

APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE INDUSTRIEL



Objectifs

- Différencier les types d'appareillage électrique.
- Comprendre les fonctions de sectionnement, commande et protection.

Public cible:

- 1^{ère} année Licence professionnalisante GIM

INTRODUCTION

La réglementation définit trois fonctions de base pour les appareillages dans la conception d'une installation électrique.

1. Fonction sectionnement

Les sectionneurs ont pour but d'ouvrir visiblement en un point quelconque une installation électrique sans charges.

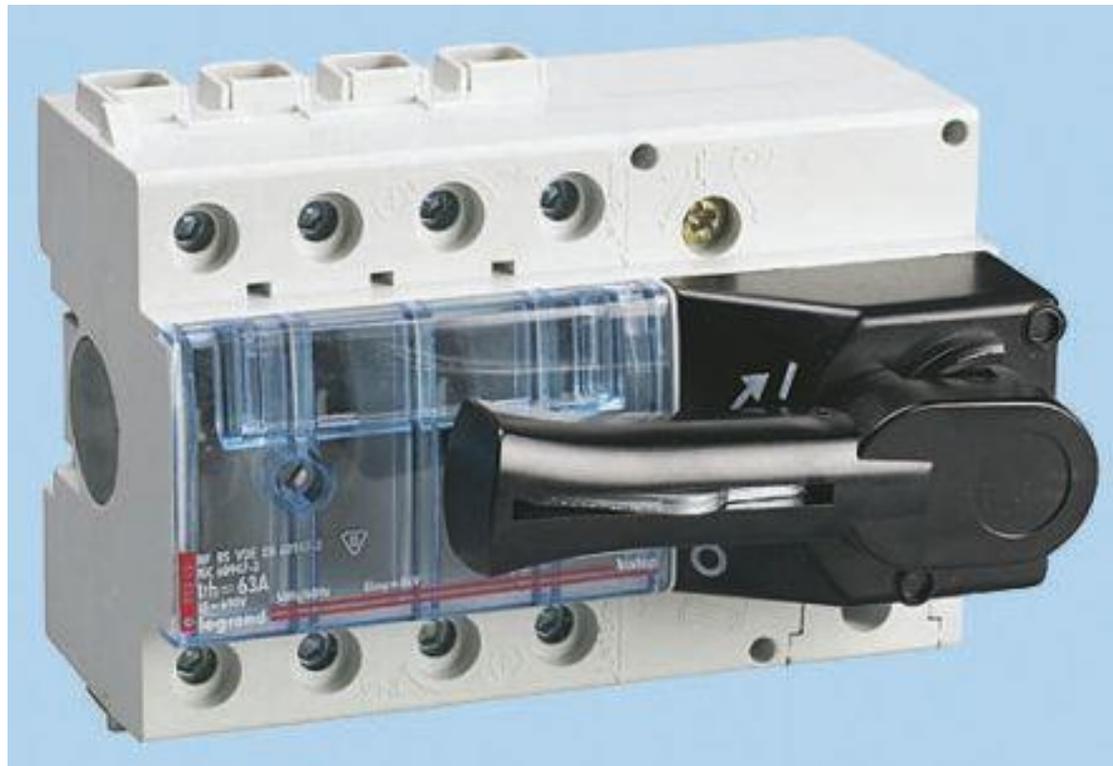
2. Fonction commande

Il existe deux types de commande : La commande fonctionnelle et la commande de sécurité.

3. Fonction protection

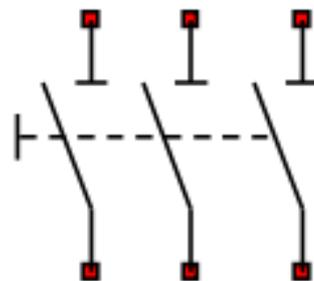
Elle permet de limiter les conséquences destructives ou dangereuses des surintensités ou des défauts d'isolement et de séparer la partie défectueuse du reste de l'installation.

Les appareils de sectionnement

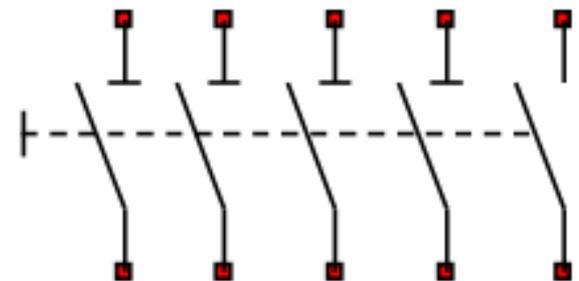


1. Le sectionneur

- C'est un appareil qui permet de séparer (isoler) une partie sous tension en amont d'une partie en aval d'un circuit électrique. L'isolement du circuit se fait à **vide** par ouverture de tous les conducteurs de lignes (mais pas le conducteur PE). Le sectionneur ne possède pas des **pouvoirs de coupure et fermeture**. Le verrouillage se fait par un cadenas.



Sectionneur triphasé
à commande manuelle



Sectionneur à levier 3Ph+N
avec contact auxiliaire

- ***Pouvoir de coupure (PdC)***
- C'est le courant maximal qu'un appareil peut couper en évitant la formation d'un arc électrique qui pourrait retarder dangereusement la coupure du courant. Le sectionneur n'en a aucun, dès qu'il y a coupure, il y a arc électrique.



Figure 02: l'arc électrique

• Le sectionneur porte fusibles

- Il permet **d'isoler et protéger** la partie amont sous tension de la partie aval d'un circuit électrique.

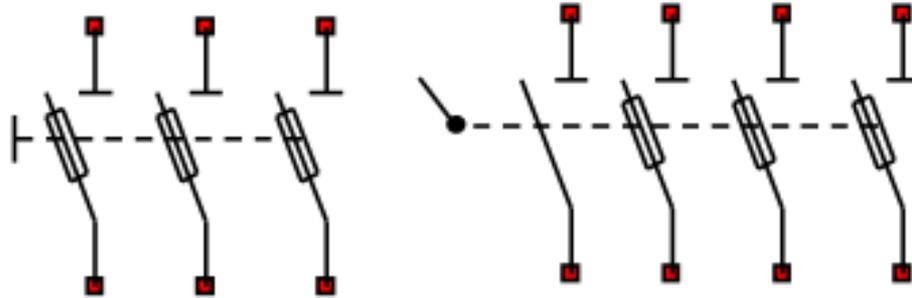


Figure 03: le sectionneur porte fusibles

- **Critères de choix d'un sectionneur porte fusible:**
 - ✓ Calibre et taille.
 - ✓ Classe de protection et tension d'emploi,
 - ✓ Nombre de pôles.

• Interrupteur sectionneur

Il permet de séparer et d'interrompre (ouvrir ou fermer) manuellement un circuit en charge. Il possède un pouvoir de coupure (**Pdc**)

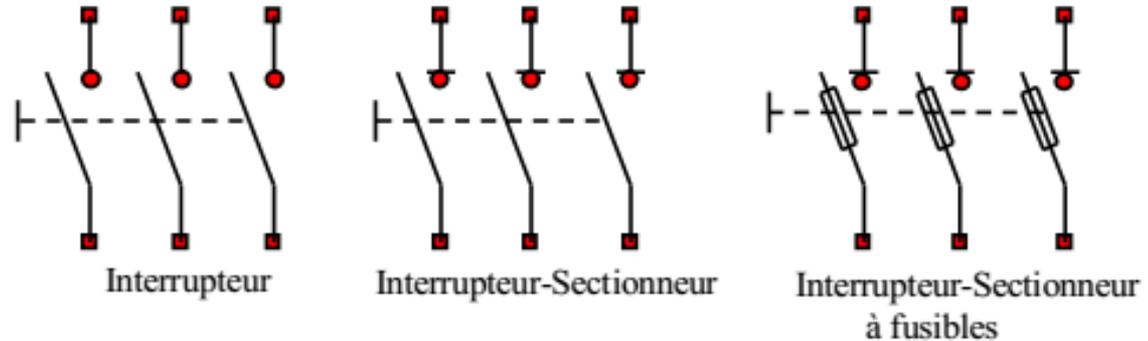


Figure 04: Interrupteur sectionneur

• Choix d'interrupteur sectionneur:

- Courant et tension d'emploi,
- Pouvoir de coupure (**Pdc**): Courant de coupure,
- Nombre de pôles (tripolaire, bipolaire..)

Les appareils de protection



- Les appareils de protection déclenchent en cas des anomalies (surcharges, surintensité, etc....).

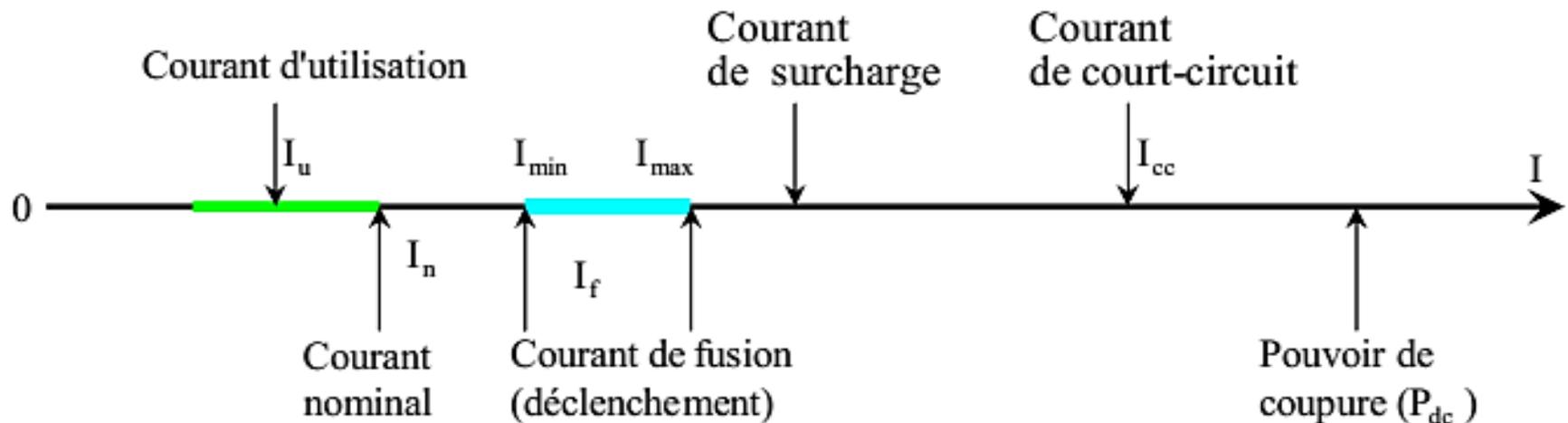


Figure 05: Différentes définitions de courants

- **Caractéristiques**

- Courant d'utilisation: I_u
- Courant nominal : I_n ,
- Surintensité : Démarrage moteur,
- Surcharge: Échauffement thermique,
- Pouvoir de coupure: Courant maximal qu'un dispositif de protection peut couper un circuit **P_{dc}** (kA)

1. Le fusible

- Il protège un circuit électrique contre les courts-circuits par fusion de la partie active du fusible. Il comporte de poutre de silice pour étouffer rapidement l'arc électrique et assurer l'isolement après la coupure. Il existe plusieurs types de fusible

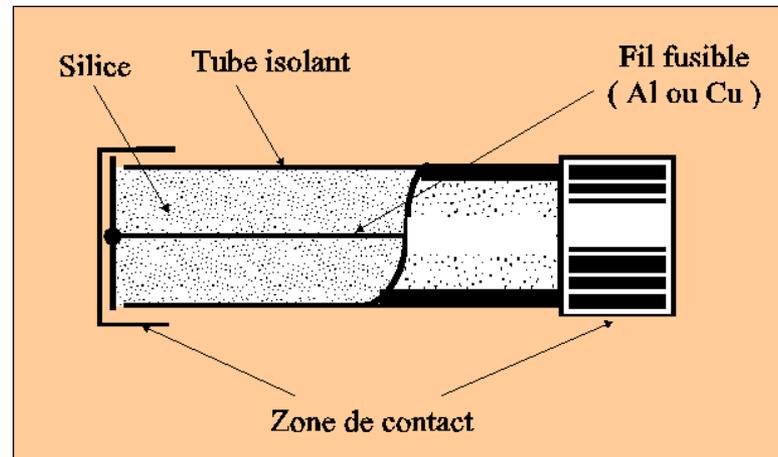
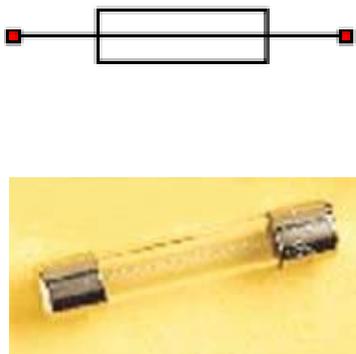


Figure 06: Le fusible

• Types de fusible

- ❑ Les cartouches gG (usage industriel) protègent les circuits électriques contre les faibles et fortes surcharges et contre les courts-circuits.

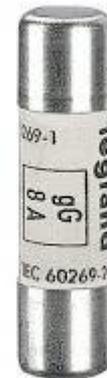


Figure 07: Fusible gG

- **Les cartouches aM** (Accompagnement Moteur) protègent les moteurs asynchrones triphasés contre les fortes surcharges et les courts-circuits.



Figure 08: Fusible aM

- ❑ **Les cartouches UR (Ultra Rapide)** protègent les composants électroniques.

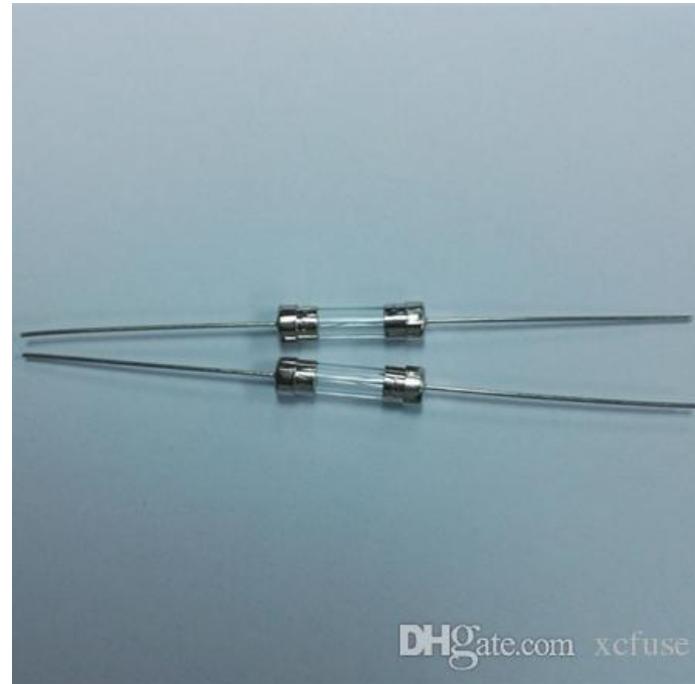


Figure 09: Fusible UR

- **Caractéristiques des fusibles:**
- Tension et courant nominaux: **U_n , I_n**
- Courant de non fusion **I_{nf}** : Courant supporté par le fusible pendant un temps spécifié sans fondre.
- Courant de fusion **I_f** : Courant qui provoque la fusion avant la fin d'un temps spécifié.

- **Courbes temps de fusion**
- La courbe de fusion est la caractéristique donnant le temps de fusion en fonction de courant traversant la cartouche.

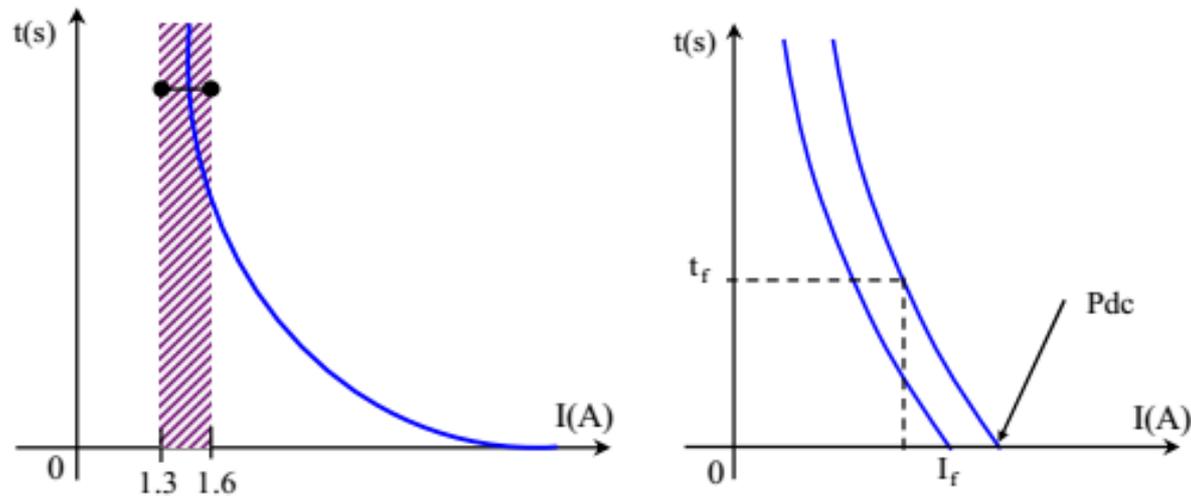


Figure 10: Courbes temps de fusion

2. Le relais thermique

- C'est un organe de protection contre les surcharges.
- Le relais thermique est constitué de bilame métallique qui sont calibrer en fonction de la plage de réglage du relais thermique.
- Au passage du courant, les bilames se déforment mais lorsqu'il y a aura une surcharge, les bilames vont tellement se déformer qu'ils vont faire déclencher le contact.

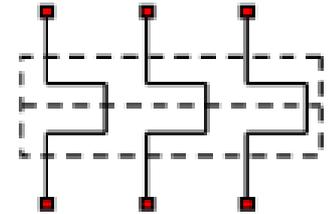


Figure 11: relais thermique

Selon les applications, la durée normale de démarrage des moteurs peut varier de quelques secondes (démarrage à vide) à quelques dizaines de secondes (machine entraînée à grande inertie). Pour répondre à ce besoin la norme définit pour les relais de protection thermique trois classes de déclenchement :

Classe 10 : temps de démarrage inférieur à 10s (applications courantes).

Classe 20 : temps de démarrage inférieur à 20s

Classe 30 : temps de démarrage inférieur à 30s

	1.05 Ir	1.2 Ir	1.5 Ir	7.2 Ir
Classe	Temps de déclenchement à partir de l'état froid			
10A	>2 h	< 2h	< 2 min	$2s \leq t \leq 10s$
10	>2 h	< 2h	< 4 min	$2s \leq t \leq 10s$
20	>2 h	< 2h	< 8 min	$2s \leq t \leq 20s$
30	>2 h	< 2h	< 12 min	$2s \leq t \leq 30s$

3. Le disjoncteur

3.1. Disjoncteur thermique

Il protège un circuit électrique contre les surcharges de courant (surtension dans un réseau électrique) ou un fort appel de courant lors d'un démarrage d'un moteur.

Le déclenchement se fait à $I_r = 7I_n$ pour un temps compris entre $2s \leq t \leq 10s$.

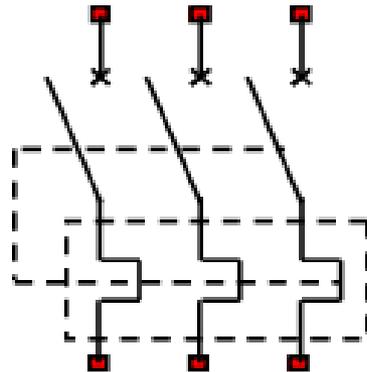


Figure 12: disjoncteur thermique

- Courbe de déclenchement d'un disjoncteur thermique:

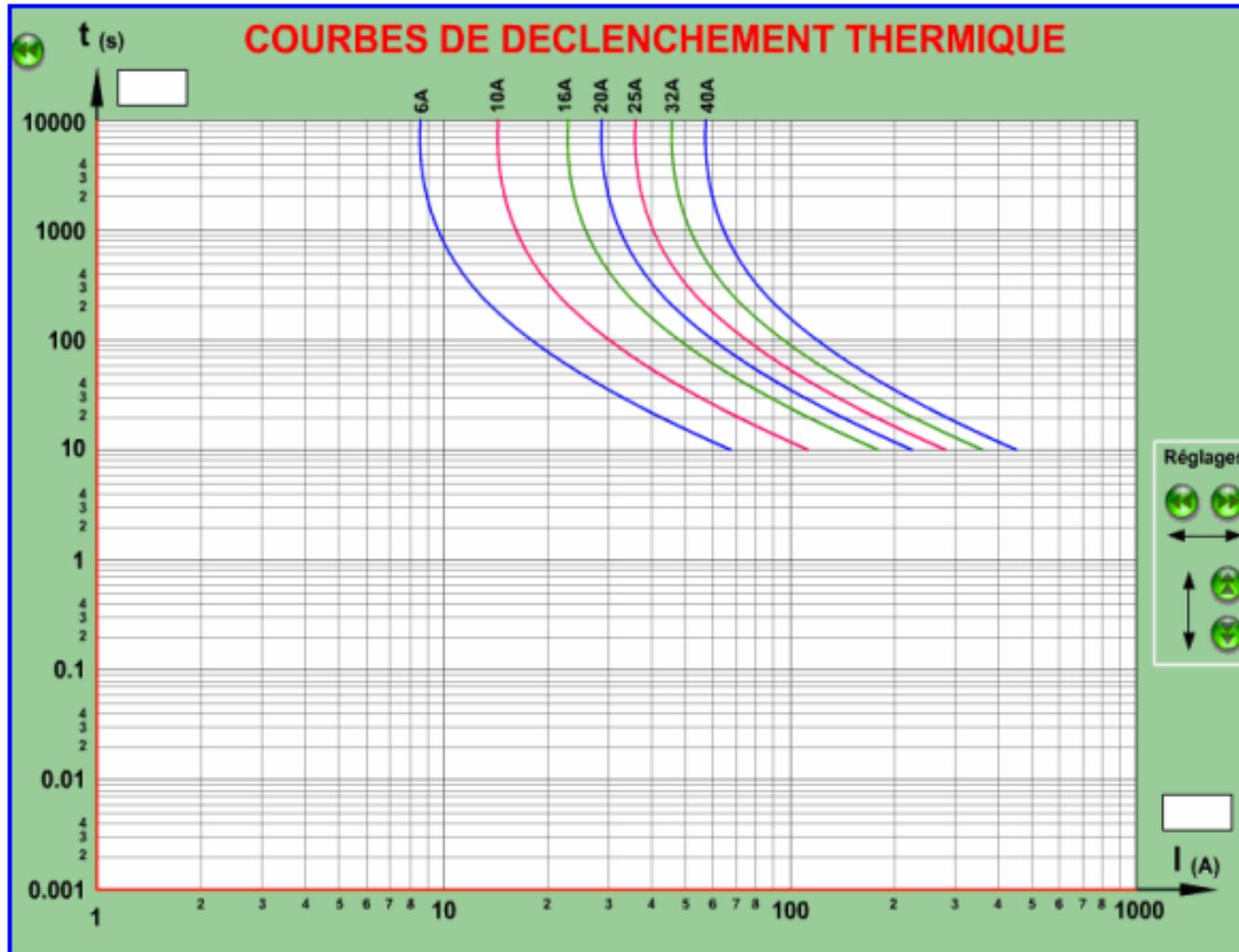


Figure 13: Courbe de déclenchement thermique

3.2. Disjoncteur magnétique

Il protège un circuit électrique contre les courts-circuits (short circuit). Il existe plusieurs types de disjoncteur magnétique.

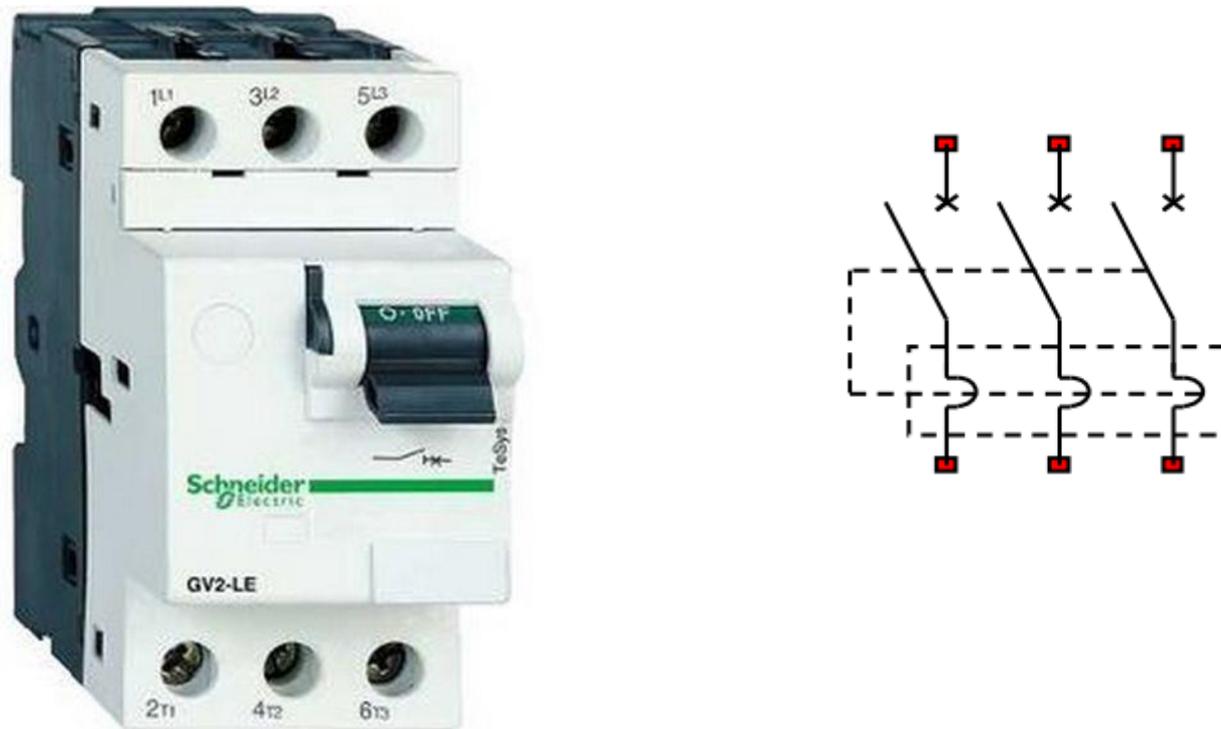


Figure 14: Disjoncteur magnétique

- **Principe de fonctionnement d'un relais magnétique:**
- Le dispositif de protection contre les courts-circuits fonctionne à la base d'un électro-aimant.

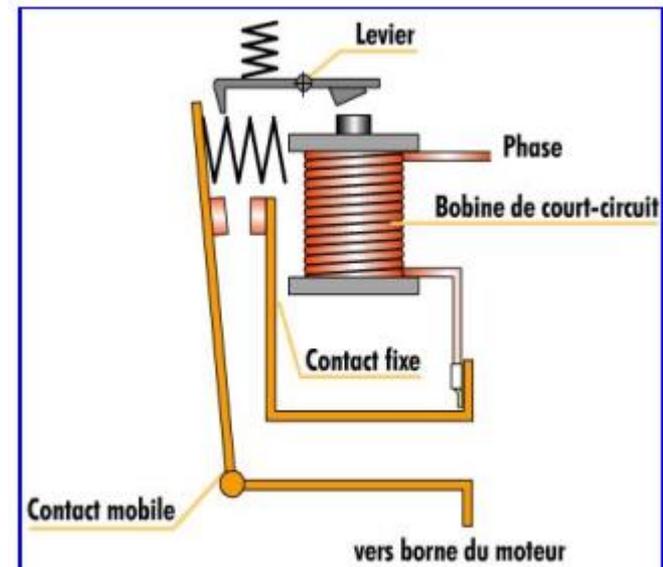
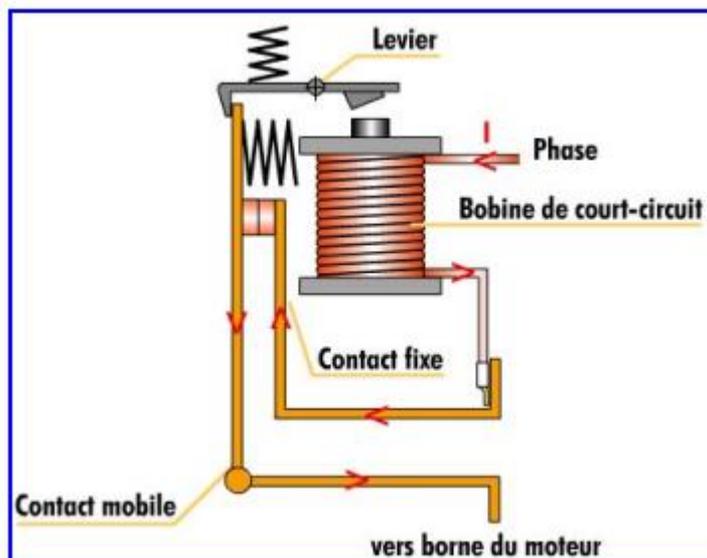


Figure 15: principe de fonctionnement d'un relais magnétique

- Courbe de déclenchement d'un disjoncteur magnétique:

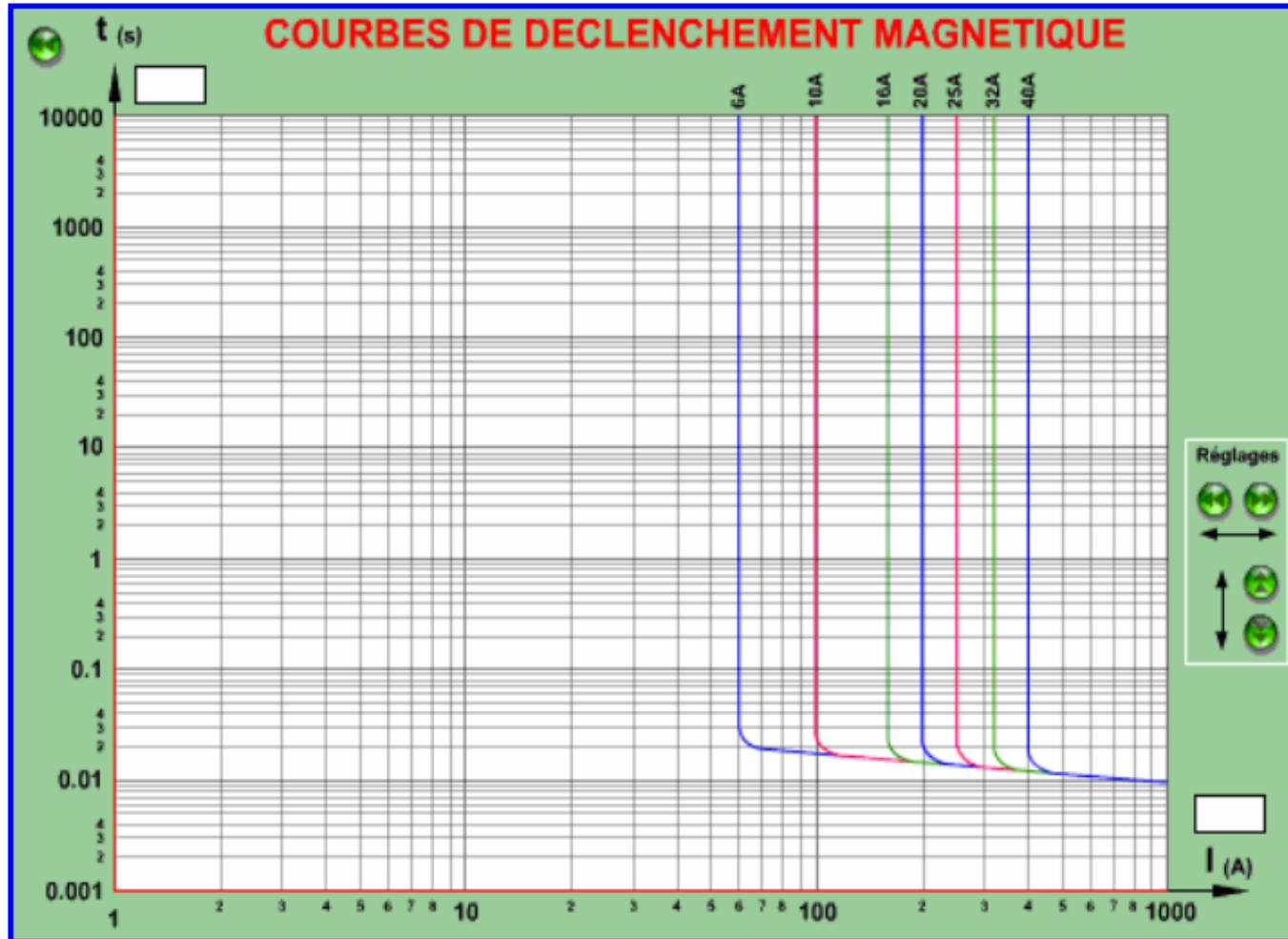
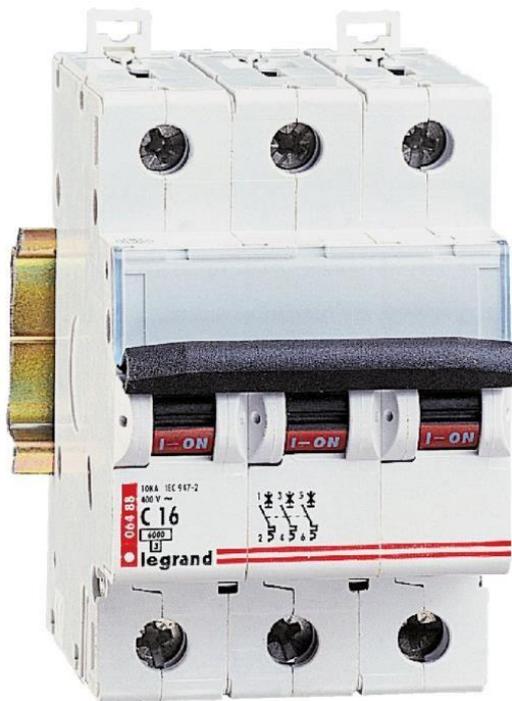


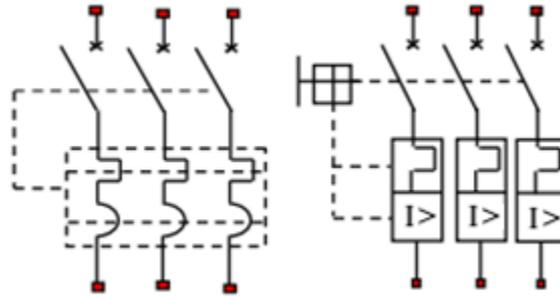
Figure 16: Courbe de déclenchement magnétique

3.3. Disjoncteur magnétothermique

- Il est équipé de deux déclencheurs (thermique et magnétique) et permettant de protéger un circuit électrique contre les courts-circuits et les surcharges de courant.



(a)



(b)

Figure 17: Disjoncteur magnétothermique
(a) Elec Batiment (b) elec industrielle (disjoncteur moteur)

- **Critères de choix d'un disjoncteur magnétothermique:**

- Tension et courant nominaux ; Fréquence,
- Nombre de pôles (unipolaire, bipolaire et tripolaire),
- Pouvoir de coupure (**Pdc**),
- Type de courbe de déclenchement et température ambiante,

- Les courbes de déclenchement d'un disjoncteur magnétothermique représentent:
 1. Les courbes de déclenchement thermique à froid.
 2. Les courbes de déclenchement thermique à chaud.
 3. Les seuils de fonctionnement du déclencheur magnétique.

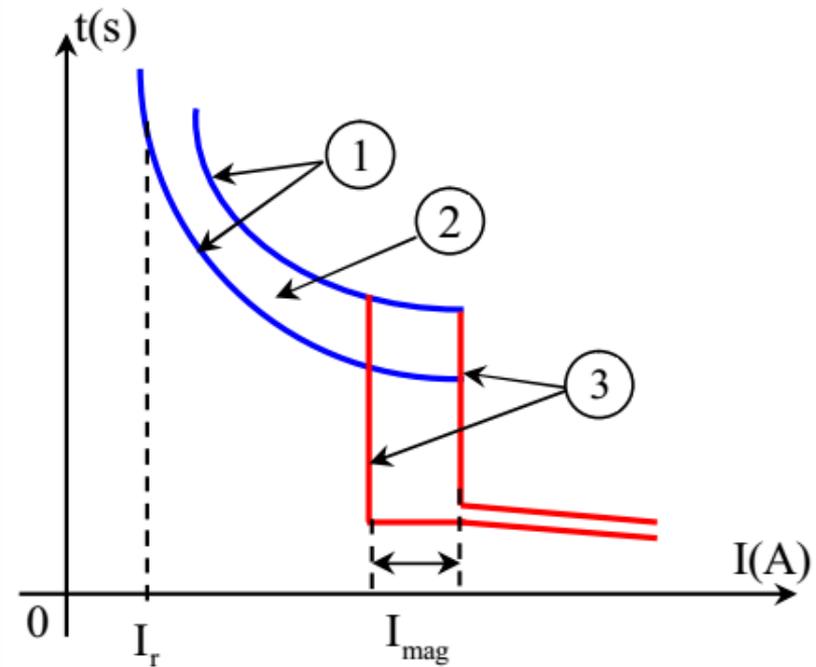
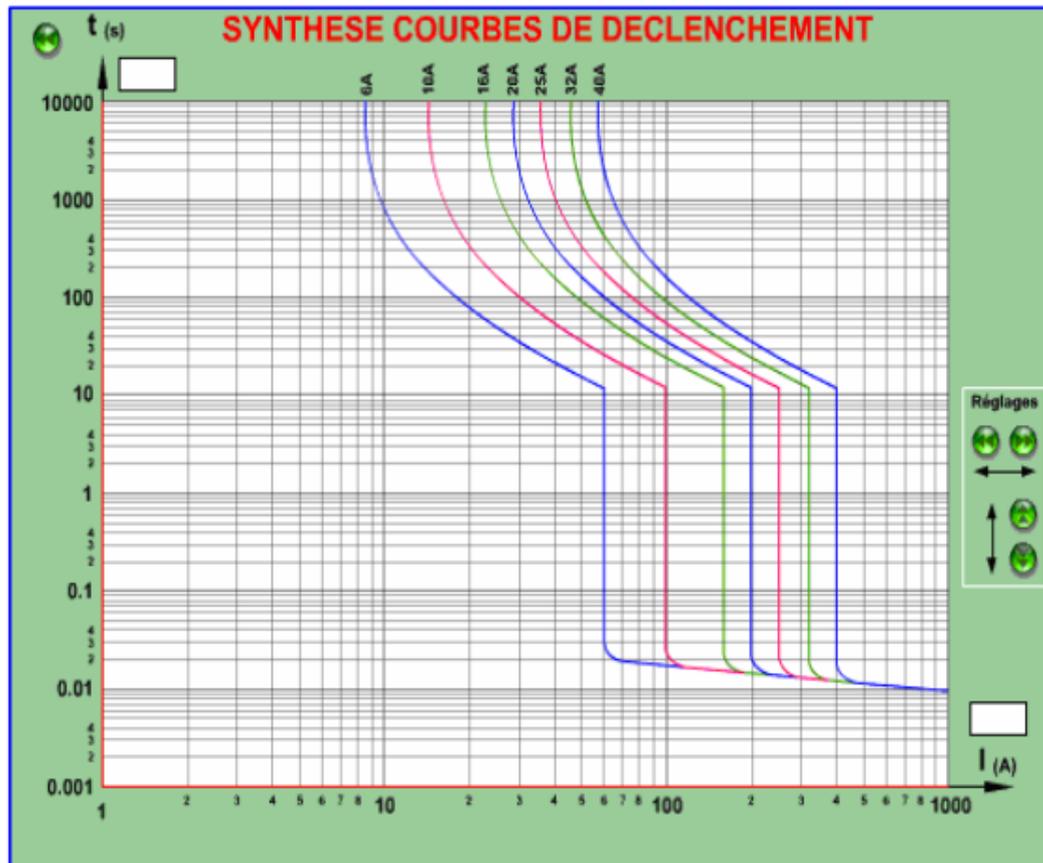


Figure 18: Courbe de déclenchement magnétothermique

Les normes de différentes courbes

Courbe type B:

Plage de fonctionnement entre **3 et 5 Ir**. Ces disjoncteurs protègent les personnes en régime de neutre **IT** ou **TN** pour des longueurs de câbles plus importantes

Courbe type C:

Plage de fonctionnement entre **5 et 10 Ir**. Ces disjoncteurs conviennent aux installations courantes.

Courbe type D:

Plage de fonctionnement entre **10 et 14 Ir**. Ces disjoncteurs sont adaptés aux installations présentant de forts courants d'appel (**transformateurs, moteurs ...**).

Courbe type K:

Ces disjoncteurs possèdent un déclenchement **thermique plus rapide** que les disjoncteurs courbe D.

Courbe type MA:

Plage de fonctionnement **12 Ir**. Ces disjoncteurs ne possèdent pas de déclencheurs thermiques. Ils sont utilisés pour la protection des moteurs associés à un dispositif de déclenchement thermique.

Courbe type Z:

Plage de fonctionnement entre **2.4 et 3.6 Ir**. Ces disjoncteurs protègent les composants électroniques.

Type de courbe	Réglage du déclencheur magnétique		Application
	I_{\min}	I_{\max}	
B	$3.2I_n$	$4.8I_n$	Grandes longueurs de câbles
D ou K	$7I_n$	$10I_n$	Récepteurs classiques
MA	$10I_n$	$14I_n$	Fort appel de courant
MA	$12I_n$		Démarrateur de moteur
Z	$2.4I_n$	$3.6I_n$	Electronique

- **Pouvoir de coupure et de fermeture**

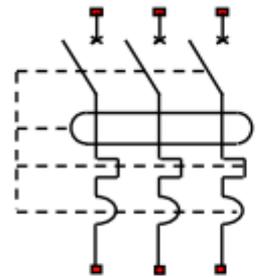
- Le pouvoir de coupure d'un disjoncteur est la valeur maximum de courant d'un court-circuit (présumé) qui peut **interrompre** un circuit sous une tension.
- Le pouvoir de fermeture d'un disjoncteur est la valeur de courant permettant de **fermer** un circuit sous une tension donné

3.4. Disjoncteur et interrupteur différentiels

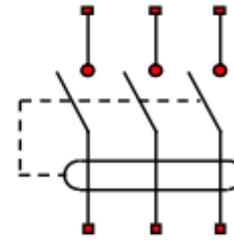
- Il protège les personnes contre les chocs électriques indirects (régime TT contre les contacts indirects), et protège aussi les équipements électriques. Il est caractérisé par:
 - ❑ Tension et courant nominaux; fréquence,
 - ❑ Température,
 - ❑ Courant différentiel résiduel ou sensibilité ($I_{\Delta n}$).



(a)



Disjoncteur différentiel
Triphasé



Interrupteur différentiel
Triphasé



(b)

Figure 19:(a) Disjoncteur différentiel (b) Interrupteur différentiel

- **Principe de fonctionnement d'un DDR à 2 pôles:**



LES APPAREILS DE COMMANDE



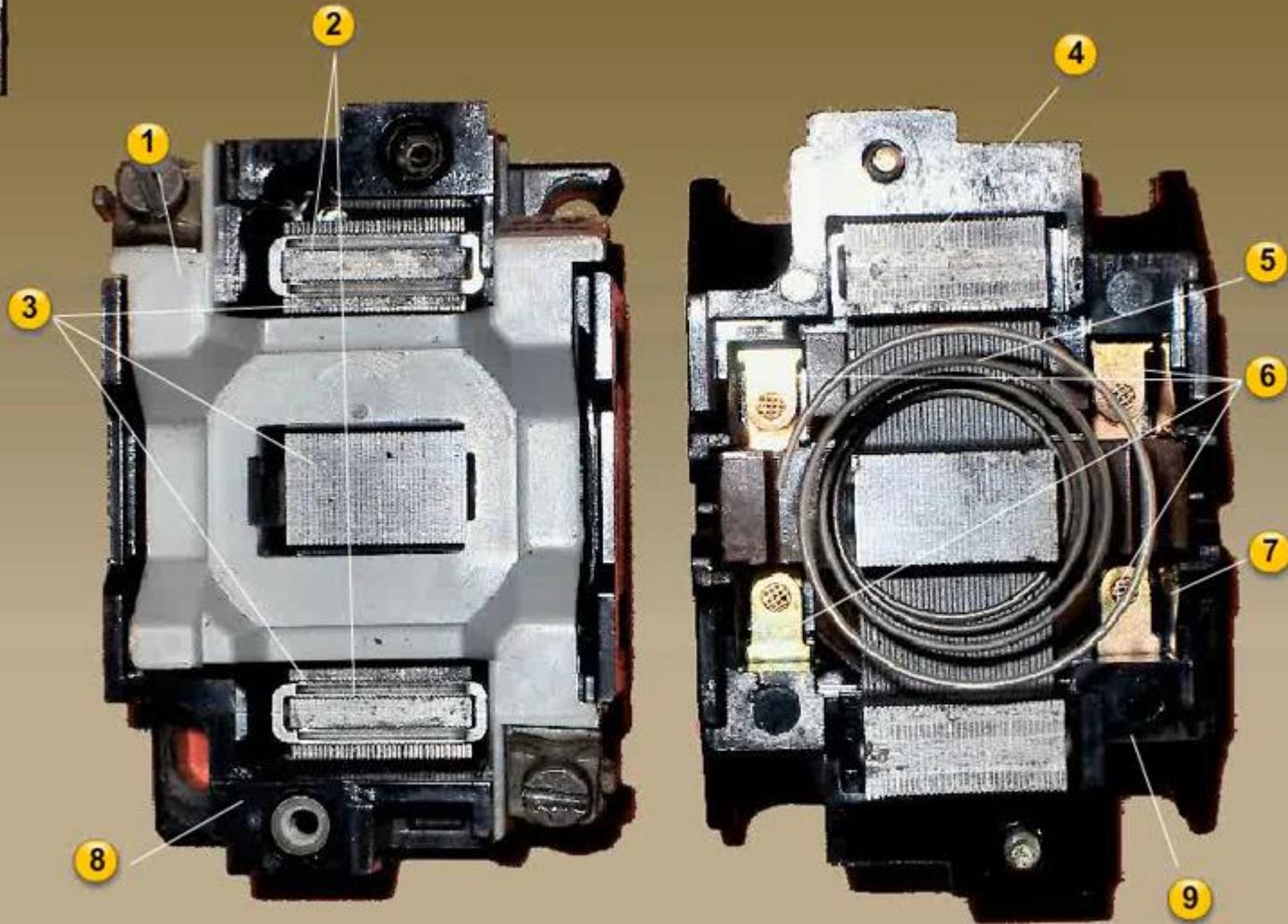
1. Le contacteur

- Le contacteur est un appareil mécanique de connexion ayant une seule position de repos et une seule position de travail.
- Il est capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, y compris les conditions de surcharges en service.
- L'intérêt du contacteur est de pouvoir être commandé à distance.
- Il fait partie de la famille des **pré-actionneurs** puisqu'il se trouve avant l'actionneur dans la chaîne des énergies.
- Un contacteur peut être actionné à partir des éléments du circuit de commande (Bouton poussoir, Capteur, Etc...)



Figure 20: Contacteur électromécanique

CONSTITUTION DES CONTACTEURS

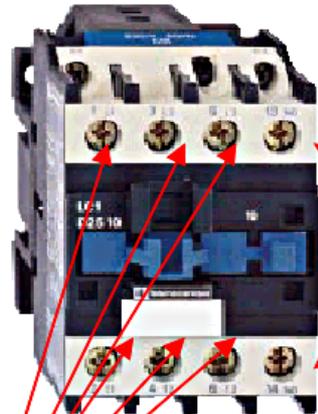
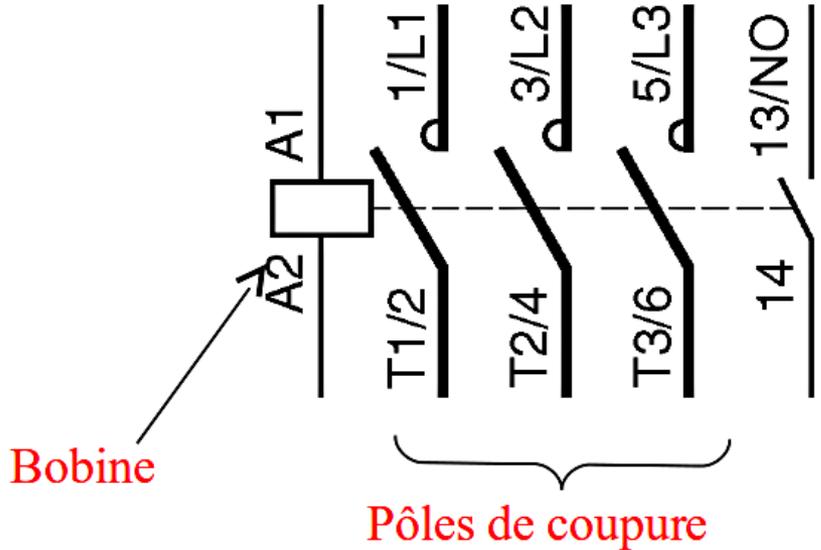


Cliquer sur les numéros pour faire apparaître les légendes.

Principe de fonctionnement



Exemple: contacteur SCHNEIDER



Pôles de coupure (ici 3)

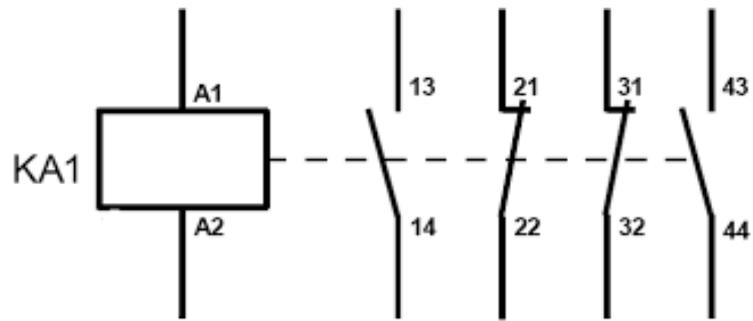


Figure 21: Contacts d'un contacteur

Critère de choix du contacteur

Un contacteur va se choisir suivant :

- Le **courant nominal** traversant les pôles
- Le **nombre de pôle** (nombre de contact de puissance).
- Le type de **contact auxiliaire** (nombre de contact normalement fermé ou ouvert).
- La valeur de **la tension du circuit de commande** (bobine et contacts auxiliaires exemple : 48V)
- Le **type de tension du circuit commande** (alternatif ou continu).
- Le mode de fonctionnement du contacteur défini par la **catégorie d'emploi**.
- La **durée de vie**.

Contacteur : Catégorie d'emploi

- Elle est normalisée et dépend de la nature du courant et du type de récepteur associé au contacteur.
- **En courant alternatif:**

Catégorie	Fonctions à réaliser	utilisation
AC 1	Le contacteur établit I_n et coupe I_n	Résistance, distribution
AC 2	Le contacteur établit I_d ($\approx 2,5 I_n$) et peut couper I_d	Moteur asynchrone à rotor bobiné (démarrage , marche par à-coups ou freinage à contre-courant)
AC 3	Le contacteur établit I_d (≈ 5 à $7 I_n$) et coupe I_n	Moteur asynchrone à cage (coupure moteur lancé)
AC 4	Le contacteur établit I_d (≈ 5 à $7 I_n$) et peut couper I_d	Moteur asynchrone à cage (marche par à coups ou freinage à contre-courant)

- En courant continu

Catégories d'emploi	Applications
DC1	Récepteur résistif
DC2	Moteur shunt lancé
DC3	Moteur shunt calé
DC4	Moteur série lancé
DC5	Moteur série calé

Contacteur : Contacts auxiliaires

- Il est possible que suivant le dispositif de commande du contacteur, le seul contact normalement ouvert auxiliaire ne suffise pas.
- C'est pour cela qu'il existe des blocs auxiliaires instantanés additifs qui regroupent 2 ou 4 contacts en général (2 normalement fermés et 2 normalement ouvert) Contacts auxiliaires instantanées utilisables dans les circuits de commande.

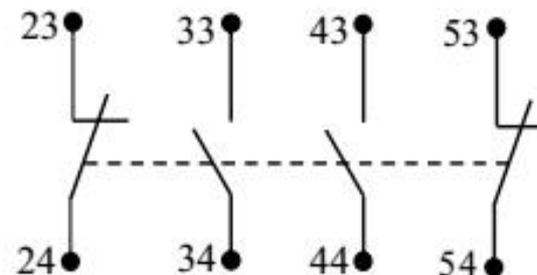


Figure 22: Contacts auxiliaires d'un contacteur

Contacts auxiliaires temporisés

- Il contient des contacts auxiliaires temporisés. Ils ouvrent ou ils ferment un ou plusieurs contacts avec un retard réglable.

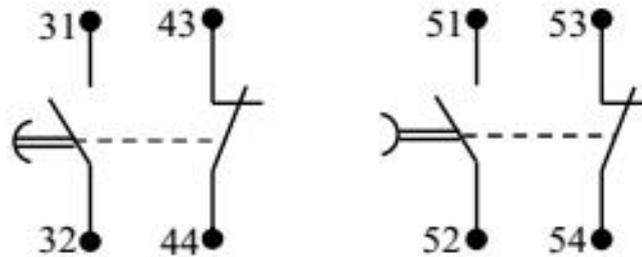


Figure 23: Contacts temporisés d'un contacteur

2. Relais électromagnétique

- Un relais électromagnétique, dans son principe de commutation, s'apparente à un interrupteur mécanique dont la manœuvre serait non pas effectuée manuellement, mais en faisant circuler un courant dans le circuit d'excitation du relais. Ce circuit est constitué par une bobine appelée bobine d'excitation ou bobine de commande.

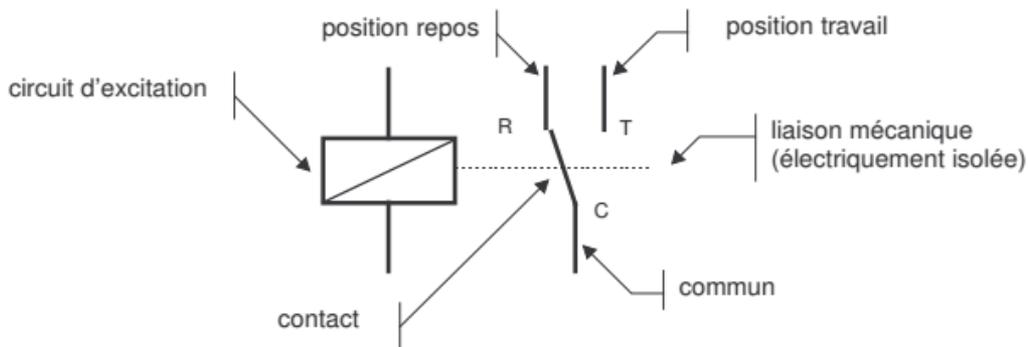
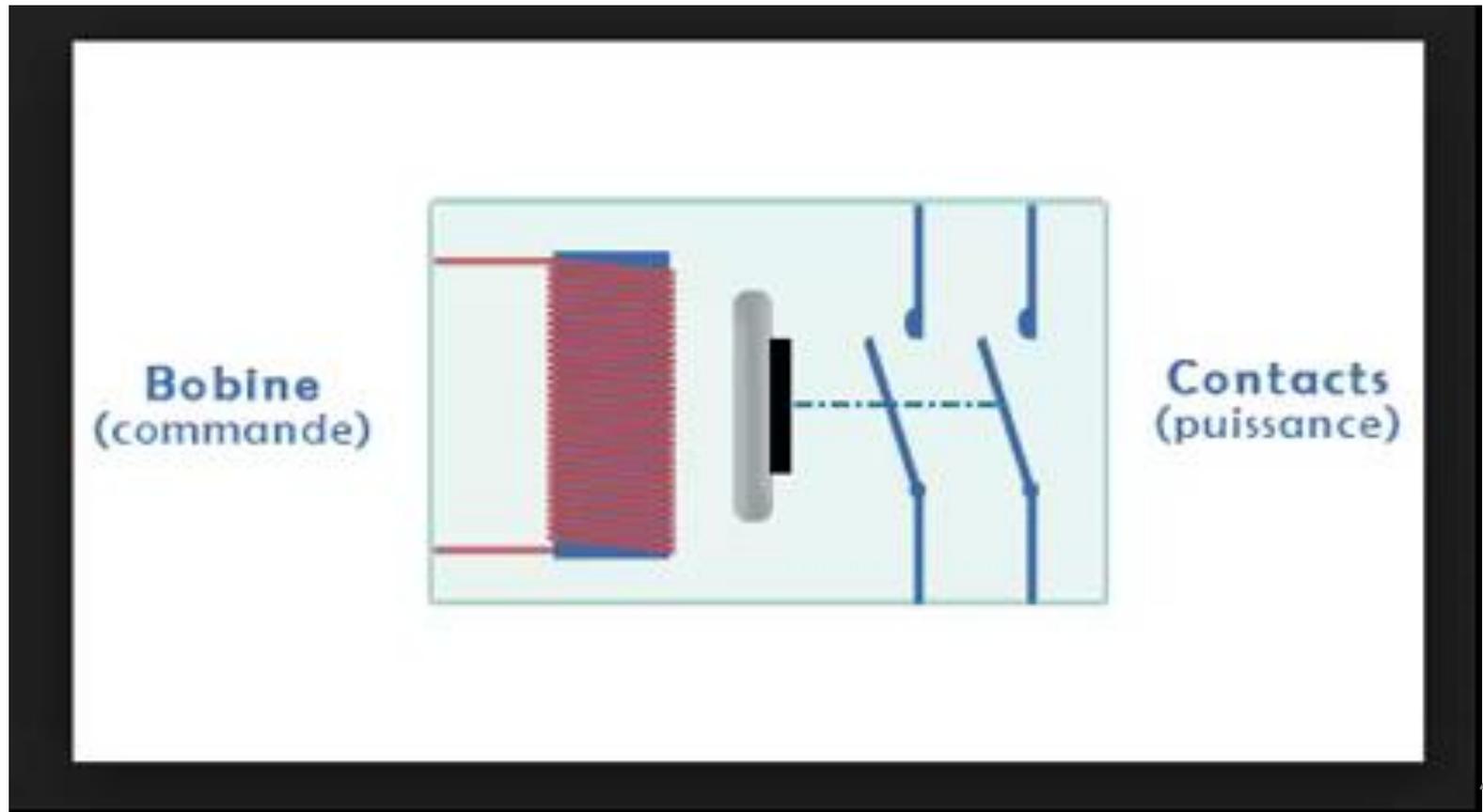


Figure 24: relais électromagnétique

Relais-Principe de fonctionnement

La mise en action du relais par sa bobine de commande demande une puissance électrique faible. Elle provoque l'ouverture ou la fermeture d'un circuit dans lequel circule un courant élevé, et par là même elle peut commander une puissance beaucoup plus grande que la puissance d'excitation.



Relais temporisé

Un relais temporisé est un composant d'automatisme simple qui permet de gérer des actions dans le temps ou le temps des actions. Le relais temporisé est un organe de commande qui déclenche une action selon un temps et une fonction. A l'issue d'un temps préalablement déterminé, le relais temporisé assure la fermeture ou l'ouverture d'un ou plusieurs contacts.



Figure 25: relais temporisé

temporisation au travail:

bobine d'un relais temporisé dont les contacts sont temporisés lorsque la bobine est alimentée
l'enclenchement (on delay) (fig 26)

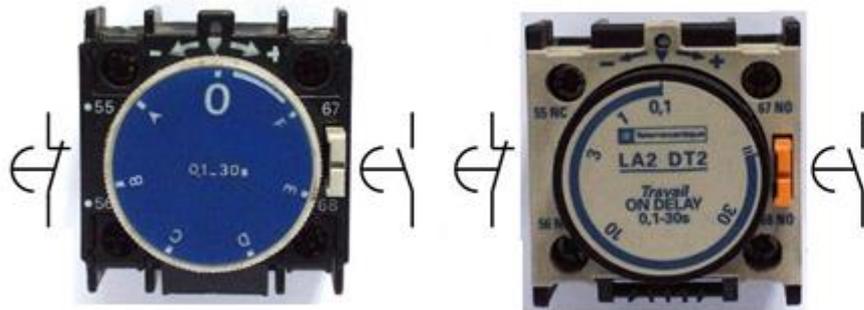
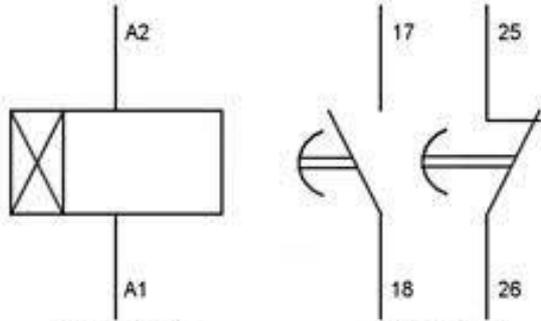


Figure 26: bloc auxiliaire temporisé au travail

temporisation au repos:

bobine d'un relais temporisé dont les contacts sont temporisés lorsque la bobine n'est pas alimentée
déclanchement (off delay) (fig 27)

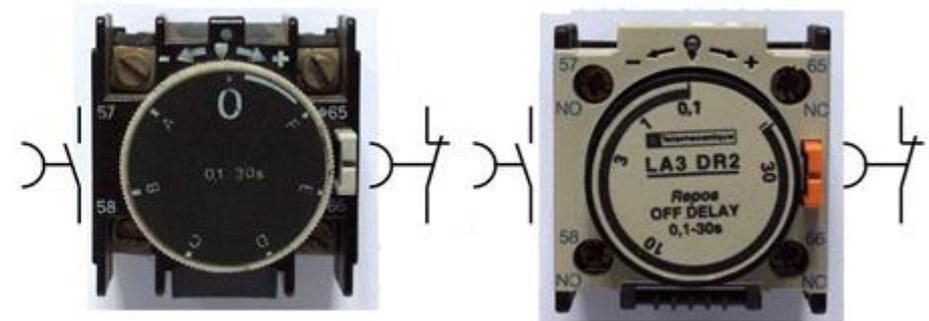
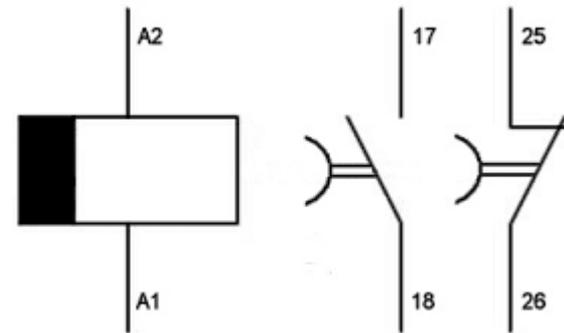


Figure 27: bloc auxiliaire temporisé au repos

3. Les appareils de commande manuelle

3.1. Interrupteur

Il permet d'établir ou interrompre (fermer ou ouvrir) un circuit électrique d'une façon manuelle.

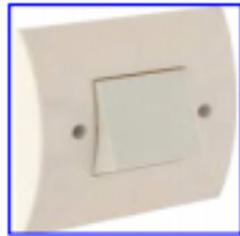


Figure 28: Interrupteur

3.2. Commutateur

Il permet d'établir ou interrompre un ou plusieurs circuits électriques d'une façon manuelle. Il possède plusieurs positions de fonctionnement. Il existe plusieurs types de commutateurs.

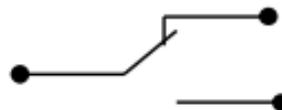


Figure 29: Commutateur

3.3. Bouton poussoir et boite à BP

C'est un appareil de commande qui ne possède qu'une seule position stable. Il existe plusieurs types de boutons poussoirs (*Bush Putton*).

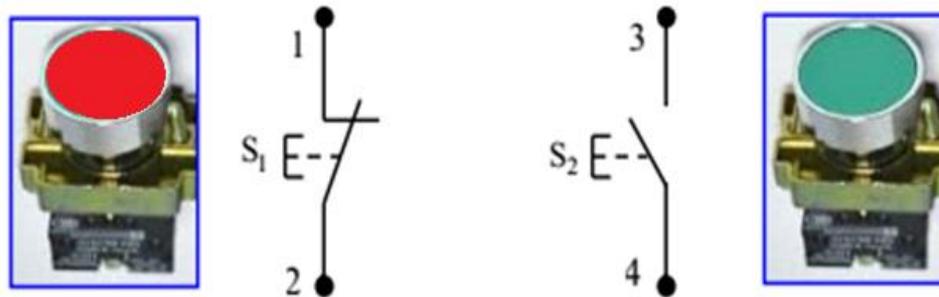


Figure 30: Bouton poussoir

La boite à boutons poussoirs peut être de 2BP (marche et arrêt) ou bien de 3BP (arrêt, marche avant et marche arrière).



Figure 31: Boite à bouton poussoir

4. Signalisations

Les circuits et équipement électriques doivent être signalés par des lampes de signalisation de différents couleurs (fig,32) ou par des appareils de sonores (sonnerie) ou tous les deux en même temps (fig,33).

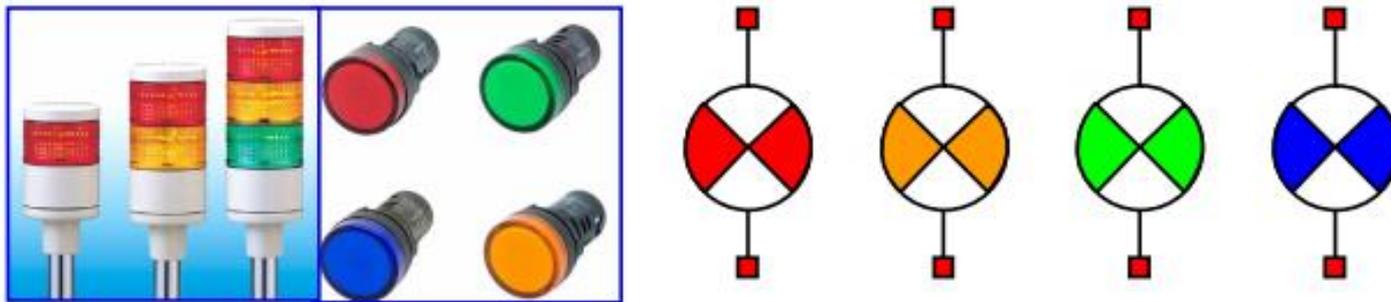


Figure 32: Lampes de signalisation

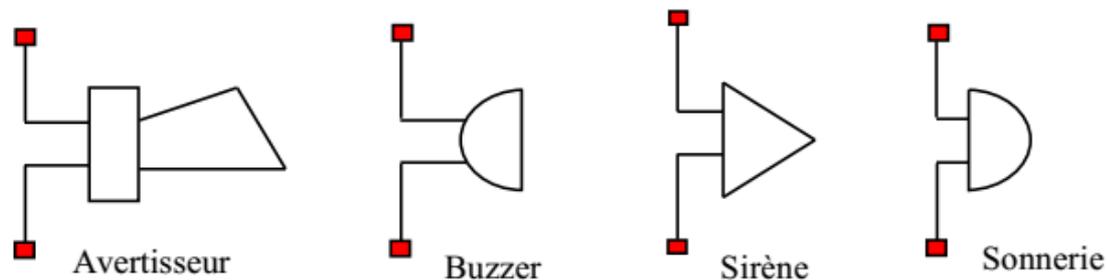


Figure 33: Appareils sonores

Coffret électrique

- Le coffret électrique doit être alimenté par un câble de cinq conducteurs (3Ph+N+E) ou quatre conducteurs (3Phases+E) raccordé directement en amont de l'interrupteur sectionneur général.
- Suivant la fonction et la nature du réseau dans lequel le conducteur est placé, celui-ci a une couleur définie par la norme:
- **Noir**: Circuit de puissance (alternatif et continu),
- **Rouge**: Circuit de commande (alternatif),
- **Bleu**: Circuit de commande (continu),
- **Bleu clair**: Neutre des circuits de puissance (quand ils ne sont pas utilisés pour la mise à la terre),
- **Orange**: Circuit de commande en permanence sous tension,
- **Vert et jaune**: Protection électrique.

Références

- 1- Manuel de cours et exercice: ELECTRICITE INDUSTRIELLE, Soyed abdessamai.
- 2- https://sti2d.ecolelamache.org/partie_3le_schma_lectrique.html
- 3- **TeSys D, Contacteurs 0,06 kW à 75 kW,**
<https://www.se.com/dz/fr/product-range/664-tesys-d/>