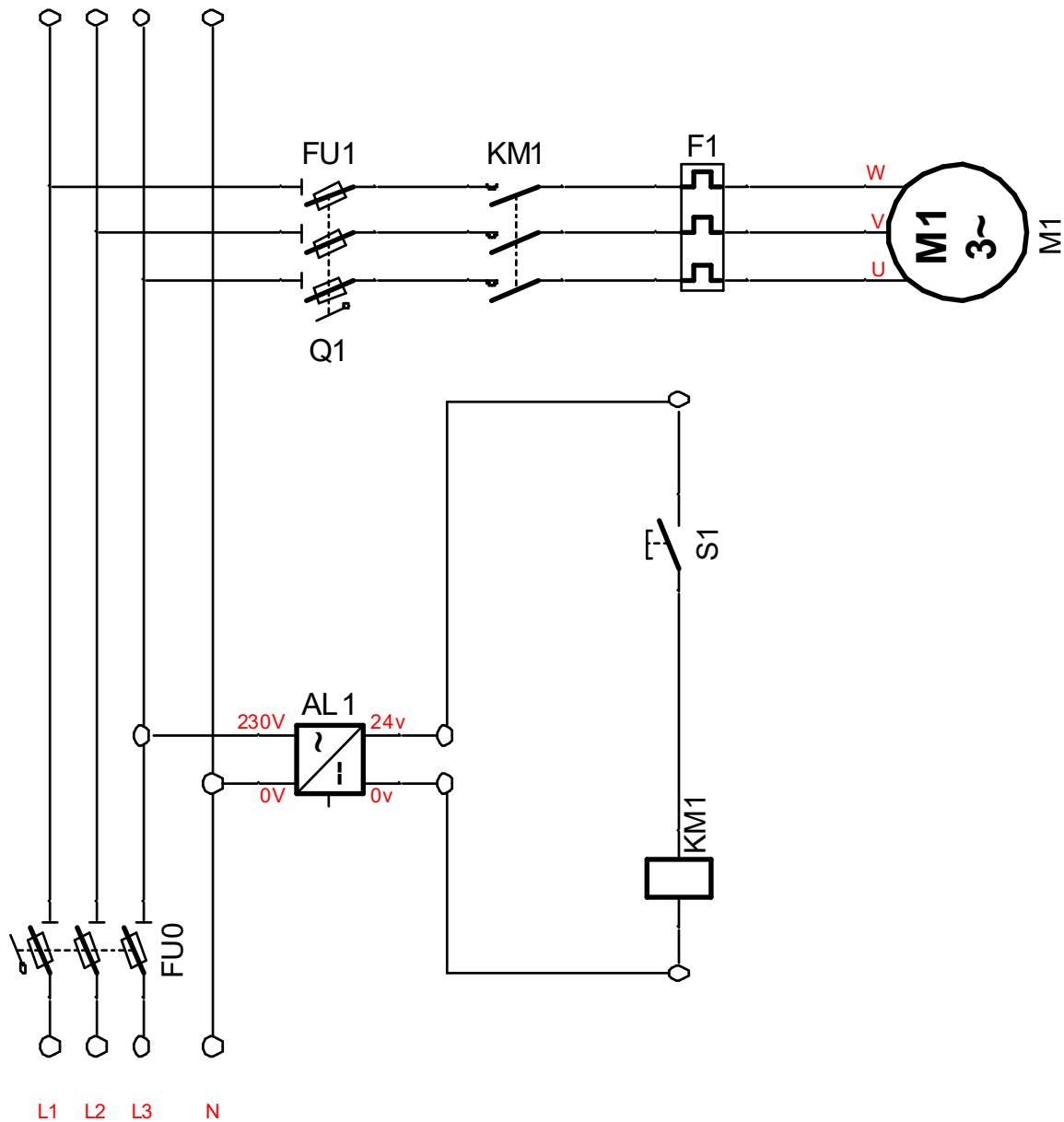
Objectifs :

- Connaître le matériel utilisé pour la commande et la protection d'un actionneur électrique
- Comprendre les principes de commande des automatismes électriques câblés
- Savoir lire un schéma de câblage électrique

Nous illustrerons le cours à partir du moteur d'élévateur du palettiseur.



I. CHAÎNE D'ACTION MINIMALE DE COMMANDE D'UN ACTIONNEUR ELECTRIQUE



N	Alimentation triphasé 380V: neutre
L1, L2, L3	Alimentation triphasé 380V: phases
M1	Moteur asynchrone
KM1	Contacteur
SQ0-SQ1	Sectionneur
F1	Relais thermique
FU0-FU1	Fusible
AL1	Alimentation 220v/24v
S1	Bouton poussoir

II. PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT DES COMPOSANTS

1. Contacteur électrique

Une bobine électromagnétique de commande attire une armature métallique reliée à des contacts de puissances.

Au repos, les contacts de puissance sont ouverts (sécurité).

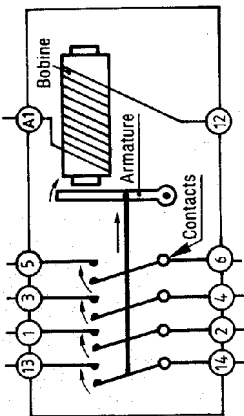
Au travail (bobine alimentée), les contacts de puissances sont fermés.

Le contacteur est donc un composant monostable normalement ouvert.

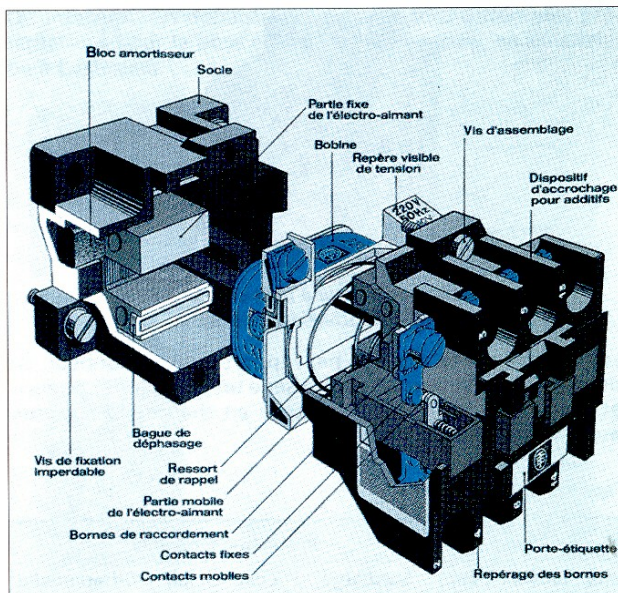
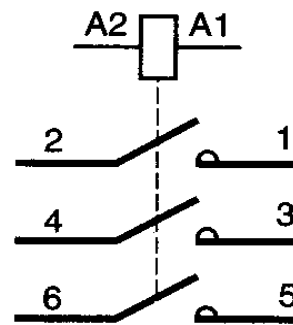
1.1. contacteur (utilisation dans la PO électrique)

En câblage en série sur l'alimentation de puissance d'un moteur, il permet la commande en TOR (tout ou rien). Il est alors traversé par une intensité électrique importante appelé par le couple à vaincre sur l'arbre moteur.

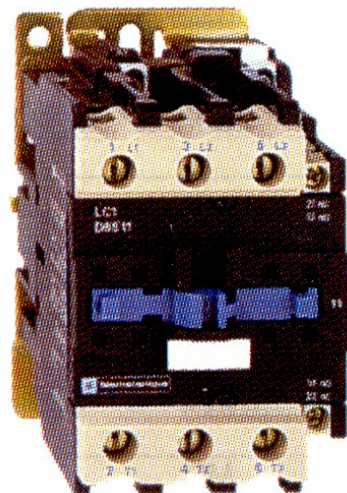
Le contacteur est alors dimensionné pour résister à ce courant.



Symbole normalisé d'un contacteur triphasé



Vue éclatée d'un contacteur type D 12 (d'après Schneider Electric).



1.2. relais (utilisation dans la PC électrique)

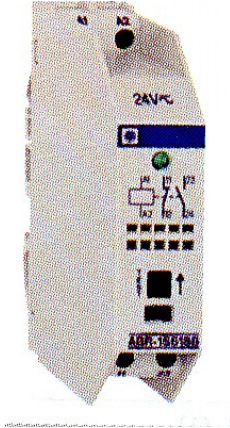
Utilisé dans la partie commande électrique câblée, le relais sert d'interface de puissance, de mémoire, de multiplicateur de contacts auxiliaires...

Il est alors traversé par une intensité faible de courant correspondant à la faible puissance de la PC.

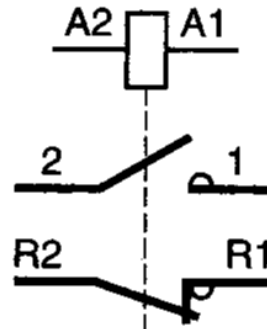
Dimensionné pour résister à ce faible courant, il est de taille inférieure au contacteur.

Le contacteur et le relais fonctionnent rigoureusement sur le même principe.

Relais de mémorisation



Symbole normalisé d'un relais



Généralement la bobine actionne deux contacts :

- 1 contact normalement ouvert (NO)
- 1 contact normalement fermés (NF)

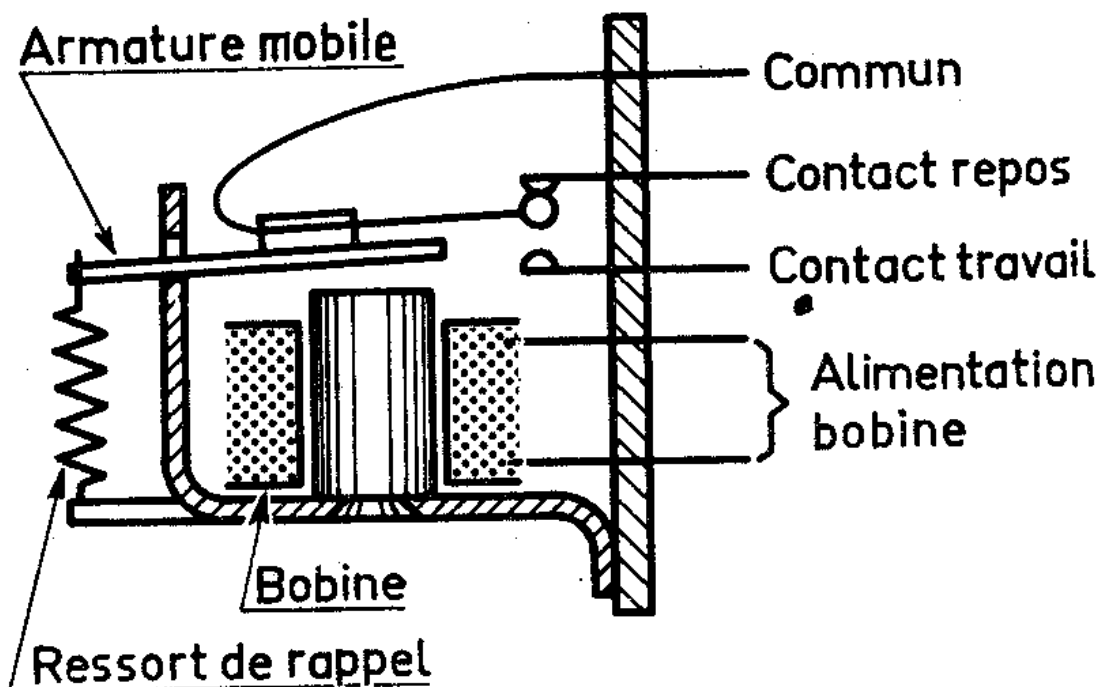


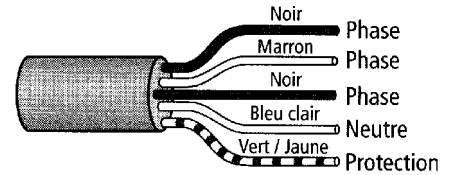
Fig. V-35.

2. Composant de la partie puissance

2.1 Alimentation triphasée N, L₁, L₂, L₃

Le réseau d'alimentation EDF est un système triphasé équilibré de tension ($U_{\max}=310V$)

La fréquence du réseau est $\omega=50Hz$ (période de 20ms)



Tension efficace :

Une tension efficace (U_{eff}) est une tension continue appliquée aux bornes d'une résistance qui dissipera la même puissance que la tension alternative $u(t)=U_{\max}\sin(\omega t)$ qu'elle représente.

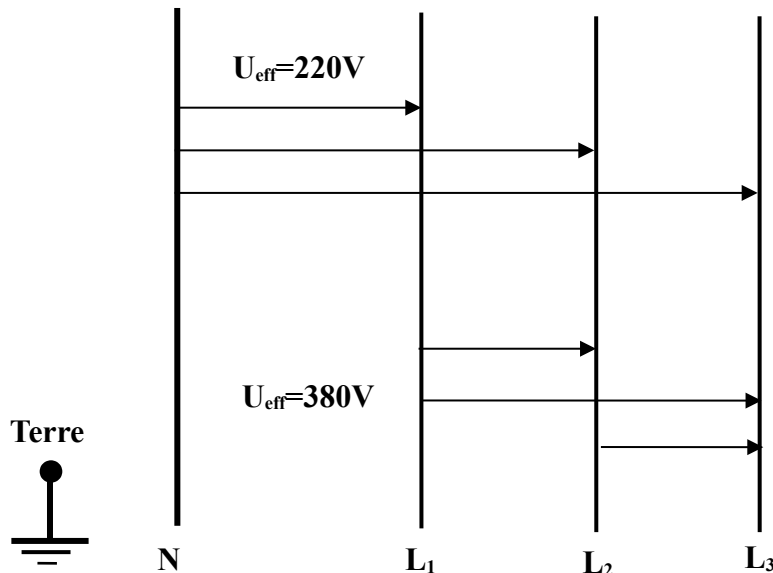
$$U_{\text{eff}} = U_{\max} / \sqrt{2}$$

La valeur efficace de la tension est utilisée pour les principaux calculs de dimensionnement (section des câbles d'alimentation, puissances absorbées...)

Représentation d'une source d'énergie électrique :

La tension efficace entre 2 phases est de 380V.

La tension efficace entre une des 3 phases et le neutre est de 220V.



2.2 Moteur asynchrone triphasé

Le stator comporte 3 bobines, alimentées chacune par une des phases du réseau triphasé.

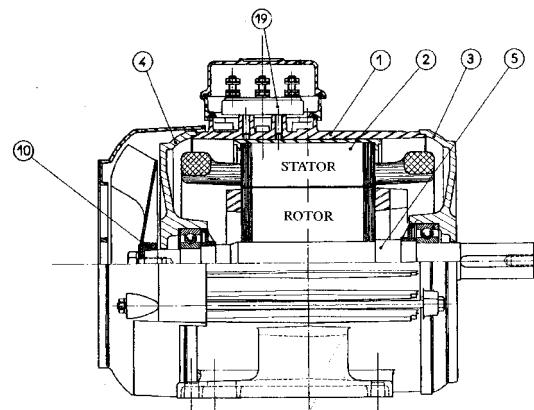
Le rotor est entraîné par l'action du champ magnétique tournant ainsi créé.

Un glissement apparaît sous charge entre la rotation du champ tournant et l'arbre moteur d'où le qualificatif d'asynchrone.

(*pas de synchronisation entre la rotation du champs tournant et l'arbre moteur*)

L'intensité du courant appelé est proportionnelle au couple résistant à vaincre lors de la rotation de l'arbre.

Demi-coupe d'un moteur asynchrone triphasé



Document Leroy-Somer Fig. 3

1 : carcasse à pattes 2 : stator bobiné 3 : flasque côté bout d'arbre 4 : flasque côté ventilateur
5 : arbre avec rotor 10 : ventilateur 19 : plaque à bornes

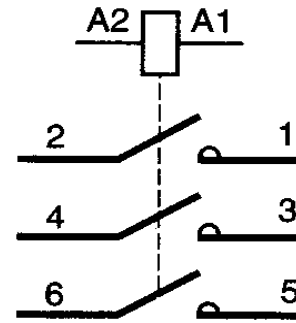
Une inversion entre deux phases d'alimentation provoque l'inversion du sens de rotation du moteur.

2.3 Contacts de puissance du contacteur

Seules les contacts de puissance du contacteur appartiennent à la partie puissance.

Pour éviter la formation d'un arc électrique lors de l'ouverture des contacts, différents procédés peuvent être utilisés :

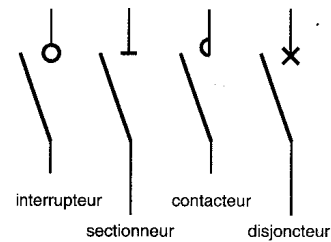
- fractionnement de l'arc (2 pôles par ex)
- nature des pôles (platine, tungstène, cuivre, or, argent...)
- nature du diélectrique (air, huile, SF6, vide...)
- allongement de l'arc par soufflage naturel ou magnétique



Ces différents procédés peuvent être combinés entre-eux en fonction de l'intensité du courant à couper.

Définition : l'intensité maximum que le composant peut couper sans provoquer d'arc électrique s'appelle le pouvoir de coupure.

En fonction du composant auquel les contacts de puissance sont rattachés, on utilise un des symboles suivants :



2.4. Sectionneur porte fusible

Le sectionneur permet une ouverture du circuit hors charge, c'est l'absence de courant dans le circuit.

Son pouvoir de coupure est très faible, il ne peut donc en aucun cas être utilisé comme préactionneur dans un circuit électrique.

Il est à commande manuelle (généralement par un levier placé à des armoires de commandes)

Les fusibles de protections peuvent être placés directement dans le sectionneur dans des emplacements adaptés.

Le rôle principal du sectionneur est de mettre hors tension une d'alimentation pour des objectifs de sécurité de l'opérateur (réparation, maintenance, modifications...). Le verrouillage du sectionneur est alors possible par cadenas.

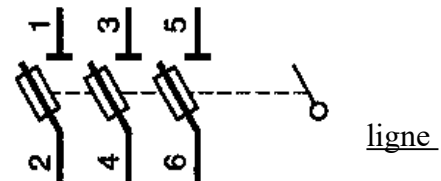


GS1 K4 + GS1 AH

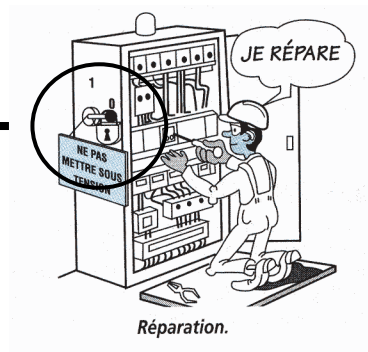
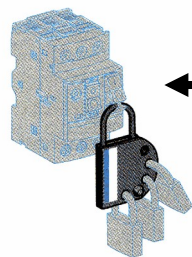
à dire en

cas être

l'extérieur



ligne



Réparation.

2.5. Fusibles

Principe de protection :

Un fusible est un appareil de protection dont la fonction est d'ouvrir par la fusion d'un de ses éléments le circuit dans lequel il est inséré et d'interrompre le courant lorsque celui-ci dépasse, **pendant un temps suffisant**, une valeur limite appelée calibre.

Calibre : c'est le courant maximal que le fusible peut supporter en continu sans couper le circuit

Le fusible est utilisé pour protéger l'actionneur en cas de court-circuit, son pouvoir de coupure est donc très élevé (*au moins égal au courant de court-circuit présumé !*)

Par contre, en cas de surcharge modérée de l'actionneur, la protection n'est pas suffisante : un relais thermique est alors nécessaire pour compléter la protection.

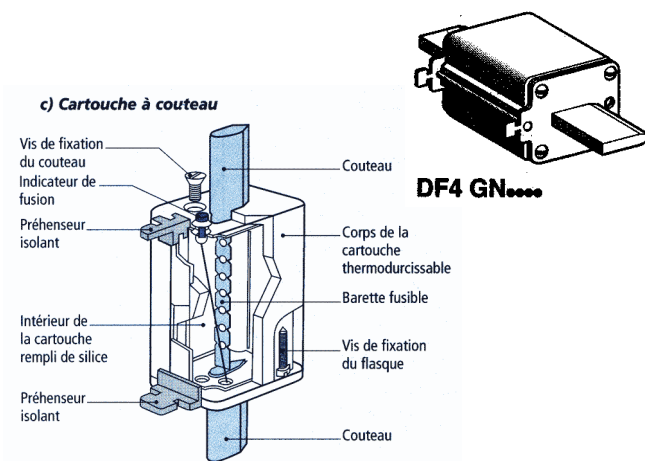
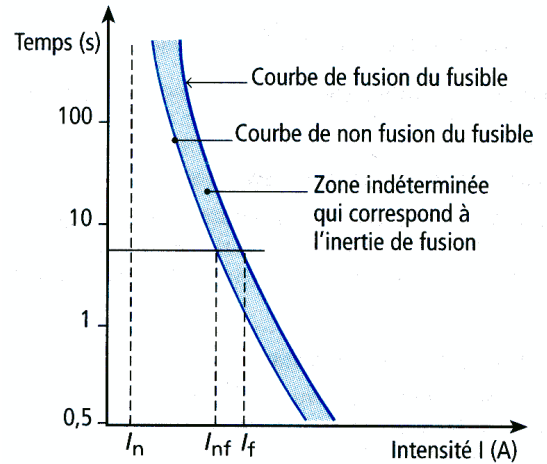
Constitution :

- Elément fusible : réalisé en matériaux de très faible résistivité (argent, cuivre...) il se présente sous la forme de fil ou de ruban de section réduite qui crée une zone de fusion privilégiée.

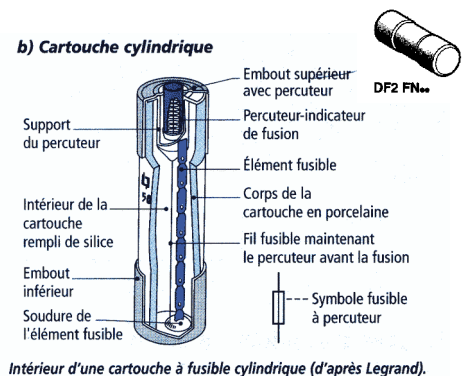
- Corps : Réalisé en verre, céramique... il doit répondre aux critères suivants :

- bonne résistance mécanique
- bonne conduction thermique
- aptitude à supporter les chocs thermiques

- Matière de remplissage : généralement à base de silice granuleuse, son rôle est d'absorber l'énergie de l'arc et d'assurer l'isolement électrique après la coupure.



Cartouche à couteau (d'après Legrand).

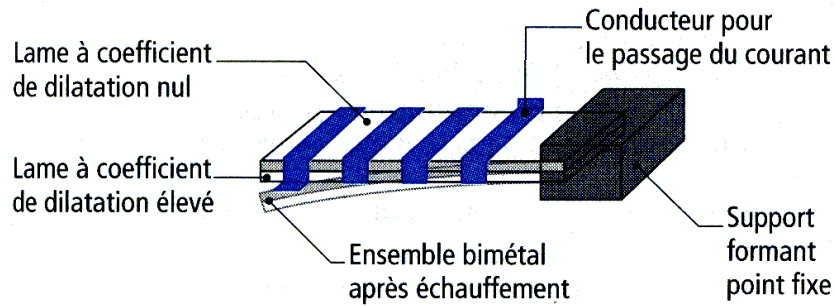


Intérieur d'une cartouche à fusible cylindrique (d'après Legrand).

2.6. Relais thermique

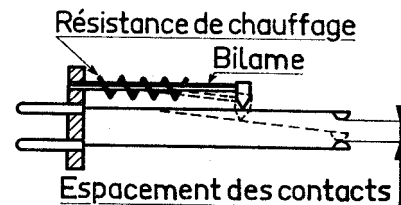
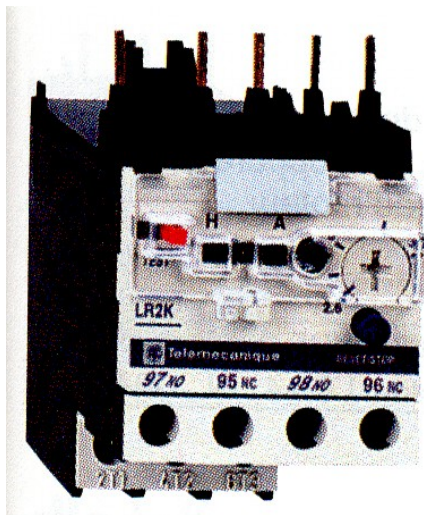
Principe du déclenchement thermique

Le relais thermique est un composant de protection fonctionnant sur le principe de l'échauffement d'un bilame :

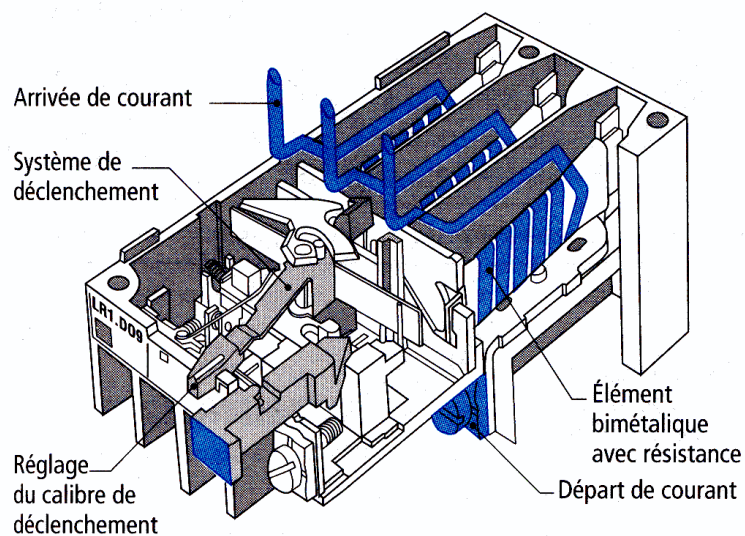
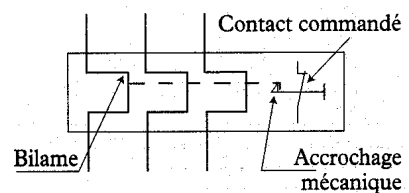


Deux lames minces de métaux ayant des coefficients de dilatation très différents sont élevées en température par le passage du courant dans un conducteur enroulant le bilame. Les deux lames soudées entre-elles s'incurvent **et reviennent en position initiale après refroidissement**.

La déformation du bilame est utilisée pour déclencher le relais thermique.



Symbole



Vue éclatée d'un relais thermique (Schneider electric).

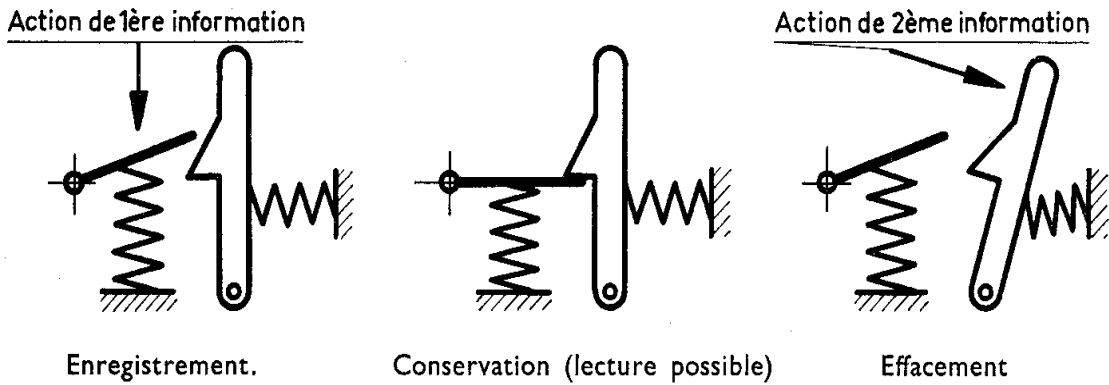
Le calibre (intensité I_R du courant de déclenchement) est réglable par un curseur rotatif extérieur au boîtier. Ce réglage est indépendant de la température ambiante (*déclenchement compensé en T°*). Le réglage n'est possible que dans une plage dépendante de l'intensité maximum supportée par le composant :

$$I_{Rmin} < I_{R\text{réglage}} < I_{Rmax}$$

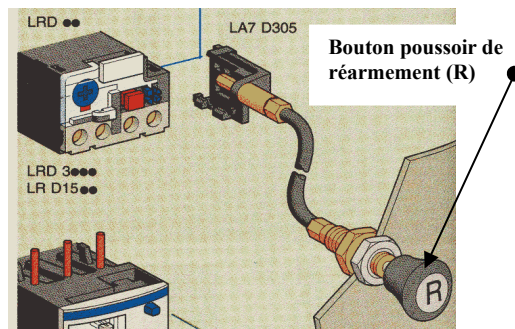
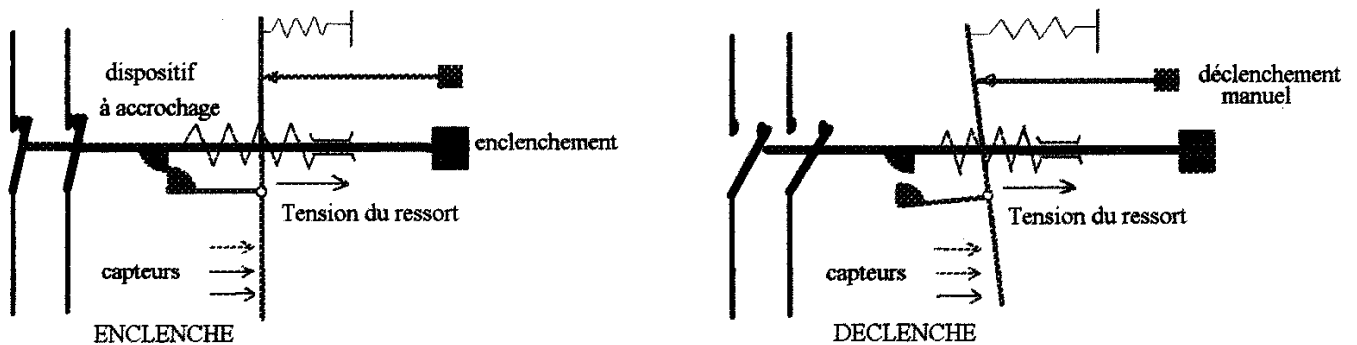
Accrochage mécanique

Contrairement au fusible, la protection du relais thermique par ouverture du circuit de puissance est limitée dans le temps à quelques minutes (le temps nécessaire au refroidissement du bilame). Pour éviter une fermeture du circuit, après le refroidissement du bilame, une « mémoire » mécanique du déclenchement est nécessaire.

Principe d'une mémoire mécanique



Un réarmement manuel du relais thermique est alors nécessaire : un mécanisme d'accrochage bloque le bilame en position déformée, le retour en position initiale n'est possible que par une action manuelle sur un levier ou un bouton poussoir extérieur au boîtier.



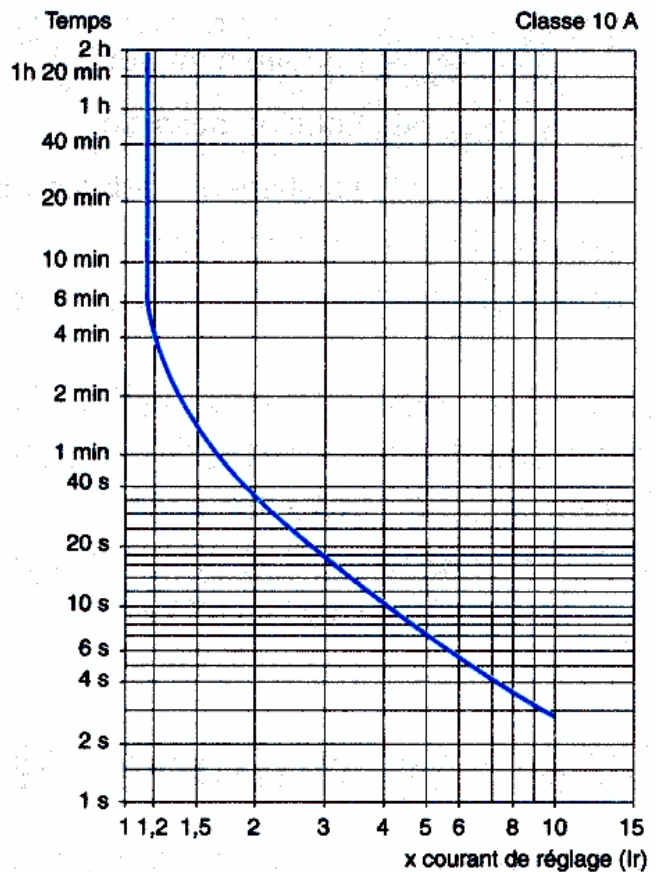
Caractéristiques de déclenchement :

Courbe de déclenchement :

Cette courbe représente le temps de déclenchement en fonction des multiples du courant de réglage I_R .

- si $I < I_R$ le relais ne déclenche pas
- si $I > I_R$ le déclenchement est temporisé

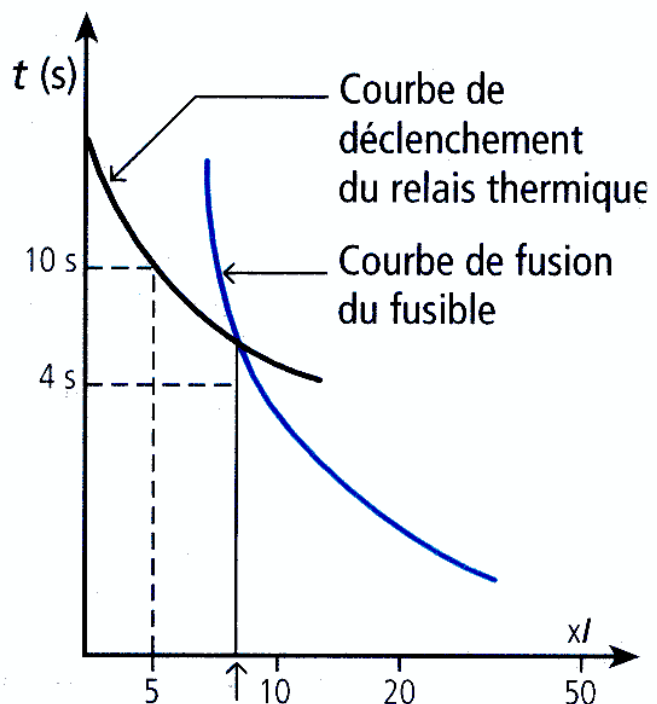
L'intensité de réglage est généralement choisie égale à l'intensité du courant appelé par l'actionneur à pleine charge, la plage de réglage permet une protection la plus proche possible du seuil maximum admissible par l'actionneur sans perturber son fonctionnement normal.



Association Fusible relais thermique :

Les deux composants sont nécessaires pour assurer une protection complète de l'actionneur :

- coupure du circuit par fusion du fusible en cas de court-circuit.
- ouverture du circuit par les contacts du relais thermique en cas de surcharge modérée.

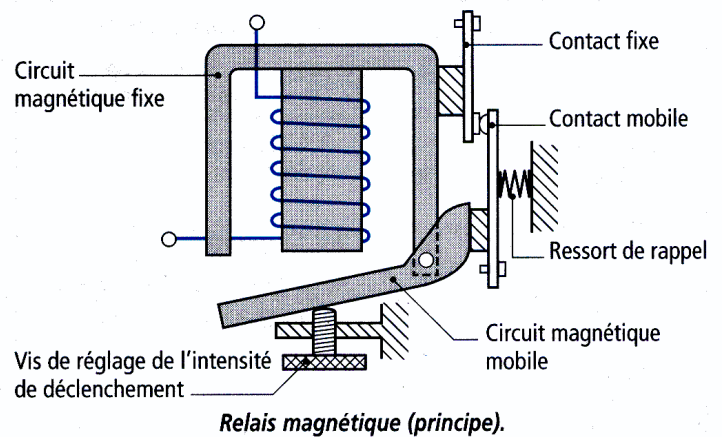
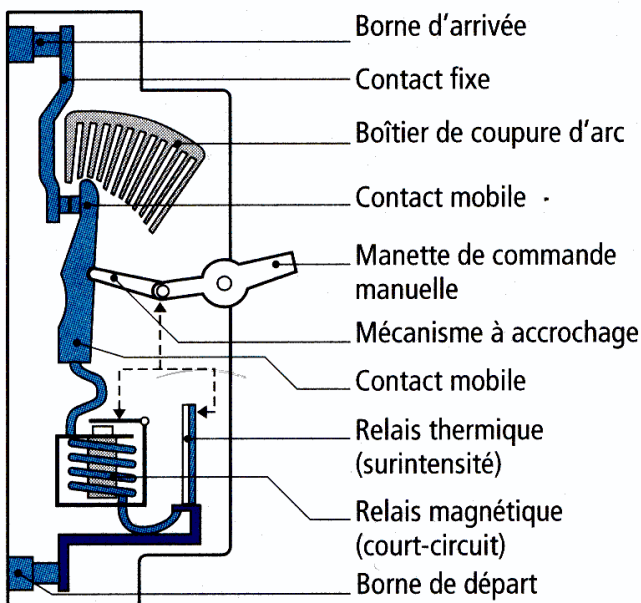
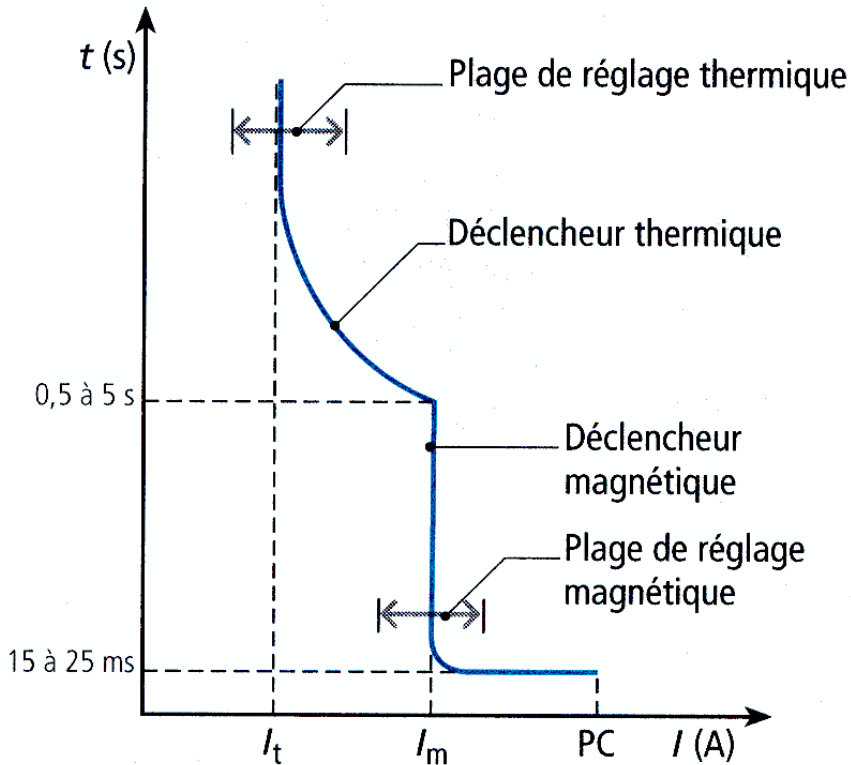
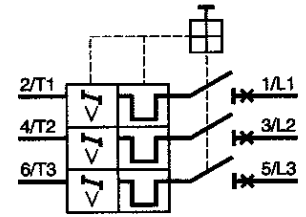
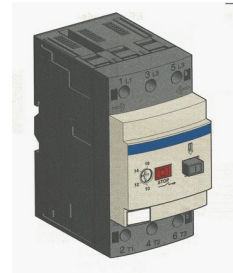


2.7 Disjoncteur magnétothermique

Le principe du disjoncteur magnétothermique est d'associer deux dispositifs de déclenchement pour assurer une protection complète de l'actionneur :

- déclenchement par effet magnétique (*protection contre les courts-circuits*).
- déclenchement par effet thermique (*protection contre les surcharges*).

Les courbes de déclenchement sont réglables indépendamment l'une de l'autre. Un disjoncteur magnétothermique remplace donc l'association fusible/relais thermique pour une protection équivalente mais avec une meilleure souplesse de réglage.

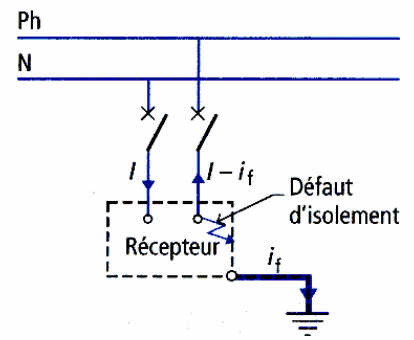


2.8 Disjoncteur différentiel (protection des personnes)

Si une installation présente un défaut d'isolement (par exemple un récepteur dont le neutre est relié à la terre), le courant qui entre dans le récepteur est différent de celui qui en sort.

La différence est appelée **courant de fuite I_f** .

Le principe de la protection différentielle repose sur la détection de ce courant de fuite, puis la commande de l'ouverture du circuit de puissance.



Principe de la protection différentielle.

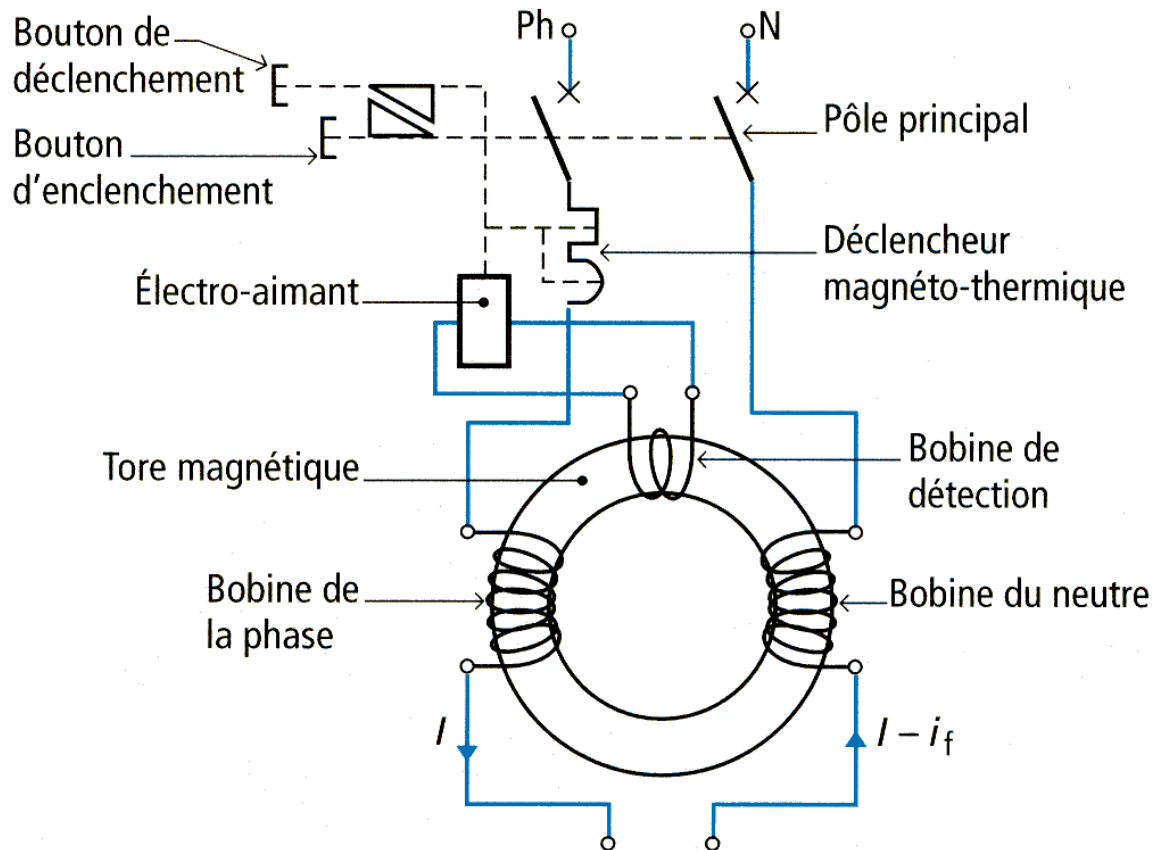
Fonctionnement du dispositif différentiel :

Les lignes de phase et de neutre sont bobinées sur un circuit magnétique en forme de tore.

- En l'absence de courant de fuite, les flux produits par les bobines s'annulent (il ne se passe rien)

- Si un défaut survient, **le courant de fuite produit un déséquilibre de flux dans les bobines**, et un flux magnétique apparaît dans le tore.

Une bobine de détection est traversée par ce flux, ce qui crée une force électromotrice (f.é.m) à ses bornes. Cette tension commande un électro-aimant utilisé comme relais d'ouverture du circuit de puissance (c'est le déclenchement du disjoncteur).

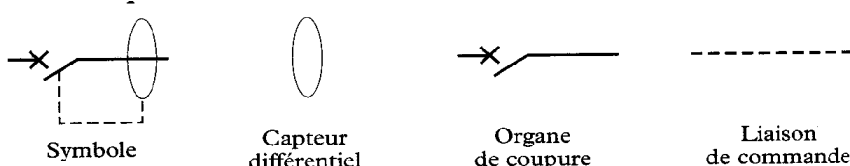


Le

réglage de la sensibilité de déclenchement est possible (limitation du courant de fuite)

- $I_f=500\text{mA}$: disjoncteur placé à l'origine de l'installation (protection matérielle générale)

- $I_f=30\text{mA}$: disjoncteur placé à l'origine du circuit terminal à protéger (réglage utilisé pour la protection des personnes).

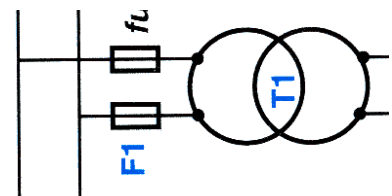


3. Composants de la partie commande PC

3.1. Transformateur basse tension

Un transformateur est utilisé pour créer une basse tension permettant l'alimentation de la partie commande électrique.

On connecte le primaire entre deux phases (L1 et L2 par ex) de l'alimentation triphasée (380V efficace monophasé), la tension du secondaire dépend alors du rapport N_1/N_2 .



Principe

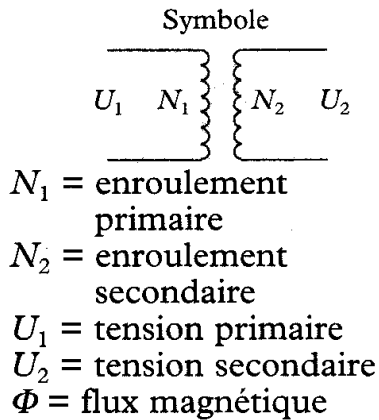
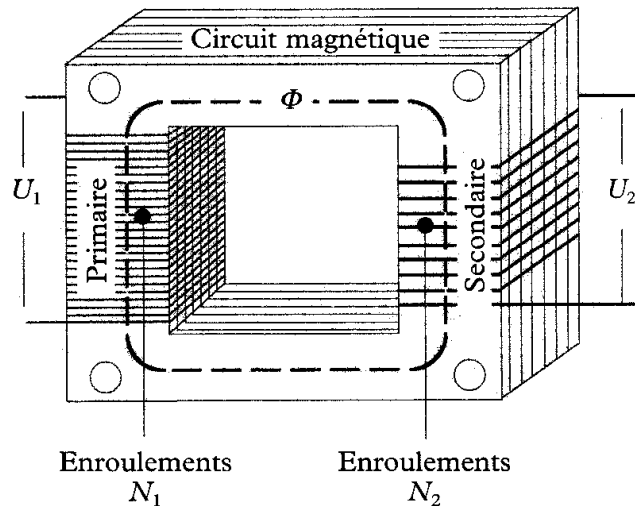


Fig. 1

Schéma constitutif



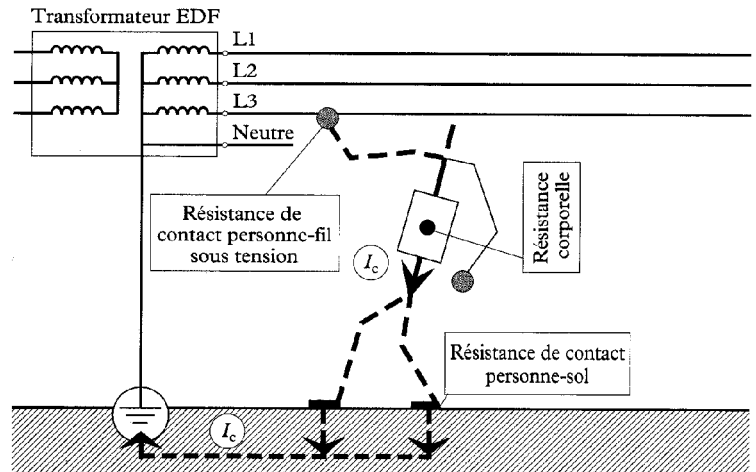
Quelle tension choisir pour l'alimentation du circuit de commande ?

La tension d'alimentation du circuit de commande doit permettre d'éviter tout risque d'électrocution.

Electrocution par contact direct :

Dans ce cas, le corps humain peut être assimilé à une résistance « corporelle » traversée par un courant I_c .

C'est la valeur du courant I_c et sa durée qui permettent d'évaluer les risques encourus.



Résistance corporelle :

La résistance corporelle R_c dépend de la résistance propre du corps et des résistances de contacts par rapport au sol et à la ligne sous tension.

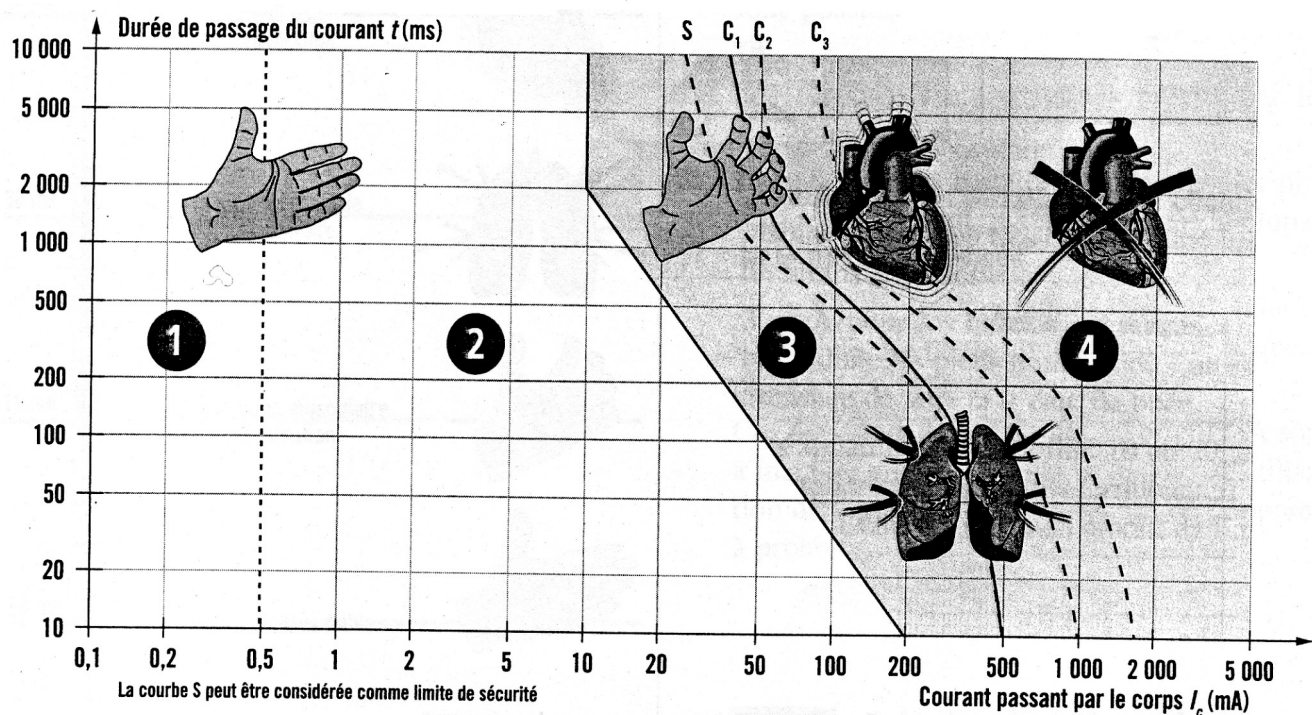
- Pour un contact avec main sèche et semelle isolante :

$$R_c = 50\,000 \, \Omega$$

- Pour un contact avec main humide et pieds nus mouillés :

$$R_c = 1\,000 \, \Omega$$

Effet physiologique du courant :



Nous constatons qu'en dessous d'un courant $I_c = 25\text{mA}$, il n'y a pas (ou très peu) de risques quelque soit la durée d'électrocution.

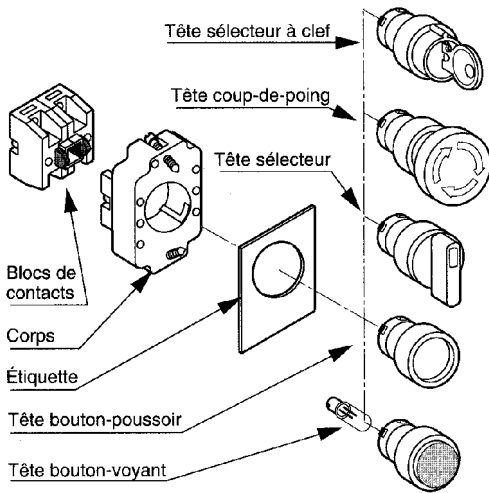
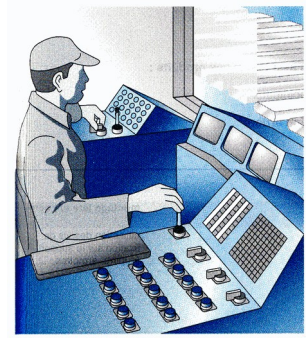
Tension de sécurité :

Une simple loi d'ohm permet de calculer la tension maximale empêchant tout risque lors de l'électrocution :

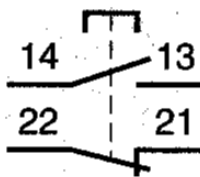
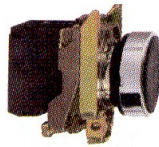
$$U_c = R_c \times I_c$$

La tension du circuit de commande sera donc fixée à $U_c = 24\text{V}$. (Imposée par les normes de sécurités internationales concernant les machines électriques)

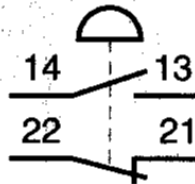
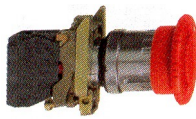
3.2. Dialogue opérateur



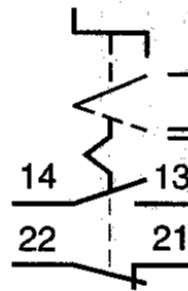
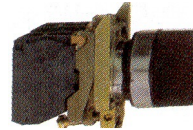
Bouton poussoir



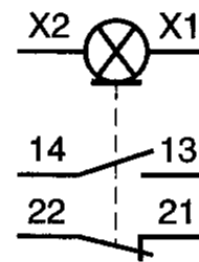
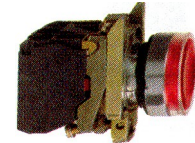
Arrêt d'urgence



Sélecteur bistable



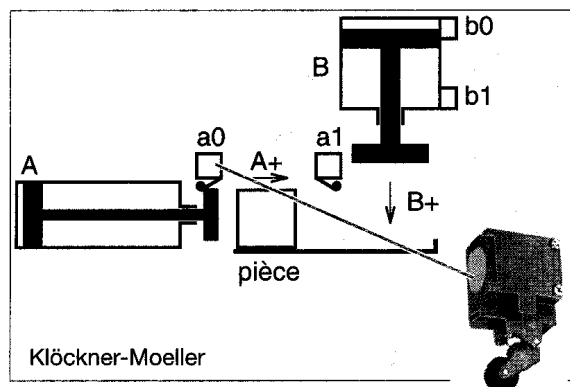
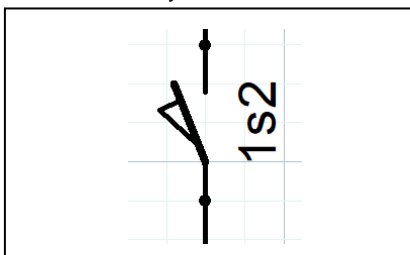
Bouton poussoir lumineux



• Interrupteur de position

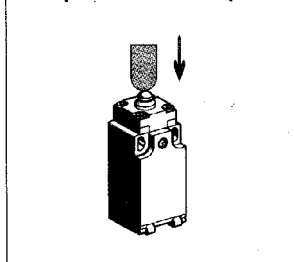
3.3 Détection mécanique

Symbole

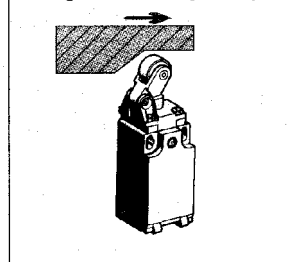


• Dispositifs de commande

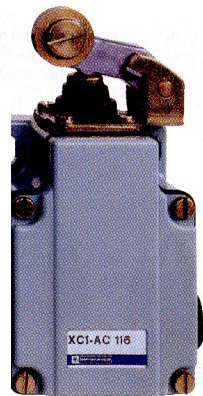
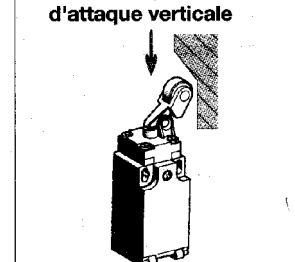
• A poussoir métallique



• A galet thermoplastique



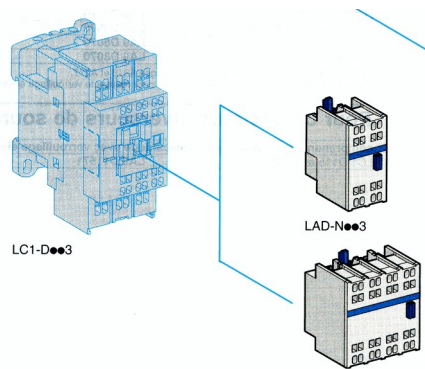
• A levier à galet, un sens d'attaque verticale



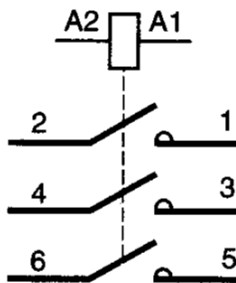
rrupteurs XC1

3.3 Contacts auxiliaires

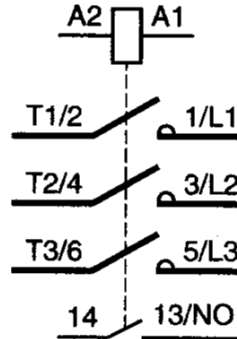
Sur tous les composants comportant des contacts de puissance, il est possible de raccorder un bloc de contacts auxiliaires qui sont actionnés par le même dispositif. (Ces contacts auxiliaires sont ensuite utilisés dans le circuit de commande)



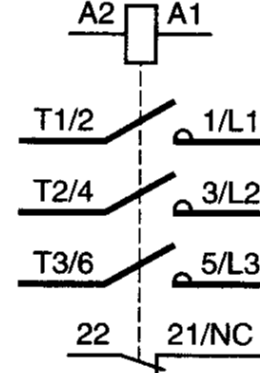
Contacteur sans contacts auxiliaires



Contacteur avec 1 contact auxiliaire NO



Contacteur avec 1 contact auxiliaire NF



Il est possible d'associer jusqu'à 8 contacts auxiliaires par composants en utilisant indifféremment des contacts :

- normalement ouvert (NO)

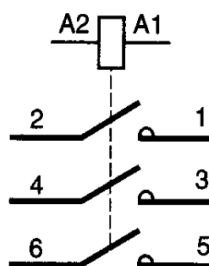
ou

- normalement fermés (NF) appelé aussi normalement connecté (NC)

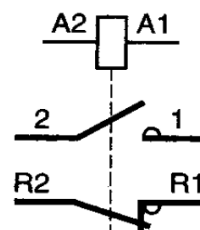
3.4. Bobine de commande

Les bobines rencontrées dans les circuits de commande appartiennent aux contacteurs ou aux relais.

Symbole normalisé d'un contacteur



Symbole normalisé d'un relais



3.5. Voyants

Les voyants rencontrés dans les circuits de commande permettent de dialoguer avec l'opérateur.

symbole

