

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, et les boîtes en plastique 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.



Figure 14. 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 15. 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.

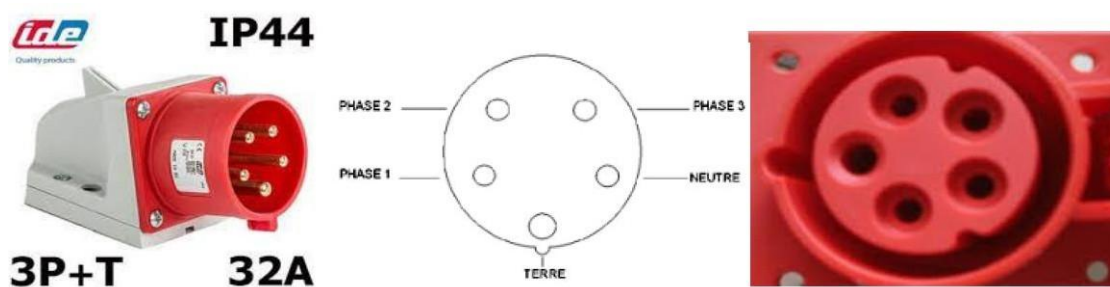


Figure 16. Prise de courant triphasée 3P+N+T.

I.4. Sectionneur

Fonction

Un sectionneur sert à établir ou d'interrompre le courant dans un circuit à vide par coupure de tous les conducteurs de phase et du conducteur de neutre s'il existe. Il sert à séparer la partie amont sous tension de la partie aval d'un circuit pour permettre un travail d'entretien ou de réparation sans danger. Pas de pouvoir de coupure ou de fermeture, quand le sectionneur est manœuvré, le courant doit être nul. 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.

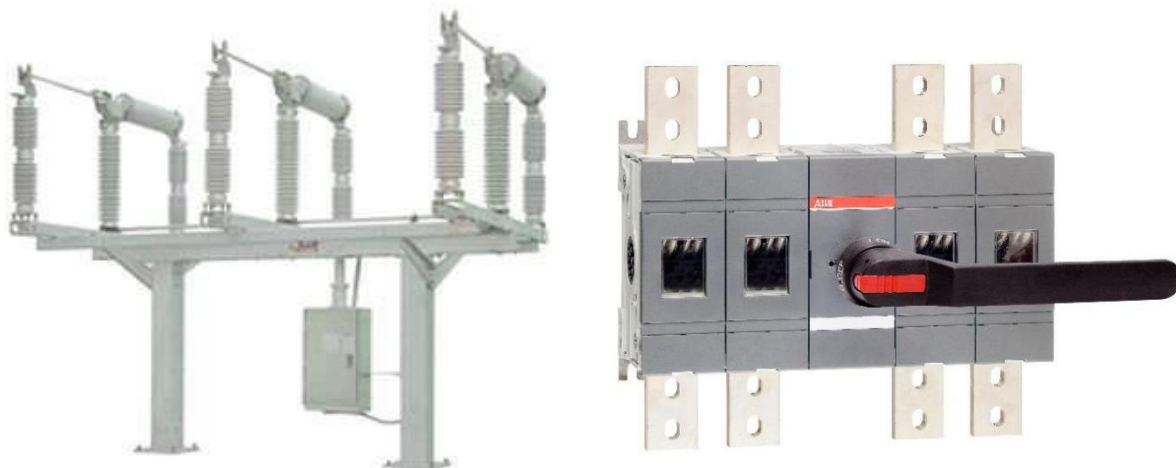


Figure 17. Sectionneur HT (à gauche) et sectionneur BT (à droite).

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.

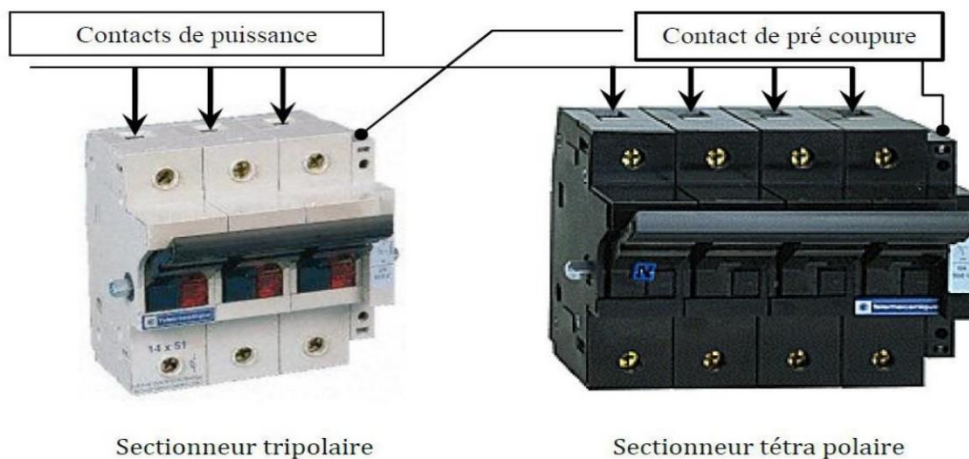


Figure 18. Contacts de puissance et de pré-coupure d'un sectionneur tripolaire et tétrapolaire.

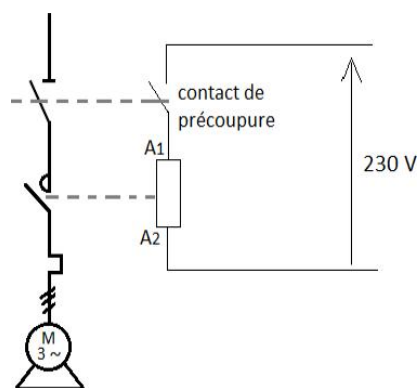
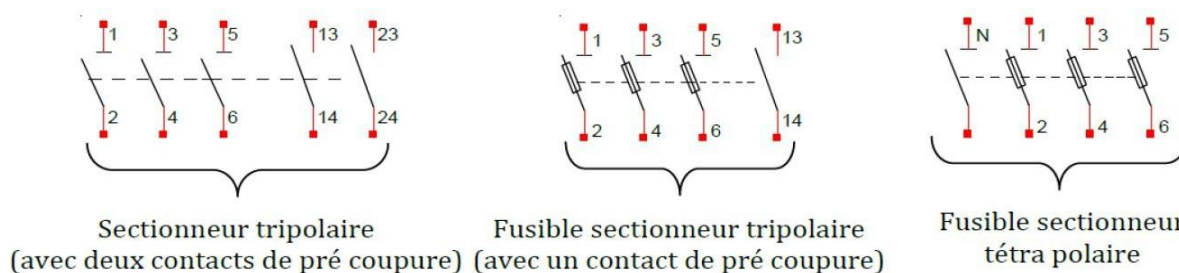


Figure 19. Insertion de contact de pré coupure du sectionneur dans le circuit de commande.

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

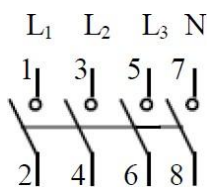
Rôle

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



Figure 20. Interrupteurs.

Symbole



Interrupteur tétrapolaire.

II.2. Les interrupteurs-sectionneurs

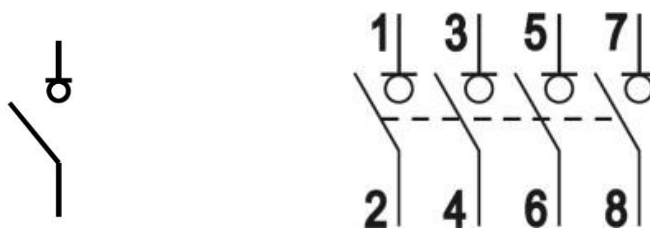
Rôle

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.



Figure 21. Interrupteurs-sectionneurs.

Symbole



Interrupteur-sectionneur tétrapolaire.

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

Rôle

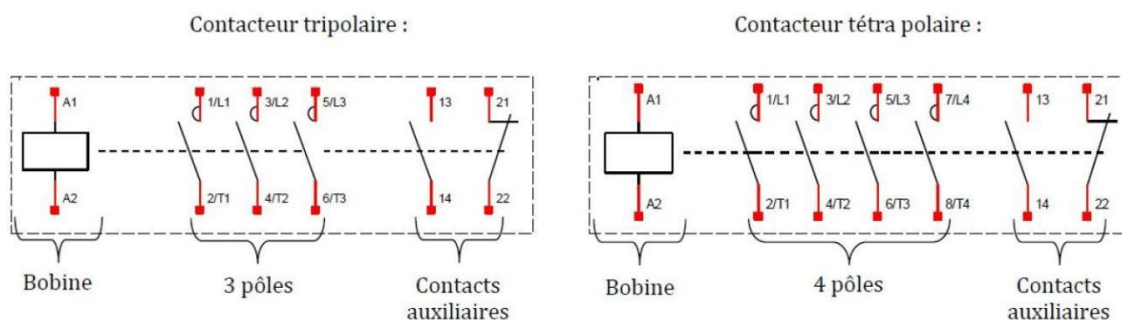
Le contacteur est un appareil de commande qui sert à établir, interrompre et supporter les courants dans les conditions normales de fonctionnement d'un circuit. C'est essentiellement un appareil de commande et de contrôle capable d'effectuer un grand nombre de manœuvres sous des courants de charges normaux.

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



Figure 22. Contacteur.

Symbole



Caractéristiques principales

Un contacteur est constitué de deux parties principales, la partie puissance et la partie commande. Le circuit de puissance est composé des contacts principaux qui peuvent être unipolaires, bipolaires, tripolaires ou encore tétra-polaires. Le circuit de commande est constitué principalement d'une bobine et contact auxiliaire. Sur les contacteurs de puissance élevée les bobines sont souvent interchangeables, permettant de commander le contacteur avec différentes tensions (24V, 48V, 110V, 230V, 400V).

La différence entre contact de puissance et contact auxiliaire réside dans le fait que le contact de puissance est prévu pour résister à l'apparition d'un arc électrique issu d'un fort courant, à l'ouverture ou à la fermeture du circuit ; de ce fait, c'est ce contact qui possède un fort pouvoir de coupure.

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.

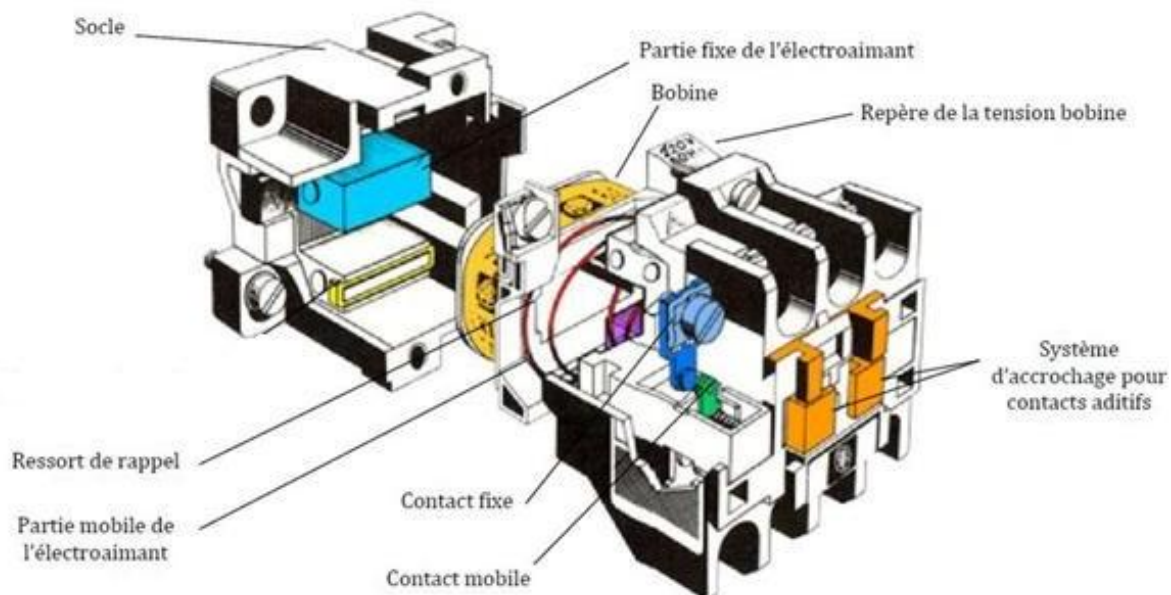


Figure 23. Constitution générale d'un contacteur.

Fonctionnement

La figure 24 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.

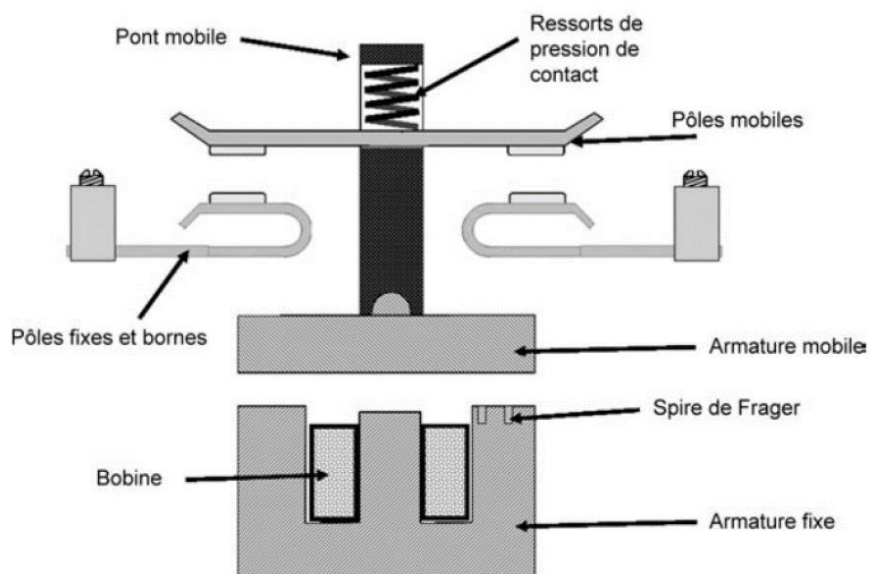


Figure 24. Principaux éléments d'un contacteur.

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.

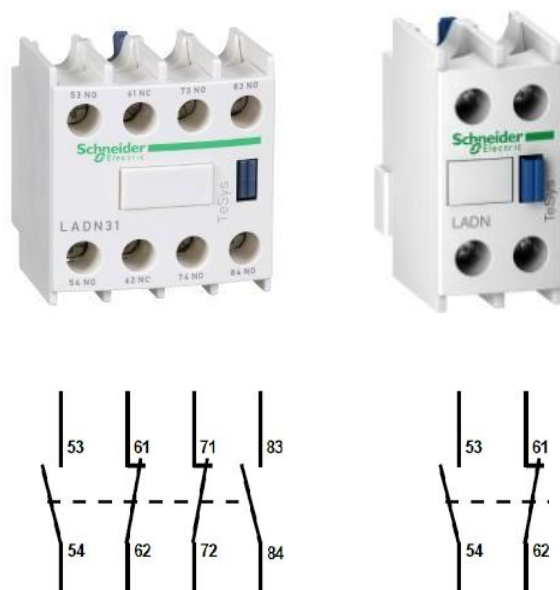


Figure 25. Blocs contacts auxiliaires pour contacteur.

- **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.

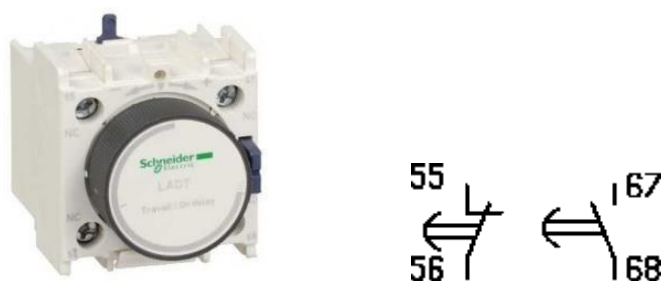


Figure 26. Bloc contacts temporisés pour contacteur.

- **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

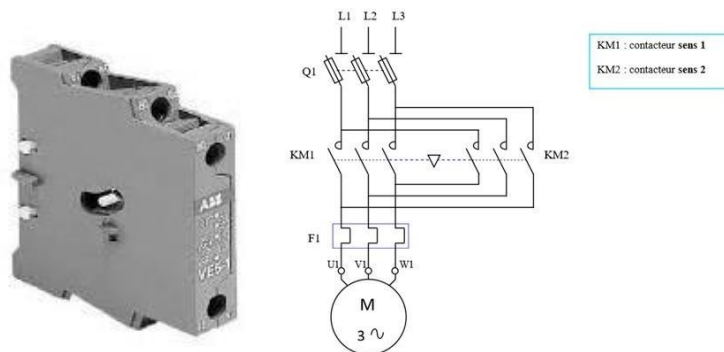


Figure 27. Dispositif de condamnation mécanique pour contacteur (Verouillage mecanique).

Remarque

- La bobine et les contacts auxiliaires se branchent toujours dans le circuit de commande tandis que les contacts de puissance se raccordent toujours dans le circuit de puissance.
- Certains modèles de contacteurs peuvent recevoir en plus des blocs annexes de contacts auxiliaires (instantanés ou temporisés).

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.

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.

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.

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.

Pouvoir de fermeture : C'est la valeur efficace du courant maximal que le contacteur peut établir, sans soudure des contacts.

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.

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

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.

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.

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.

| | Catégorie | Récepteur | Fonctionnement |
|------------|------------------|--------------------|--|
| 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 |

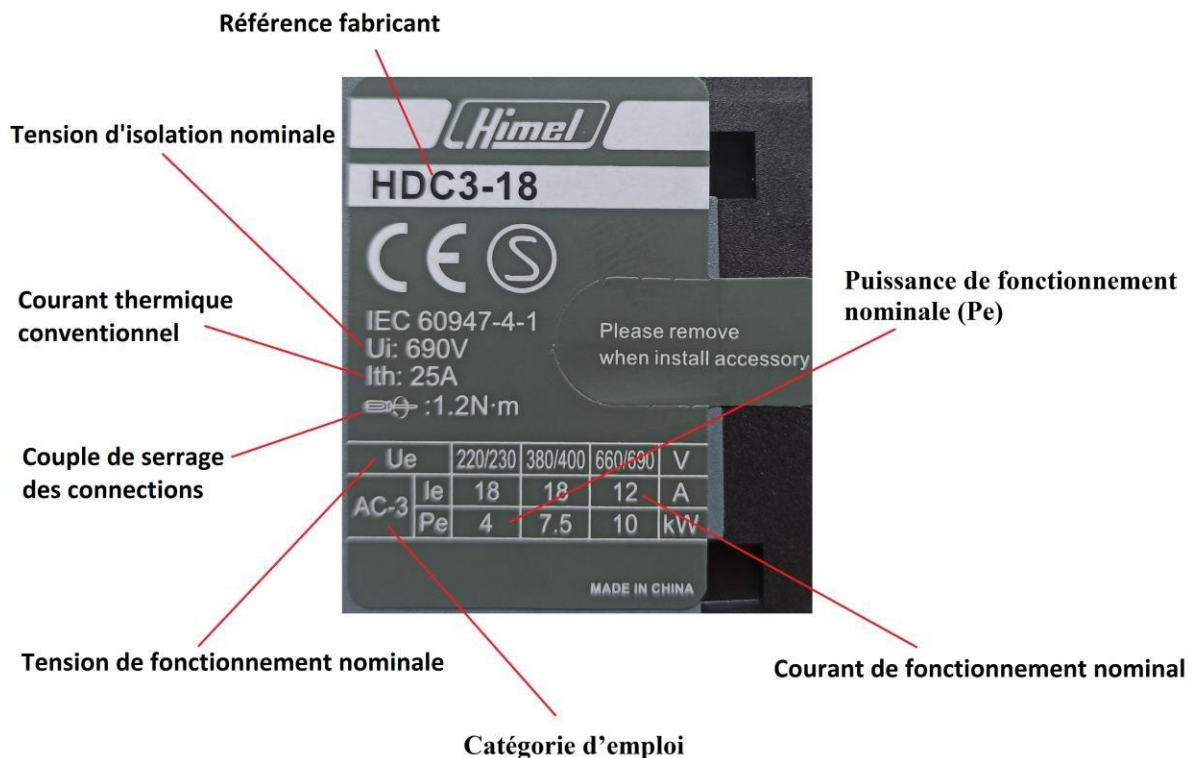


Figure 27. Indications inscrites sur un contacteur (Marque Himel).

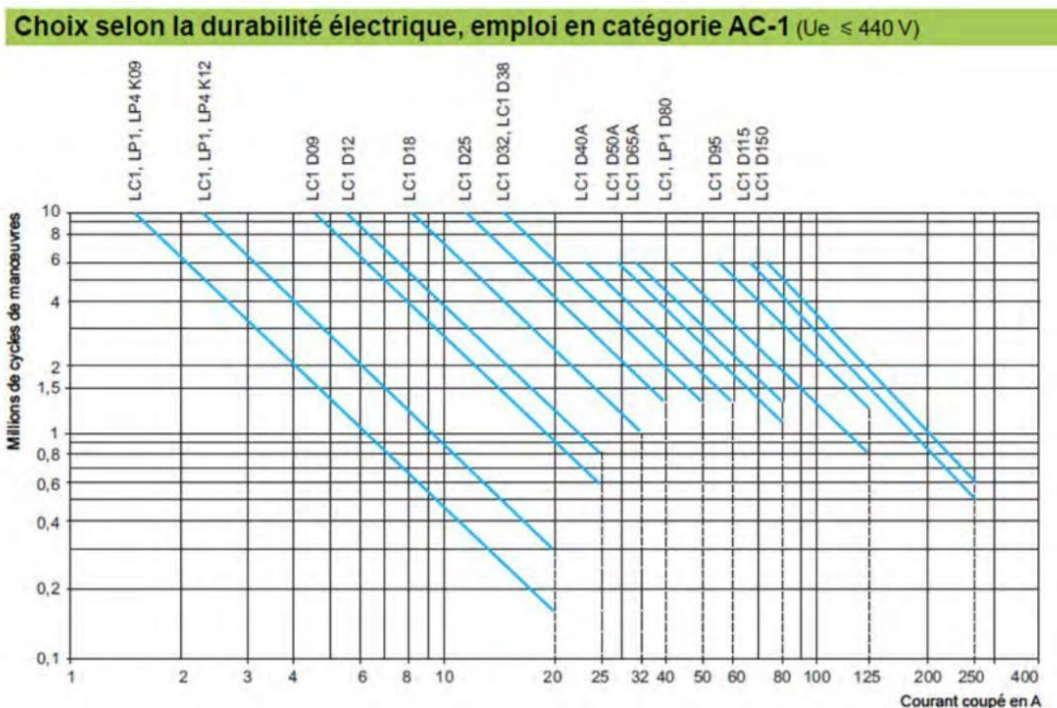


Figure 28. Durée de vie électrique d'un contacteur en AC1

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.

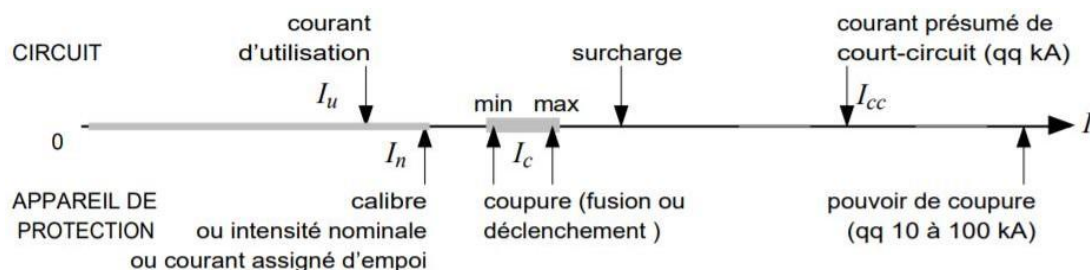
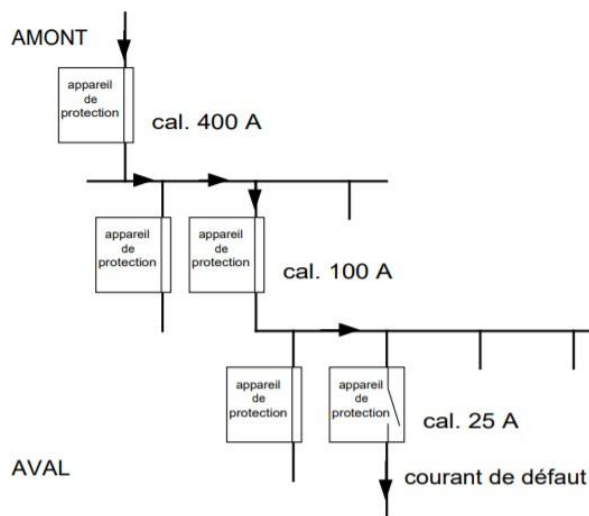


Figure 29. Déclenchement des appareils de protection en cas de surintensité.

- **Fonctionnement normal** : courant d'utilisation \leq calibre de l'appareil de protection.
- **Surintensité passagère** : démarrage moteur, connexion transformateur, etc. Pas de coupure.
- **Surintensité anormale** :
 - Surcharge : 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 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

Rôle

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.

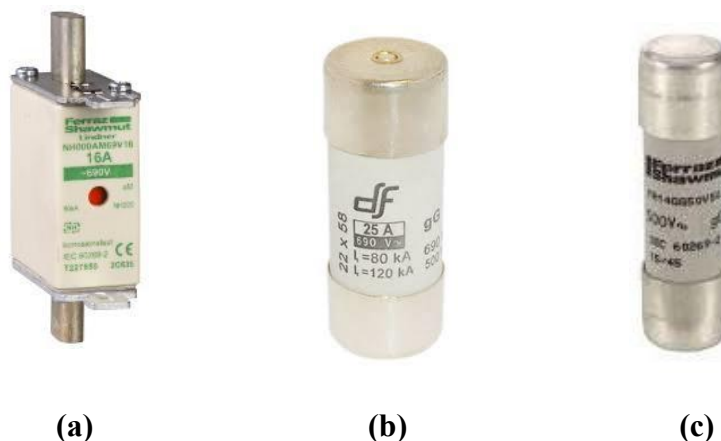
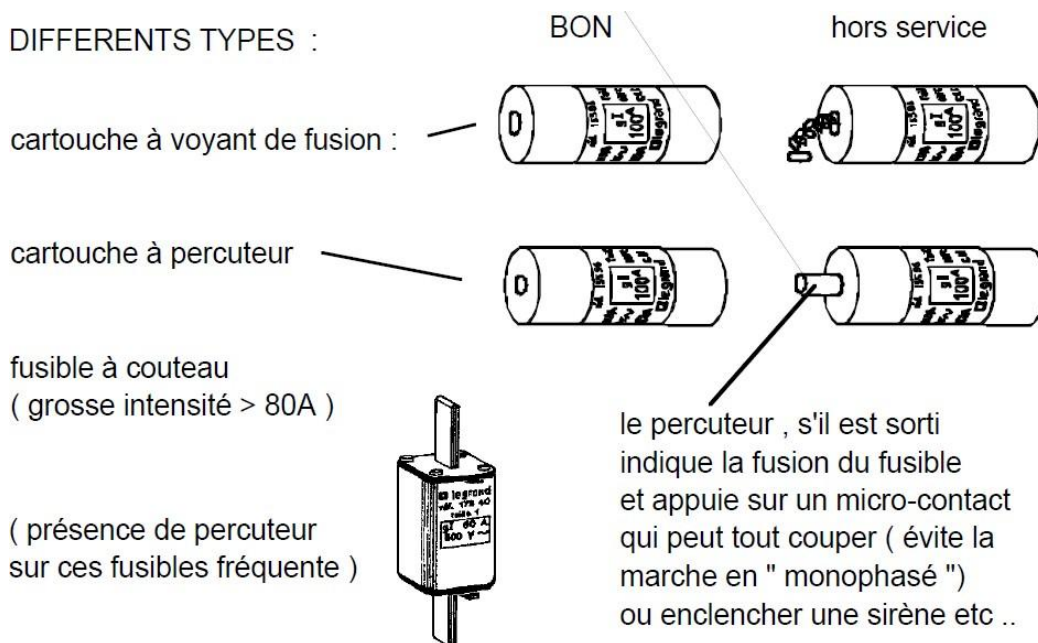


Figure 30. (a) Fusible à couteau, (b) fusible à avec percuteur, (c) fusible sans percuteur.



Symbole



Fusible sans percuteur



Fusible avec percuteur

Constitution

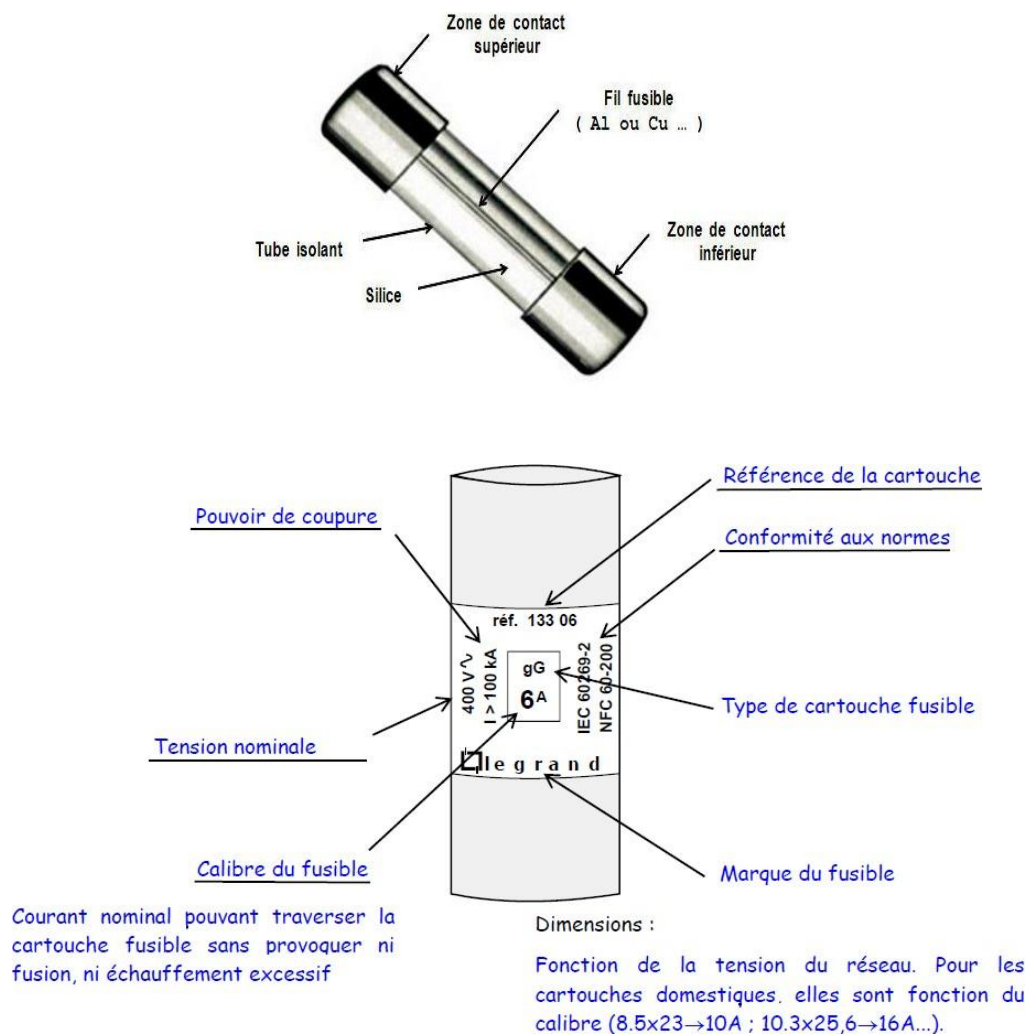


Figure 31. Constitution d'un fusible.

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'écroule 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 :

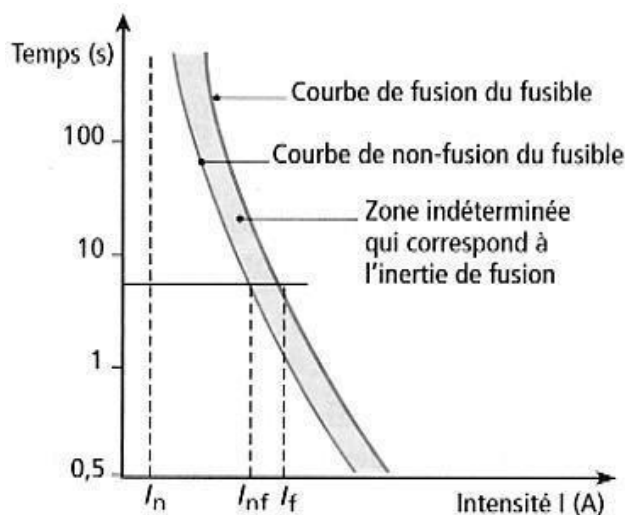


Figure 32. Courbe de fonctionnement du fusible.

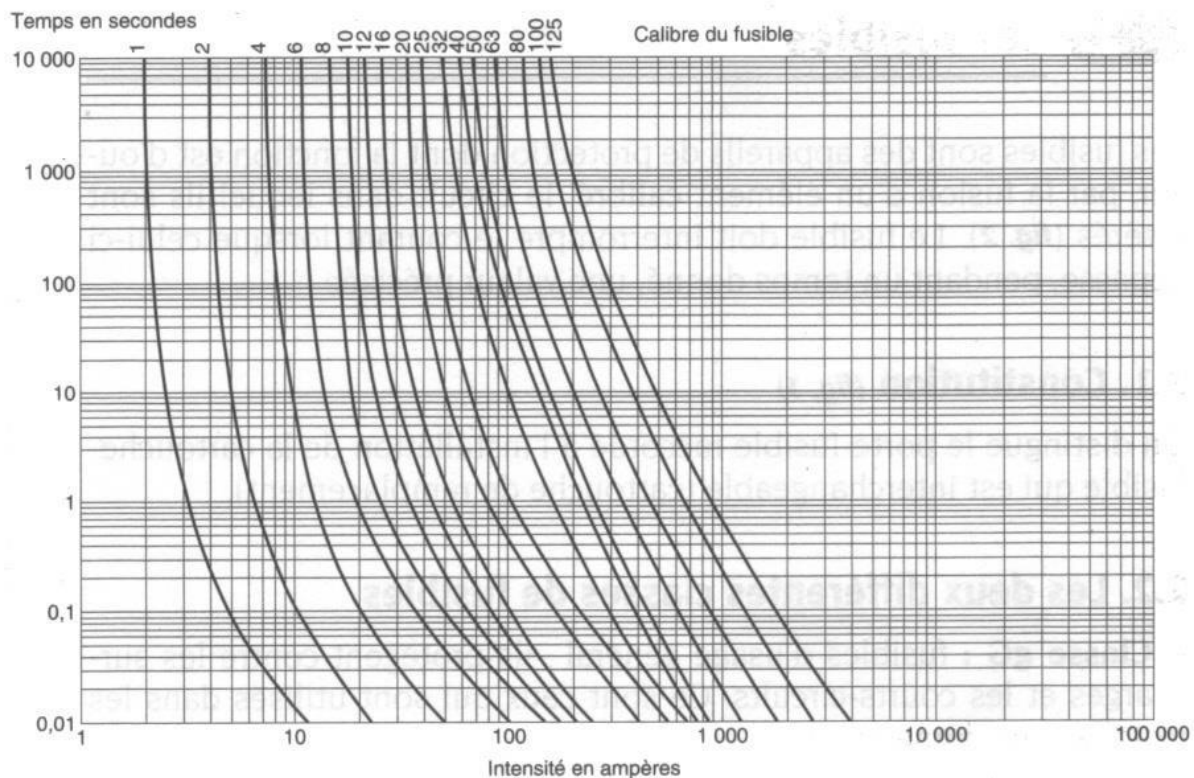


Figure 33. Courbes de fusion des fusibles cylindriques de classe gG.

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.



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.



b) 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.



c) 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

Le choix d'un fusible doit être fondé sur la connaissance des caractéristiques du circuit à protéger :

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

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

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.

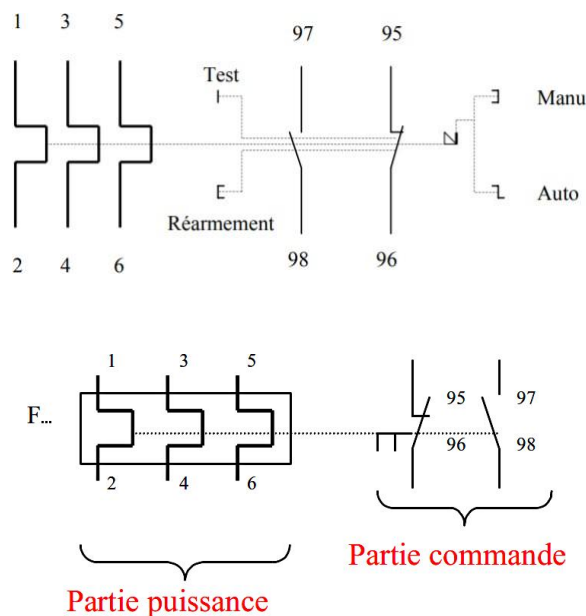
III.2. Relais thermique

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.

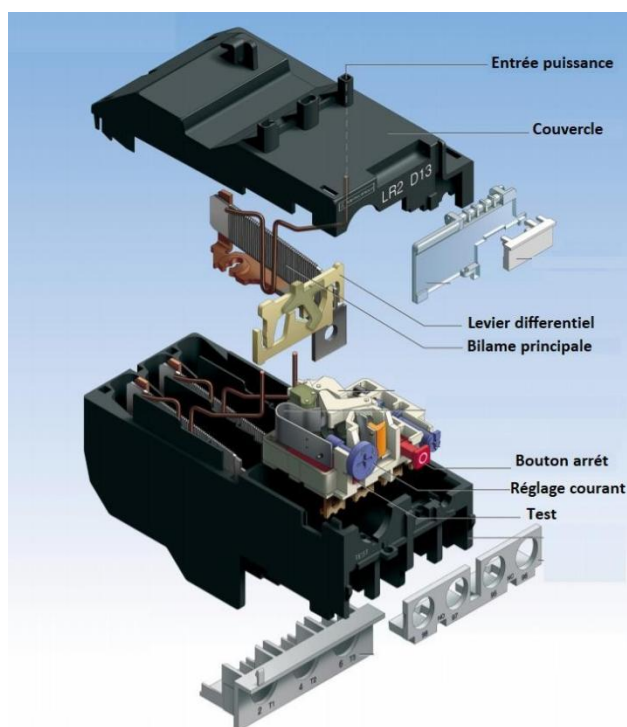
Symbole

Le relais thermique n'a pas de pouvoir de coupure, il est toujours associé à un contacteur. Le relais thermique ouvrira le circuit de puissance par le biais d'un contact auxiliaire dans le circuit de commande.



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.



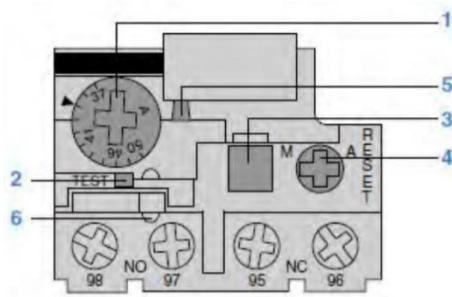
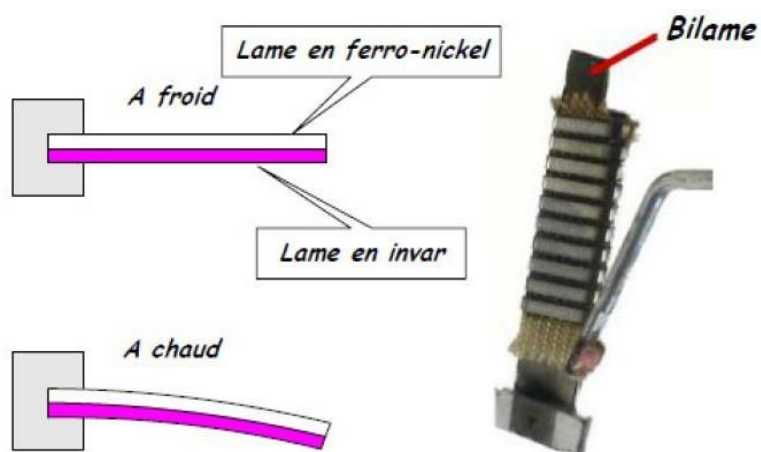


Figure 34. Vue éclaté d'un relais thermique.

| | |
|----------|--|
| 1 | Bouton de Réglage Ir |
| | Bouton Test, l'action sur le bouton permet : |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> - Le contrôle du câblage du circuit de commande. - La simulation du déclenchement du relais (action sur les deux contacts « O » et « F ») |
| 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. |



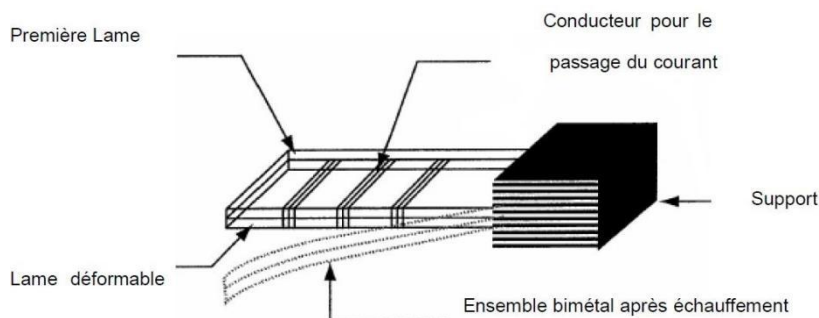


Figure 35. Principe de fonctionnement d'un relais thermique (déformation des bilames).

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.

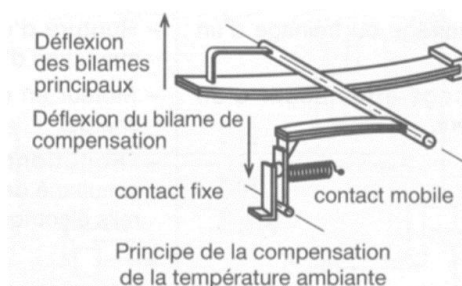


Figure 36. Principe de compensation de la température ambiante.

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_r | 1.2 I_r | 1.5 I_r | 7.2 I_r |
|---------------|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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_r : courant de réglage du relais thermique.

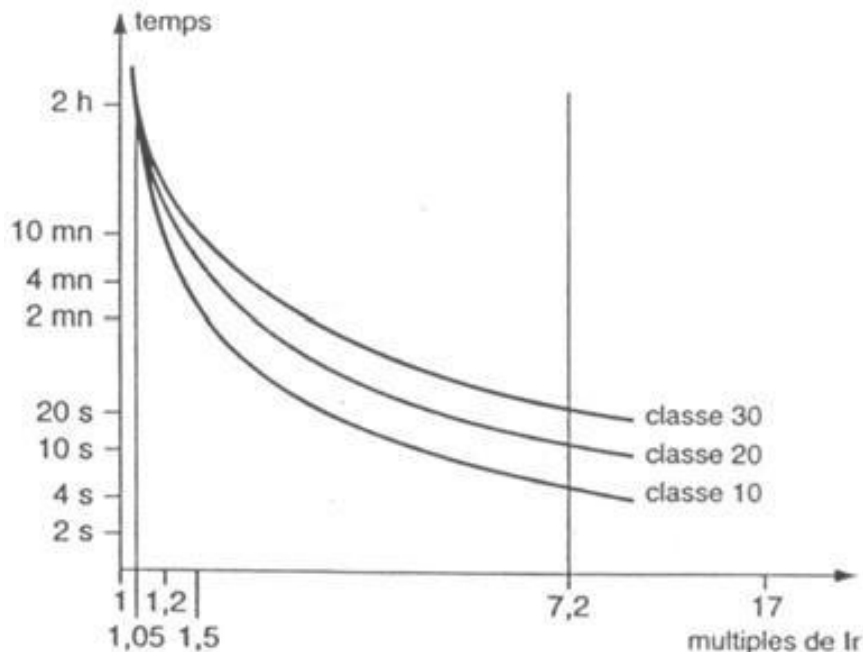


Figure 34. Courbe de déclenchement du relais thermique.

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.

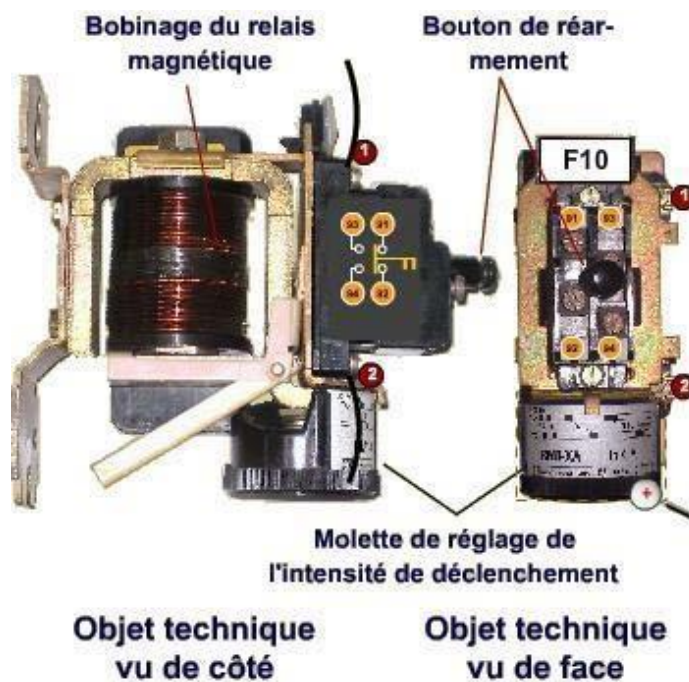


Figure 37. Relais électromagnétique.

Principe de fonctionnement

En fonctionnement normal, le bobinage du relais magnétique est parcouru par le courant du court-circuit. 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.

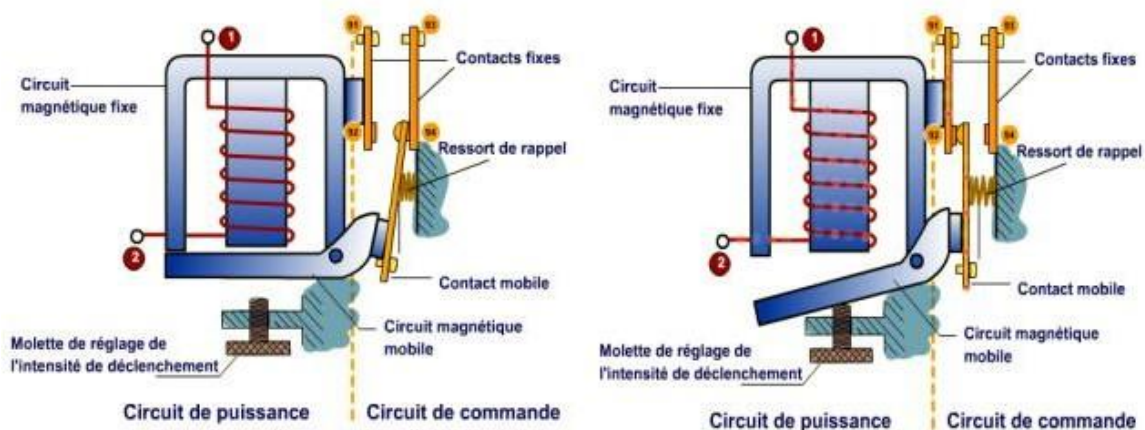
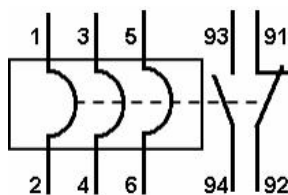


Figure 38. Vue éclaté d'un relais électromagnétique.

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 :

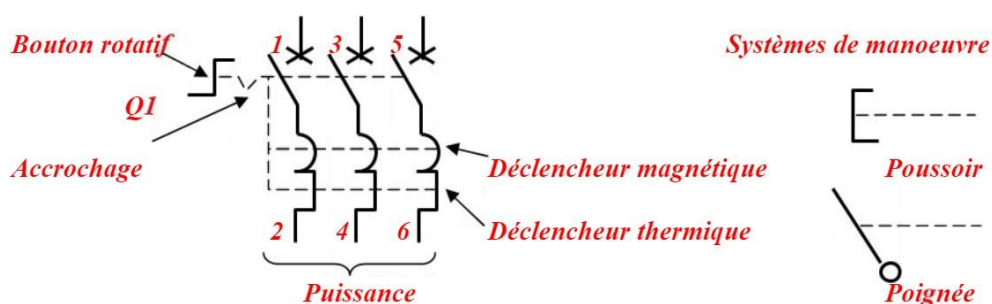
- ✓ Permet la commande à distance ;
- ✓ Réalise des systèmes automatiques ;
- ✓ Détecte toute coupure de l'alimentation ;
- ✓ Assure des verrouillages électriques ;
- ✓ Sépare le circuit de commande du circuit de puissance ;
- ✓ Protège les récepteurs contre les surcharges.

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.

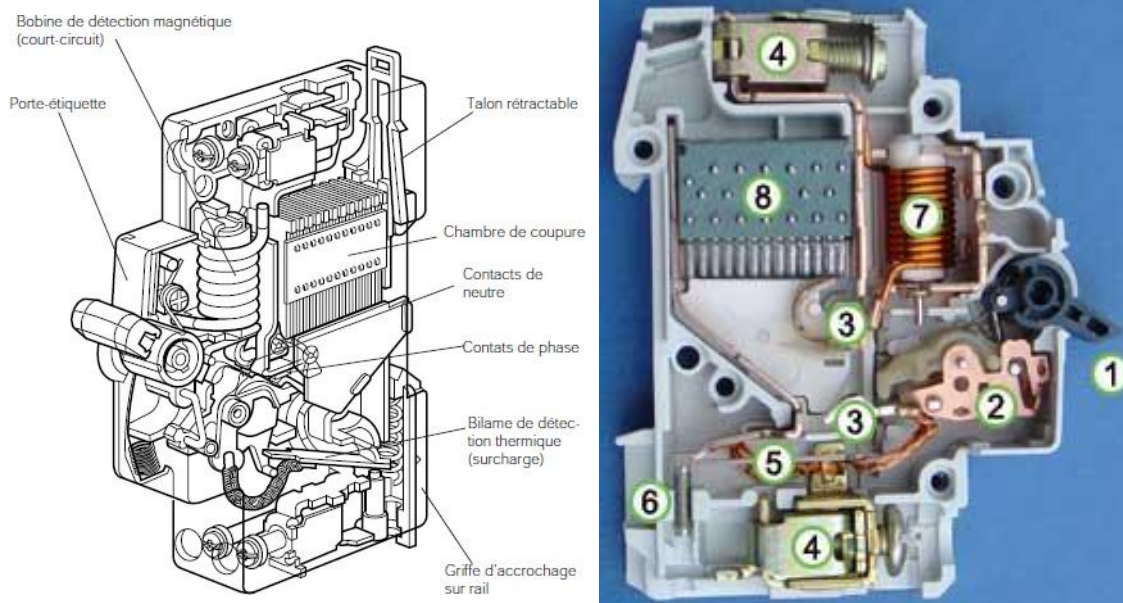


Figure 39. Vue éclatée d'un disjoncteur.

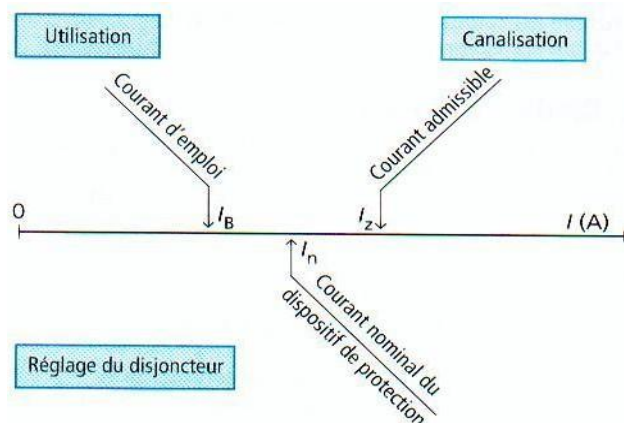
1. manette servant à couper ou à réarmer le disjoncteur manuellement. Elle indique également l'état du disjoncteur (ouvert ou fermé). La plupart des disjoncteurs sont conçus pour pouvoir disjoncter même si la manette est maintenue manuellement en position fermée ;
2. mécanisme lié à la manette, sépare 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}).

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

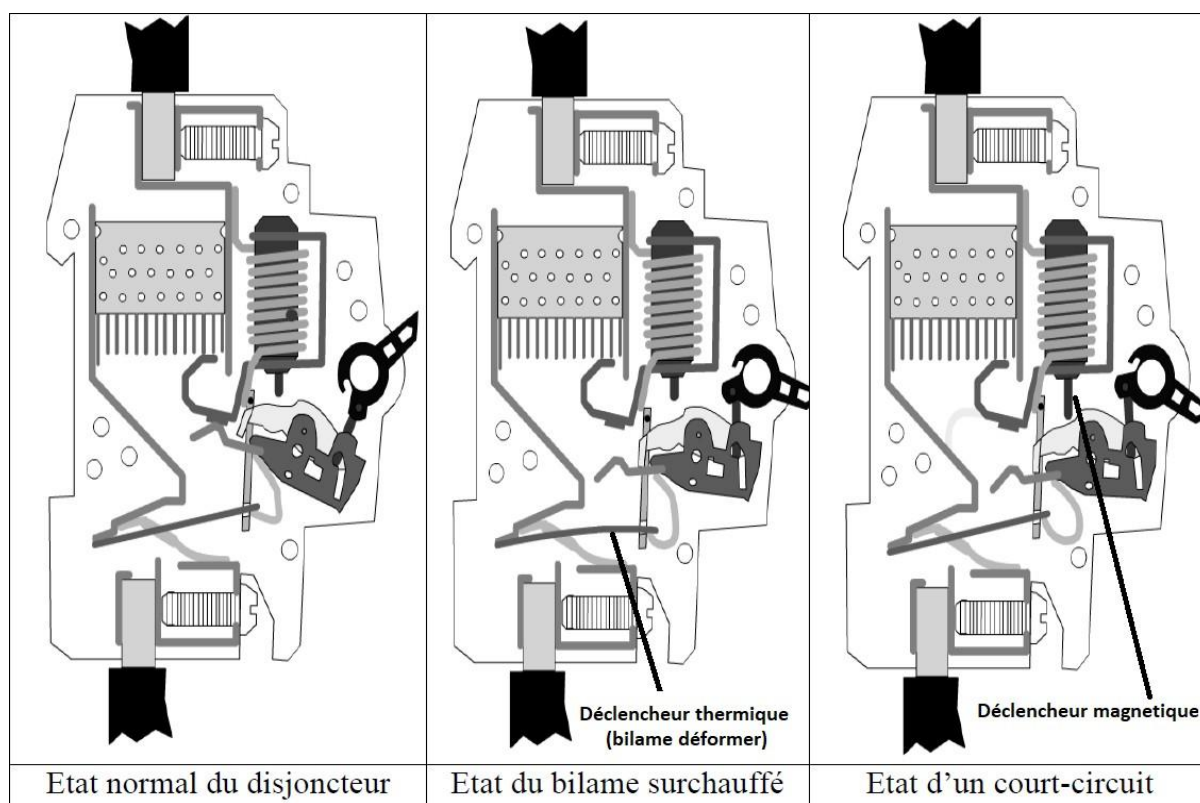


Figure 40. Différents types de protection d'un disjoncteur (thermique et magnétique).

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 :

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

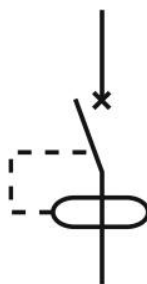


Figure 41. Symbole protection différentielle.

Les caractéristiques d'un disjoncteur

1) Identification

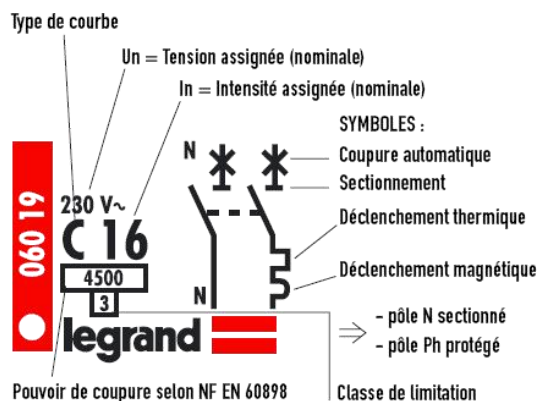


Figure 42. Indications inscrites sur un disjoncteur (Marque Legrand).

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).

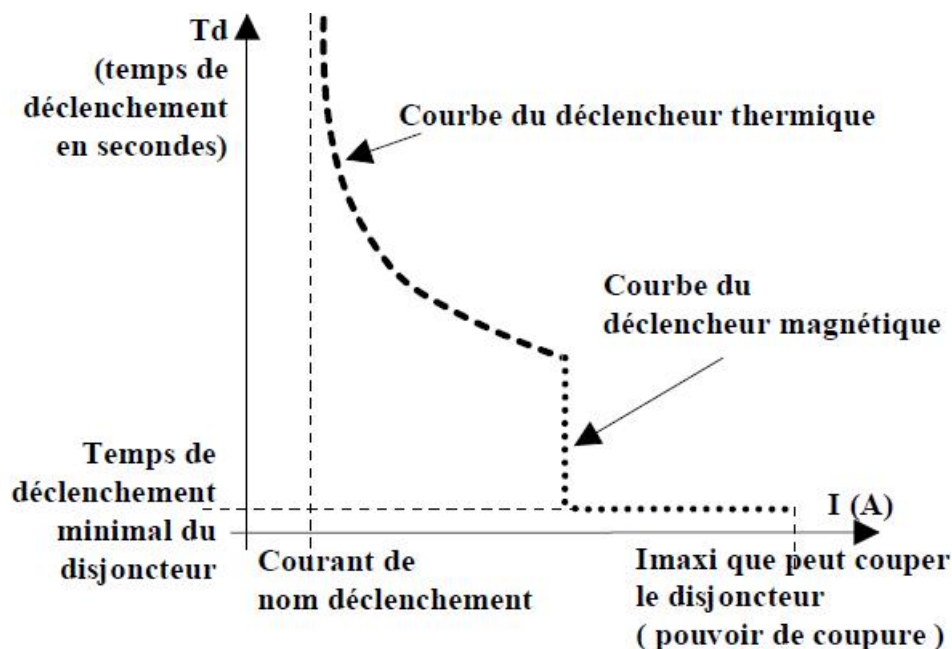
C'est la tension pour laquelle l'appareil peut être utilisé.

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



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.

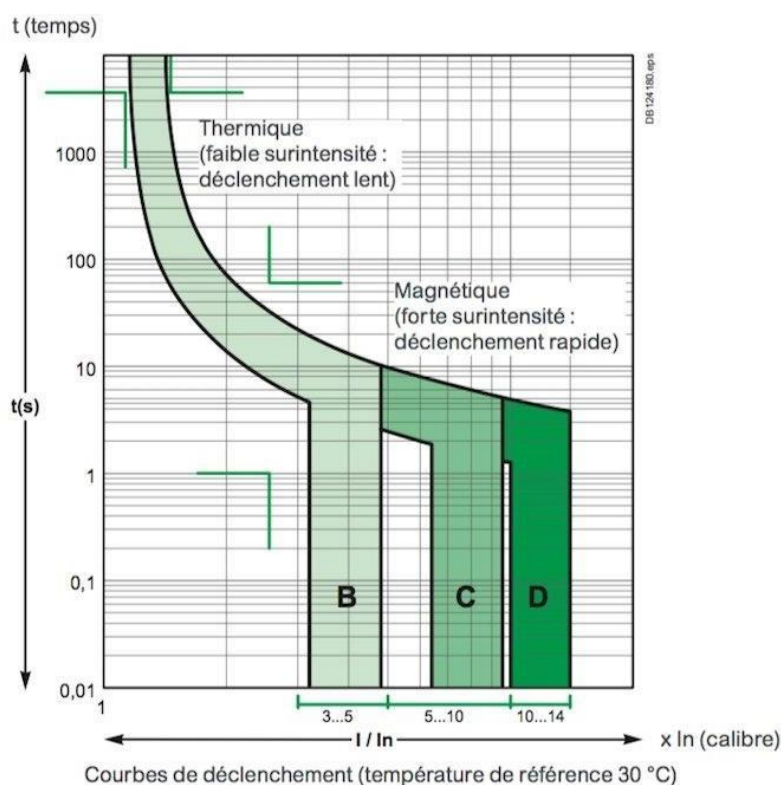


Figure 44. Comportement en surcharge et court-circuit pour trois modèles de courbes B, C et D.

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).