

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf MILA**

**Institut des sciences et de la technologie**

**Département de Génie Mécanique**

**Electromécanique**

**Polycopié de**

Cours 3<sup>ème</sup> année LMD Electromécanique

# **Appareillages et schémas électriques**

**Préparé par**

**Dr. TIAR Mourad**

**Maître de Conférence « B »**

## Table des matières

<b>AVANT-PROPOS.....</b>	<b>3</b>
<b>CHAPITRE 1 : GENERALITE SUR L'APPAREILLAGE .....</b>	<b>5</b>
I. INTRODUCTION.....	6
II. COMMENT CHOISIR ET CLASSIFIER L'APPAREILLAGE ELECTRIQUE.....	6
III. CONTACT ELECTRIQUE .....	8
<b>CHAPITRE 2 : PHENOMENES LIES AUX COURANTS ELECTRIQUES.....</b>	<b>9</b>
I. LES SURINTENSITES.....	10
I.1. La surcharge .....	10
I.2. Le court-circuit .....	11
II. LES SURTENSIONS .....	13
III. LES EFFORTS ELECTRODYNAMIQUES .....	13
IV. RIGIDITE DIELECTRIQUE.....	13
V. ISOLANT ELECTRIQUE.....	14
VI. CLAQUAGE ELECTRIQUE.....	14
VII. IONISATION DES GAZ .....	14
<b>CHAPITRE 3 : PHENOMENES D'INTERRUPTION DU COURANT ELECTRIQUE.....</b>	<b>15</b>
<b>I. DEFINITION DE L'ARC ELECTRIQUE.....</b>	<b>16</b>
II. NAISSANCE D'UN ARC ELECTRIQUE A LA COUPURE D'UN CIRCUIT.....	16
III. COUPURE DE L'ARC ELECTRIQUE .....	18
IV. INCONVENIENTS ET DANGERS DE L'ARC ELECTRIQUE .....	18
V. PROCESSUS DE COUPURE AVEC L'ARC ELECTRIQUE.....	18
VI. LES MILIEUX DE COUPURE.....	19
VI.1. La coupure dans l'air.....	22
VI.2. La coupure dans l'huile .....	23
VI.3. La coupure dans le vide .....	24
VI.4. La coupure dans le SF6 .....	24
<b>CHAPITRE 4 : FONCTIONS DE L'APPAREILLAGE ELECTRIQUE.....</b>	<b>26</b>
I. APPAREILLAGES DE CONNEXION .....	27
I.1. Contacts permanents.....	27
I.2. Bornes de connexion.....	27
I.3. Prises de courant.....	27
I.4. Sectionneur .....	28
II. APPAREILLAGES DE D'INTERRUPTION ET DE COMMANDE .....	31
II.1. Les interrupteurs .....	31
II.2. Les interrupteurs-sectionneurs .....	32
II.3. Le contacteur .....	33
III. APPAREILLAGES DE PROTECTION.....	40

III.1. Le fusible.....	41
III.2. Relais thermique .....	47
III.3. Relais magnétique (électromagnétique).....	51
III.4. Relais magnéto-thermique.....	53
III.5. Discontacteurs.....	53
III.6. Disjoncteur.....	54
<b>CHAPITRE 5 : ÉLABORATION DES SCHEMAS ELECTRIQUES.....</b>	<b>62</b>
I. INTRODUCTION .....	63
II. Schémas électrique.....	63
III. Classifications des schémas.....	65
1. Classification selon le but envisagé.....	65
a. Schéma fonctionel.....	65
b. Schéma des circuits ( de principe ).....	65
c. Schéma d'équivalence.....	65
d. Schéma de réalisation.....	65
2. Classification selon le mode de représentation.....	65
a. Nombre de conducteur .....	65
b. Emplacement des symboles.....	67
IV. Identification des éléments.....	69
1. Définition .....	69
2. Principe d'identification.....	69
a. Identification de la sorte d'élément.....	69
b. Identification de la fonction de l'élément.....	70
c. Identification des bornes d'appareils .....	71
3. Principe de marquage des bornes .....	71
a. Pour un élément simple .....	71
b. Pour un groupe d'élément .....	72
c. Pour plusieurs groupes semblables.....	72
d. Lettres de référence .....	73
4. Principe de marquage des contacts .....	73
a. Contacts principaux .....	73
b. Contacts auxiliaires.....	73
c. Organe de commande .....	74
d. Marquages particuliers.....	74
VI. Repérage des conducteurs sur les schémas.....	75
a. Repérage dépendant.....	75
b. Repérages indépendant .....	75
c. Repérages particulières.....	76
d. Méthode de repérage en schéma développé.....	76
Conclusion .....	78

## **Avant-Propos**

Ce polycopie est Conçu pour faciliter la compréhension, l'apprentissage ainsi que la révision, ce support propose un cours simple pour accompagner les étudiants de la troisième année licence **LMD** spécialité : Electromécanique.

Ce support rassemble les connaissances essentielles traitant le fonctionnement, la technologie et la mise en œuvre du matériel électrique utilisé dans les réseaux électriques. Il sert aux étudiants d'une aide précieuse, leurs permettant de comprendre la structure du matériel des réseaux électriques tels que, les disjoncteurs, les interrupteurs, les sectionneurs, les contacteurs, de spécifier les équipements électriques, de savoir lire les schémas électriques, et de faire la différence entre marquages se trouvant sur un schéma électrique.

# **Chapitre 1**

## **L'appareillage électrique**

### **Concepts & Généralités**

## **I. Introduction**

Afin d'obtenir une protection, une exploitation sûre et ininterrompue d'un réseau électrique, on fait appel à l'appareillage électrique. Une délicate mission incombant fondamentalement à l'appareillage électrique, dont le rôle est d'assurer en priorité la protection automatique de ces circuits contre tous les incidents susceptibles d'en perturber le fonctionnement, mais aussi d'effectuer sur commande les différentes opérations qui permettent de modifier la configuration du réseau dans les conditions normales de service.

Pour remplir ses fonctions avec fiabilité et disponibilité, de nombreuses aptitudes :

- ✓ Supporter des contraintes diélectriques dues à des ondes de chocs (causées par la foudre ou une manœuvre d'appareils) ou à des tensions à fréquence industrielle ;
- ✓ Assurer un passage de courant permanent ou de court-circuit, sans aucun échauffement excessif et dégradation des contacts ;
- ✓ Avoir la possibilité de fonctionner dans des conditions atmosphériques défavorables : à haute ou à basse température, en altitude où la densité de l'air est plus faible, parfois sous forte pollution (pollution marine, vents de sables...) ;
- ✓ Etre en mesure de supporter des séismes avec une accélération au sol égale à 0,2g ou 0,5g ;
- ✓ Et principalement, pour un disjoncteur, être capable d'interrompre tous les courants inférieurs, à son pouvoir de coupure (courants de charge et courants de court-circuit).

Une presque parfaite fiabilité lui est exigée; des opérations de maintenance légères et limitées dans la mesure où ces interventions sont à la fois coûteuses et gênantes pour l'exploitation.

## **II. Comment choisir et classier l'appareillage électrique ?**

Sélectionner l'appareillage électrique adapté au récepteur exige une bonne connaissance du comportement du récepteur lors de l'utilisation normale et lors de dysfonctionnement en prenant en considération la cadence de fonctionnement, le risque de surcharge, la résistance aux courts-circuits et la résistance aux surtensions [1].

L'appareillage électrique est classé en plusieurs catégories selon  $I_e/I_a/I'$ :

## 1. Fonction

Afin d'adapter la source d'énergie au comportement du récepteur, cinq grandes fonctions à remplir par l'appareillage électrique sont à définir: Le/La/L :

- ✓ Sectionnement
- ✓ Interruption
- ✓ Protection contre les courts-circuits
- ✓ Protection contre les surcharges
- ✓ Commutation

## 2. Tension

Trois domaines de tension (suivants) sont à distinguer:

- ✓ Basse tension (BT) concernant les tensions inférieures à 1 kV ;
- ✓ Moyenne tension MT (HTA) qui concerne les tensions entre 1 kV et 50 kV ;
- ✓ Haute tension HT concernant les tensions supérieures à 50 kV.

## 3. Destination :

Les appareillages doit fonctionner dans les réseaux ou installations principaux suivants:

- ✓ Installations domestiques BT (< 1 kV) ;
- ✓ Installations industrielles BT (< 1 kV) ;
- ✓ Installations industrielles HT (3,6 à 24 kV) ;
- ✓ Réseaux de distribution (< 52 kV) ;
- ✓ Réseaux de répartition ou de transport ( $\geq 52$  kV) .

## 4. Installation :

Deux types d'installation des appareillages électrique sont :

- ✓ Intérieur, qui est destiné à être installé uniquement à l'intérieur d'un bâtiment.
- ✓ Extérieur, qui est prévu pour être installé à l'extérieur des bâtiments

## 5. Type de matériel :

On distingue deux types :

- ✓ le matériel ouvert, dont l'isolation externe est faite dans l'air;
- ✓ le matériel sous enveloppe métallique ou blindé.

## 6. Température de service

Un appareillage électrique est prévu pour fonctionner avec les températures normales de service suivantes:

- ✓ Maximale de l'air ambiant n'excède pas 40 °C et sa valeur moyenne, mesurée pendant une période de 24 h, n'excède pas 35 °C ;
- ✓ Minimale de l'air ambiant n'est pas inférieure à - 25 °C ou - 40 °C.

### **7. Technique de coupure :**

L'appareillage électrique est riche d'inventions diverses, de principes de coupure performants, de technologies très variées utilisant des milieux pour la coupure que l'air à pression atmosphérique, l'huile, l'air comprimé, l'hexafluorure de soufre et le vide.

Des points communs subsistent pendant toute son évolution, dont on cite : L/La

- ✓ Amorçage d'un arc entre deux contacts,
- ✓ Interruption du courant
- ✓ Recherche permanente de la réduction des énergies de manœuvre.
- ✓ Réduction des surtensions,

## **III. Contact électrique**

### **1. Définition :**

Tout système permettant le passage d'un courant électrique à travers deux éléments de circuit mécaniquement dissociables, est dit 'contact électrique'.

### **2. Caractéristiques et catégories :**

Un contact électrique est caractérisé aussi bien par :

- ✓ sa résistance de contact,
- ✓ sa résistance à l'érosion,
- ✓ sa résistance à l'oxydation.

Afin d'optimiser ses caractéristiques, les surfaces destinées à assurer la fonction de contact sont recouvertes par plaquage, ou comportent une partie massive ajoutée, d'un matériau particulier tel que l'Or, le platine (Palladium) et le Tungstène [2].



**Chapitre 2**

**PHÉNOMÈNES LIÉS AUX**

**COURANTS**

**ÉLECTRIQUES**

## **Introduction**

Deux grandeurs électriques ont une influence directe sur la conception des appareillages

Le/La :

- ✓ Courant électrique va conditionner la notion de pouvoir de coupure et de fermeture.
- ✓ Tension d'alimentation va définir les distances d'isolement entre les bornes et les contacts.

Dans ce qui suit voir les phénomènes liés aux courants électriques :

### **I. Surintensités :**

La surintensité dans un circuit électrique est atteinte lorsque l'intensité du courant dépasse une limite jugée supérieure à la normale.

Les causes et les valeurs des surintensités sont multiples.

On distingue habituellement : les surcharges et les courts-circuits.

#### **a) Surcharge :**

Un courant de surcharge est généralement une faible surintensité se produisant dans un circuit électrique sain.

#### **- Caractéristique :**

Les courants surcharges caractérisés par :

- ✓ En général inférieurs à 10 fois le courant nominal du circuit.
- ✓ Ne sont pas beaucoup plus élevés que le courant maximum permanent d'une installation,

Mais si elles se maintiennent trop longtemps elles peuvent faire des dégâts particulièrement aux matières isolantes à l'issue de l'effet thermique du courant.

- **Causes des surcharges :**

Les causes qui due aux surcharges sont résumés dans le tableau suivants :

<b>Causes</b>	<b>Exemples</b>
Manque de maintenance	Accumulation de poussières, salissures, particules étrangères
Vieillessement des équipements	Pièces usées, lubrification insuffisante
Problème thermique	Isolement dégradé, composants défectueux
Mauvaise utilisation	Capacité insuffisante, usage excessif
Qualité de l'énergie	Surtensions et sous tensions transitoires
Défauts de terre de faible amplitude	Particules métalliques, dégâts des eaux

**b) Court-circuit**

Généralement, le courant de court-circuit est une forte intensité produite par un défaut de résistance négligeable entre des points présentant une différence de potentiel en service normal.

- **Caractéristique :**

- ❖ Il est caractérisé par un courant de défaut dont la valeur efficace est très élevée (typiquement supérieure à 10 fois la valeur du courant nominal de l'installation).
- ❖ Il est tellement rapide que les dégâts dans l'installation d'un effet thermique se produisent en quelques millisecondes et les forces électromagnétiques peuvent produire des dégâts mécaniques aux équipements.

**Causes due au court circuit**

Ils sont montrés dans le tableau suivant :

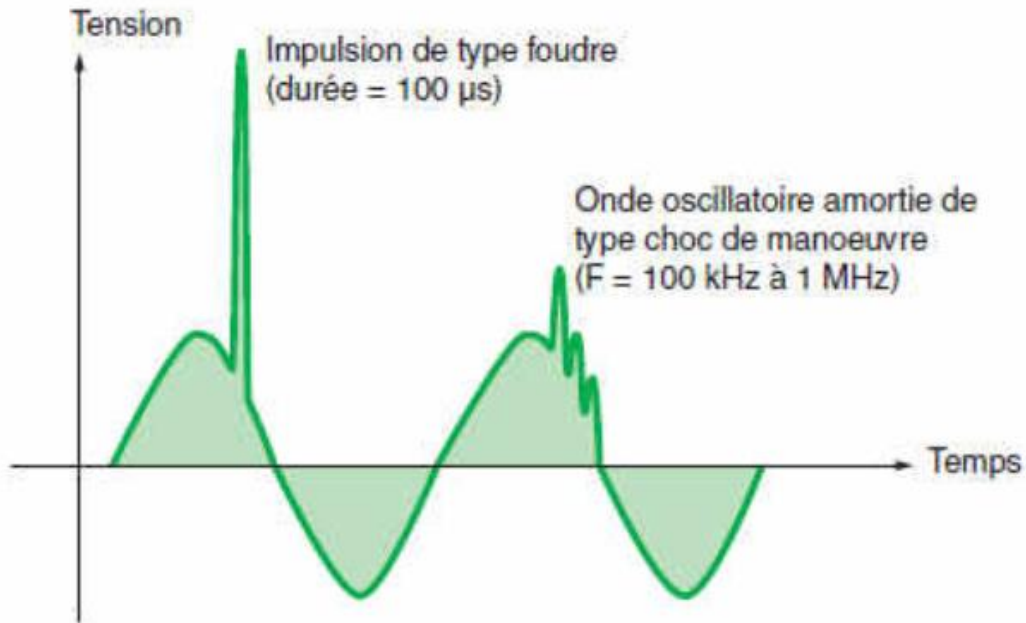
<b>Causes</b>	<b>Exemples</b>
Elément étranger	Boutons, tournevis autres objets conducteurs
Défaillances de composants	Claquage de semi conducteur
Surtensions	Foudre, commutations, interruptions
Défauts de terre de grande amplitude	Court-circuit à la terre
Influences externes	Inondations, incendies, vibrations

**Tableau 2** Causes habituelles des courts-circuits [2].

## II. Surtensions :

La surtension est une impulsion ou onde de tension se superposant à la tension nominale du réseau (voir fig 2.1). Il peut apparaître entre :

- ❖ Phases,
- ❖ conducteurs actifs et masse, terre.



**Figure2. 1.** Exemple de surtensions [3]

### 1. Les dégâts de surtension,

La surtension est une des causes possibles de défaillances d'équipements électriques ou électroniques et il perturbe les équipements électriques et produit un rayonnement électromagnétique.

### 2. Types de surtension dans les réseaux électrique :

Quatre types de surtension perturbant les installations électriques et récepteurs sont:

#### a. Surtensions de manoeuvre :

Ce sont des surtensions à haute fréquence ou oscillatoire amortie causées par une modification du régime établi dans un réseau électrique (lors d'une manoeuvre d'appareillage) elles sont d'une durée de quelques dizaines microsecondes à quelques millisecondes.

#### **b. Surtensions à fréquence industrielle :**

Causées, à la même fréquence que le réseau (50, 60 ou 400 Hz), par un changement d'état permanent du réseau (suite à un défaut : défaut d'isolement, rupture conducteur neutre,..).

#### **c. Surtensions dues aux décharges électrostatiques**

Causées, à très haute fréquence donc très courtes durées (quelques nanosecondes), par la décharge de charges électriques accumulées. (**Par exemple**, une personne marchant sur une moquette avec des semelles isolantes se charge électriquement à une tension de plusieurs kilovolts)

#### **d. Surtensions d'origine atmosphérique :**

Les surtensions d'origine atmosphérique sont causées par le coup de foudre direct ou indirect sur les lignes électriques.

### **III. Efforts électrodynamiques :**

Il est bien connu que la circulation de courants dans des conducteurs parallèles induit dans ces conducteurs des forces électromagnétiques proportionnelles au produit des courants circulant dans les deux conducteurs (loi de Laplace).

**Exemple :** en cas de court-circuit dans une configuration de ligne ou de poste en conducteurs souples on mesure alors des surtensions mécaniques (traction et flexion) appelées efforts électrodynamiques au niveau des supports et des isolateurs d'ancrage; on observe également des mouvements de conducteurs.

### **IV. Rigidité diélectrique**

La rigidité diélectrique d'un milieu isolant représente la valeur maximum du champ électrique que le milieu peut supporter sans que se produise une dégradation irréversible nommée claquage ou perforation diélectrique rendant impossible une nouvelle application de la tension. C'est l'une des caractéristiques principales des isolants.

En pratique, la rigidité diélectrique est le rapport entre la tension de claquage et la distance entre les électrodes auxquelles cette tension est appliquée dans des conditions d'essai spécifiées. Pour que cela soit tout à fait exact, il conviendrait que le champ soit uniforme, qui est généralement exprimée en (kV/mm).

## V. Isolant électrique :

Un isolant électrique' aussi dit **matériau diélectrique**, est une partie d'un composant ou un organe ayant pour fonction d'interdire le passage de tout courant électrique entre deux parties conductrices. Un isolant possède peu de charges libres, par contre un conducteur ou les charges libres est nombreuses. L'isolation électrique est rattachée à une grandeur physique mesurable, la résistance, qui s'exprime en ohms (symbole :  $\Omega$ ).

## VI. Claquage électrique :

C'est un phénomène se produisant dans l'isolant quand le champ électrique est plus important que ce que peut supporter cet isolant. Il se forme alors un arc électrique.

Le claquage est précédé par une augmentation importante du courant circulant dans le matériau avec des conséquences thermiques destructives : fusion, évaporation, décomposition, carbonisation, ...

### Exemple :

Dans un condensateur, quand la tension atteint une valeur suffisante pour qu'un courant s'établisse au travers de l'isolant (ou diélectrique), cette tension critique est appelée tension de claquage. Elle est liée à la **géométrie de la pièce** et la **propriété des matériaux** appelée **rigidité diélectrique** qui est généralement exprimée en (kV/mm).

## VII. Ionisation des gaz

C'est l'action consistant à enlever ou ajouter des charges à un atome ou une molécule. L'atome -ou molécule- perdant ou gagnant des charges n'est plus neutre électriquement. Il est alors dit **ion**. Un plasma est une phase de la matière constituée de particules chargées, d'ions et d'électrons.

Une transformation de gaz en **plasma** (gaz ionisé) ne s'effectue pas à température constante pour une pression donnée, mais il s'agit d'une transformation progressive. Quand un gaz est suffisamment chauffé, les électrons des couches extérieures peuvent être arrachés lors des collisions entre particules, ce qui forme le plasma (gaz ionisé), Il s'agit d'une transformation progressive.

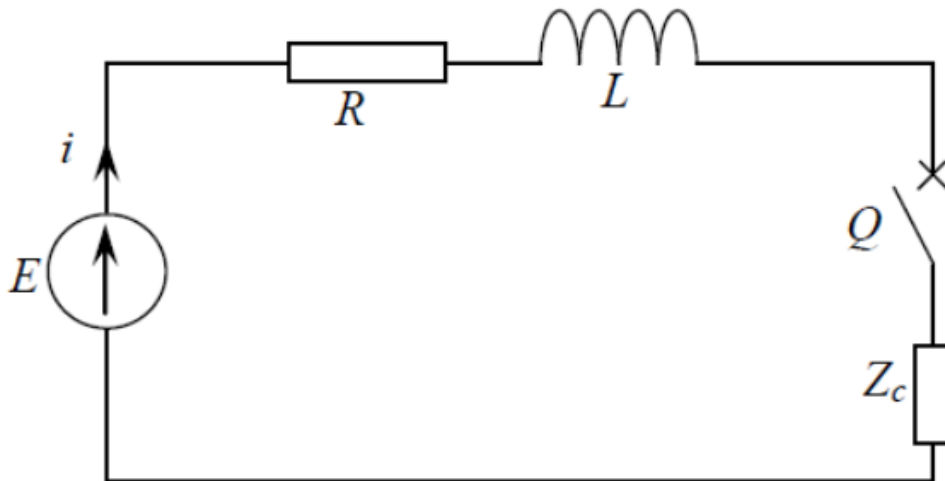
**Chapitre 3**  
**PHÉNOMÈNES**  
**D'INTERRUPTION DE**  
**COURANT ÉLECTRIQUE**

## I Définissons tout d'abord de l'arc électrique :

L'arc électrique est une décharge lumineuse qui accompagne le passage de l'électricité entre deux conducteurs présentant une différence de potentiel convenable.

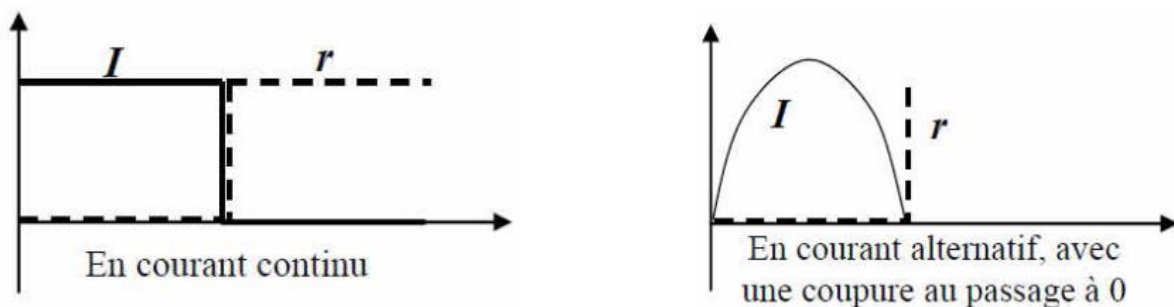
## II Naissance d'un arc électrique à la coupure d'un circuit :

Lors de coupure de circuit d'impédance  $Z_c$ , naît généralement l'arc électrique entre les contacts de l'organe de manœuvre (interrupteur, disjoncteur) dans un circuit principalement à forte surcharge ou court circuit, se produit également sur ouverture non spontanée et -à un degré moindre sur fermeture [2-3].



**Fig3. 1** Explication simplifiée relative à un fonctionnement sur court-circuit ( $Z_c=0$ ) [2].

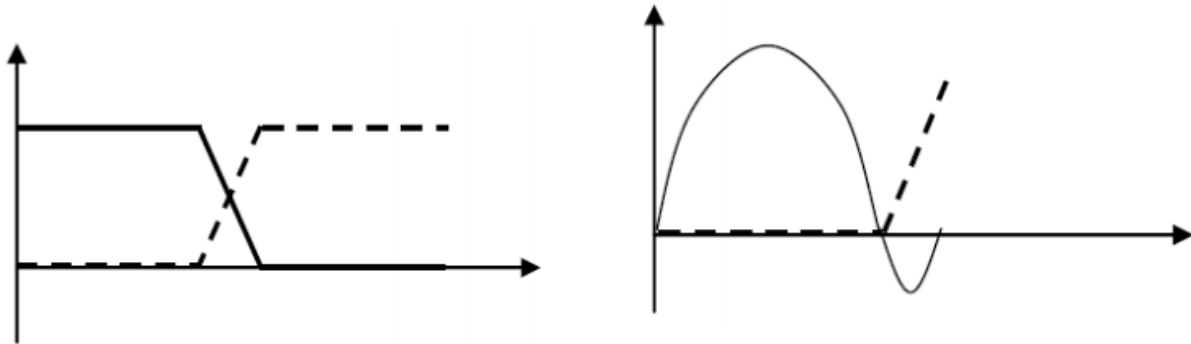
Un interrupteur «idéal» devrait assurer une coupure quasi instantanée ( $t=0$ ) avec une énergie dissipée entre ses pôles  $r.i^2.t=0$ .



**Figure3. 2** Courant continu et courant alternatif [2].



Réellement, au moment de la coupure, la résistance  $r$  des pôles du disjoncteur  $Q$  ci-dessus va passer une valeur presque nulle à une valeur très élevée, ce qui conduit aux graphes suivants :



**Figure3. 3** Courant continu et courant alternatif [2].

L'énergie de coupure prend la forme :

$$\int r.i^2 .dt = \int (E - Ri).i.dt + \int L.i.di$$

Une relation montrant que même avec coupure infiniment rapide, l'énergie électromagnétique  $1/2Li^2$  initialement contenue dans le circuit va devoir cependant être dépensée entre les contacts.

Dès les premiers instants de l'écartement des pôles, d'autre part , la densité de courant  $J=i/S$  va considérablement augmenter du fait de la diminution de la surface de contacts. Ceci entraine un échauffement très localisé qui a pour effet d'ioniser le fluide isolant en abaissant sa rigidité diélectrique : un arc apparait avec ses effets négatifs [1-3-4].

- **Etude temporelle de la tension d'arc en courant alternatif :**

A l'ouverture du disjoncteur sur court-circuit, la loi qui régit l'évolution du courant  $i_{cc}$  est :

$$e - U_a = R.i_{cc} + L.\frac{di_{cc}}{dt}$$

$U_a$  : est la tension d'arc entre pôles du disjoncteur.

Si on néglige  $R$ , on aura :

$$e - U_a = L.\frac{di_{cc}}{dt}$$

De tel disjoncteur de protection insère ainsi très rapidement une chute de tension  $U_a$  qui joue le rôle de « fcem » s'opposant à la croissance du courant de court-circuit présumé  $i_{cc}$ . On obtient en conséquence un « effet limiteur » du courant de court-circuit, effet d'autant plus efficace que  $U_a$  est élevée.

### III Coupure avec l'arc électrique :

Au passage à zéro du courant, la technique de coupure s'accompagne **de surtensions** au moment d'interruption survenant à cause d'effet capacitif des circuits électriques; la coupure du courant au passage par zéro est pratiquement irréalisable à **cause des temps de réponse des systèmes de mesure et de commande**, sachant qu'au moment du défaut le courant évolue très rapidement et la réaction au moment du passage à zéro est une opération très délicate. C'est ce qui explique l'existence de l'arc électrique.

### IV Inconvénients et dangers de l'arc électrique

- ✓ Pas de rupture instantanée du circuit
- ✓ Dégradation des contacts par micro-fusion (matière "arrachée») et risques de soudure
- ✓ Contraintes thermiques élevées (température d'arc de quelques milliers à plusieurs dizaines de milliers de degrés) avec risques de brûlure, d'incendie pour le matériel
- ✓ Onde parasite, rayonnement U-V

### V Processus de coupure avec l'arc électrique :

En trois phases, la coupure de l'arc électrique se fait:

#### 1) Période d'attente :

C'est le temps séparant l'ouverture des contacts et le zéro du courant où l'arc électrique est constitué d'une colonne de plasma composée d'ions et d'électrons. Cette colonne est conductrice sous l'effet d'une température élevée due à l'énergie dissipée par l'arc. La tension entre les deux contacts s'appelle la tension d'arc et c'est une composante très importante dans le choix du milieu de coupure, car elle définit la valeur de l'énergie dissipée.

#### 2) Période d'extinction :

Lors de passage par zéro du courant, l'arc est éteint, le canal des molécules ionisées est cassé, le milieu redevient isolant et le courant est interrompu. La résistance de l'arc doit augmenter au voisinage du zéro du courant, et dépend de la constante d'ionisation du milieu. Aussi, la puissance de refroidissement de l'appareil doit être supérieure à l'énergie de l'arc dissipée par effet joule.

### 3) Période Post-Arc :

Pour qu'une coupure réussisse, il faut que la vitesse de régénération diélectrique soit plus rapide que l'évolution de tension transitoire de rétablissement TTR, sinon on assiste à un phénomène de ré-allumage ou réamorçage de l'arc; la vitesse de croissance de la TTR a un rôle fondamental sur la capacité de coupure des appareils. La norme impose pour chaque tension nominale, une valeur enveloppe qui correspond aux besoins normalement rencontrés.

Le pouvoir de coupure du disjoncteur correspond à la valeur la plus élevée du courant qu'il peut couper à sa tension assignée et à sa TTR assignée. Un disjoncteur devrait être capable de couper tout courant inférieur à son PDC pour toute TTR dont la valeur est inférieure à la TTR assignée. Pour une tension assignée de  $24\text{ kV}$ , la valeur maximale de TTR est de l'ordre de  $41\text{ kV}$  et peut accroître avec une vitesse de  $0.5\text{ kV/ms}$ .

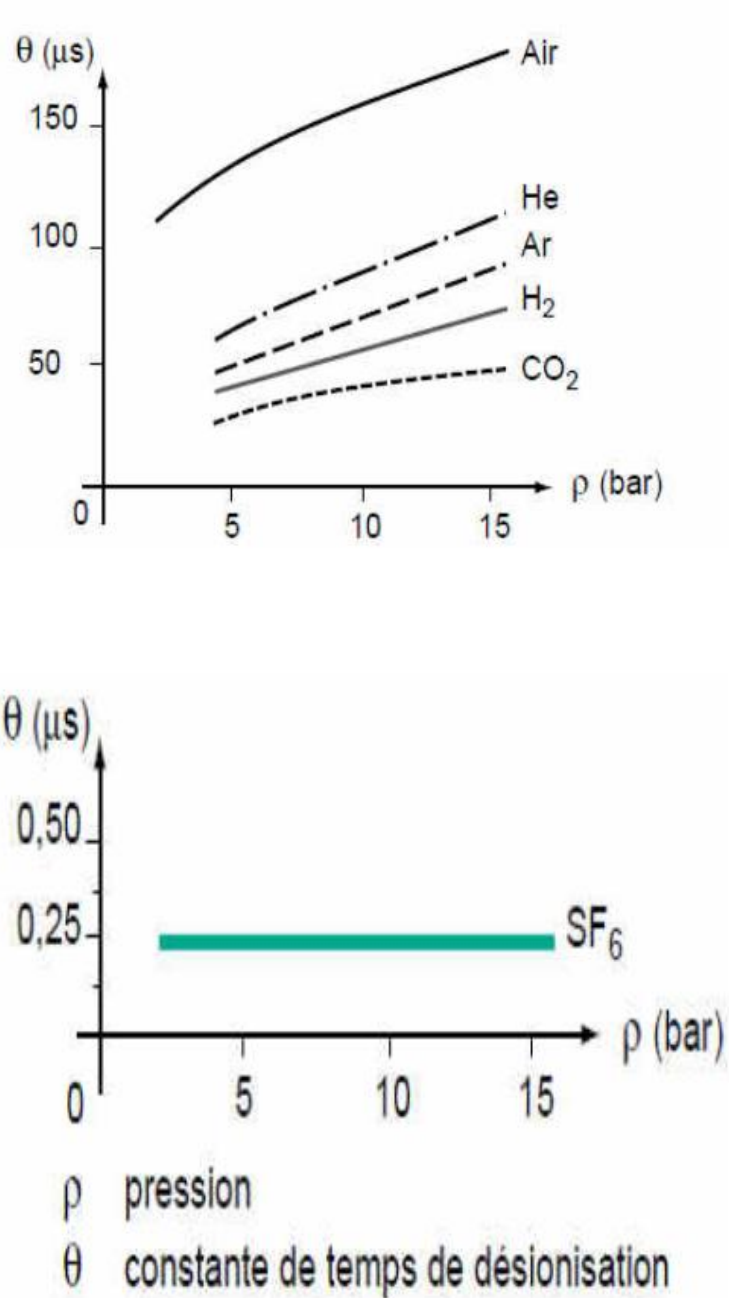
## VI Milieux de coupure :

Les constructeurs ont cherché depuis des années à développer, expérimenter et mettre en œuvre d'appareils de coupure à base de milieux aussi variés que : l'air, l'huile, le SF et enfin le vide.

Pour une coupure réussie, les caractéristiques suivantes du milieu doivent avoir une/un [4] :

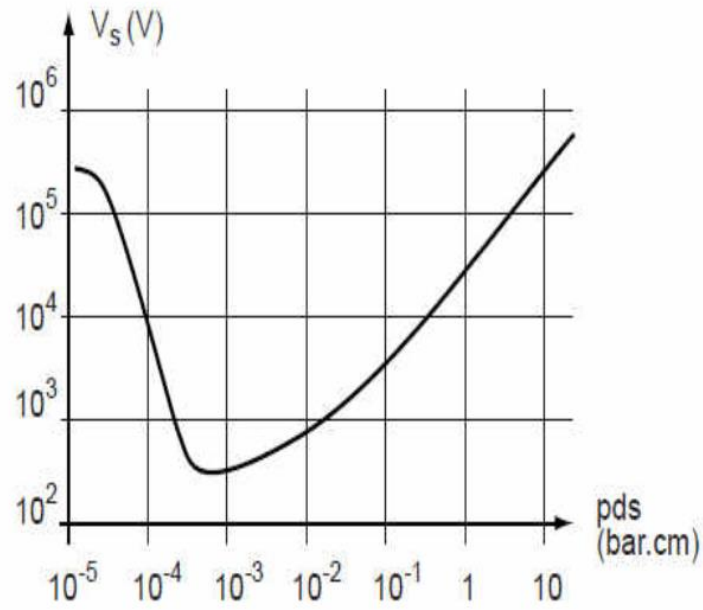
- Conductivité thermique importante pour pouvoir évacuer l'énergie thermique engendrée par l'arc électrique ;
- Vitesse de dés ionisation importante pour éviter des réamorçages du milieu ;
- Résistivité électrique faible lorsque la température est élevée pour minimiser l'énergie dissipée pour l'arc ;
- Avoir une résistivité électrique grande lorsque la température est faible pour minimiser le délai de rétablissement de la tension ;
- Espace inter contacts doit offrir une tenue diélectrique suffisante.

Une tenue diélectrique du milieu dépend de la distance entre les électrodes et de la pression du milieu. Pour l'air, la courbe de *Paschen* donne l'évolution de la rigidité diélectrique en fonction de la pression du milieu. Les courbes suivantes donnent l'évolution de la rigidité diélectrique en fonction de la distance inter contacts.

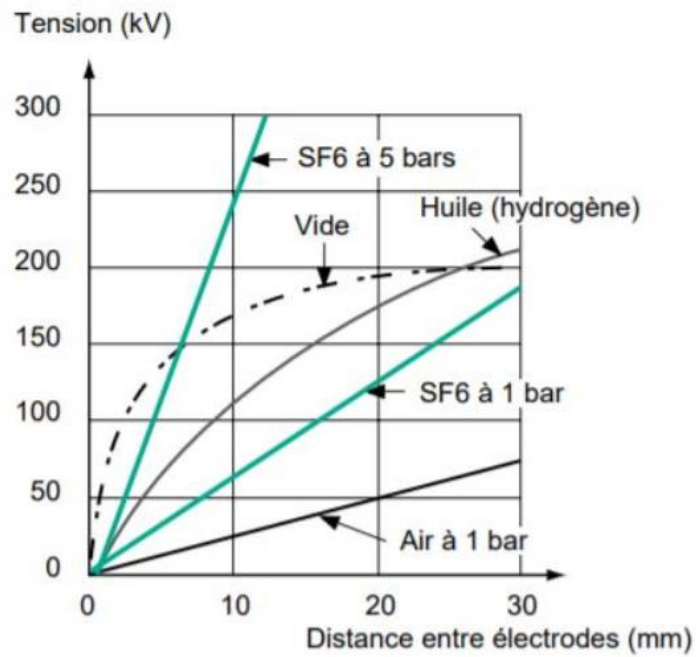


**Fig3.4** Constantes de temps de dés ionisation en fonction de la pression pour différents gaz [4]

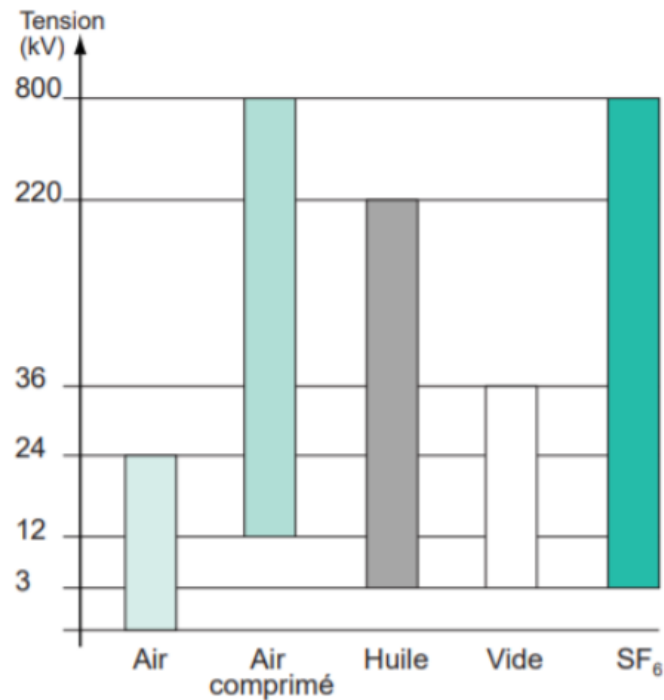
Cette qualité d'isolant se mesure par la tenue diélectrique entre les contacts qui dépend de la pression du gaz et de la distance entre les électrodes. La tension de claquage en fonction de la distance inter-électrodes et de la pression est donnée par la courbe de Paschen (Figure 5 et 6) qui permet de déterminer trois zones selon la pression du gaz.



**Figure 3 .5** Evolution de la rigidité diélectrique de l'air en fonction de la pression, en champ faiblement [4].



**Figure3. 6.** Influence de la distance entre les contacts sur la rigidité diélectrique.

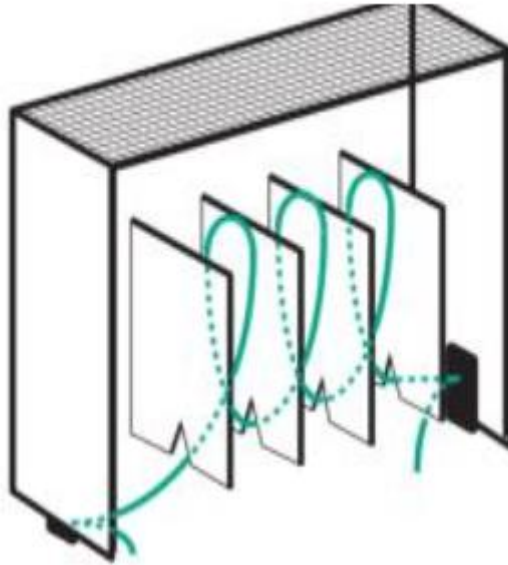


**Figure 3.7.** Domaine d'utilisation des différents milieux de coupure.

### 1) La coupure dans l'air :

L'air à pression atmosphérique présente une rigidité diélectrique faible et une constante de désionisation élevée (10ms). La technique utilisée consiste à garder l'arc électrique court pour limiter l'énergie thermique dissipée, et l'allonger par le biais de plaque une fois le courant passe par zéro.

Pour des tensions supérieures à 24 kV, l'air comprimé est utilisé pour améliorer la tenue diélectrique, la vitesse de refroidissement et la constante de temps de désionisation. L'arc est refroidi par des systèmes de soufflage haute pression. La coupure n'est pas très utilisée en moyenne tension pour des raisons d'encombrement et de coût. Toutefois la coupure dans l'air reste la solution la plus utilisée en basse tension grâce à sa simplicité et son endurance.

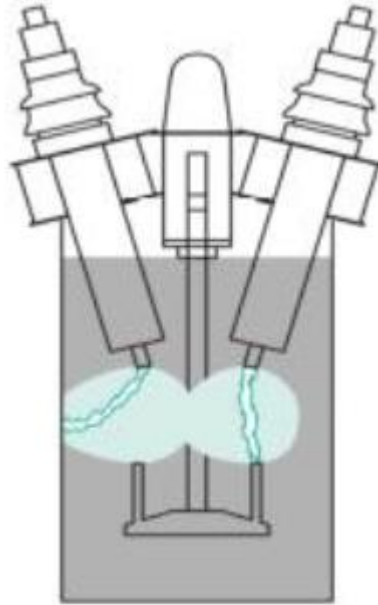


**Figure3. 8.** Chambre de coupure d'un disjoncteur dans l'air.

## 2) La coupure dans l'huile :

Cette technique de coupure consiste à immerger les contacts dans l'huile. Au moment de la coupure, l'huile se décompose et dégage de l'hydrogène et du méthane principalement. Ces gaz forment une bulle qui est soumise à une grande pression pendant la coupure. Au passage du courant par zéro, l'arc s'éteint du fait de la présence de l'hydrogène. Les disjoncteurs à coupure dans l'huile ont cédé la place à d'autres types de technologie tels que le SF6 et le vide pour les inconvénients suivants :

- Niveau de sécurité et de maintenance élevé pour contrôler la dégradation des propriétés diélectriques de l'huile et l'usure des contacts ;
- La décomposition de l'huile à chaque coupure est un phénomène irréversible ;
- Risque d'explosion et d'inflammation.



**Figure3. 9.** Chambre de coupure d'un disjoncteur à coupure dans l'huile.

### 3) La coupure dans le vide :

D'après la courbe de Paschen (Fig.5), le vide présente des performances très intéressantes : à partir d'une pression de  $10^{-5}$  bars, la rigidité diélectrique est de 200 kV pour une distance entre électrodes de seulement 12mm.

En l'absence de milieu de coupure, l'arc électrique dans la coupure sous vide est composé de vapeurs métalliques et d'électrons provenant des matériaux composant les contacts. Cet arc peut avoir deux aspects, concentré ou diffus, selon l'intensité du courant qui le traverse.

Les constructeurs de disjoncteurs avec ampoule sous vide ont porté leur recherche au niveau des matériaux des contacts, leur forme et les mécanismes de coupure. La coupure dans le vide est très employée aujourd'hui en moyenne tension, très peu utilisée en basse tension pour des raisons de coût, et reste dans le domaine prospectif pour la haute tension ( $> 50$  kV).

La coupure sous vide, grâce à sa grande endurance électrique avec des TTR à front de montée très raides, est aujourd'hui largement utilisée en MT pour l'alimentation des moteurs, câble, lignes aériennes, transformateurs, condensateurs, fours à arc...

### 4) La coupure dans le SF6 :

Depuis plusieurs années, les constructeurs de disjoncteurs se sont orientés vers le SF6 (hexa fluore de soufre) comme milieu de coupure, vu ses qualités chimiques et diélectriques. Sous l'effet de la température, la molécule SF6 se décompose, mais dès que le courant retrouve des valeurs faibles, la molécule se compose à nouveau.



Le SF6 présente une conductivité thermique équivalente à celle de l'air, une rigidité diélectrique élevée, et une constante de désionisation faible.

L'arc électrique est composé d'un plasma de SF6 dissocié, de forme cylindrique. Ce plasma comporte un noyau à température très élevée, entouré d'une gaine de gaz plus froid. La totalité du courant est transportée par le noyau. La gaine extérieure reste isolante.

# **Chapitre 4 : Fonctions de l'appareillage électrique**

## I Appareillages de connexion :

La mise en service ou hors-service d'une installation ou d'une partie de l'installation nécessite l'utilisation des appareils de séparation et de connexion. Cette séparation doit inclure la source et toutes parties aval de l'installation. Les principaux dispositifs de séparation et de connexion sont les jeux de barres, bornes, cosses et raccords etc...

Ces connexions sont effectuées soit sur les bornes des appareillages, soit sur des bornes placées dans les enveloppes des appareillages (coffrets, tableaux...), soit encore dans des boîtes affectées à ce seul usage (boîtes de connexion), de façon à rester accessibles pour vérifications ou interventions.

### I.1 Contacts permanents :

Les contacts permanents sont destinés à relier électriquement de façon permanente des parties d'un circuit électrique. On peut les classer en deux grandes catégories :

- ✓ La première est celle des contacts non démontables (embrochés, soudé...etc.)
- ✓ La seconde est celle des contacts démontables (boulonnés ou par coincement...etc.).

### I.2 Bornes de connexion :

Une borne de connexion est un système de connexion mécanique et électrique composé de deux composants électriques ou plus servant à connecter plusieurs conducteurs en toute sécurité.



**Figure4. 1** : Plaque à bornes (moteur).

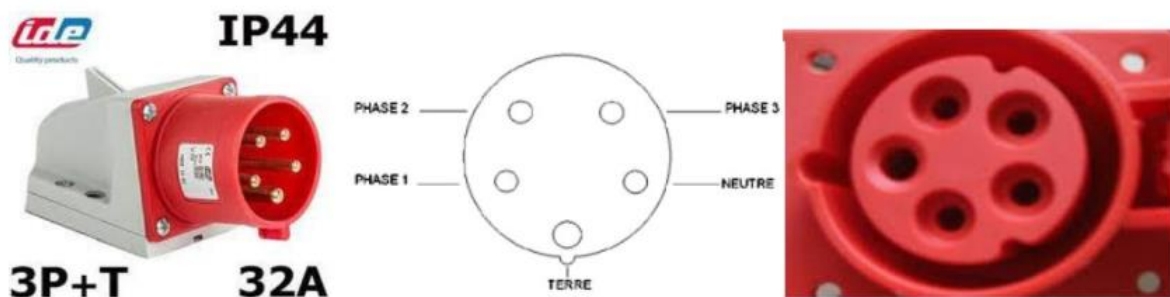
### I.3 Prises de courant :

Sont des organes de connexion dans lesquelles les appareils électriques sont reliés aux sources d'énergie d'une façon simple. Pour le monophasé nous avons les prises deux pôles (2P) et aussi deux pôles plus terre (2P+T).



**Figure 4.2.** Prise de courant monophasée deux pôles plus terre.

Pour les prises de courant triphasé il faut impérativement respecter l'ordre de succession des bornes des phases de neutre et celui de terre, s'il existe, afin d'éviter le risque de court-circuit lors de connexion des prises femelles et mâles.



**Figure4. 3.** Prise de courant triphasée 3P+N+T.

#### **I.4 Sectionneur :**

##### **a) Fonction :**

Un sectionneur est un appareil mécanique de connexion capable d'ouvrir et de fermer un circuit lorsque le courant est nul ou pratiquement nul, afin d'isoler la partie de l'installation en aval du sectionneur. Il faut impérativement respecter la formule qui dit : « Ne jamais actionner un sectionneur en charge ».

En utilisant un sectionneur nous pouvons, par exemple, condamner un circuit électrique (avec cadenas dans le cas échéant) afin de travailler en toute sécurité. Le sectionnement est assuré par une distance minimale de séparation entre les contacts à l'état d'ouverture.



**Figure4. 4.** Sectionneur HT (à gauche) et sectionneur BT (à droite)



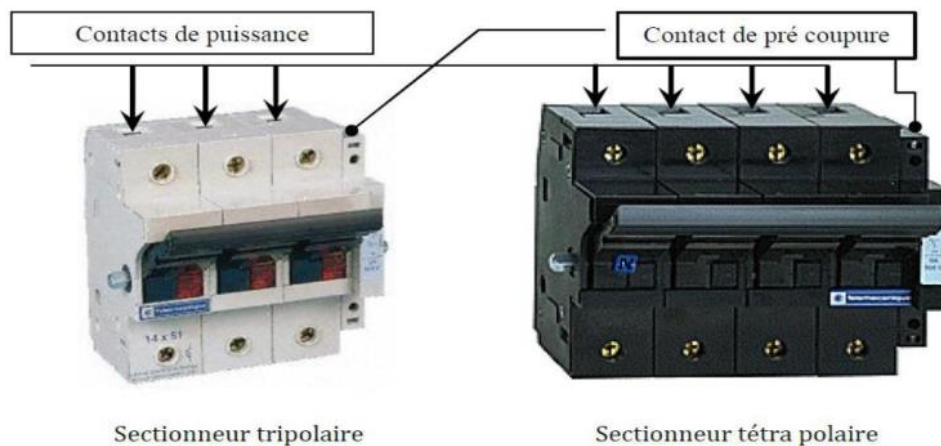
**Figure4. 5.** Sectionneur BT

**b) Constitution :**

Un sectionneur se compose généralement de :

- ✚ Contacts principaux (1-2), (3-4) et (5-6) (ou contacts de puissance câblés dans la partie puissance de circuit) permettent d'assurer le sectionnement de l'installation et d'isoler la partie en aval. C'est une fonction de sécurité obligatoire.
- ✚ Un ou plusieurs contact(s) auxiliaire(s) (13-14), (23-24) (ou contact de pré coupure) qui s'ouvrent avant les pôles de puissance afin d'interrompre en premier lieu l'alimentation des organes de commande. Cela permet aux contacts de puissance d'ouvrir le circuit hors charge. Il sera placé en série avec la bobine de commande du contacteur.

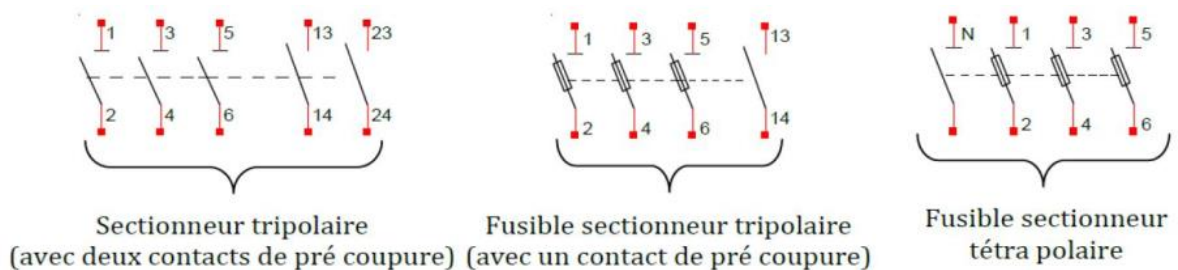
- ✚ L'ouverture du circuit de commande entraîne l'ouverture du circuit de puissance, celui-ci n'est donc jamais ouvert en charge (traversé par un courant). En revanche, à la mise sous tension, le contact auxiliaire est fermé après la fermeture des contacts principaux.
- ✚ La poignée de commande : Elle peut être verrouillée en position ouverte par un cadenas (sécurité).
- ✚ Les fusibles : Assurant la protection contre les surcharges et les courts-circuits dans l'installation ou l'équipement électrique.



**Figure4. 6.** Contacts de puissance et de pré-coupeure d'un sectionneur tripolaire et tétrapolaire

Dans la plupart des cas, le sectionneur comporte un emplacement pour le logement des fusibles protégeant le circuit en aval contre les courts circuits, on parle de « sectionneur porte fusible ».

### Symbole



Le sectionneur est généralement repéré dans les schémas électriques par la lettre Q (Q1, Q2...).

### Différents types de sectionneurs :

- **Sectionneurs BT domestique** La fonction sectionneur est obligatoire au départ de chaque circuit est réalisée par des sectionneurs à fusibles incorporés.

- **Sectionneurs BT industriels** Ces appareils assurent la fonction de sectionnement au départ des équipements. En général des derniers comportent des fusibles et des contacts auxiliaires.
- **Sectionneurs MT et HT** Sont très employés dans les réseaux de moyenne et haute tension pour garantir l'isolement des lignes et des installations avec coupure visible.

### **Critères de choix d'un sectionneur**

- Intensité maximum supportée par les pôles de puissance
- Tension maximum d'isolement entre les pôles de puissance
- Nombre de pôles de puissance (tripolaire ou tétrapolaire)
- Nombre de contact de pré-coupure
- Peut-être avec ou sans manette
- Peut-être avec ou sans système de détection de fusion de fusible
- S'installe majoritairement en tête d'une installation électrique ;
- Permet d'isoler un circuit électrique du réseau d'alimentation ;
- Est un organe de sécurité lors d'une intervention de maintenance : cadenassé en position ouverte par un agent de maintenance, il interdit la remise en route du système
- Peut être manipulé depuis l'extérieur de l'armoire électrique grâce à une poignée.

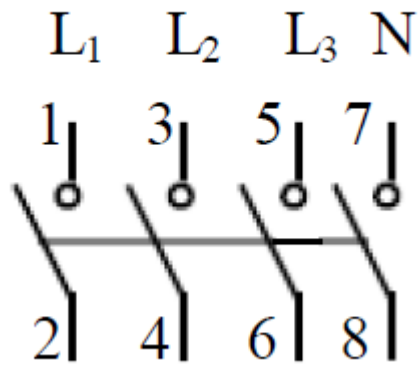
## **II. Appareillages d'interruption et de commande**

### **II.1. Les interrupteurs**

Appareil mécanique de connexion capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans des conditions normales du circuit.



**Figure4. 7.** Interrupteurs.



Interrupteur tétrapolaire.

## **II.2. Les interrupteurs-sectionneurs**

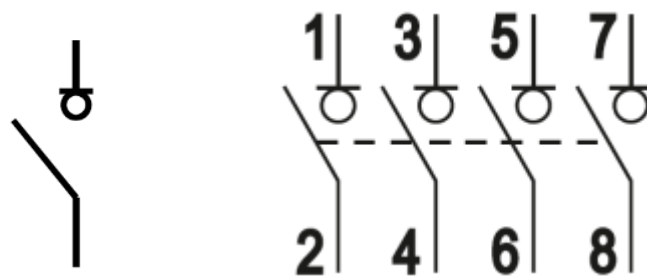
L'interrupteur sectionneur est un appareil de commande capable de couper et fermer un circuit en service normal, et de séparer de façon certaine tous les conducteurs actifs.





**Figure4. 8. 1. Interrupteurs-sectionneurs.**

**Symbole**



Interrupteurs-sectionneurs tripolaire.

**Caractéristiques principales**

L'interrupteur sectionneur peut être Uni/Bi/Tri/Tétra polaire ; avec un courant qui pourra aller jusqu'à 1250 A sous une tension de 1000 V (en BT).

## Application

Généralement, l'interrupteur-sectionneur est utilisé pour les manœuvres et les arrêts d'urgence.

### II.3. Le contacteur

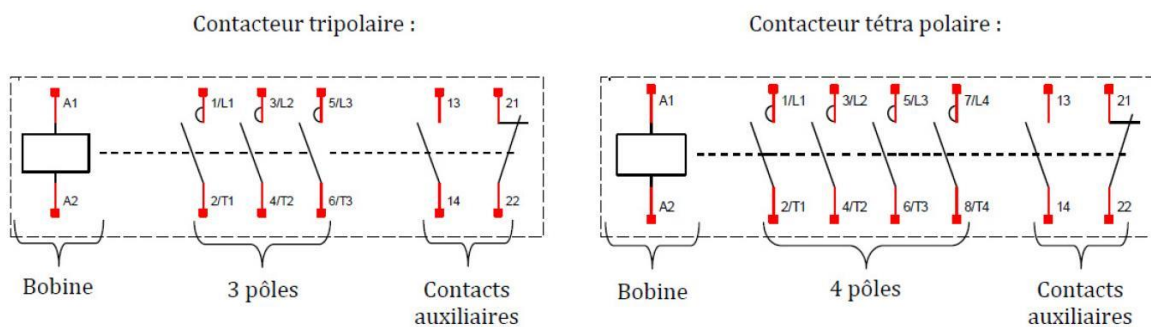
Le contacteur est un appareil de commande qui sert à établir, interrompre et supporter les courants dans les conditions normales de fonctionnement d'un circuit. C'est essentiellement un appareil de commande et de contrôle capable d'effectuer un grand nombre de manœuvres sous des courants de charges normaux.

L'intérêt du contacteur est de pouvoir être commandé à distance.



Figure4. 9. Contacteur.

## Symbole



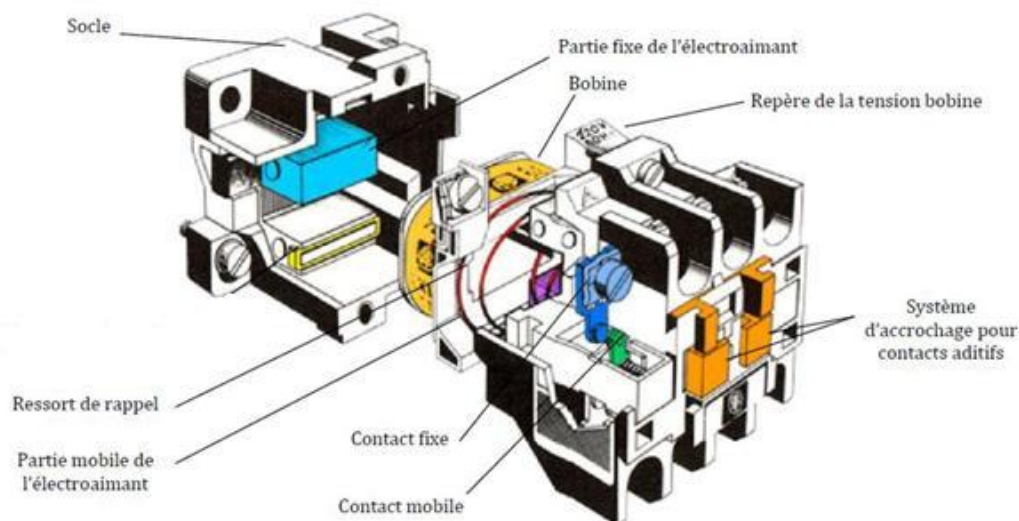
## Constitution générale détaillée

Le contacteur est constitué principalement de deux types de contacts, principaux et auxiliaires ainsi qu'une bobine de commande.

- **Contacts principaux à fermeture :** Ce sont les contacts de circuit de puissance qui assurent le passage du courant nominal nécessaire au fonctionnement du récepteur.

- **Contacts auxiliaires** : Les contacts auxiliaires, à ouverture ou à fermeture, interviennent dans le circuit de commande et agissent sur des intensités plus faibles. Ces contacts peuvent être soit intégrés soit démontables instantanés ou temporisés. Ils seront destinés à assurer : l'auto-alimentation des bobines des contacteurs, la signalisation visuelle, les alarmes sonores, les asservissements, les verrouillages électriques des contacteurs.
- **Electro-aimant** : Formé d'une bobine qui peut être alimentée en courant continu ou en courant alternatif et d'un noyau magnétique généralement feuilleté. L'électro-aimant attire une palette mobile lorsqu'il est alimenté, qui tire de sa part les contacts principaux.

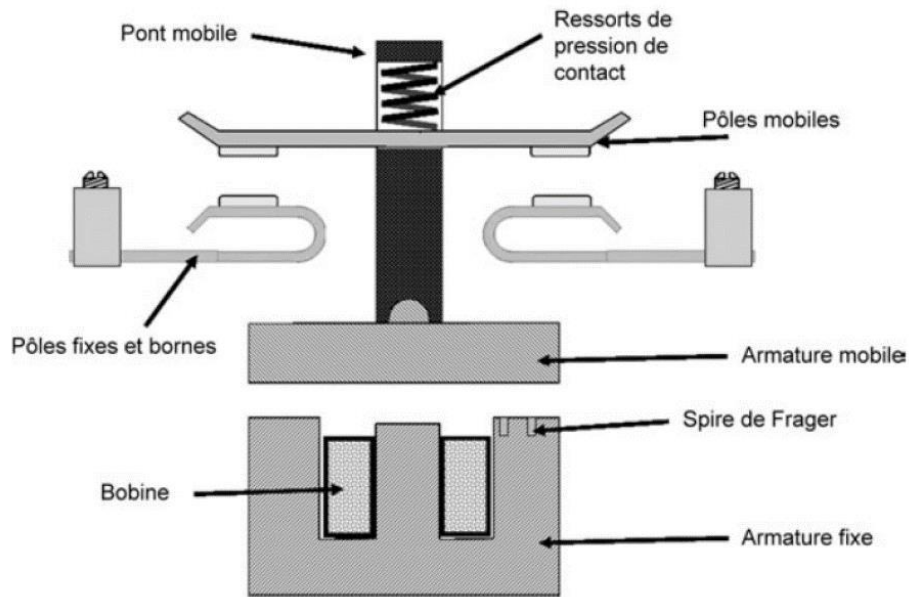
**Remarque** : le circuit magnétique d'un contacteur est feuilleté afin d'éviter la création de courants de Foucault qui réduisent le flux magnétique et échauffent les masses métalliques.



**Figure4. 10.** Constitution générale d'un contacteur.

### Fonctionnement

La figure 10 montre les principaux éléments constitutifs d'un contacteur. Lorsque la bobine est excitée, toute la partie mobile est attirée. Les pôles mobiles se ferment en premier, puis l'armature mobile de l'électroaimant colle à l'armature fixe. Entre ces deux événements, un ressort est écrasé, exerçant une pression aux contacts. Cette pression est d'ailleurs nommée « pression de contact », notion importante dans la conception d'un contacteur. C'est celle qui garantit la qualité de la conductivité des contacts.



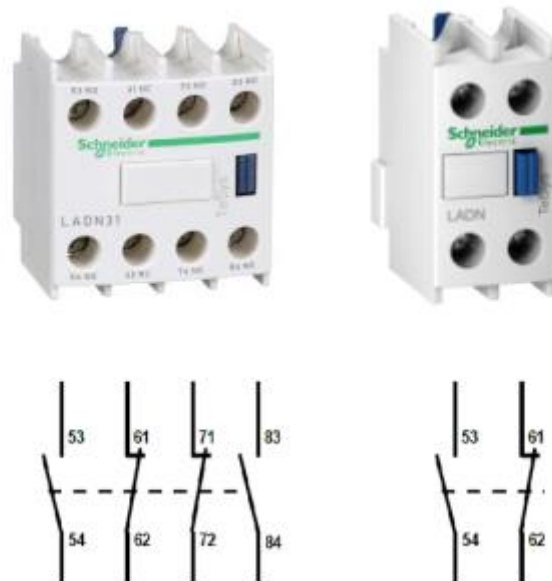
**Figure4. 11.** Principaux éléments d'un contacteur.

### Accessoires

Dans l'objectif d'assurer convenablement sa fonction, un contacteur doit être équipé d'autres dispositifs électriques.

- **Contacts auxiliaires instantanés**

Les contacts auxiliaires sont destinés à assurer l'auto alimentation, les verrouillages des contacts...etc. Il existe deux types de contacts, les contacts à fermeture et les contacts à ouverture.



**Figure 4.11.** Blocs contacts auxiliaires pour contacteur.

• **Contacts temporisés**

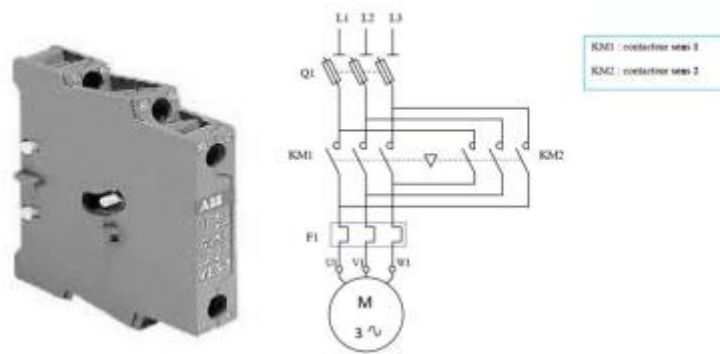
Le contact temporisé permet d'établir ou d'ouvrir un contact après un certain temps pré réglé de façon à permettre à notre équipement de fonctionner convenablement selon l'application désirée.



**Figure 4.12.** Bloc contacts temporisés pour contacteur.

• **Dispositif de condamnation mécanique**

Dans certains montages, si deux contacteurs s'excitent en même temps, la fermeture de leurs contacts de puissance crée un court-circuit dans le circuit de puissance. C'est pourquoi, il faut rendre impossible la fermeture simultanée des contacts (de puissance) des deux contacteurs, cette action s'appelle : verrouillage. On distingue le verrouillage électrique et le verrouillage mécanique



**Figure 4.13.** Dispositif de condamnation mécanique pour contacteur (Verrouillage mécanique).

### Critères et choix d'un contacteur

Le choix d'un contacteur est fonction de la nature et de la valeur de la tension du réseau, de la puissance installée, des caractéristiques de la charge, des exigences du service désiré.

**Catégorie d'emploi :** Les catégories d'emploi normalisées fixent les valeurs de courant que le contacteur doit établir et couper. Elles dépendent :

- De la nature du récepteur.
- Des conditions dans lesquelles s'effectuent fermetures et ouvertures.

- 1. Courant d'emploi  $I_e$  :** Il est défini suivant la tension assignée d'emploi, la fréquence et le service assignés, la catégorie d'emploi et la température de l'air au voisinage de l'appareil.
- 2. Tension d'emploi  $U_e$  :** C'est la valeur de tension qui, combinée avec un courant assigné d'emploi, détermine l'emploi du contacteur. Pour les circuits triphasés, elle s'exprime par la **tension** entre phases.
- 3. Pouvoir de coupure :** C'est la valeur efficace du courant maximal que le contacteur peut couper, sans usure exagérée des contacts, ni émission excessive de flammes. Le pouvoir de coupure dépend de la tension du réseau. Plus cette tension est faible, plus le pouvoir de coupure est grand.
- 4. Pouvoir de fermeture :** C'est la valeur efficace du courant maximal que le contacteur peut établir, sans soudure des contacts.
- 5. Endurance électrique (durée de vie) :** C'est le nombre de manœuvres maximal que peut effectuer le contacteur. Ce nombre dépend du service désiré. Facteur de marche C'est le rapport entre la durée de passage du courant et la durée d'un cycle de manœuvre.

**6. Puissance  $P_e$  :** C'est la puissance du moteur normalisé pour lequel le contacteur est prévu à la tension assignée d'emploi.

**7. Courant thermique conventionnel ( $I_{th}$ )** (à l'air libre, selon IEC)  
Un contacteur en position fermée peut supporter ce courant  $I_{th}$  pendant au moins 8 heures sans que son échauffement dépasse les limites prescrites par les normes.

**8. Tension assignée d'isolement ( $U_i$ )**

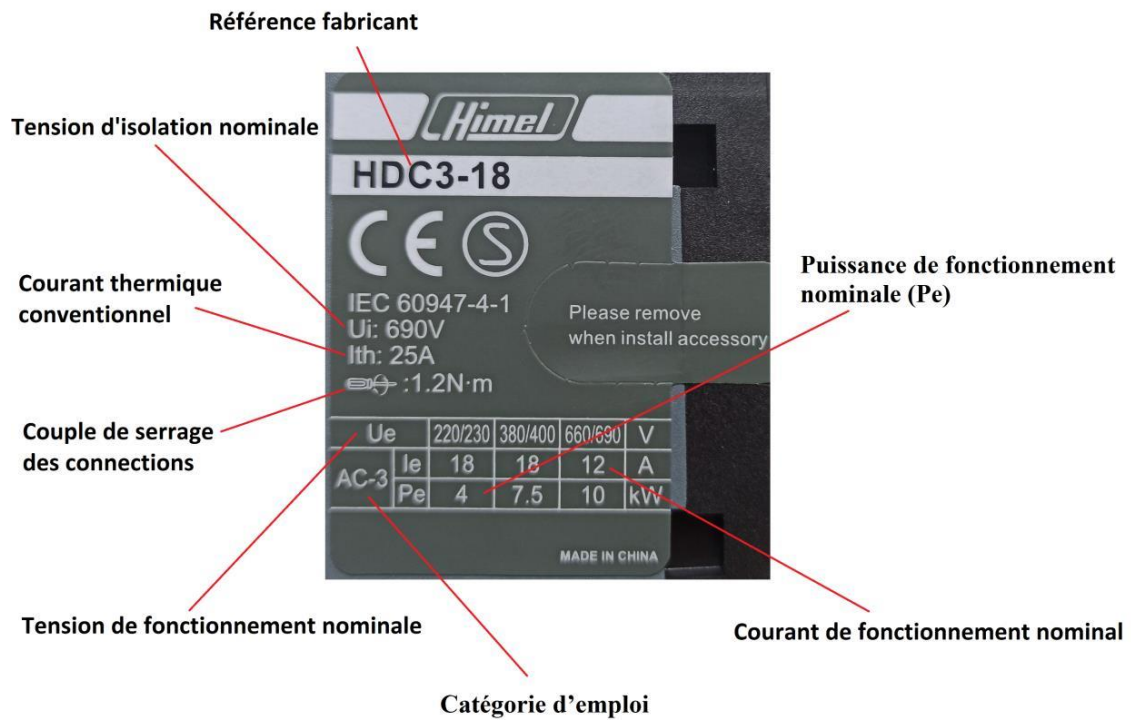
La tension assignée d'isolement d'un appareil est la valeur de la tension qui sert à désigner cet isolement et à laquelle se rapportent les essais diélectriques, les lignes de fuite et les distances dans l'air.

**9. Tension de commande  $U_c$  :** C'est la valeur assignée de la tension de commande sur laquelle sont basées les caractéristiques de fonctionnement de (12V à 400V) alternatif ou continu.

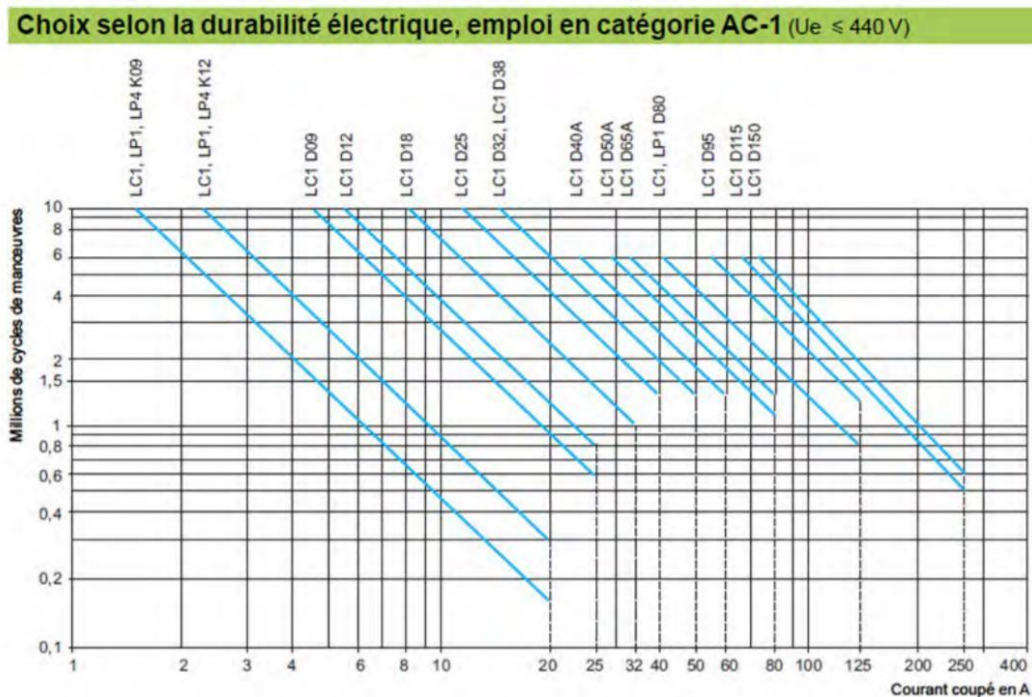
**Tableau 2.** Catégorie et fonctionnement de différents type de contacteur.

	<b>Catégorie</b>	<b>Récepteur</b>	<b>Fonctionnement</b>
Alternatif	AC1	Four à résistances	Charge non inductives ou peu inductives
	AC2	Moteur à bagues	Démarrage, inversion de marche
	AC3	Moteur à cage	Démarrage, coupure du moteur lancé
	AC4		Démarrage, inversion, marche par à coups
Continu	DC1	Résistance	Charges non inductives
	DC2	Moteur shunt	Démarrage, coupure du moteur lancé
	DC3		Démarrage, inversion, à coups
	DC4	Moteur Série	Démarrage, coupure du moteur lancé
	DC5		Démarrage, inversion, à coups





**Figure 4.14.** Indications inscrites sur un contacteur (Marque Himel).

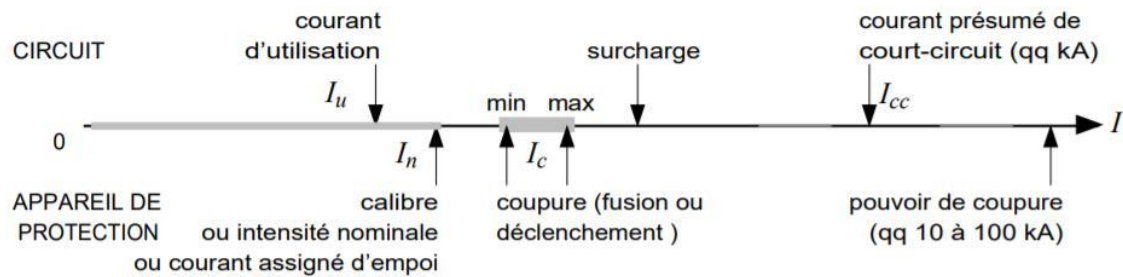


**Figure 4.15.** Durée de vie électrique d'un contacteur en AC1.



### III. Appareillages de protection

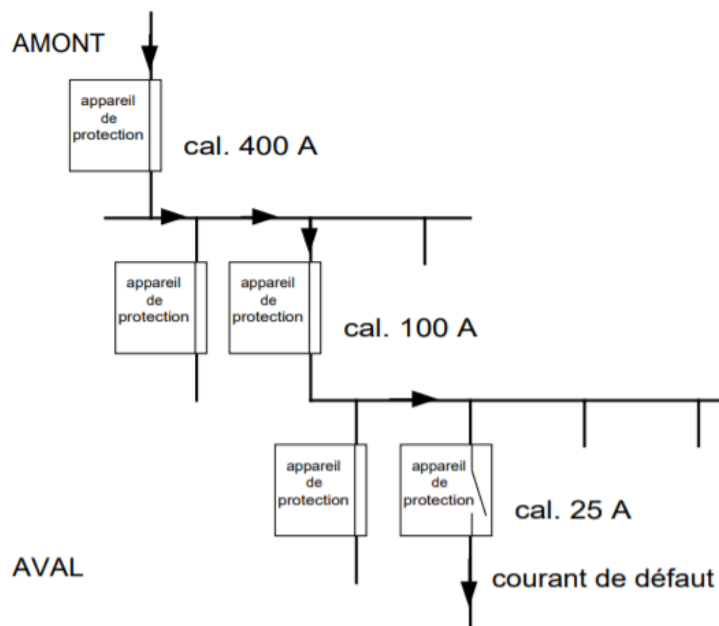
L'appareillage de protection électrique joue un rôle important dans les installations électriques, il est le garant de la protection des biens contre les surcharges et les courts circuits mais aussi de la protection des personnes contre les risques électriques (dispositif différentiel). L'appareil de protection doit être calculé et ajusté au circuit qu'il protège.



**Figure 4.16.** Déclenchement des appareils de protection en cas de surintensité.

- **Fonctionnement normal** : courant d'utilisation  $\leq$  calibre de l'appareil de protection.
- **Surintensité passagère** : démarrage moteur, connexion transformateur, etc. Pas de coupure.
- **Surintensité anormale** :
  - Surchage : échauffement thermique, puissance demandée excessive... Coupure après un certain délais.
  - Court-circuit. Coupure immédiate.
- **Coupure** : le fonctionnement de l'appareil de protection est assuré pour un courant donné dans un certain intervalle, qui correspond à une plage de réglage dans le cas d'un disjoncteur ou à une zone de fonctionnement indéterminé dans le cas d'un fusible.
- **Pouvoir de coupure** : courant maximal qu'un dispositif de protection peut couper (exprimé en kA).

## Association des appareils de protection : sélectivité et filiation

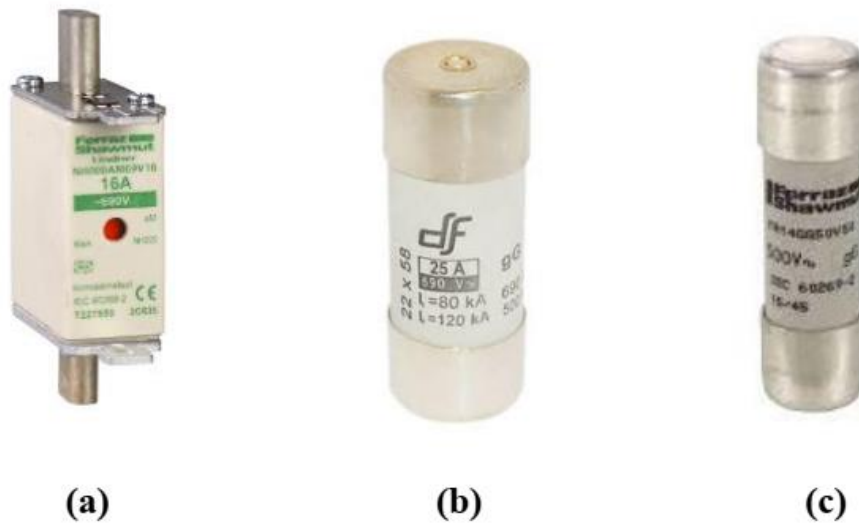


Un courant traverse en général plusieurs appareils de protection en série, dont les calibres sont calculés et répartis en fonction des différents circuits à protéger. En cas de surintensité il y a une bonne sélectivité lorsque seul l'appareil protégeant le circuit en défaut fonctionne. Mais il faut aussi assurer la protection de l'installation en cas de fort court-circuit : c'est le rôle de la filiation.

- Sélectivité ampèremétrique : répartition des valeurs de courant d'emploi : calibre Amont calibre Aval.
- Sélectivité chronométrique : échelonnement des temps de déclenchement : délai de coupure Amont > délai de coupure Aval.
- Filiation : utilisation répartie des pouvoirs de coupure des appareils de protection : pouvoir de coupure Amont > pouvoir de coupure Aval

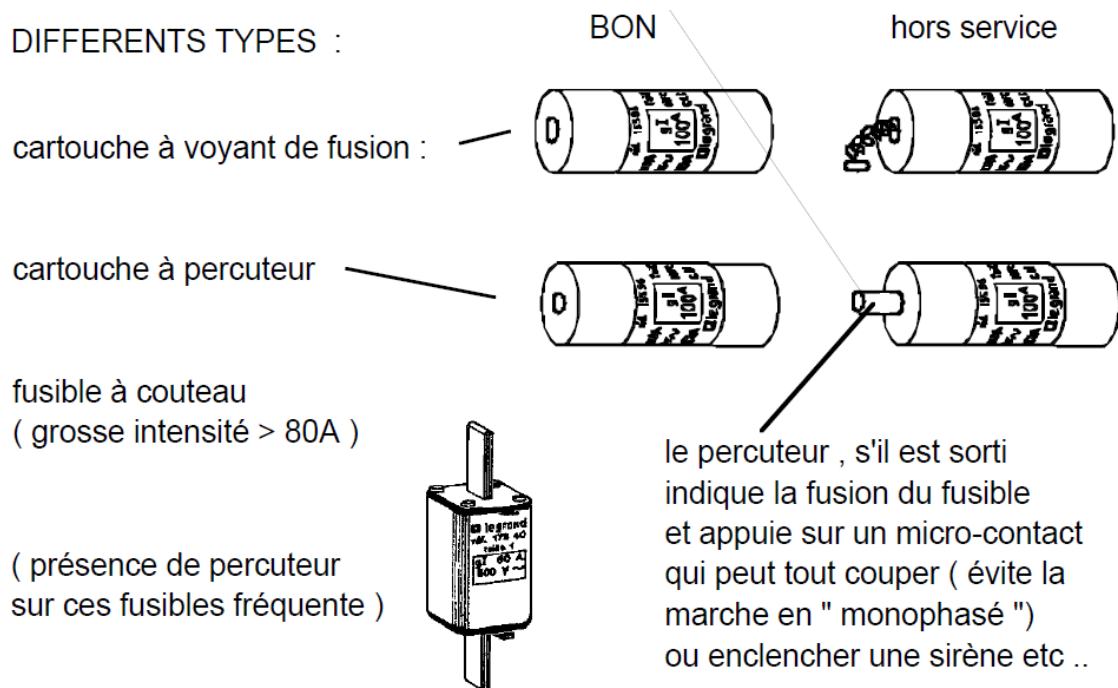
### III.1. Le fusible

Un fusible est un dispositif de sécurité qui protège contre les courts-circuits et les surcharges. Il se présente sous la forme d'un cylindre, en verre ou en céramique, dont le cœur est traversé par un filament. Ce filament fond (d'où le nom « fusible », qui signifie « qui peut fondre ») lorsqu'il est soumis à une trop forte chaleur engendrée par une surintensité. Cela a pour effet de couper le circuit et de protéger les équipements contre d'éventuelles dégradations ou des risques d'incendie.



**Figure 4.17.** (a) Fusible à couteau, (b) fusible à avec percuteur, (c) fusible sans percuteur.

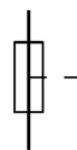
DIFFERENTS TYPES :



**Symbole**

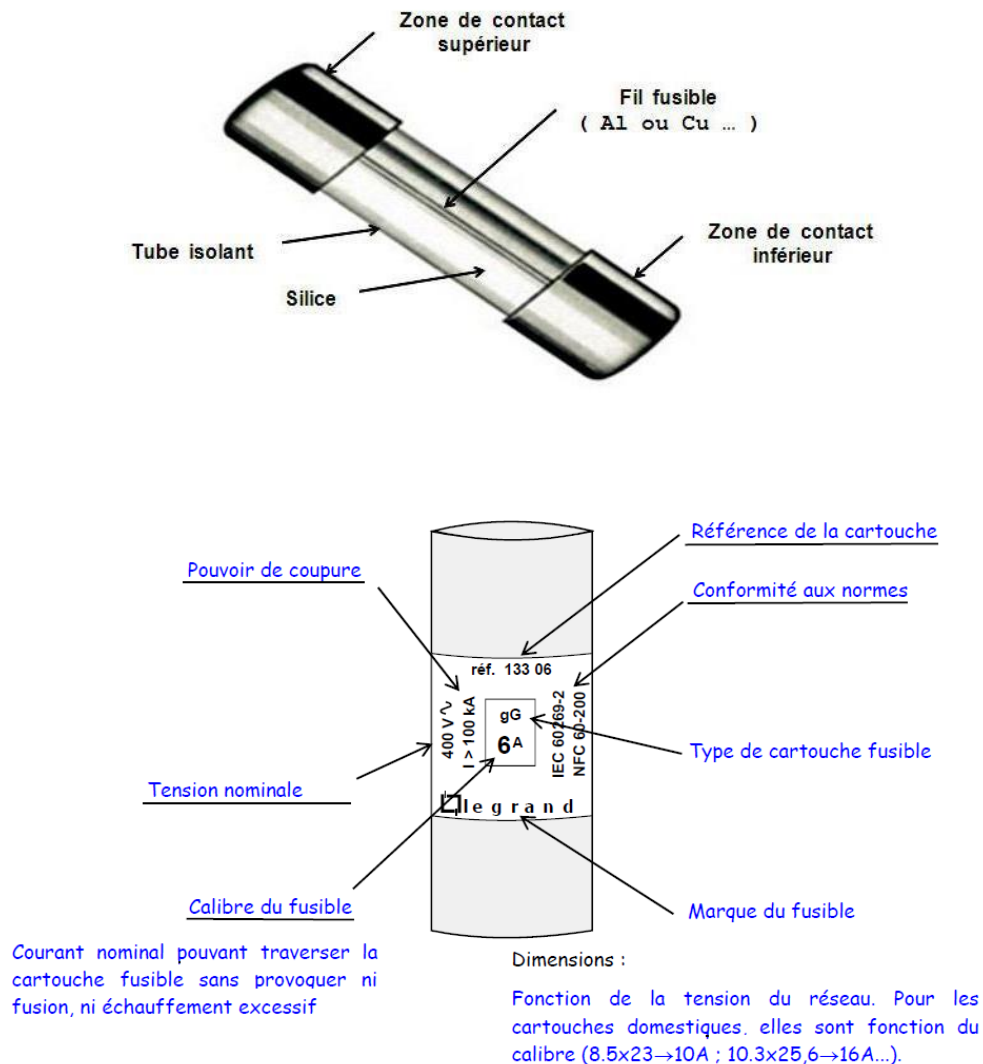


Fusible sans percuteur



Fusible avec percuteur

## Constitution



**Figure 4.18.** Constitution d'un fusible.

### Caractéristiques principales

#### *Tension nominale $U_n$*

C'est la tension maximale pour laquelle le fusible peut être utilisé (250, 400, 500 ou 600V) pour la basse tension. Il existe aussi des fusibles pour la haute tension.

#### *Courant nominal $I_n$*

C'est le calibre du fusible. Il peut donc traverser le fusible en permanence sans provoquer la fusion ni d'échauffement anormal.

#### *Courant de non fusion « $I_{nf}$ »*

C'est la valeur du courant qui peut être supporté par l'élément fusible, pendant un temps conventionnel sans fondre.

### Courant de fusion « $I_f$ »

C'est la valeur du courant qui provoque la fusion de l'élément fusible avant l'expiration du temps conventionnel.

### Courant de court-circuit présumé

C'est l'intensité efficace qui s'établirait en cas de court-circuit en l'absence de toute protection. Sa valeur de crête est d'autant plus élevée que le  $\cos \varphi$  de l'installation est faible.

### Pouvoir de coupure

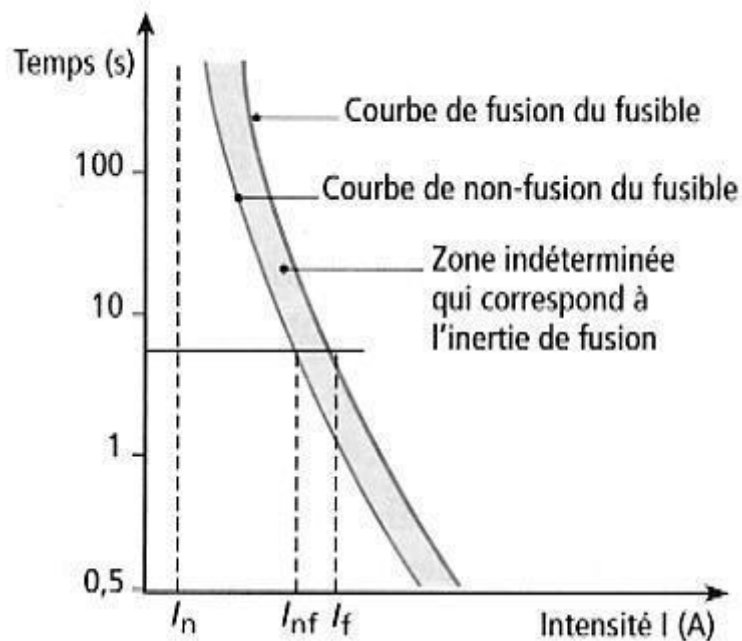
Le pouvoir de coupure est la plus grande intensité de courant de court-circuit qu'un fusible peut interrompre, sous une tension donnée. Il s'exprime en kiloampères (kA).

### Durée de coupure

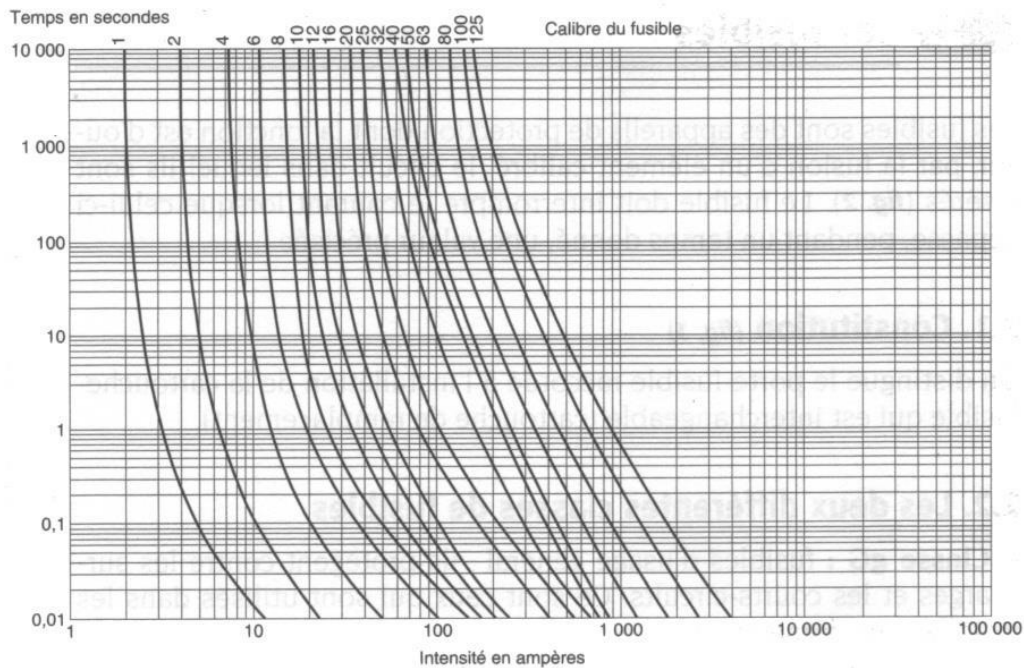
C'est le temps qui s'écoule entre le moment où commence à circuler un courant suffisant pour provoquer la fusion et la fin de la fusion.

### Courbe de fonctionnement du fusible

On exprime le temps de fusion en fonction de l'intensité, ce qui se traduit par deux courbes :



**Figure 4.19.** Courbe de fonctionnement du fusible.



**Figure 4.20.** Courbes de fusion des fusibles cylindriques de classe gG.

### Les différents types et formes de fusible :

#### a) Les fusibles gG

Les fusibles gG sont des fusibles dit de « protection générale », protègent les circuits contre les faibles et fortes surcharges ainsi que les courts-circuits. Les inscriptions sont écrites en noir. L'image montre un fusible cylindrique.



#### b) Les fusibles aM

Les fusibles aM sont des fusibles dit « accompagnement moteur », protègent les circuits contre les fortes surcharges ainsi que les courts-circuits. Ils sont conçus pour résister à une surcharge de courte durée tel le démarrage d'un moteur. Ils seront associés à un système de protection thermique contre les faibles surcharges. Les inscriptions sont écrites en vert.



### c) Les fusibles aD

Les fusibles AD sont des fusibles dits « accompagnement disjoncteur », ce type de fusibles est utilisé par les distributeurs sur la partie de branchement. Les inscriptions sont écrites en rouges.



### d) Les fusibles UR

Les fusibles ultra-rapides (UR) assurent la protection des semi-conducteurs de puissance et les circuits qui fonctionnent avec une tension continue.



### Choix d'un fusible

Une protection par fusible peut s'appliquer à un départ (ligne) ou à un récepteur. Le choix du fusible s'effectue sur les points suivants :

- La classe : gG ou aM.
- Le calibre  $I_n$
- La tension d'emploi  $U$  (inférieure ou égale à nominale  $U_n$ )
- Le pouvoir de coupure  $P_{dc}$
- La forme du fusible (cylindrique ou à couteaux)
- La taille du fusible

### Exemple :

- Le circuit de distribution, fusibles gG;
- Le circuit d'utilisation moteur, fusible aM.

### Avantages et inconvénients d'un fusible

#### Avantages

- Coût peu élevé ;
- Facilité d'installation ;
- Pas d'entretien ;
- Très haut pouvoir de coupure ;
- Très bonne fiabilité ;
- Possibilité de coupure très rapide (UR).

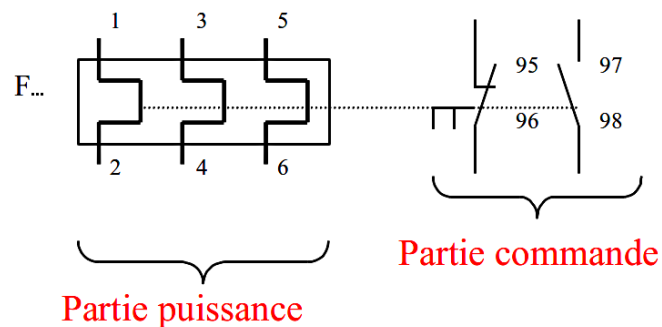
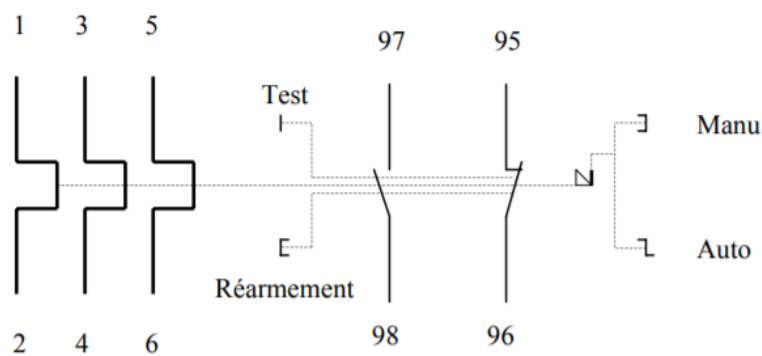
## Inconvénients

- Nécessite un remplacement après fonctionnement ;
- Pas de réglage possible ;
- Déséquilibre en cas de fusion d'un seul fusible sur une installation triphasée
- Surtension lors de la coupure.

## III.2. Relais thermique

Le relais thermique est un appareil qui protège le récepteur placé en aval contre les surcharges et les coupures de phase. Pour cela, il surveille en permanence le courant dans le récepteur. En cas de surcharge, le relais thermique n'agit pas directement sur le circuit de puissance. Un contact du relais thermique ouvre le circuit de commande d'un contacteur est le contacteur qui coupe le courant dans le récepteur.

### Symbole

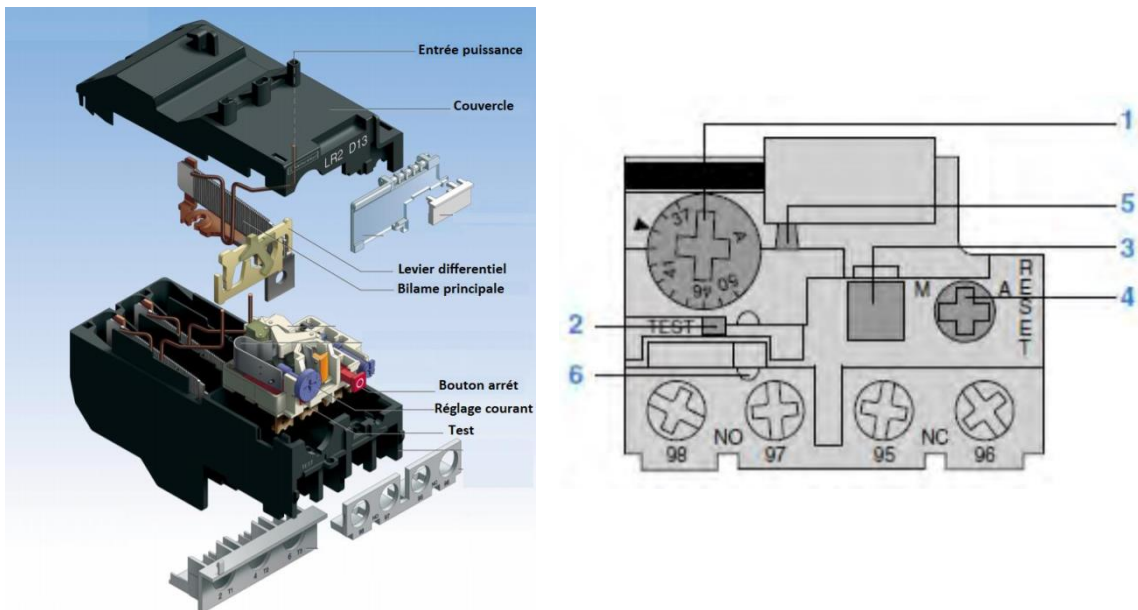


### - Constitution et fonctionnement

Les relais thermiques utilisent la propriété des bilames formées de deux lames minces de métaux ayant des coefficients de dilatation différents. Celles-ci s'incurvent en fonction de la température. Le courant à contrôler modifie la température grâce à l'effet joule (effet direct ou indirect selon que le courant circule dans le bilame ou autour) et déforme ainsi le bilame. Un

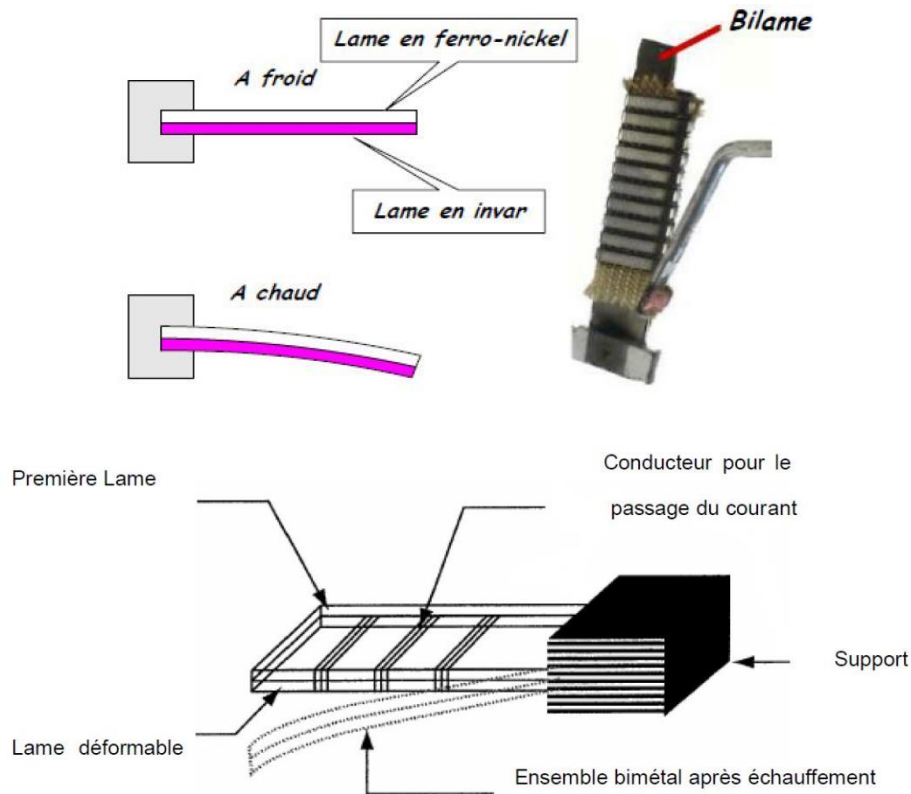


dispositif mécanique permet alors, au-delà d'un certain seuil, de basculer un ou plusieurs contacts. Les alliages utilisés sont : fer-nickel et invar



**Figure 4.21.** Vue éclaté d'un relais thermique

1	Bouton de Réglage Ir
Bouton Test, l'action sur le bouton permet :	
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le contrôle du câblage du circuit de commande.</li> <li>- La simulation du déclenchement du relais (action sur les deux contacts « O » et « F »)</li> </ul>
3	Le bouton stop, il agit sur le contact « O » et sans effet sur le bouton « F ».
4	Bouton de réarmement
5	Visualisation du déclenchement
6	Sélecteur de choix entre réarmement manuel et automatique.



**Figure 4.22.** Principe de fonctionnement d'un relais thermique (déformation des bilames).

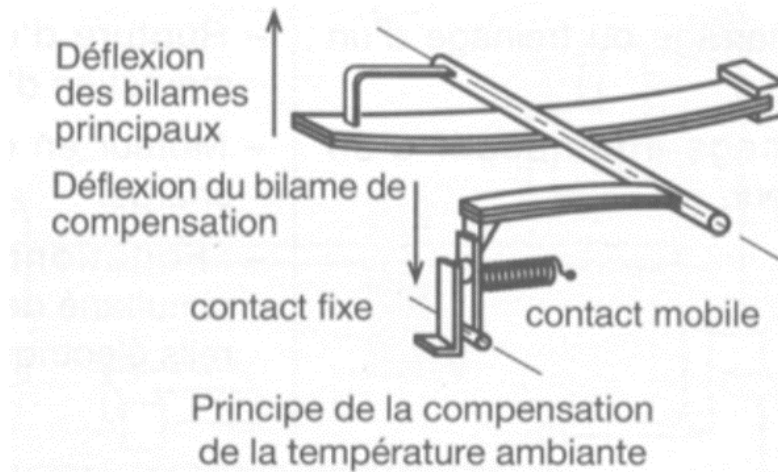
En cas de surcharge, le relais thermique n'agit pas directement sur le circuit de puissance. Un système mécanique, lié aux bilames, assure l'ouverture d'un contact auxiliaire (NC 95-96) qui ouvre le circuit de commande d'un contacteur est le contacteur coupe le courant dans le récepteur. Le relais thermique est généralement : différentiel, et / ou compensé.

#### - Principe du dispositif différentiel

Chaque bilame se déforme en fonction du courant qu'elle contrôle. Ce dispositif provoque le déclenchement du relais lorsque les trois courants qui traversent les trois bilames sont différents. Le déclenchement est d'autant plus rapide que la différence entre les courants, donc de déformation des bilames est grande.

#### Principe de la compensation en température

Afin d'éviter un déclenchement intempestif dû aux variations de la température ambiante, un bilame de compensation est monté sur le système principal du déclenchement. Ce bilame de compensation se déforme dans le sens opposé à celui des bilames principaux



**Figure 4.23.** Principe de compensation de la température ambiante

- **Classes de déclenchement d'un relais thermique**

Les relais thermiques protègent contre les surcharges. Mais pendant la phase de démarrage, ils doivent laisser passer les surcharges temporaires dues à la pointe de courant et déclencher uniquement si cette pointe, c'est à dire la durée de démarrage, est anormalement longue. 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 :

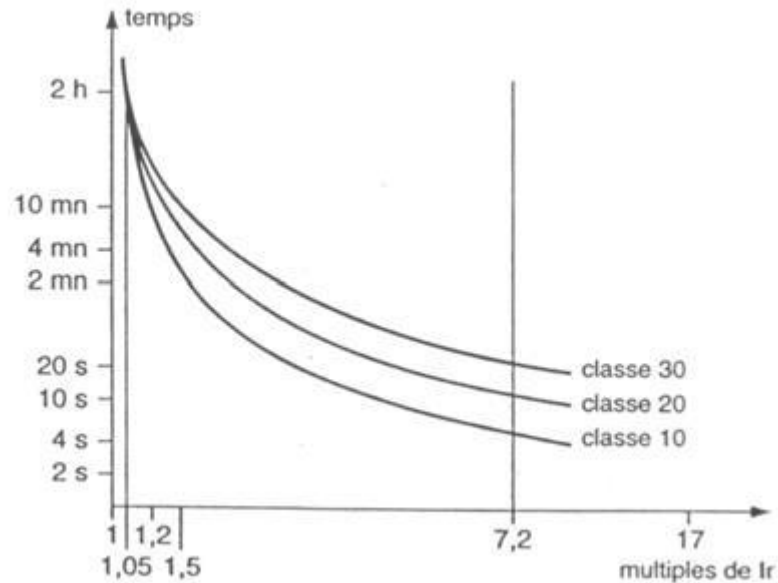
- Classe 10 : temps de démarrage inférieur à 10s (applications courantes).
- Classe 20 : temps de démarrage inférieur à 20s
- Classe 30 : temps de démarrage inférieur à 30s

Celles-ci sont fonctions du temps de déclenchement à partir de l'état froid (pas de passage préalable de courant).

**Tableau 3.** Classes de déclenchement du relais thermique.

	1.05 I <sub>r</sub>	1.2 I <sub>r</sub>	1.5 I <sub>r</sub>	7.2 I <sub>r</sub>
Classe	Temps de déclenchement à partir de l'état froid			
10A	> 2h	< 2h	< 2 min	2s < t < 10s
10	> 2h	< 2h	< 4 min	2s < t < 10s
20	> 2h	< 2h	< 8 min	2s < t < 20s
30	> 2h	< 2h	< 12 min	2s < t < 30s

\*I<sub>r</sub> : courant de réglage du relais thermique.



**Figure 4.24.** Courbe de déclenchement du relais thermique

#### - Critères de choix d'un relais thermique

Le choix et le réglage du relais thermique se fait en fonction de :

- Le courant nominal du moteur
- La plage de réglage du relais thermique
- La classe de déclenchement en fonction du temps de démarrage

### III.3. Relais magnétique (électromagnétique)

Le relais magnétique, encore appelé relais de protection à maximum de courant, est un relais unipolaire (un pour chaque phase d'alimentation) dont le rôle est de détecter l'apparition d'un court-circuit. Il s'ensuit qu'il n'a pas de pouvoir de coupure et que ce sont ses contacts à ouverture (91-92) et à fermeture (93-94) qui vont être utilisés dans le circuit de commande pour assurer l'ouverture du circuit de puissance du récepteur et signaler le défaut. Ce relais est recommandé pour la protection des circuits sans pointe de courant ou au contrôle des pointes de démarrage des moteurs asynchrones à bagues.

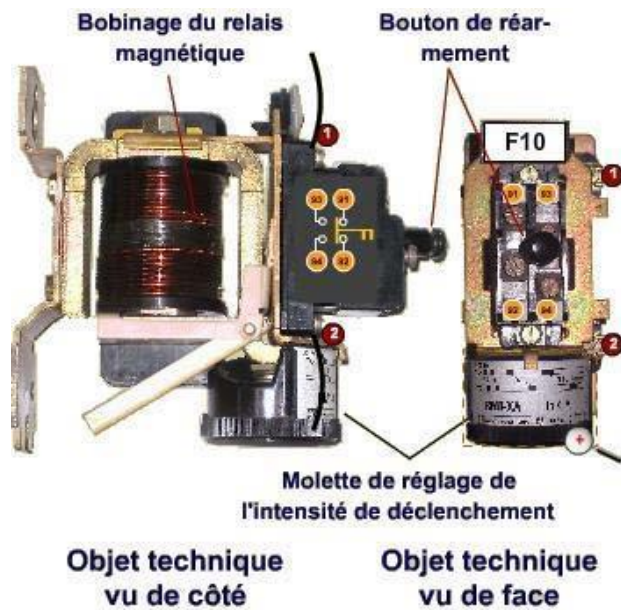


Figure 4.25. Relais électromagnétique.

#### - Principe de fonctionnement

En fonctionnement normal, le bobinage du relais magnétique est parcouru par le courant du normal. En cas de forte surcharge ou de court-circuit, la force engendrée par le champ magnétique de la bobine devient supérieure à la force du rappel du ressort et le relais magnétique déclenche.

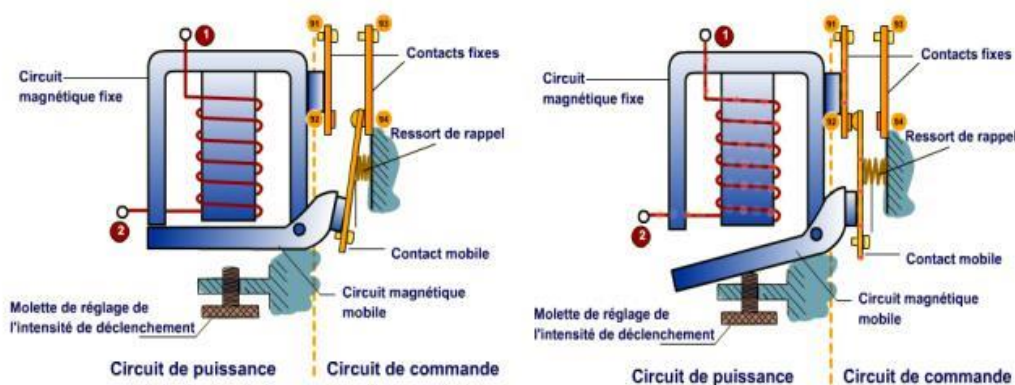
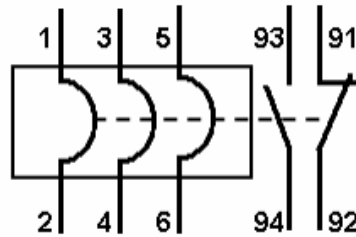


Figure4. 26. Vue éclaté d'un relais électromagnétique.

La raideur du ressort permet de régler pour quelle valeur du courant se produira la coupure. Le déclenchement est instantané avec un temps de réponse de l'ordre de milliseconde.

## Symbole



### - Réglage

Le réglage de l'intensité de déclenchement s'obtient en faisant varier l'entrefer du relais à l'aide d'une vis (ou une molette) graduée directement en Ampères. Le choix du réglage doit tenir compte :

- De l'intensité du réglage en service permanent ;
- De la valeur du réglage qui doit être supérieure au courant et aux pointes normales.

## III.4. Relais magnéto-thermique

C'est un déclencheur ou relais à maximum de courant qui fonctionne à la fois sous l'action d'un électro-aimant et sous l'effet thermique provoqué par le courant qui le parcourt. C'est l'association d'un relais magnétique et d'un relais thermique, le premier assurant la protection contre les surintensités brutales (déclenchement instantané), éventuellement les courts-circuits, le second contre les surcharges lentes (déclenchement retardé).

## III.5. Discontacteurs

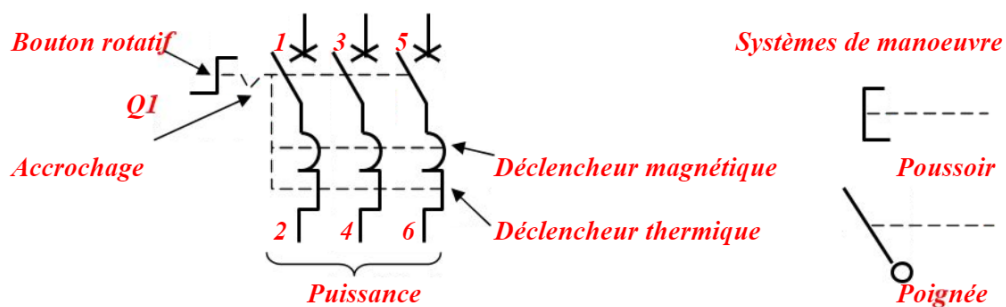
Le discontacteur est un contacteur équipé d'un relais thermique destiné à assurer la protection contre les surcharges. Le discontacteur :

- Permet la commande à distance ;
- Réalise des systèmes automatiques ;
- Détecte toute coupure de l'alimentation ;
- Assure des verrouillages électriques ;
- Sépare le circuit de commande du circuit de puissance ;
- Protège les récepteurs contre les surcharges.

### III.6. Disjoncteur

Un disjoncteur est un appareil de connexion électrique capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, ainsi que d'établir, de supporter pendant une durée spécifiée et d'interrompre des courants dans des conditions anormales spécifiées telles que celles du court-circuit ou de la surcharge. Les disjoncteurs utilisent un électroaimant (déclencheur magnétique) ou un bilame métallique (déclencheur thermique) ou les deux.

#### Symbole



#### Constitution

C'est l'association d'un ensemble de contacts avec un grand pouvoir de coupure et d'un système de protection contre les surcharges et les courts-circuits.

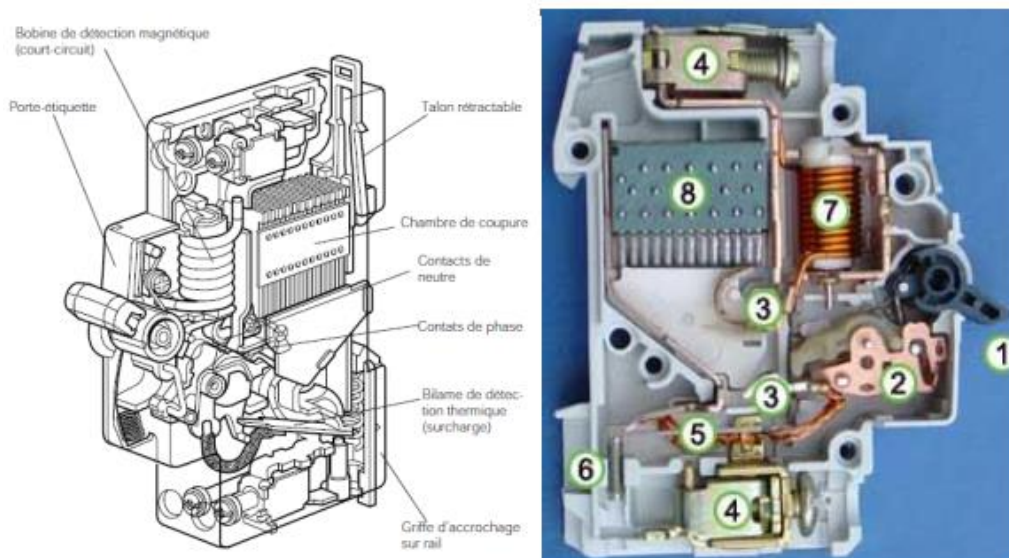


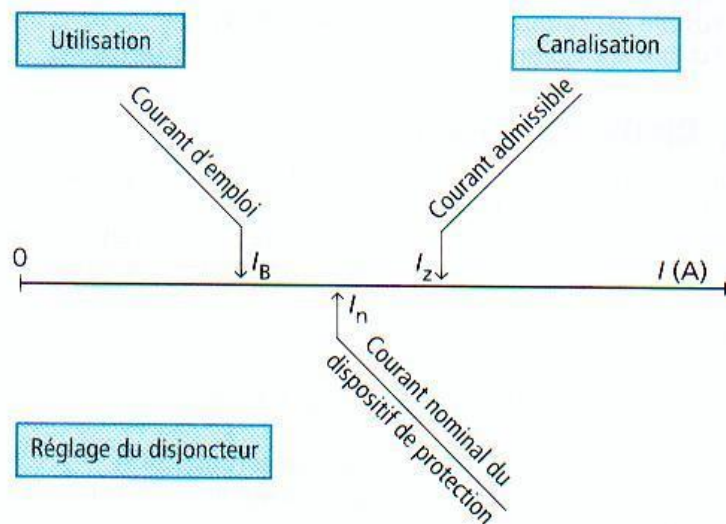
Figure 4.27. Vue éclaté d'un disjoncteur.

1. manette servant à couper ou à réarmer le disjoncteur manuellement. Elle indique également l'état du disjoncteur (ouvert ou fermé). La plupart des disjoncteurs sont conçus pour pouvoir disjoncter même si la manette est maintenue manuellement en position fermée ;
2. mécanisme lié à la manette, sépare ou approche les contacts ;
3. contacts permettant au courant de passer lorsqu'ils se touchent ;
4. connecteurs ;
5. bilame (2 lames soudées à coefficients de dilatation différents) : relais thermique (protection contre les surcharges) ;
6. vis de calibration, permet au fabricant d'ajuster la consigne de courant avec précision après assemblage ;
7. bobine ou solénoïde : relais magnétique (protection contre les courts-circuits) ;
8. chambre de coupure de l'arc électrique.

### Fonctions

#### a. Protection thermique (contre les surcharges)

C'est le rôle des déclencheurs thermiques qui peuvent détecter de faibles surcharges. Le principe de fonctionnement est analogue à celui du relais thermique (un bilame se déforme et provoque l'ouverture du disjoncteur en cas d'échauffement ou de surcharge). La coupure du circuit doit intervenir avant un échauffement anormal de la canalisation



Pour les disjoncteurs la norme NFC 15-100 donne les relations suivantes entre les courants :

- $I_B$  : courant d'emploi du circuit



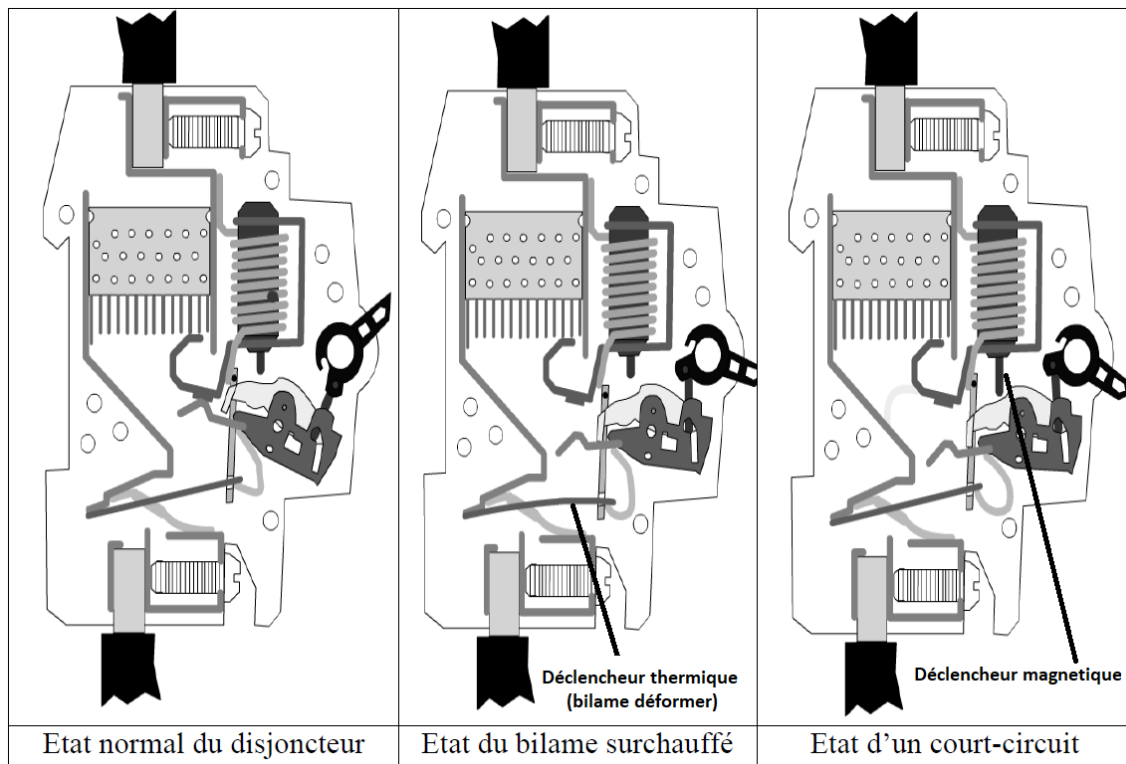
- $I_z$  : courant admissible de la canalisation
- $I_N$  : courant assigné du dispositif de protection

$$I_B \leq I_N \leq I_z$$

### b. Protection magnétique (contre les courts-circuits)

C'est le rôle des déclencheurs électromagnétiques. Ceux-ci interviennent au-delà des courants de surcharge et jusqu'à l'intensité maximale du courant de court-circuit. La coupure du circuit doit être exécutée même en cas de court-circuit. Le pouvoir de coupure du disjoncteur ( $P_c$ ) doit être supérieur au courant de court-circuit pouvant prendre naissance dans le circuit à protéger ( $I_{cc}$ ).

$$P_{cc} > I_{cc}$$



**Figure 4.28.** Différents types de protection d'un disjoncteur (thermique et magnétique)

### c. Protection différentielle

Un disjoncteur différentiel est un interrupteur différentiel réalisant également une protection en courant de court-circuit (surcharge). Le principe d'un dispositif différentiel à courant

résiduel (DDR) est de comparer les intensités sur les différents conducteurs qui le traversent. Par exemple, en monophasé, il compare l'intensité circulant dans le conducteur de phase, et celle du conducteur de neutre. C'est un appareil de protection des personnes et de détection des courants de fuite à la terre de l'installation électrique

Le dispositif différentiel est basé sur le principe suivant : dans une installation normale, le courant électrique qui arrive par un conducteur doit ressortir par un autre. Dans une installation monophasée, si le courant dans le conducteur de phase au départ d'un circuit électrique est différent de celui du conducteur neutre, c'est qu'il y a une fuite. La différence d'intensité du courant à laquelle réagit un disjoncteur est appelée la "sensibilité différentielle du disjoncteur" (obligatoirement 30 mA sur les circuits terminaux domestiques), notée  $I_{\Delta n}$  ("i delta n"). Son fonctionnement est très simple : chaque conducteur passe dans un tore magnétique, formant ainsi des champs électromagnétiques de force identique et en opposition qui s'annulent. En cas de différence, d'où son nom de différentiel, le champ électromagnétique résultant actionne un dispositif qui coupe immédiatement le courant. On doit avoir donc :

*Monophasé :*

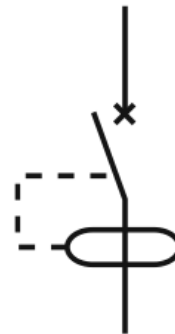
$$\vec{I}_{ph} + \vec{I}_N = 0$$

*Triphasé sans neutre :*

$$\vec{I}_1 + \vec{I}_2 + \vec{I}_3 = 0$$

*Triphasé avec neutre :*

$$\vec{I}_1 + \vec{I}_2 + \vec{I}_3 + \vec{I}_N = 0$$



**Figure 4.29.** Symbole protection différentielle.

## Les caractéristiques d'un disjoncteur

### 1) Identification

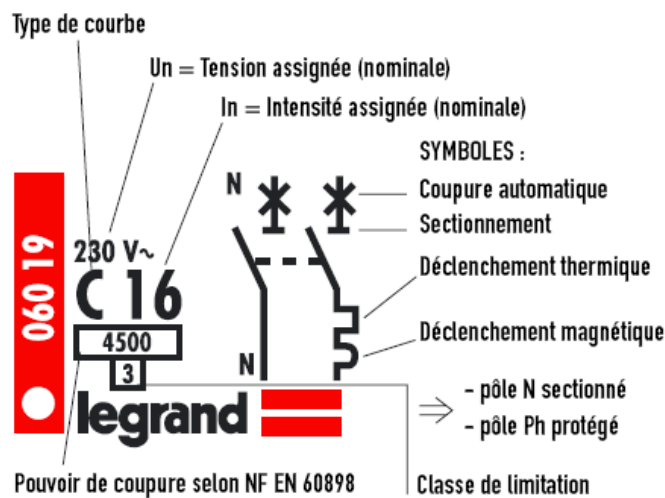


Figure 4.30. Indications inscrites sur un disjoncteur (Marque Legrand).

### 2) Grandeurs physiques

#### a. Courant assigné ou nominal ( $I_N$ ).

C'est la valeur du courant que peut supporter indéfiniment le disjoncteur sans échauffement anormal. On l'appelle aussi calibre du disjoncteur.

#### b. Courant de réglage ( $I_R$ ).

C'est le courant maximal que peut supporter le disjoncteur sans déclenchement. Ce courant est lié au réglage du déclencheur thermique, en général de 0,7 à 1  $I_N$ .

#### c. Courant de fonctionnement ( $I_m$ ).

C'est le courant de fonctionnement des déclencheurs magnétiques, en cas de court-circuit. Les déclencheurs magnétiques ont pour rôle de provoquer l'ouverture du disjoncteur en cas de surcharge brutale ou de court-circuit. La valeur de  $I_m$  peut varier entre 2,8  $I_N$  et 15  $I_N$ .

#### d. Tension d'emploi ( $U_e$ ).

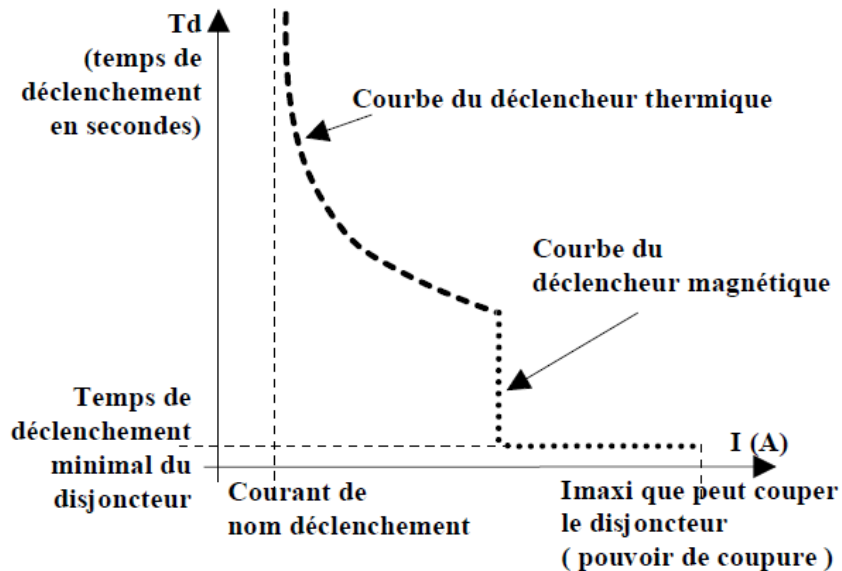
C'est la tension pour laquelle l'appareil peut être utilisé.

#### e. Pouvoir de coupure ( $P_c$ )

C'est la plus grande intensité de court-circuit que peut interrompre le disjoncteur dans les conditions de tension et de court-circuit déterminées. Il doit être capable, après ces coupures, de fonctionner normalement. Il s'exprime en kiloampères (kA).

### 3) Courbes de déclenchement :

C'est l'association de la courbe de déclenchement du relais thermique et de la courbe de déclenchement du relais magnétique



**Figure 4.31.** Courbe de déclenchement du disjoncteur magnétothermique.

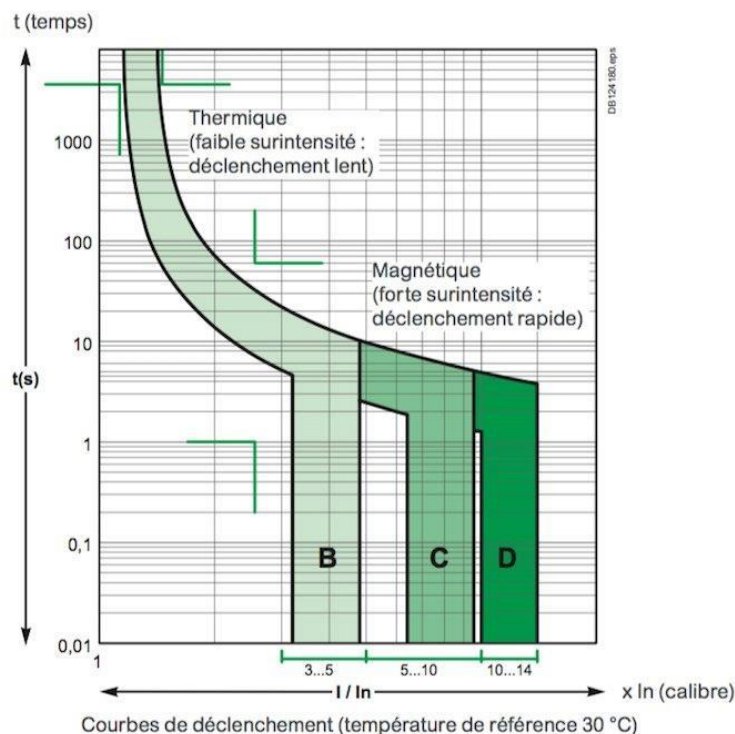
Dès que le courant passe, il se forme un champ magnétique et de la chaleur suite à la résistance. Ces deux propriétés physiques sont mises à profit dans le disjoncteur. Dans la zone de surcharge, un bilame se déforme en fonction de la chaleur croissante jusqu'au moment du déclenchement (thermique). En cas de court-circuit, l'inertie du bilame est trop grande et c'est le déclencheur électromagnétique qui entre en action. Ce dernier est constitué d'une bobine avec un percuteur. Dès que le champ magnétique est trop grand, le percuteur est attiré par l'aimant et le flux de courant est interrompu immédiatement.

Il existe plusieurs courbes caractéristiques de fonctionnement de disjoncteur pour répondre à des besoins précis. Voici les différentes courbes de fonctionnement et leurs applications :

- **Courbe B** : Ce disjoncteur est utilisé pour détecter les courts-circuits de faible valeur (entre 3 et 5 fois le courant nominal).
- **Courbe C** : C'est le modèle utilisé dans les installations électriques domestiques. Il se déclenche en cas de surcharge à partir de 5 à 10 fois le courant nominal.
- **Le disjoncteur courbe D** : Ce matériel autorise les pics de courant transitoires et temporaires avec un seuil de déclenchement à partir de 10 fois le courant nominal.

- **Courbe Z** : Le disjoncteur courbe Z est adapté pour la protection des récepteurs très sensibles au court-circuit. Il déclenche entre 2 et 3 fois le courant nominal. Il est utilisé pour le matériel électronique.
- **Courbe MA** : C'est un disjoncteur un peu particulier car il ne possède pas de protection contre les surcharges. Le disjoncteur courbe MA est dédié aux démarreurs de moteur qui demande une forte intensité au démarrage. Le courbe MA déclenchera en magnétique à partir de plus de 10 fois le courant nominal.

On retrouve ces informations (ainsi que celle expliquées ci-dessus), sur le graphique suivant de Schneider Electric.



**Figure 4.32.** Comportement en surcharge et court-circuit pour trois modèles de courbes B, C et D.

### Les critères de choix d'un disjoncteur

Le choix d'un disjoncteur repose sur différents critères, dont la plupart sont relatifs à votre sécurité.

- **Les normes de sécurité** : chaque disjoncteur doit présenter une certaine conformité à des règles de sécurité. Pour des applications domestiques, les normes NF C 61-410 et NF EN 60898 doivent être visibles.

- **Les caractéristiques du réseau** : il faudra vous référer aux caractéristiques de votre réseau, et en particulier sa tension et sa fréquence.
- **La courbe de déclenchement** : chaque disjoncteur doit obligatoirement présenter l'existence d'au moins trois courbes parmi les cinq existantes (Z, B, C, D et MA). Le choix des courbes dépend du type de récepteurs (résistif ou inductif) et du type de l'installation à protéger (domestique, moteur, etc.).
- **Le pouvoir de coupure** : il exprime l'aptitude du disjoncteur à pouvoir stopper un courant de court-circuit.
- **L'environnement** : l'environnement dans lequel se trouve le disjoncteur peut avoir un rôle à jouer dans votre choix (comme le type de local ou la température ambiante).

# **Chapitre 5 :**

# **Élaboration des schémas**

# **électriques**

## **I Introduction**

L'installation électrique, plus que toute autre installation, réclame savoir-faire et maîtrise. Les règles de sécurité inhérentes à la mise en place de câbles électriques et accessoires sont drastiques et difficiles à comprendre pour un non-initié. C'est pourquoi ces travaux sont généralement réglementés par des normes et réalisés par un professionnel agréé. Les normes et réglementations d'une installation électrique protègent l'installateur et les utilisateurs. Leur application stricte permet d'équiper rationnellement un local avec du matériel résistant et de grande longévité.


































## **II Schéma électrique :**

Il représente, à l'aide de symboles graphiques, 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 diagrammes) ;
- de fournir les bases d'établissement des schémas de réalisation ;
- de faciliter les essais et la maintenance.

Voici les principaux symboles utilisés :



APPAREILS DE PRODUCTION ET TRANSFORMATION	APPAREILS DE MESURE	CANALISATIONS	APPAREILS D'UTILISATION
 Générateur  Batterie de piles ou accus  Transformateur  Transformateur triphasé triangle/étoile  Transformateur de courant  Transformateur tore  Autotransformateur	<p><b>Indicateurs</b></p>  Voltmètre  Ampèremètre  Wattmètre  Varmètre  Fréquencemètre <p><b>Enregistreurs</b></p>  Compteur d'énergie active (wattheuremètre)  Compteur d'énergie active (varheuremètre)	 Conducteur de phase  Neutre  De protection (terre)  5 conducteurs (3 P + N + T)  Connexion borne  Connexion barrette  Croisement de 2 conducteurs avec connexion  Sans connexion  Dérivation  Boîte de jonction non enterrée	 Lampe d'éclairage (symbole général)  Tube à fluorescence  Moteur  Sonnerie  Résistance  Condensateur  Impédance  Eclairage de sécurité sur circuit spécial  Bloc autonome d'éclairage de sécurité







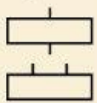
















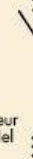












APPAREILLAGE D'INSTALLATION			
<p><b>Fonctions de l'appareillage</b></p>  Fonction disjoncteur  Fonction sectionneur  Fonction interrupteur-sectionneur  Fonction déclenchement automatique  Contact à fermeture (contact de travail)  Contact à ouverture (contact de repos)  Bobines de commande  Élément de protection thermique  Élément de protection magnétique	<p><b>Appareillage à fonction simple</b></p>  Sectionneur  Interrupteur (commande)  Fusible (protection contre les surintensités)  Contacteur (commande)  Rupteur (commande)  Bouton-poussoir à fermeture et retour automatique  Tirette à ouverture et retour automatique	<p><b>Appareillage à fonctions multiples</b></p>  Fusible interrupteur  Discontacteur  Fusible sectionneur  Interrupteur-sectionneur  Fusible interrupteur-sectionneur  Disjoncteur  Fusible à percuteur  Disjoncteur tripolaire à relais magnétothermiques  Disjoncteur différentiel  Contacteur tripolaire avec contact auxiliaire à deux directions	<p><b>Appareillage de protection contre les surtensions</b></p>  Eclateur  Eclateur double intervalle  Limiteur de surtension  Parafoudre <p><b>Appareillage de connexion</b></p>  Fiche de prise de courant  Socle de prise de courant  Fiche et prise associées <p><b>Autres formes</b></p>  Fiche mâle  Prise femelle  Fiche et prise associées

Tableau 1. Tableau des principaux symboles électriques.

### **III Classification des schémas:**

#### **1. Classification selon le but envisagé :**

##### **a) Schéma fonctionne**

Il est explicatif relativement simple, destiné à faire comprendre le fonctionnement d'une installation ou une partie d'installation, par des symboles ou par des figures simples.

##### **b) Schéma des circuits (de principe)**

Il est explicatif destiné à faire comprendre en détail le fonctionnement d'une installation ou une partie d'installation. Ce type tient compte des connections électriques et des liaisons qui interviennent dans l'installation.

##### **c) Schéma d'équivalence**

Il est explicatif particulier nécessaire à l'analyse et aux calculs des caractéristiques d'un élément de circuit ou d'un circuit.

##### **d) Schéma de réalisation**

Celui-ci est destiné à guider la réalisation et la vérification des connexions d'une installation ou d'un équipement; ces connections peuvent être intérieures à l'équipement ou extérieures aux différentes parties de l'équipement ou installation.

#### **2. Classification selon le mode de représentation :**

Mettre en forme un schéma doit tendre vers un objectif de simplification graphique. L'utilisation de ce même schéma doit répondre à un besoin d'information technologique par fois très important. Ces deux facteurs, apparemment contradictoires imposent le choix du mode de représentation graphique le mieux adapté à la nature du problème posé et à la qualification professionnelle de l'utilisateur. Trois facteurs caractérisent le mode de représentation [1-2-12-15] :

- Le nombre de conducteurs ;
- L'emplacement des symboles ;
- La représentation topographique.

##### **a) Nombre de conducteurs**

Selon ce nombre, celui d'appareils ou éléments représentés par un symbole, on peut distinguer :

## La représentation unifilaire

Deux ou plus de deux conducteurs sont représentés par un trait unique. On indique sur ce trait le nombre de conducteurs en parallèle [8] Cette représentation est surtout utilisée en triphasé.

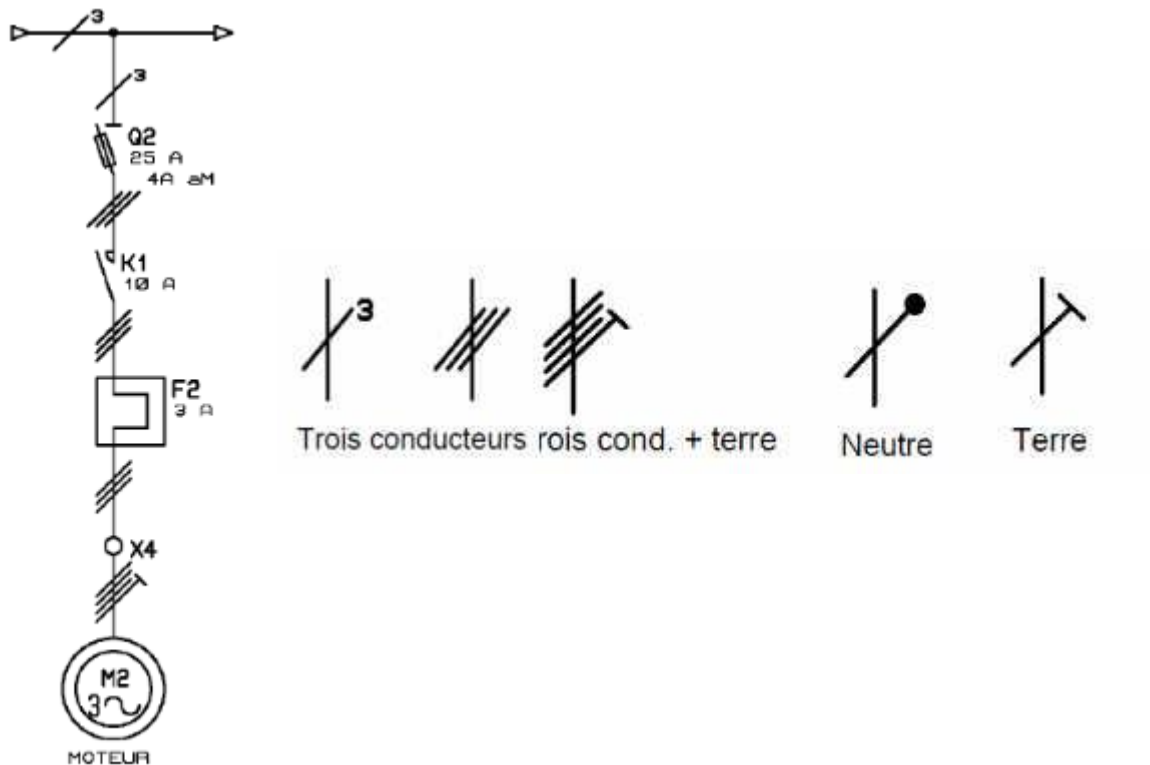


Figure5. 1 Présentation unifilaire [15]

## Représentation multifilaire :

Tout conducteur est représenté par un trait. Exemple : démarrage direct d'un moteur triphasé (circuit de puissance)

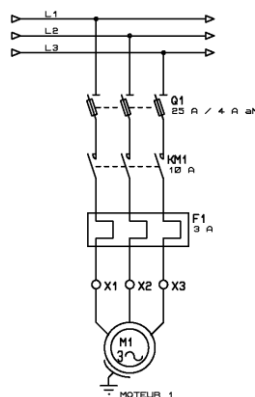


Figure5. 2 schéma multifilaire

## b) Emplacement des symboles :

On distingue, selon l'emplacement relatif sur le schéma des symboles correspondant au matériel ou élément:

### + La représentation assemblée

Une représentation juxtaposée sur le schéma des symboles des différents éléments d'un même appareil, ou d'un même équipement; les diverses représentations sont :

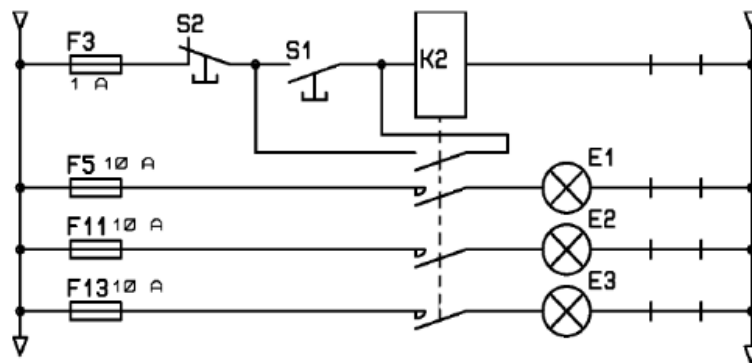


Figure 3 Représentation assemblée [15]

### + Représentation rangée :

Les différents éléments d'un même appareil, ou d'une même installation ont leurs symboles séparés et disposés de façon que l'on puisse tracer facilement les symboles des liaisons mécaniques entre différents éléments qui manœuvrent ensemble.

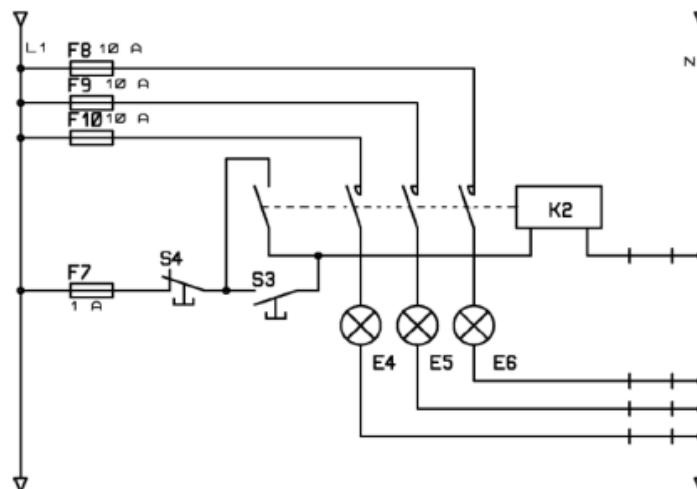


Figure5. 4. Représentation rangée [15]

## ✚ Représentation développée

Ici, les symboles 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. [15]

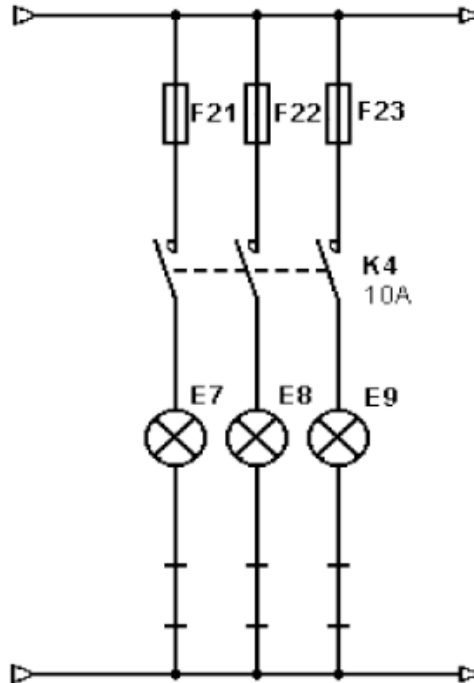


Figure5. 5 Représentation développée [15]

## ✚ Représentation topographique

Une représentation de symboles fait rappeler la disposition réelle des matériels dans l'espace, exemple: schéma architectural, plan ou schéma d'implantation.

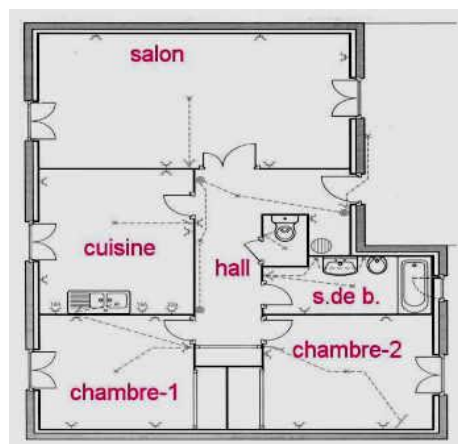


Figure5. 6 Un Schéma architecturaux [1-2-12-15]

#### IV Identification des éléments :

##### 1. Définition

Un tout indissociable est désigné par 'élément'. Par exemple un contacteur, un sectionneur ou un bouton-poussoir. [1-2-12-15].

##### 2. Principe d'identification

A	B	C
Sorte de l'élément	Fonction	Numéro de l'élément

Tableau 2 : Principe d'identification

##### a) Identification de la sorte d'élément

A l'aide de lettre repère, tous les éléments sont identifiés (sur la partie A). Exemple : Une bobine de contacteur : K Un bouton poussoir : S

Repère	Sorte d'élément	Exemple
A	Ensemble sous-ensemble fonctionnel	Amplification
B	Transducteur d'une grandeur non électrique en une grandeur électrique ou vice versa	Couple thermo-électrique, cellule photo-électrique...
C	Condensateurs	
D	Opérateur binaire, dispositifs de temporisation ou de mise en mémoire	Opérateur combinatoire, ligne à retard, bascule bistable, monostable, mémoire magnétique

E	Materiel divers	Eclairage, chauffage, éléments non spécifiés dans ce tableau
F	Dispositifs de protection	Coupe-circuit, limiteur de surtension, parafoudre...
G	Générateurs ( dispositifs d'alimentation )	Génératrice, alternateur, batterie
H	Dispositifs de signalisation	Avertisseur lumineux ou sonores.
K	Relais et contacteurs	
L	Inductances	Bobine d'induction, bobine de blocage.
M	Moteurs	
P	Instrument de mesure, dispositifs d'essai	Appareil indicateur, appareil enregistreur.
Q	Appareils mécaniques de connexion pour circuit de puissance	Disjoncteur, sectionneur
R	Résistances	Potentiomètre, rhéostat, shunt, persistance
S	Appareils mécaniques de connexion pour circuit de commande	Boutons poussoirs, interrupteur fin de course, sélecteur...
T	transformateur	
U	Modulateur, convertisseur	Convertisseur de fréquence, convertisseur redresseur, onduleur autonome
X	Bornes, fiches, socles	
Y	Appareils mécaniques actionnés électriquement	Frein, embrayage, électrovalve pneumatique

**Tableau 3 :** Tableau des lettres repères pour l'identification des sortes d'éléments

### b) Identification de la fonction de l'élément

Un repère choisi doit nécessairement commencer par une lettre (partie B) pouvant être suivie de lettres et/ou chiffres complémentaires nécessaires (partie C). Le code utilisé doit être explicite. [1-2-12-15]Exemple: la protection par relais thermique F1 pourra être identifiée fonctionnellement par Rth1.(KA1 pour un contacteur auxiliaire ; KM2 ...)

Repère fonctionnel	Légende	Repère fonctionnel	Légende
AL	Alarme	FE	Fermeture
Auto	Automatique	FR	Freinage
AR	Arrière	GA	Gauche
AT	Arret	GV	Grande vitesse
AV	avant	HA	Haut
BA	Bas	HS	Hort service
CA	Courant alternatif	I	Courant
CC	Cournt continu	L	Ligne d'alimentation
D	Triangle (couplage)	MA	Marche
Dcy	Départ cycle	Manu	Manuel
DE	Descente	MI	Minimum
DM	Démarrage	MO	Montrée
DR	Droite	MX	Maximum

EA	Eau	NO	Normal
ES	En service	OU	Ouverture
EX	Excitation	P	Puissance
FC	Fin de course	PV	Petite vitesse
+	Augmentation	SY	Synchronisation
-	Diminution	U	tension
INC	Incrémentation	Y	Etoile ( couplage)
DEC	Décrémentation	W	Vitesse angulaire

**Tableau 4** : Tableau des repères d'identification fonctionnelle. [1-2-12-15]

### c) Identification des bornes d'appareils

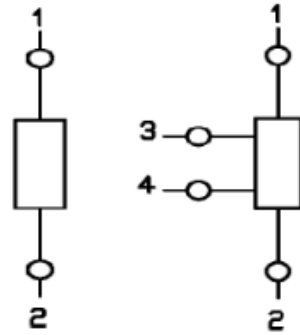
Cette identification est fondée sur une notation alphanumérique employant des lettres majuscules et des chiffres arabes, où les deux lettres 'I' et 'O' ne doivent pas être utilisées (pour éviter les confusions I avec 1 et O avec 0). [15]

### 3. Principe de marquage des bornes :

#### a) Pour un élément simple

Un élément simple doit avoir les deux extrémités distinguées par des nombres de référence successifs, par exemple 1 et 2. S'il existe des points intermédiaires à cet élément, on les distingue par des nombres supérieurs en ordre normalement croissant à ceux des extrémités. [12-15]



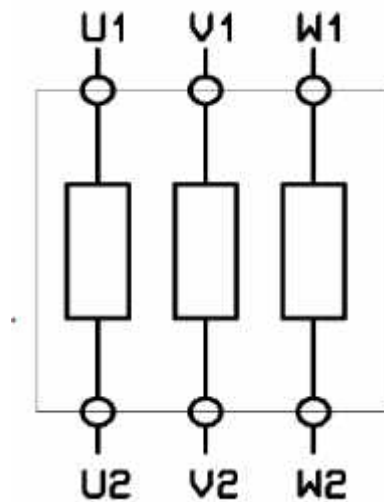


**Figure 5.7** Un élément simple. [12-15]

**b) Pour un groupe d'élément**

Pour un groupe d'éléments semblables, les extrémités des éléments seront désignées par des lettres de référence qui précéderont les nombres de référence indiqués au paragraphe (a). [12-15]

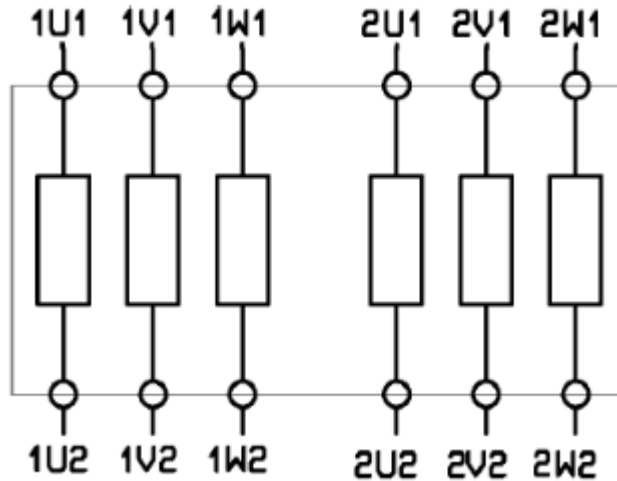
Exemple : U, V, W pour les phases d'un système alternatif triphasé.



**Figure 5.8** Un groupe d'élément [12-15]

**c) Pour plusieurs groupes semblables**

Si plusieurs groupes semblables d'éléments ont les mêmes lettres de référence, on les distingue par un préfixe numérique devant les lettres de référence.



**Figure 5.9** Plusieurs groupe semblables [12-15]

**d) Lettres de référence**

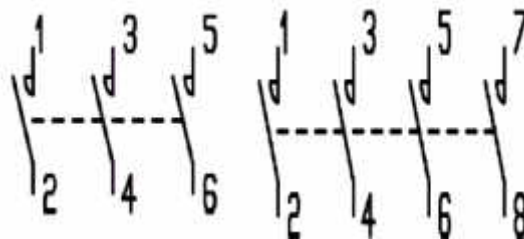
Celles-ci seront choisies en courant :

- Alternatif : dans la seconde partie de l'alphabet.
- Continu : dans la première partie de l'alphabet,

**4. Principe de marquage des contactes**

**a) Contactes principaux :**

Les bornes de (contacteur, sectionneur, disjoncteur et relais de protection contre surcharges) sont repérées par un seul chiffre de 1 à 6 (tripolaire), de 1 à 8 (tétra-polaires).



**Figure 5.10** Les contactes principaux [12-15]

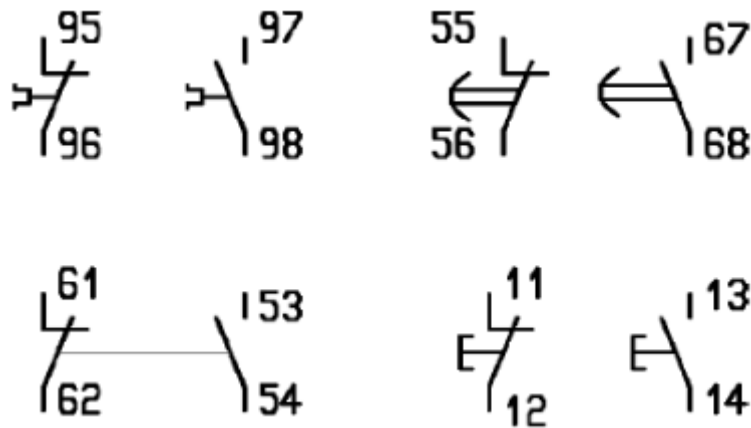
**b) Contactes auxiliaires**

Ceux-ci se repèrent par un nombre de deux chiffres. Le chiffre des unités indique la fonction du contact :

- 1-2, contact à ouverture ;

- 3-4, contact à fermeture ;
- 5-6, 7-8, contacts à fonctionnement spécial.

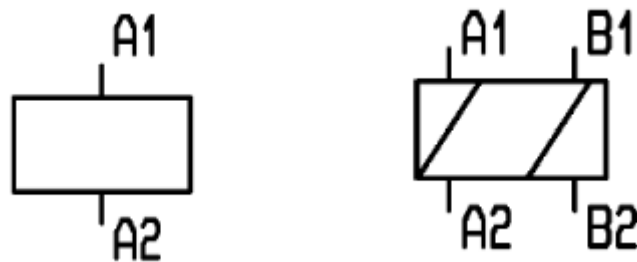
Le chiffre des dizaines indique le numéro d'ordre de chaque contact auxiliaire de l'appareil



**Figure5. 11** les contactes auxiliaires [15]

### c) Organe de commande





Pour ceux-ci, les repères sont alphanumériques, la lettre étant placée en première position; on utilise : A1 et A2 pour une bobine de commande d'un contacteur, et A1-A2 et B1-B2 pour une bobine de commande de contacteur à deux enroulements.



**Figure5. 12** Organe de commande [15]

#### d) Marquages particuliers :

Ils concernent les bornes raccordées à des conducteurs bien définis : Voir tableau suivant.

<i>Bornes d'appareil pour</i>		<i>Marquage</i>	
		<i>Notation alpha-numérique</i>	<i>Symbole graphique</i>
<i>Système alternatif</i>	<i>Phase 1</i>	<i>U</i>	
	<i>Phase 2</i>	<i>V</i>	
	<i>Phase 3</i>	<i>W</i>	
	<i>Neutre</i>	<i>N</i>	
<i>Conducteur de production</i>		<i>PE</i>	
<i>Terre</i>		<i>E</i>	
<i>Terre sans bruit</i>		<i>TE</i>	
<i>Masse (platine, châssis)</i>		<i>MM</i>	

**Tableau 5:** des marquages particuliers des bornes d'appareil [15]

#### V Repérage des conducteurs sur les schémas

Qualifié d'individuel, le repérage de conducteurs est généralement nécessaire pour un schéma de connexions, pour un schéma explicatif détaillé et pour un schéma général des connexions. Le repérage peut être fixé lors de l'étude du schéma ou dans les cas simples, choisi lors de la pose des conducteurs ; on doit alors reporter les repères sur le schéma ou sur un document annexe.

##### a) Repérage dépendant

Un repère du conducteur reproduit les marques des bornes ou des équipements auxquelles les deux extrémités de ce conducteur doivent être raccordées.

##### b) Repérage indépendant

Généralement, il utilise le même repère simple tout le long du conducteur, où dans la plupart du temps un schéma ou un tableau de connexions doit être employé.

**c) Repérages particuliers :**

<i>Désignation des conducteurs</i>		<i>Marquage</i>	
		<i>Notation alpha-numérique</i>	<i>Symbole graphique</i>
<i>Système d'alimentation alternatif</i>	<i>Phase 1</i>	<i>L1</i>	
	<i>Phase 2</i>	<i>L2</i>	
	<i>Phase 3</i>	<i>L3</i>	
	<i>Neutre</i>	<i>N</i>	
<i>Système continu</i>	<i>Positif</i>	<i>L+</i>	+
	<i>Négatif</i>	<i>L-</i>	
	<i>Médian</i>	<i>M</i>	-
<i>Conducteur de production</i>		<i>PE</i>	
<i>Conducteur de production non mis à la terre</i>		<i>PU</i>	
<i>Conducteur de production et conducteur neutre confondus</i>		<i>PEN</i>	
<i>Terre</i>		<i>E</i>	
<i>Terre sans bruit</i>		<i>TE</i>	

**Tableau 6 :** Des marquages des conducteurs particuliers [15]

**d) Méthode de repérage en schéma développé**

Un circuit élémentaire peut être disposé verticalement ou horizontalement. Sur un schéma développé, chaque symbole d'un élément doit être repéré de façon à pouvoir situer tous les éléments d'un appareil (voir le schéma ci-dessous).

- Chaque ligne verticale du schéma est repérée par un chiffre ou par ligne verticale. Les lignes de repérage sont espacées de 20mm à 40mm.
- A la partie supérieure ou inférieure est indiquée la fonction.
- Chaque organe du schéma est repéré par :
- L'identification de l'organe de commande ;
- Le marquage des bornes ;
- Eventuellement la localisation de l'organe de commande.
- On porte à la partie inférieure le marquage des contacts actionnés par l'organe de commande ainsi que leur localisation dans le schéma (repérage de ligne verticale)

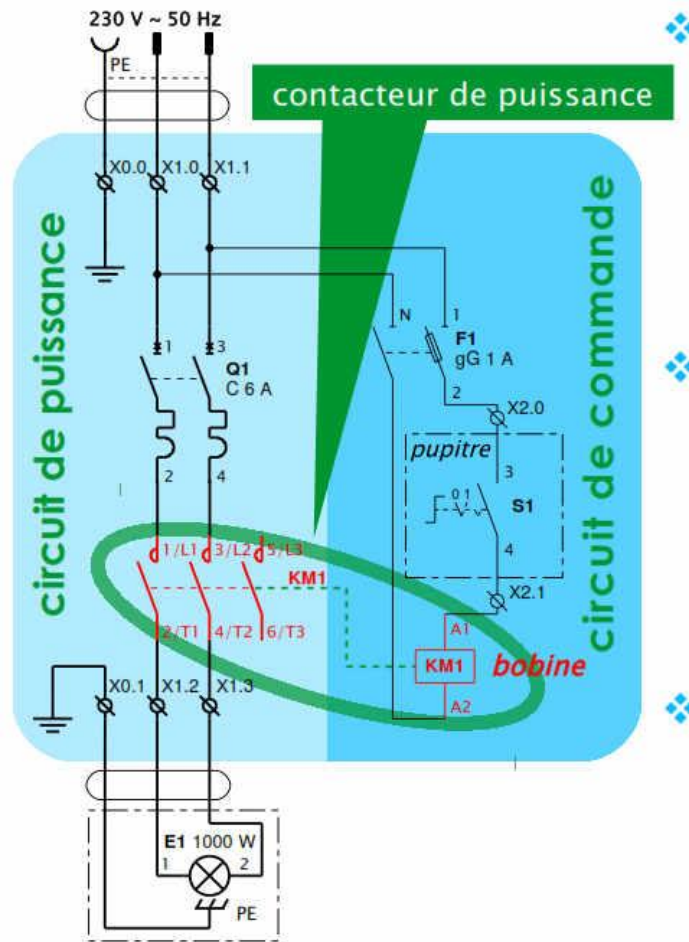


Figure 5.13 : Circuit de puissance et circuit de commande

## **VI Conclusion**

Le schéma électrique est un moyen de représentation des circuits et des installations électriques, c'est donc un langage qui doit être compris par tous les électriciens. Pour cette raison, il faut respecter des règles de représentation et des symboles normalisés. Elles sont classifiées dans des normes internationales. Un schéma électrique représente, à l'aide de différents symboles graphiques, les différentes parties d'un réseau, d'une installation ou d'un équipement qui sont reliées et connectées fonctionnellement.

Le présent polycopié, ne présente que quelques symboles et schéma de base pour débutant dans le domaine d'électricité ou la nécessité de connaître les règles et les notions élémentaires pour les schémas électriques, sont obligatoires. N'empêche que pour réaliser ou modifier un nouveau circuit dans toute installation électrique, il convient de respecter les règles de raccordement des fabricants et les prescriptions de la norme.

L'installation électrique est soumise à divers risques comme les courts-circuits et les fuites de courant ; c'est pour cette raison que chaque circuit est protégé individuellement à fin d'éviter la propagation du défaut et aussi l'endommagement de notre installation et bien sur la protection des personnes.

Pour approfondir vos connaissances dans ce domaine, il existe d'autres documents et livres spécialisés qui proposent d'autres montages dans les installations d'éclairage et donnent différents modes de démarrage des moteurs électriques tel que le démarrage statorique, rotorique .....

# Références



## Références

- [1] Support de cours, Schémas et Automates programmables, Dr Mesaoud Mohammedi, 2012
- [2] Support de cours, Schémas et Appareillage électrique, Dr Benaired Noreddine, 2014
- [3] Schneider Electric, guide de l'installation électrique, chapitre J, la protection contre les surtensions, 2010
- [4] Serge Theoleyre, Groupe Schneider, Les techniques de coupure en MT, Cahier technique n°193, 1998
- [5] Henry Ney, Schémas d'électrotechnique, NATHAN Techniue, 2002
- [6] Henry Ney, Technologie et schémas d'électricité, niveau 1, nouvelle édition, 1985
- [7] Christophe Prévé-Hermès, Protection des réseaux électriques, Paris-1998.
- [8] L. Féchant, Appareillage électrique à BT, Appareils de distribution, Techniques de l'Ingénieur, traité Génie électrique, D 4 865.
- [9] S. H. Horowitz, A.G. Phadke, Power System Relaying, second edition, John Wiley & Sons 1995
- [10] Jaques Marie Broust, Appareillages et Installations Electrique Industriels « Conception-Coordination-Mise en œuvre-Maintenance », Dunod, Paris-2008
- [11] P. Heiny, A. Caplier, Technologie d'électricité : Applications de l'électricité et appareillage électrique, Tome 2, Foucher, Paris
- [12] Metalta Rachid, Normes et schémas électrique, Institut Algérien du Pétrole, Ecole de Skikda, Département Génie Electrique et Instrumentation
- [13] <https://fr.scribd.com/document/144859303/Appareillages-et-Schemas-electriques>
- [14] <https://fr.scribd.com/doc/292818286/Normes-Et-Schemas-Electriques>
- [15] Positron libre, Guide Schéma Electrotechnique et Electricité, Apprendre et Comprendre le Schéma en Electricité Industrielle et Electrotechnique, [www.positron-libre.com](http://www.positron-libre.com).