

IV. Appareillages électriques

Introduction :

Un circuit électrique est un ensemble de conducteurs (fils) et de composants électriques, le schéma électrique vise à représenter au mieux le circuit électrique grâce à des symboles normalisés, donc pour présenter un circuit électrique, l'emploi d'un schéma et de symboles normalisés s'avère très pratique ; quatre types de schémas qui peuvent se présenter : schéma électrique développé, architectural, unifilaire et multifilaire. Avant de lire un schéma, il faut connaître les différents appareils qui le constituent.

Il faut noter que l'appareillage est classé suivant la fonction qu'il réalise et n'importe quelle installation doit comporter au moins les cinq fonctions suivantes :

- Séparer, condamner et isoler (appareillage de connexion)
- Protéger contre les court – circuit (appareillage de protection)
- Protéger contre les surcharges (appareillage de protection)
- Protéger les personnes (appareillage de protection)
- Etablir et interrompre l'énergie (appareillage de commande)

IV.1 Appareillages de connexions :

Les appareillages de connexions permettent d'assurer le raccordement entre deux parties d'un circuit électrique ou le sectionnement de l'installation et d'isoler la partie en aval et garantir sa séparation de toute source d'énergie électrique, ces appareils se manipulent toujours à vide. On peut distinguer :

➤ Contacts électriques :

Comme nous l'avons parlé précédemment, les contacts électriques assurant une continuité électrique entre deux pièces en immobilité relative, la mise en contact et la séparation s'effectuant par une manœuvre simple, il s'agit de : contacts permanent, temporaires et glissants.

➤ **Bornes de connexion :**

Les bornes de connexions sont implantés dans plusieurs appareillages et charges électriques (moteurs électriques, transformateurs, chauffages, appareils de réglage, appareils de mesure etc.) pour assurer le passage d'énergie électrique entre deux connecteurs, l'un mâle l'autre femelle (action de nettoyage), ce qui forme un contact électrique.

➤ **Prises de courants :**

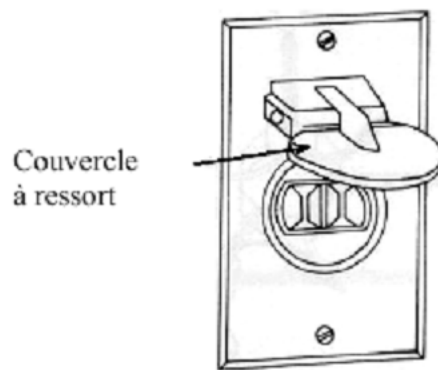
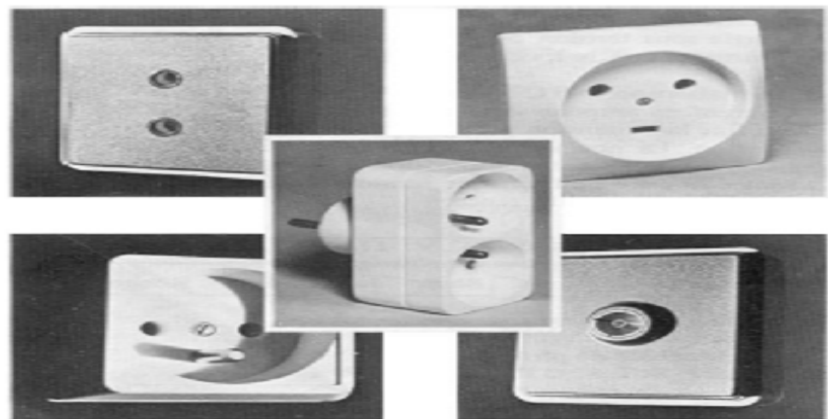
Les prises de courants permettent d'alimenter tous les appareils électriques de la vie ordinaire domestique (réfrigérateur, lave-linge, cafetière, aspirateur, télévision, etc....) ainsi que industrielle (moteurs asynchrones triphasés, etc.) en les connectant au réseau électrique. Les prises de courants peuvent être encastrées ou apparentes, la prise femelle est encastrée dans le mur. Pour des raisons de sécurité, les contacts se font au fond de trous circulaires. La prise mâle (fiche) vient s'insérer dans la prise femelle, les broches sont en laiton et correspondent à la phase et au neutre, avec éventuellement une broche de terre. Il existe différents prises électriques :

- ✓ Prise bipolaire, lorsqu'elle comporte deux organes de contact isolés les uns des autres.
- ✓ Prise tripolaire, lorsqu'elle comporte trois organes de contact isolés les uns des autres.
- ✓ Prise tétra polaire, lorsqu'elle comporte quatre organes de contact isolés les uns des autres.

Les prises de courant ne peuvent pas être placées dans n'importe quel endroit et à n'importe quelle hauteur. Il faut respecter une distance minimale par rapport au sol. D'où la classification suivante:

- ✓ Prises ordinaires (chambres, couloir, hall ...) elles sont simples.
- ✓ Prises protégés contre les projections et les chutes d'eau verticales (cuisine, salle de bain,..) elles sont généralement recouvertes d'un couvercle à ressort, le joint entre le mur et cette plaque - couvercle doit aussi être étanche et bien enfermé.

Les figures ci-dessous donnent les différents types des prises de courant.



Prise extérieure simple

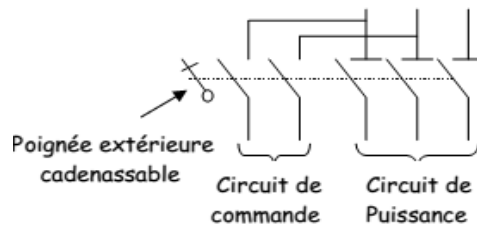
Fig.7 Les types de prises de courant

➤ **Le sectionneur :**

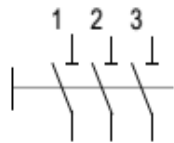
- **Définition** : un sectionneur est un appareil qui permet d'effectuer la mise hors tension d'une installation en séparant la partie installation de toute source d'énergie électrique. Il n'a pas de pouvoir de coupure, il ne peut donc être manœuvré en charge (se manipule toujours à vide). il a pour but d'isoler (c'est sa fonction) une partie du circuit pour en permettre la visite, l'entretien et d'effectuer des opérations de maintenance, de dépannage ou de modification sur les circuits électriques qui se trouvent en aval, en toute sécurité.

▪ **Symbole :**

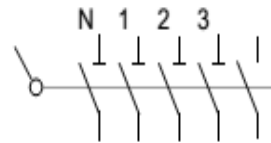
Le symbole de sectionneur est :



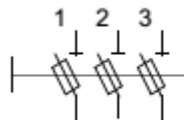
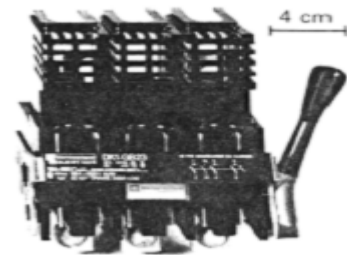
▪ **Appellation :** Q, Q₁, Q₂ etc.



sectionneur à commande manuelle
(symbole général), 3 phases



sectionneur à levier, 3 phase + neutre,
avec contact auxiliaire



sectionneurs porte-fusible

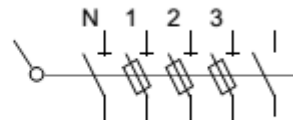


Fig.8 Différents types de sectionneurs

▪ **Rôle de sectionneurs :**

- ✓ Son but essentiel est de séparer et d'isoler un circuit de toute source de courant.
- ✓ Ne jamais actionner un sectionneur en charge, la capacité qu'a cet appareil à fermer ou à ouvrir un circuit est nul, donc aucun courant ne le traverse lorsqu'on l'actionne, les circuits en aval doivent être ouverts.
- ✓ Le sectionneur ne sera donc pas l'appareil qui devra supporter un arc électrique car il n'est pas le premier élément à s'ouvrir dans la ligne d'alimentation du moteur.
- ✓ Nous pouvons retrouver cet appareil dans différentes classes de tension BT, HT etc.
- ✓ Le sectionneur peut se rencontrer dans différents domaines d'application domestiques, industriels etc.

▪ **Rôle des différents organes :**

- ✓ Les contacts principaux (pôles de puissances : 1-2, 3-4, 5-6 et 7-8) permettent d'assurer le sectionnement de l'installation (circuit de puissance) et d'isoler la partie en aval. Ils sont câblés dans la partie puissance de l'installation et repérés sur le symbole de l'appareillage par des chiffres 1 à 8.
- ✓ Les contacts auxiliaires (pré-coupure) permettent de couper le circuit de commande, ils sont repérés (13-14, 23-24).

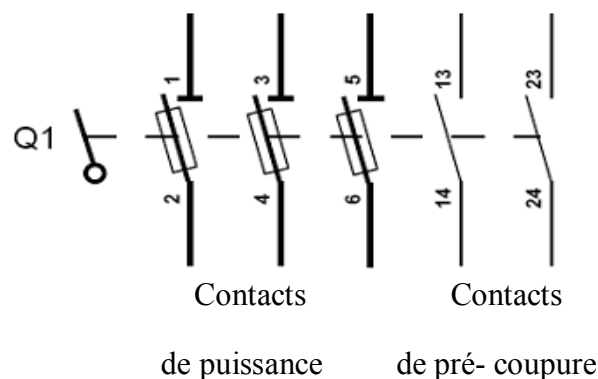


Fig.9 Sectionneur porte-fusible tripolaire

▪ **Caractéristiques principales :**

- ✓ Nombre de pôles de puissance (tripolaire, tétra polaire...).
- ✓ Le courant assigné supporté par les pôles de puissance.
- ✓ Tension maximum d'isolement entre les pôles de puissance.
- ✓ Nombre de contacts auxiliaires.
- ✓ Avec ou sans manette.
- ✓ La nature de la commande.
- ✓ Pouvoir de coupure (P_{dc}) est nul.

IV.2 Appareillages de commande et d'interruption :

➤ **Les interrupteurs :**

Les interrupteurs assurent la commande manuelle de l'ouverture et la fermeture d'un circuit électrique en charge. Généralement les interrupteurs sont utilisés pour les circuits d'éclairage des locaux d'habitation ou à usage de bureaux.

▪ **Symbole :**

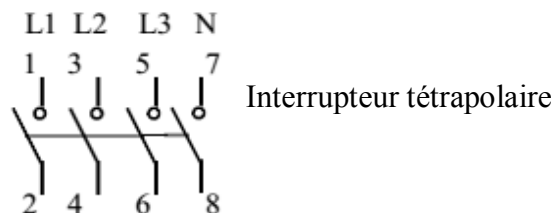


Fig.10 Interrupteur tétrapolaire

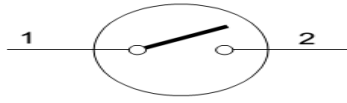
▪ **Appellation :** K, K1, K2...

▪ **Les différents types :** on distingue deux catégories :

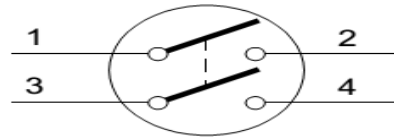
- ✓ Les interrupteurs simples
- ✓ Les interrupteurs combinés

A titre d'exemples pour les interrupteurs simples on trouve les modèles suivants:

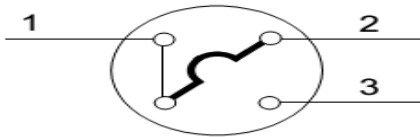
Interrupteur unipolaire



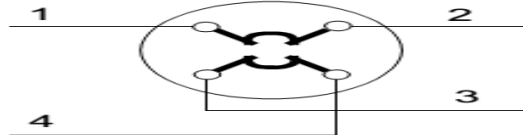
Interrupteur bipolaire



Interrupteur va – et –vient



Interrupteur permutateur



L'interrupteur unipolaire :

Permet de commander une ou plusieurs lampes d'éclairage d'un seul endroit.

L'interrupteur bipolaire :

Permet de commander d'un seul endroit deux circuits d'éclairage différents.

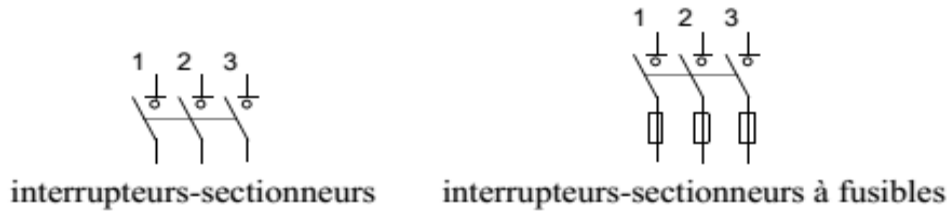
Le principe de l'interrupteur va – et –vient est : de pouvoir commander l'allumage et l'extinction d'une ou plusieurs lampes à partir de deux endroits différents.

L'interrupteur per mutateur :

Permet de commander un circuit d'éclairage d'un nombre quelconque d'endroits, comme le télérupteur ce dernier est un dispositif permettant de commander l'allumage et l'extinction d'un point lumineux depuis plusieurs endroits, à partir de boutons poussoir. Il convient lorsque l'on souhaite installer plus de trois points de commande pour l'éclairage.

Interrupteur minuterie : ce dispositif permet l'allumage et l'extinction automatique d'une ou plusieurs lampes, pour une durée limitée fixée à l'avance (utilisé particulièrement dans les couloirs et les cages d'escaliers).

A titre d'exemples pour les interrupteurs combinés on cite les modèles suivants:



L'interrupteur - sectionneur: sa fonction est l'ouverture et fermeture manuelle du circuit en charge et séparation.

L'interrupteur - sectionneur à fusibles: assure trois fonctions à la fois qui, sont l'interruption, isolation et la protection.

▪ **Caractéristiques principales :**

- ✓ La taille unipolaire, bipolaire, tripolaire etc.
- ✓ Tous les interrupteurs doivent couper la phase et non le neutre.
- ✓ Avoir leur pôle fixe relié à la phase.
- ✓ Le pouvoir de coupure (Pdc) est de l'ordre de 2 à 3 I_n .
- ✓ Le mode d'ouverture et de fermeture est manuel.

➤ **Les commutateurs :**

Un commutateur est un interrupteur à plusieurs positions (multipositions), on distingue :

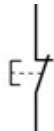
- ✓ Commutateur deux à trois directions avec arrêt.
- ✓ Commutateur double allumage.
- ✓ Commutateur va et vient.
- ✓ Commutateur triple allumage.
- ✓ Commutateur inverseur

➤ **Les boutons poussoirs :**

Sont des auxiliaires manuels de commande, se trouvent toujours dans les circuits de commandes a pour but de gérer la puissance à partir d'un tableau de commande on cite :

- ✓ Les boutons poussoirs à coups.
- ✓ Les boutons poussoirs à impulsion.
- ✓ Les boutons tournants.

▪ **Symboles :**



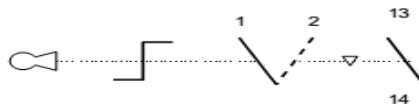
Bouton poussoir à ouverture et
Retour automatique



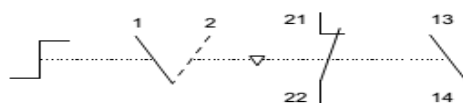
Bouton poussoir à fermeture
et retour automatique



Bouton tournant à
serrure
(clé n°455)
2 positions fixes.



Boutons tournants
2 positions fixes



▪ **Appellation :** S, S1, S2...

➤ **Les contacteurs :**

a. **Contacteur de puissance :**

- **Définition** : est un appareil de commande (de jonction commandée) par un électro-aimant, il fonctionne par tout ou rien (TOR). Il est capable d'établir ou d'interrompre le passage de l'énergie électrique, il a donc un pouvoir de coupure non nul. Il s'appelle aussi pré actionneur puisqu'il se trouve avant l'actionneur dans la chaîne des énergies. Ce dernier peut être commandé à distance au moyen de bouton poussoir actionnés manuellement ou automatiquement asservi à une grandeur physique : pression, température, vitesse, etc.
- **Principe de fonctionnement** :

Lorsque la bobine de l'électro-aimant est alimentée, le contacteur se ferme, établissant par l'intermédiaire de pôles de puissances. La partie mobile de l'électro-aimant qui entraîne les parties mobiles des pôles et des contacts auxiliaires où, ces derniers se déplacent soit :

- ❖ Par rotation en tournant sur un axe.
- ❖ Par translation, en glissant parallèlement aux parties fixes.
- ❖ Par un mouvement combiné des deux.

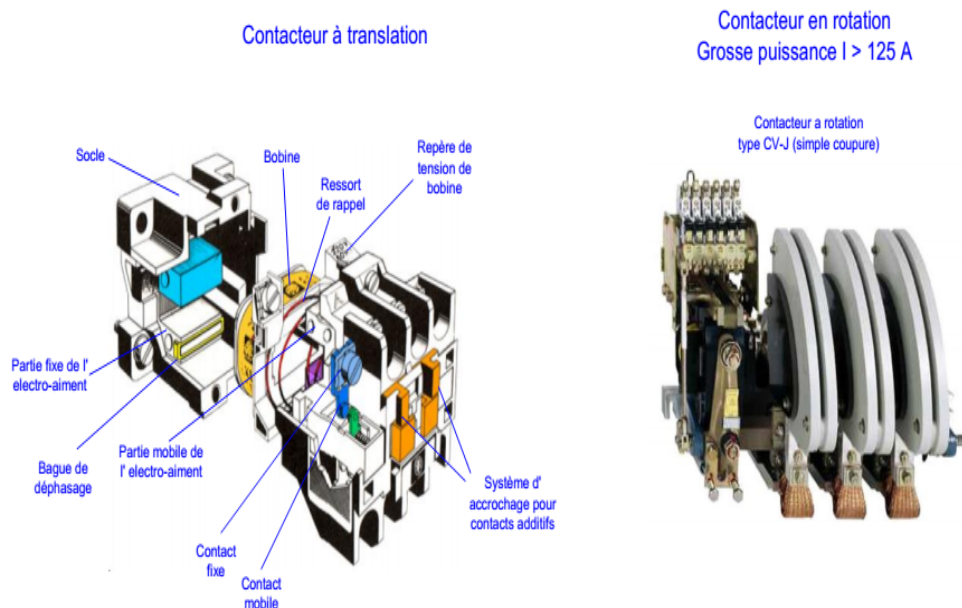


Fig.11 contacteur à une fermeture à translation et en rotation

Le contacteur est le premier élément qui s'ouvre dans la ligne d'alimentation du récepteur, charge, moteur, etc. Dès que la bobine est désexcitée (la coupure de la partie commande désalimente la bobine du contacteur), le circuit magnétique se démagnétise et le contacteur s'ouvre sous l'effet :

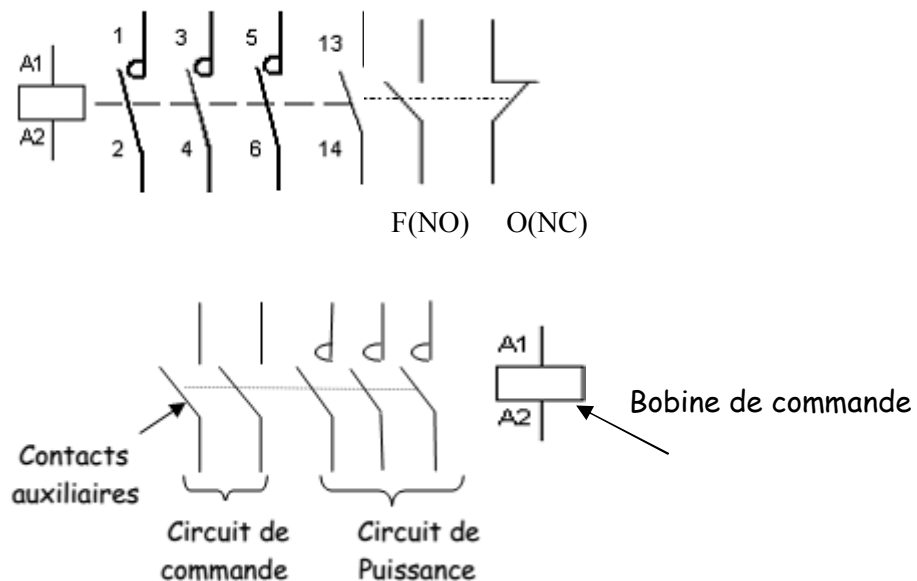
- ❖ Des ressorts de pression des pôles.
- ❖ Du ressort de rappel de l'armature mobile.

Le contacteur possède trois positions de réglage : arrêt, marche automatique et marche forcée (pendant les heures pleines). Il peut être mis en fonctionnement manuellement ou automatiquement.

▪ **Rôle :**

Mettre en fonctionnement arrêter un actionneur (moteur, four, transformateur, etc.) en charge, ses pôles de puissance sont prévus pour supporter les arcs électriques, la capacité à souffler cet arc (à le supprimer) sera donc assuré par son pouvoir de coupure.

▪ **Symbole :**



- **Appellation** : KM, KM1, KM2...
- **Caractéristiques principales** : les caractéristiques d'un contacteur de puissance sont :
 - ✓ Nombre de pôles de puissance ; unipolaire, bipolaire, tripolaire et tétrapolaire.
 - ✓ Nombre et le type (O, F) de contacts auxiliaires instantanés ou temporisés.
 - ✓ Tension de la bobine de commande (24V, 110V, 220V et 380V).
 - ✓ Intensité maximum supportée par les pôles de puissance.
 - ✓ Tension maximum d'isolement entre les pôles de puissance.
 - ✓ Endurance électrique
 - ✓ Pouvoir de coupure est de l'ordre de $10 I_n$.
- **Constitution d'un contacteur** :
 - ✓ **L'électro-aimant** :

Il comprend essentiellement un circuit magnétique et une bobine, sa forme est variée en fonction du type de contacteur et peut éventuellement différer selon la nature du courant d'alimentation, alternatif ou continu. En raison d'éviter tout risque de rémanence, un léger entrefer prévu dans le circuit magnétique en position fermeture. Dans un circuit magnétique, la course d'appel est la distance qui sépare la partie fixe de la partie mobile, lorsque le contacteur est au repos ; la course d'écrasement est la distance qui sépare ces deux parties les pôles viennent en contact.

- ✓ **Circuit magnétique (cas d'un courant alternatif)** :

Ce circuit est caractérisé par : les tôles d'acier au silicium, circuit feuilleté afin de réduire les courants de Foucault, ce dernier peut être utilisé sans inconvénient en courant continu.

- ✓ **Circuit magnétique (cas d'un courant continu)** :

En courant continu, il n'y a pas de courant de Foucault. On utilisera donc un électro-aimant spécifique doté d'un circuit magnétique en acier massif.

- ✓ **La bobine**:

Le rôle de la bobine est la production du flux magnétique nécessaire à l'attraction de l'armature mobile de l'électro-aimant. Elle est conçue pour résister aux chocs mécaniques provoqués par la fermeture et l'ouverture des contacteurs ainsi qu'aux

chocs électromagnétiques dus au passage du courant dans ses spires. Les bobines utilisées actuellement, sont particulièrement résistantes aux chocs, aux surtensions etc.

✓ **Les pôles de puissance:**

Sont les pôles qui permettent d'établir et d'interrompre le courant dans la partie puissance de l'installation. Ils sont repérés dans le symbole de l'appareillage par des chiffres 1 à 8.

✓ **Les contacts auxiliaires :**

Les principales fonctions des contacts auxiliaires sont :

- Réaliser l'auto – alimentation (fonction mémoire).
- Les verrouillages électriques.
- L'asservissement.
- La logique de commande.

Les contacts auxiliaires sont repérés dans le symbole de l'appareillage par des nombres de deux chiffres 13-14, 21-22, etc. Ils se trouvent dans le circuit de commande ; soient incorporés dans le contacteur lui-même, soient dans un bloc auxiliaire additif complémentaire. Ces blocs s'accrochent généralement à l'avant du contacteur, il existe également moins de blocs qui s'accrochent latéralement. On distingue deux catégories :

▪ **Contacts auxiliaires standard (instantanés) :**

Deux types de contacts existent ; le contact normalement ouvert « normally open » (NO)  contact **F**. Le contact normalement fermé « normally closed »

(NC)  contact **O**.

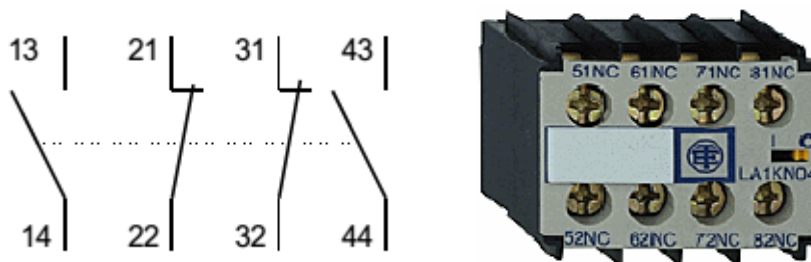


Fig.12 contacts auxiliaires instantanés

▪ **Contactes temporisés :**

Contrairement aux contacts instantanés qui changent de position dès l'excitation ou la désexcitation de la bobine de commande, les contacts auxiliaires temporisés s'ouvrent ou se ferment au bout d'un certain temps en fonction de la durée de la temporisation désirée. Généralement ce type des contacts se trouve incorporés dans un bloc additif supplémentaire, a pour but d'avoir la possibilité de temporiser une action au travail ou au repos de façon à permettre aux équipements de fonctionner convenablement. A titre d'exemple, le démarrage étoile – triangle d'un moteur asynchrone triphasé à cage, nécessite des contacts auxiliaires temporisés pour assurer le passage du couplage étoile au couplage triangle après certains délais de réglage.

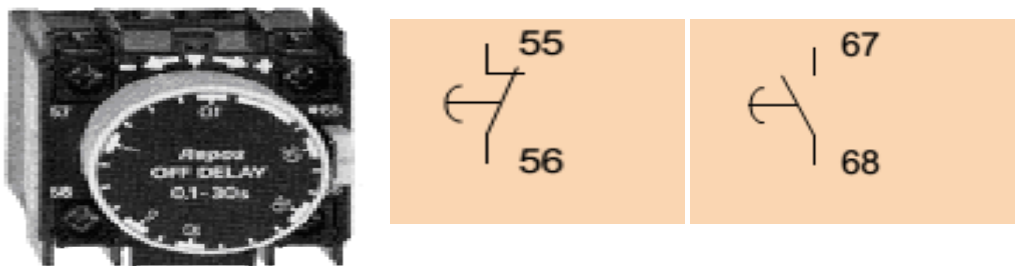
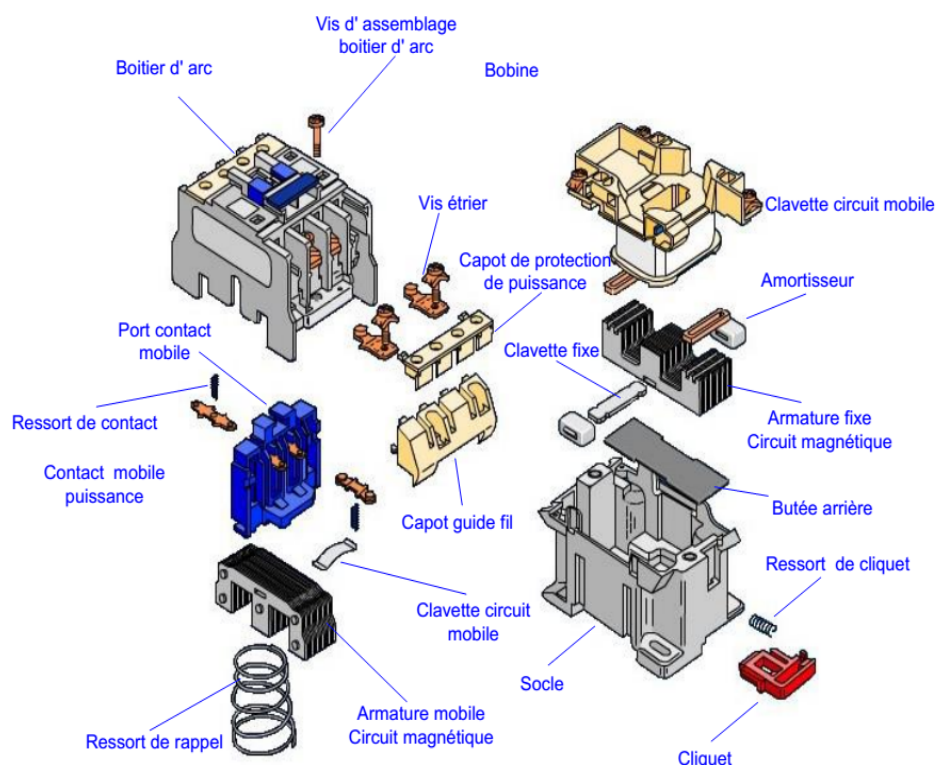


Fig.13 contacts auxiliaires temporisés

✓ **Vue éclatée d'un contacteur :**



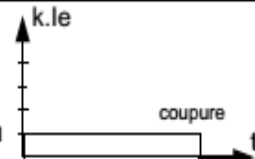
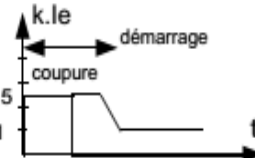
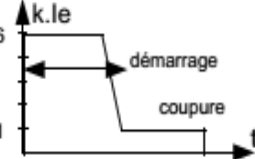
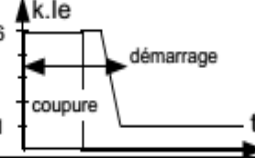
✓ Choix d'un contacteur de puissance :

Plusieurs paramètres qui vont rentrer en compte pour choisir un contacteur, en premier lieu en se basant sur les variables d'entrée : tension du réseau, nature du courant et la fréquence. Ensuite, aux variables de sortie : nature du récepteur, puissance, durée de fonctionnement, etc.

Les constructeurs, à la suite d'essais normalisés, ont confirmé des tableaux qui donnent directement les résultats. Une fois la puissance du récepteur à commander déterminée, la catégorie d'emploi définie, la tension d'alimentation choisie la lecture d'un tableau nous donne directement l'appareil à acheter et qui convient.

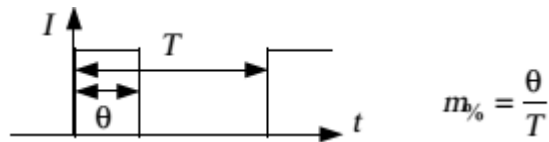
▪ Catégorie d'emploi d'un contacteur :

La catégorie d'emploi dépend de la nature de la charge et de l'application désirée. Le tableau ci-dessous, explique bien les différentes catégories d'emploi d'un contacteur.

Catégorie	Description	Fermeture / Ouverture	Exemples
Alt.	AC1 tout récepteur tel que : $\cos \phi \geq 0,95$		Chauffage, éclairage, distribution
	AC2 Commutation en régime sévère des moteurs asynchrones à bagues		Coupure en cours de démarrage, inversion rapide de marche, marche par à-coups, freinage en contre-courant
	AC3 Commutation des moteurs asynchrones à cage dont la coupure s'effectue moteur lancé		Tous moteurs à cage courants: pompe, compresseur, malaxeur, climatiseur, bande transporteuse, élévateur
	AC4 Commutation en régime sévère des moteurs asynchrones à cage		Coupure en cours de démarrage, inversion rapide de marche, marche par à-coups, freinage en contre-courant
Cont.	DC1 tout récepteur tel que : $\tau = L/R \geq 1 \text{ ms}$	comme AC1	Charges résistives ou peu inductives
	DC3 Commutation en régime sévère des moteurs shunt $\tau = L/R \leq 2 \text{ ms}$	comme AC2	Démarrage, inversion rapide, marche par à-coups, freinage en contre-courant
	DC5 Commutation en régime sévère des moteurs série $\tau = L/R \leq 7,5 \text{ ms}$	comme AC2	Démarrage, inversion rapide, marche par à-coups, freinage en contre-courant

▪ Facteur de marche d'un contacteur :

C'est le rapport m entre la durée θ de passage du courant pendant un cycle de manœuvre et la durée T de ce cycle.



▪ Fiabilité électrique d'un contacteur :

C'est le nombre moyen de cycles de manœuvre en charge que les pôles sont susceptibles d'effectuer sans entretien (remplacement).

Exemple d'un tableau fourni par les constructeurs pour déterminer le choix d'un contacteur.

puissances normalisées des moteurs triphasés 50/60 Hz en catégorie AC-3 ($\theta \leq 60^{\circ}\text{C}$)							courant assigné d'emploi en AC-3 440 V jusqu'à A	contacts auxiliaires instantanés	référence de base à compléter par le repère de la tension (1) fixation (2)			tensions usuelles		
220 V	380 V	415 V	440 V	500 V	660 V	1000 V			vis	ressort		~	=	BC (3)
kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW								
2,2	4	4	4	5,5	5,5		9		LC1 D09.. (4)	LC1 D09.. (4)		B7	P7	BD BL
3	5,5	5,5	5,5	7,5	7,5		12		LC1 D12.. (4)	LC1 D123.. (4)		B7	P7	BD BL
4	7,5	9	9	10	10		18		LC1 D18.. (4)	LC1 D183.. (4)		B7	P7	BD BL
5,5	11	11	11	15	15		25		LC1 D25.. (4)	LC1 D253.. (4)		B7	P7	BD BL
7,5	15	15	15	18,5	18,5		32		LC1 D32.. (4)	LC1 D323.. (4)		B7	P7	BD BL
9	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5		38		LC1 D38.. (4)	LC1 D383.. (4)		B7	P7	BD BL
11	18,5	22	22	22	30	22	40		LC1 D40.. (4)			B7	P7	BD
15	22	25	30	30	33	30	50		LC1 D50.. (4)			B7	P7	BD
18,5	30	37	37	37	37	37	65		LC1 D65..			B7	P7	BD
22	37	45	45	55	45	45	80		LC1 D80..			B7	P7	BD
25	45	45	45	55	45	45	95		LC1 D95..			B7	P7	BD
30	55	59	59	75	80	75	115		LC1 D115..			B7	P7	BD
40	75	80	80	90	100	90	150		LC1 D150..			B7	P7	BD

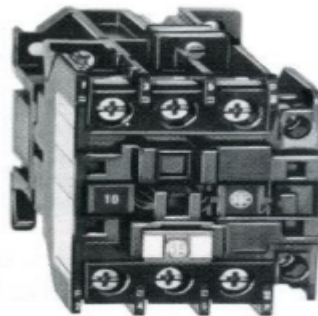
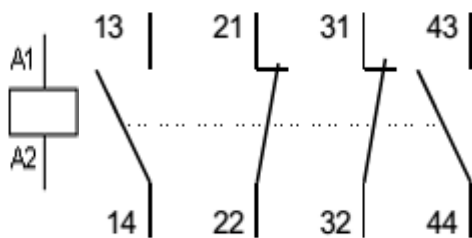
(1) Tensions du circuit de commande préférentielles.							
Courant alternatif							
volts	24	48	115	230	400	440	500
LC1 D09... D150 (bobines D115 et D150 antiparasitées d'origine)							
50/60 Hz	B7	E7	FE7	P7	V7	F7	
LC1 D40... D115							
50 Hz	B5	E5	FE5	P5	V5	F5	S5
60 Hz	B6	E6				F6	

b. Contacteur de commande (relais d'automatisme séparé) :**▪ Définition :**

Il s'appelle également contacteur auxiliaire à petit pouvoir de coupure dont les contacts n'agissent que dans des circuits de commande ou de signalisation (se trouve uniquement dans la partie commande de l'installation).

▪ Rôle :

Ce type de contacteur assure la fonction de commande à travers ces contacts auxiliaires sous le pilotage de la bobine.

▪ Symbole :**▪ Appellation : KA, KA1, KA2...****▪ Caractéristiques principales : les caractéristiques d'un contacteur de commande sont :**

- ✓ Nombre et le type (O, F) de contacts auxiliaires instantanés ou temporisés.
- ✓ Tension de la bobine de commande (24V, 110V, 220V et 380V).
- ✓ Pouvoir de coupure de l'ordre de 2 à 3 I_n .

Ces contacts auxiliaires, sont également comme le contacteur de puissance destinés à assurer l'auto alimentation (maintien), les asservissements, les verrouillages des contacteurs dans les équipements.

V. Appareillages de protection :**▪ Généralités :**

Tout récepteur peut être le siège d'un certain nombre d'incidents mécaniques ou électriques. Afin d'éviter que ceux-ci n'entraînent sa détérioration ainsi que celle de l'équipement automatique à contacteurs qui le commande et perturbent le réseau d'alimentation, il est indispensable de le protéger. C'est le rôle des appareils de protections. Parmi les incidents les plus habituels pouvant se produire sur un récepteur (précisément un moteur), on cite :

✓ Les incidents d'origine mécanique :

Calage, surcharges momentanées ou prolongées qui entraînent systématiquement une augmentation de l'intensité absorbée par le moteur, et par-là même un échauffement dangereux des bobinages. Lorsque la surcharge persiste, le moteur est détérioré et si la section de la ligne est adaptée à l'intensité absorbée et au service du moteur, les fils s'échauffent également, les isolants fondent et il y a risque d'incendie.

✓ Les incidents d'origine électrique :

Surtension, chute de tension, déséquilibre de phases, manque de phase qui entraîne également une élévation du courant traversant les bobinages et le circuit d'alimentation.

Les appareillages de protection doivent réaliser les fonctions suivantes :

- Protection contre les courts-circuits.
- Protection contre les fortes surcharges.
- Protection contre les surcharges faibles et prolongées.
- Protection contre les défauts d'isolements.
- Protection contre la marche en monophasé.
- Protection contre des démarrages trop longs ou trop fréquents.

Parmi les appareillages de protection, on cite :

Fusibles, Relais de protection, Disjoncteurs, Discontacteurs, Limiteur de courant, Limiteur de tension, parafoudre, etc.

➤ **Les fusibles :**

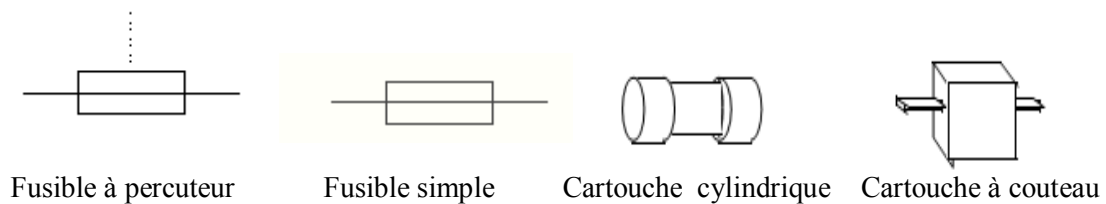
▪ **Définition :**

Les fusibles sont des éléments de faiblesse dans les circuits électriques. S'il y a des surintensités, c'est là que le circuit doit se couper.

▪ **Rôle :**

Les fusibles sont des dispositifs de sécurité qui protègent contre les courts-circuits et les surintensités très rapides et très fortes. Ils se présentent sous la forme d'un cylindre, en verre ou en céramique, dont le cœur est traversé par un filament. Ce dernier fond (d'où le nom « fusible », qui signifie « qui peut fondre ») lorsqu'il est soumis à une très forte chaleur engendrée par une surintensité. Cela a pour but de couper le circuit et de protéger les équipements contre d'éventuelles dégradations ou des risques d'incendie.

▪ **Symbole :**



▪ **Appellation :** F, F1, F2, etc.

▪ **Constitution :**

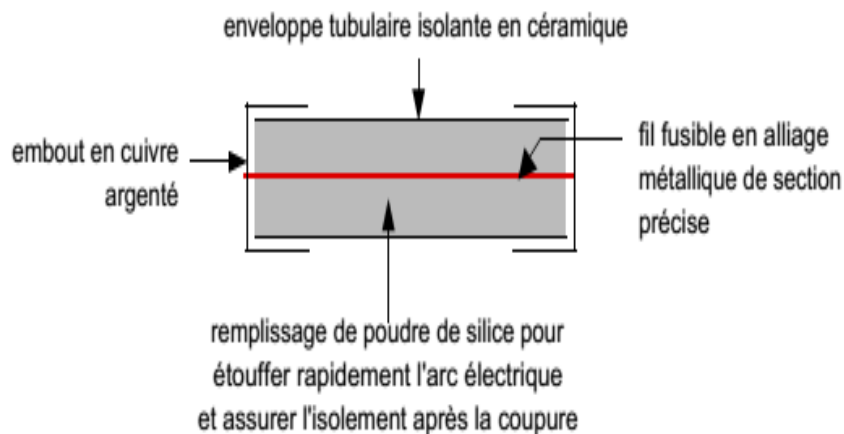


Fig.13 constitution d'un fusible cylindrique simple

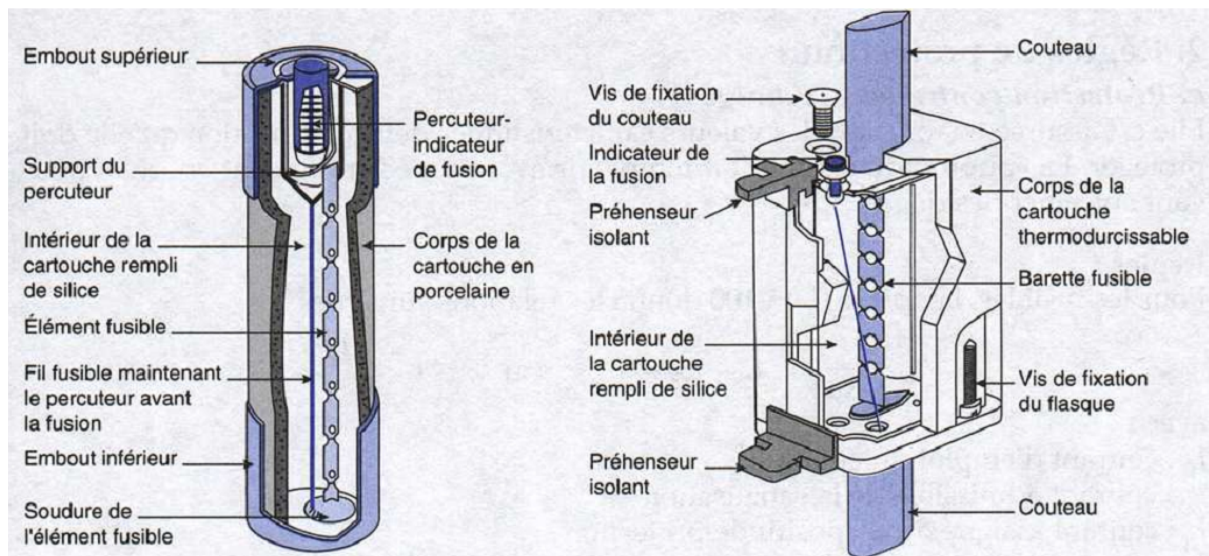


Fig.14 constitution d'un fusible à percuteur et à couteau

On retrouve des fusibles dans les installations électriques, où ils peuvent être de différents types : fusible à voyant de fusion, fusible à percuteur et fusible à couteau. Le percuteur, s'il est sorti indique la fusion du fusible et appuie sur un microcontact qui peut tout couper. Un fusible ne sert qu'une fois et doit être changé s'il est détérioré.

▪ Principe de fonctionnement :

Le fusible est constitué d'une lame fusible dans une enveloppe fermée. Cette lame fond si le courant qui la traverse dépasse la valeur assignée. L'enveloppe quant à elle, contient du sable (silice) afin de permettre une coupure franche en évitant ainsi le maintien du passage de courant à travers l'arc électrique.

Actuellement les fusibles sont en cartouches, on distingue plusieurs types :

▪ Types :

Les cartouches fusibles assurent une protection phase par phase avec un pouvoir de coupure important sous un petit volume. Ils répondent aux prescriptions des normes en vigueur et se classent comme suit :

✓ **Cartouche « distribution » type gI (gG nouvelles normes) :**

Ces cartouches sont utilisées dans les installations domestiques ou dans les circuits de distribution. Ces dernières permettent à la fois la protection contre les courts – circuits et contre les surcharges pour les circuits ne présentant pas de pointes de courant importantes (exemple : Eclairage, chauffage, circuit résistif). En générale, le calibre de la cartouche doit être de la valeur immédiatement supérieure au courant de pleine charge du circuit à protéger. Il faut tenir compte également de la section des conducteurs. Usage générale, marqués en Noir.

✓ **Cartouche industrielle « moteur » type aM:**

Elles sont destinées à assurer seulement la protection contre les courts – circuits sur les appareils présentant de fortes pointes d'intensité comme les moteurs asynchrones (supportent les surintensités passagères lors du démarrage du moteur). De fait, elles ne sont pas adaptées à la protection contre les surcharges faibles et prolongées (contrairement aux cartouches de type gG). C'est la raison pour laquelle, il est nécessaire d'ajouter un relais thermique dans le circuit d'alimentation des moteurs. En générale, leur calibre doit être immédiatement supérieur au courant de pleine charge du moteur à protéger. Usage industriel (moteur, transformateur etc.), marqués en vert.

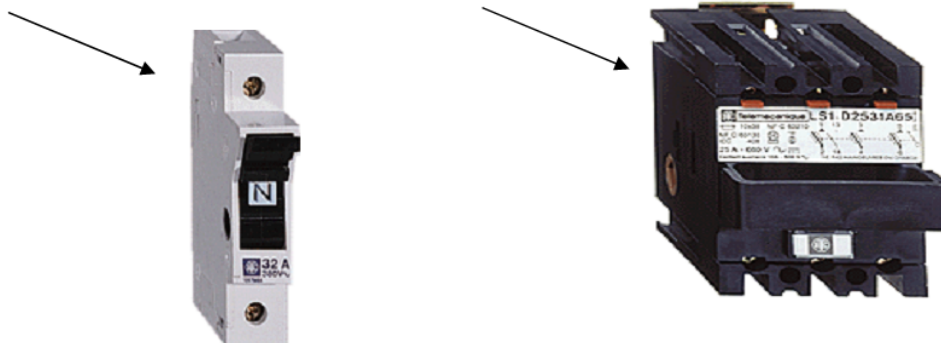
✓ **Cartouche ultra rapide UR:**

Elles sont destinées à assurer essentiellement les composants électroniques (semi-conducteurs). Usage, diodes thyristor.

Tous ces cartouches fusibles se montent dans des supports appelés : **Portes fusibles** ou dans des **sectionneurs**.

Portes fusibles

sectionneurs.



▪ **Caractéristiques des fusibles :**

Ils sont caractérisés par :

✓ **L'intensité nominale (I_n) :**

C'est l'intensité qui peut traverser indéfiniment un fusible sans provoquer ni échauffement excessif, ni fusion. C'est le calibre du fusible, s'exprime en ampère (A).

✓ **La tension du réseau (U_n) :**

C'est la tension du réseau dans lequel le fusible peut être utilisé, généralement elle est de l'ordre de : 250, 400, 500 ou 600. Elle s'exprime en Volts (V).

✓ **Courant de non fusion (I_{nf}) :**

C'est le courant qui peut être supporté par le Fusible pendant un temps spécifié sans fondre.

✓ **Courant de fusion (I_f) :**

C'est le courant qui provoque la fusion du

Fusible avant la fin du temps spécifié.

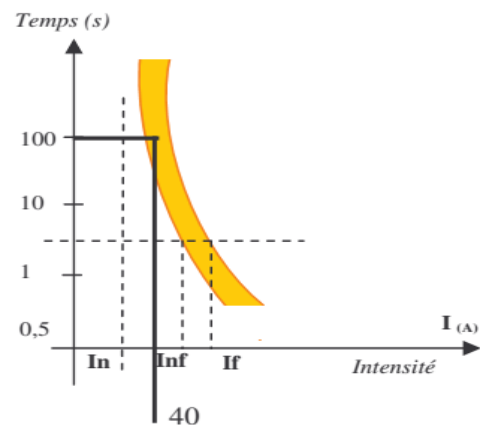


Fig.15 Courbes temps - courant de fusion et non fusion d'une cartouche fusible

✓ **Pouvoir de coupure (PDC) :**

C'est la plus grande intensité de court - circuit qu'un fusible peut couper en évitant la formation d'un arc électrique qui pourrait retarder dangereusement la coupure du courant. Il s'exprime en kilo ampères KA (généralement $P_{dc} \geq 50 I_n$).

✓ **Pouvoir de limitation (PDL) :**

C'est la propriété que possède une cartouche fusible à limiter l'intensité du défaut (court - circuit) et donc les effets électrodynamiques et thermiques du courant.

✓ **Durée de coupure (DDC) :**

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.

✓ **Désignation d'une cartouche fusible :**

Une cartouche fusible est désignée par les éléments suivants :

- Son type (gI, gf, gG, UR ou aM).
- Son calibre (A).
- Sa tension nominale (V).
- Son pouvoir de coupure (KA).
- Sa taille (dimension de la cartouche = diamètre (mm) × longueur (mm)).

La figure.16 expose bien la description d'une cartouche fusible.

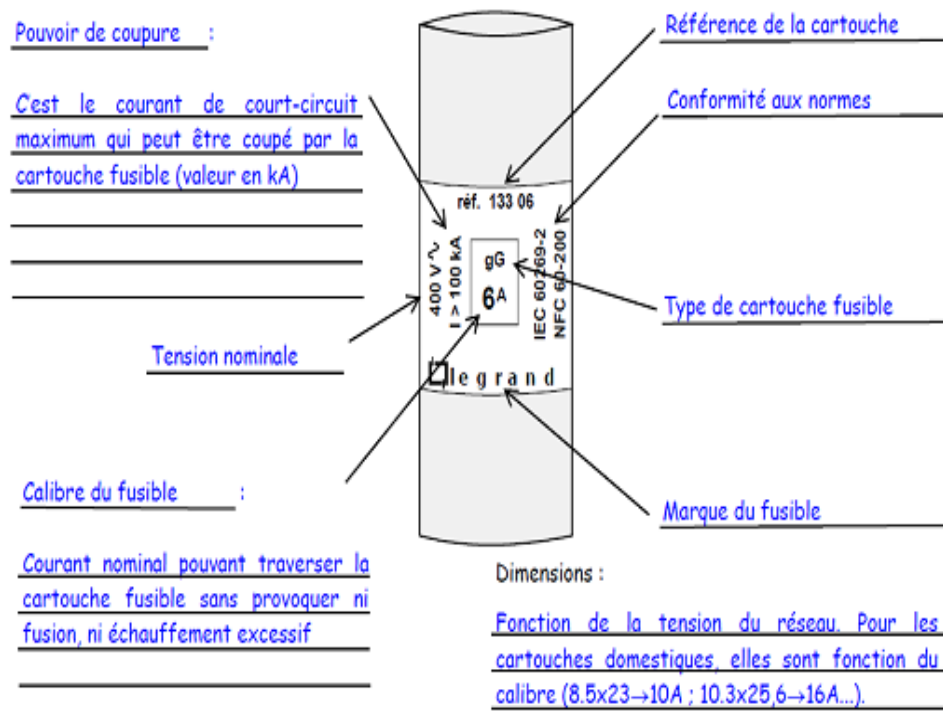


Fig.16 Désignation d'une cartouche fusible

✓ **Contraintes thermique ($I^2 t$) :**

Elle représente la limite de l'énergie supportée par la cartouche fusible sans détérioration. Elle s'exprime A^2s et se mentionne $I^2 t$.

- ✓ **Courbes de fusion**: Elles permettent de déterminer la durée de fonctionnement du fusible en fonction du courant qui le travers avant sa fusion.

- **Cartouche type gG**

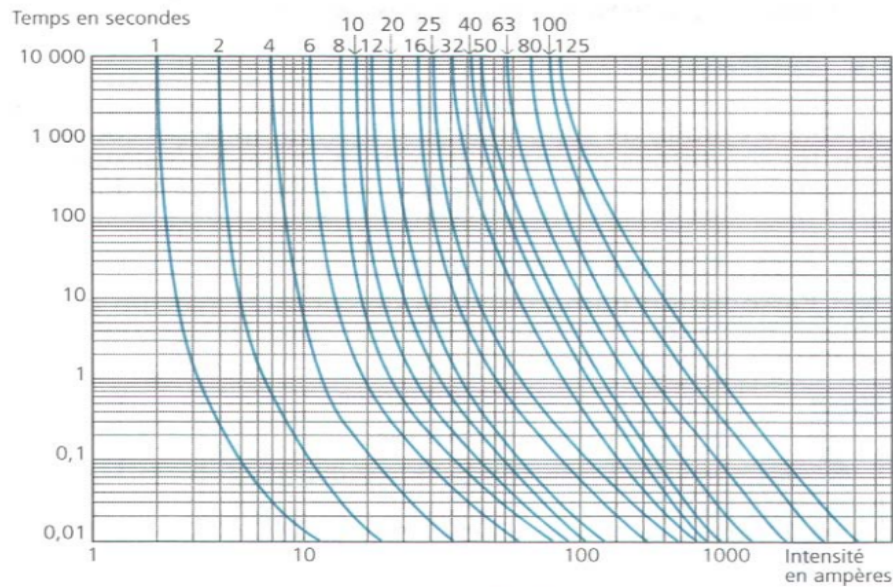


Fig.17 Courbes de fusion d'une cartouche fusible type gG

- **Cartouche type aM**

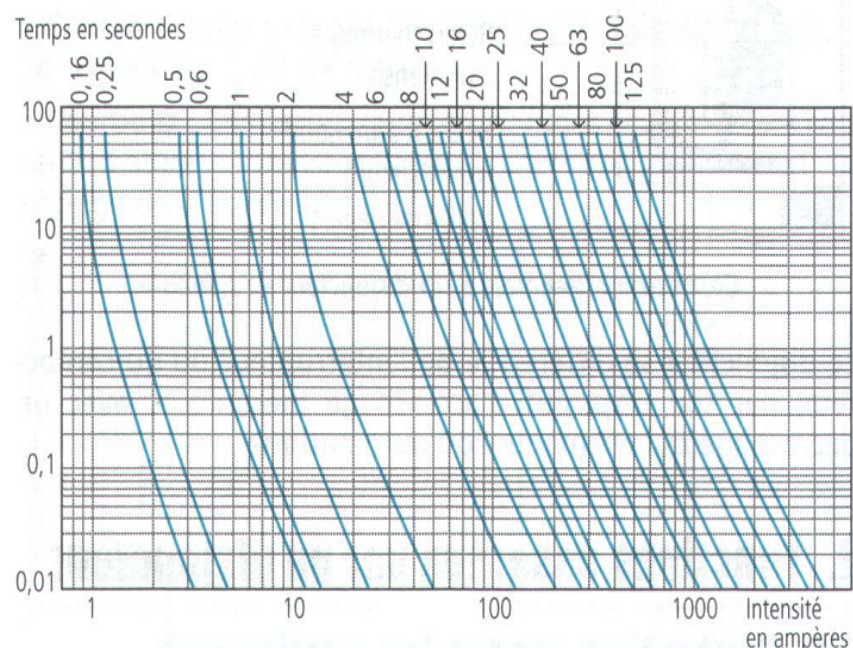


Fig.18 Courbes de fusion d'une cartouche fusible type aM

▪ **Avantages et inconvénients des fusibles:**

Les avantages :

- Simple et facile à installer.
- Peut coûteux.
- Encombrement réduit.
- Pouvoir de coupure important, les gG et aM sont dit : H.P.C. Haut pouvoir de coupure, car ils peuvent couper les courants de surintensités jusqu'à 100 KA efficace.
- Pas d'entretien.
- Garanti.

Les inconvénients :

- Un fusible ne sert qu'une fois et doit être changé. L'inconvénient majeur vient du fait qu'il faut le remplacer après usage. C'est pour cela que les disjoncteurs sont de plus en plus employés, ils ont l'avantage d'être ré-armables à volonté.
- Pour effectuer le changement d'une cartouche fusible, il faut être habilité BOV.
- Pour changer le porte fusible il faudra être B1V.
- Surtension lors la fusion.
- Un fusible est élément de résistance, consomme une certaine énergie lorsqu'il est traversé par un courant électrique.

➤ **Les Relais de protection :**

Les relais sont des appareils qui contrôlent la valeur d'un paramètre électrique. Ils provoquent l'ouverture ou la fermeture du circuit de puissance par l'intermédiaire de ces contacts auxiliaires de commande, lorsque le courant dépasse la valeur (seuil) préréglée. On distingue :

a. Relais thermique :

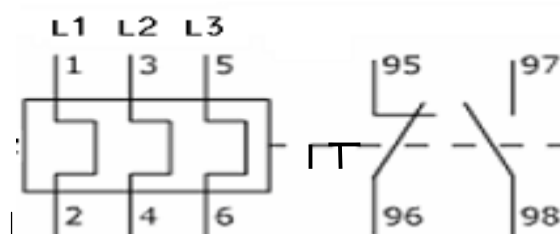
▪ **Définition :**

Est un organe de protection capable de protéger contre les surcharges faibles et prolongées. Un relais thermique n'a pas de fonction de coupure, il est destiné à commander l'ouverture d'un appareil de coupure, appareil qui doit avoir le pouvoir de coupure requis pour le courant de défaut à interrompre, en générale un contacteur. A cet effet, les relais thermiques disposent d'un contact de défaut (NC) qui est à placer en série avec l'alimentation de la bobine du contacteur.

▪ **Rôle :**

Le relais thermique mesure le courant qui circule dans chacun de ses circuits de puissance et compare avec l'intensité préréglée en façade. Si le courant est supérieur dans l'un ou plusieurs de ses circuits, il actionne les deux contacts de commande. De plus, s'il y a une différence de courant entre les circuits (exemple : manque d'une phase) il déclenche aussi (relais différentiel).

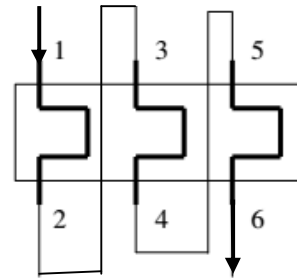
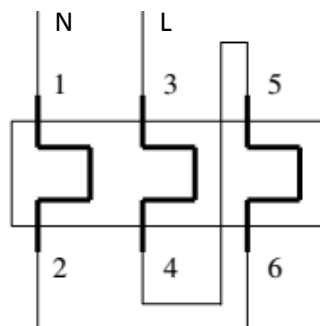
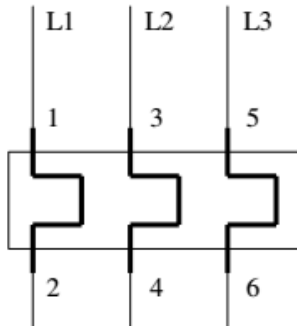
▪ **Symbole :**



Pôles de puissance Contacts auxiliaires

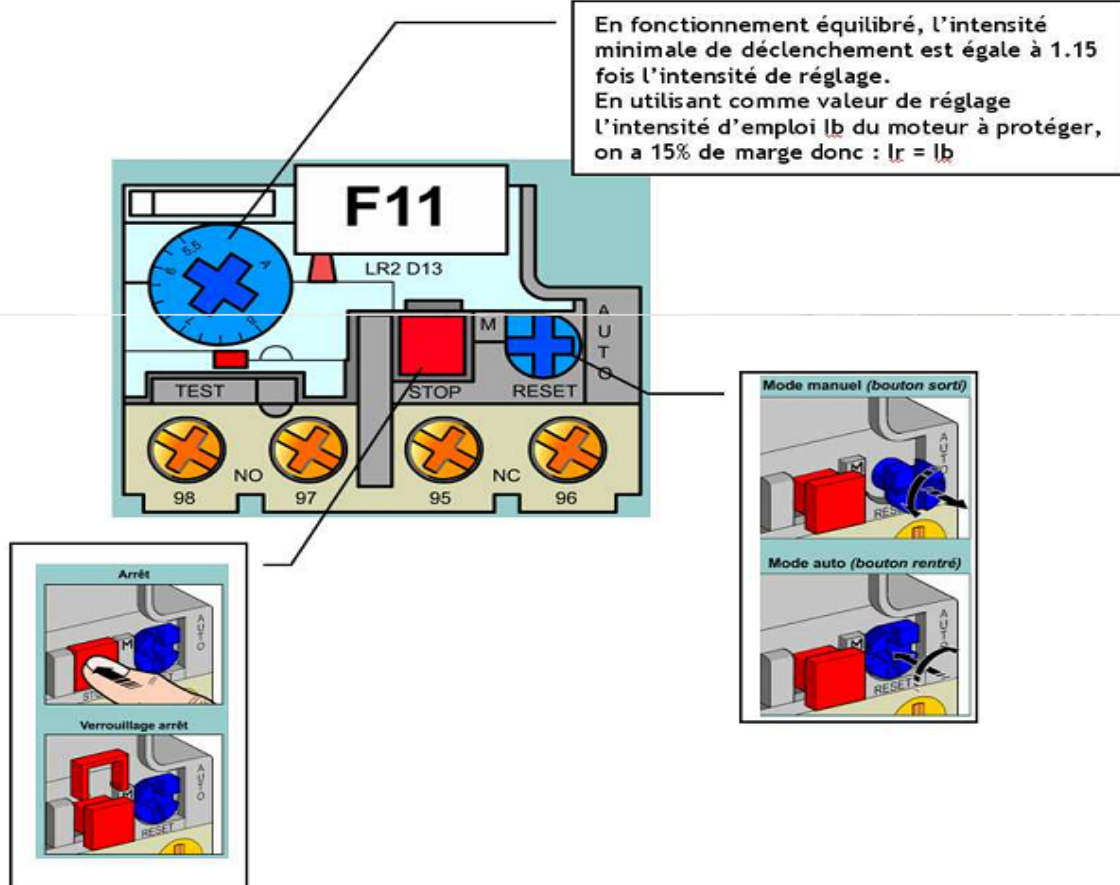
Les relais thermiques sont utilisables en courant alternatif et continu :

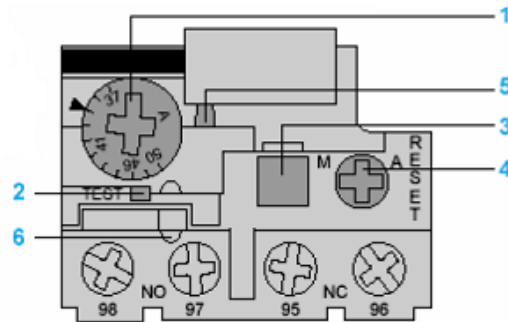
- En réseau triphasé
- En réseau monophasé
- En courant continu



- **Appellation** : F, F1, F2 etc.
- **Constitution** :

Constitution de la façade :

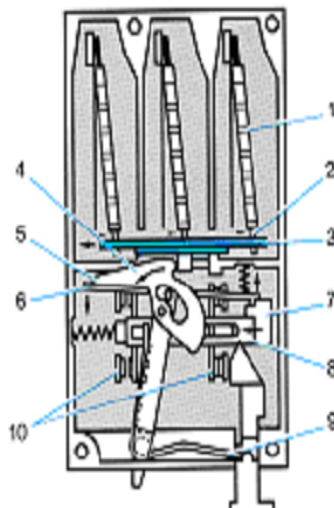
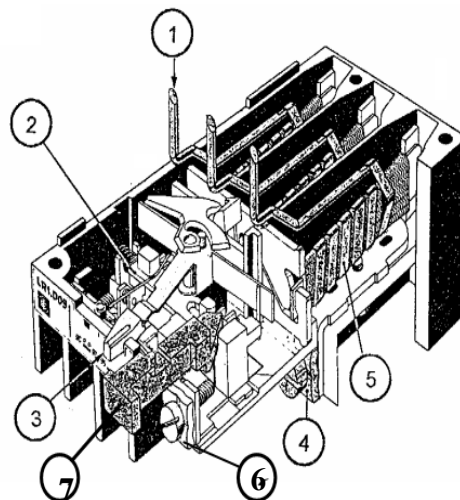




1	Bouton de réglage I_r
2	Bouton Test : L'action sur le bouton Test permet: - le contrôle du câblage du circuit de commande - la simulation du déclenchement du relais (action sur les 2 contacts "O" et "F").
3	Bouton Stop. Il agit sur le contact "O" et est sans effet sur le contact "F"
4	Bouton de réarmement et sélecteur de choix entre réarmement manuel et auto.
5	Visualisation du déclenchement
6	Verrouillage par plombage du capot

Constitution à l'intérieur :

①	Arrivé du courant
②	Système de déclenchement
③	Réglage du calibre de déclenchement
④	Départ courant
⑤	Elément bimétallique
⑥	Contact auxiliaire
⑦	Bouton de réarmement



Lorsqu'un courant important parcourt les enroulements chauffants (1), les bilames (2) se déforment et les réglettes du différentiel (3) sont entraînées dans le sens de la flèche.

La came (4) est entraînée également et tourne autour de son axe. Le bord d'attaque de cette came (5) provoque la rotation du bilame de compensation (6), la butée de maintien (7) libérée laisse échapper la pièce mobile (8) qui est sollicitée par un ressort en épingle (9).

Les contacts (10) changent de position.

Sur cette figure, le relais est en position « armé », en attente de déclenchement.

- **Principe de fonctionnement :**

Le principe de fonctionnement du relais thermique repose sur la déformation de ses bilames métalliques chauffés par le courant qui les traversent. Au passage du courant les bilames qui sont calibrés se déforment et actionnent le dispositif différentiel dont le déplacement latéral ou vertical, suivant le modèle du relais, provoque la rotation d'une came ou d'un arbre solidaire du dispositif de déclenchement. Quand l'amplitude de la déformation est suffisante, la pièce sur laquelle sont fixées les parties mobiles des contacts échappe à une butée de maintien, ce qui provoque l'ouverture brusque du contact auxiliaire du relais inséré dans le circuit de la bobine du contacteur.

Le réarmement ne peut s'effectuer que lorsque les bilames sont suffisamment refroidis. La distance que doit parcourir la pièce pour échapper à la butée de maintien est fonction du courant de réglage affiché sur le relais et de la température ambiante du local dans lequel est placé celui-ci ; d'où nécessité d'une correction par le bilame de compensation.

Les relais thermiques sont en généralement ; différentiels ou compensés.

- **Principe du relais différentiel :**

Le dispositif différentiel provoque le déclenchement du relais lorsque les courants traversant les trois bilames ne sont pas identiques (exemple : manque d'une phase). Le déclenchement est d'autant plus rapide que la différence est grande.

- **Principe du relais compensé :**

Un bilame de compensation, indépendant des bilames principaux et soumis uniquement à la température de l'air ambiant, se déforme en fonction des variations de celui-ci. Le déplacement que doit effectuer l'ensemble des éléments thermiques pour provoquer le déclenchement du relais est le même pour des variations de température comprise entre (-40° C et + 60° C).

- **Courbes de déclenchement :**

Cette courbe est donnée par le fabricant. Elle donne le temps de déclenchement du relais en fonction du courant de réglage et du courant de défaut.

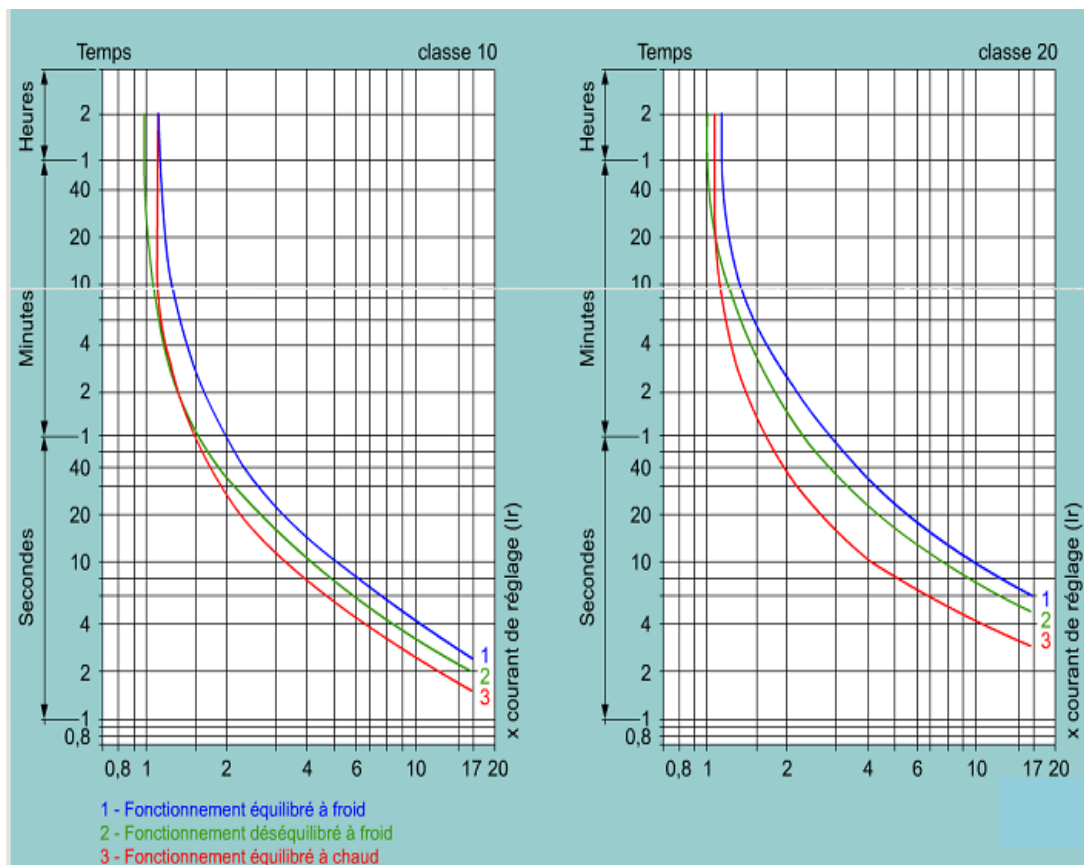


Fig. 19 Courbes de déclenchement

▪ **Classes de déclenchement :**

Pour répondre aux besoins de protection contre les surcharges, la norme définit pour les relais de protection thermique trois classes de déclenchement :

- Classe 10 : temps de démarrage inférieur à 10 s.
- Classe 20 : temps de démarrage inférieur à 20 s.
- Classe 30 : temps de démarrage inférieur à 30 s.

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

▪ **Caractéristiques principales :**

- Le calibre du relais est à choisir en fonction du courant nominal du moteur et du temps de démarrage calculé.
- Intensité maximale supportée par les pôles de puissance
- Intensité de réglage ($I_r = I_n$) le déclenchement réel se fait de 1.15 à 1.2 I_n .
- Nombre de contact auxiliaires et type (NC, NO).
- Réarmement manuel ou automatique.
- Différentiel ou compensé en température.

Les constructeurs chez TELEMCHANIQUE ont élaborés un tableau déterminant le choix des relais thermiques selon les zones de réglage.

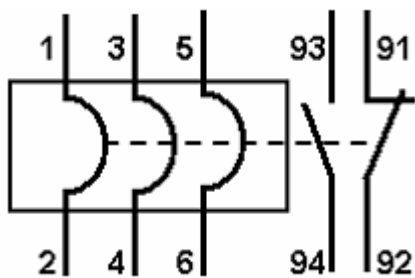
Zone de réglage du relais	Fusibles à associer			Pour montage sous contacteur LC1, LP1	Référence	Masse
	aM	gl-gL	BS88			
A	A	A	A			kg
0,10 - 0,16	0,25	2	-	D09-D32	LR2 D13 01	0,165
0,16 - 0,25	0,5	2	-	D09-D32	LR2 D13 02	0,165
0,25 - 0,40	1	2	-	D09-D32	LR2 D13 03	0,165
0,40 - 0,63	1	2	-	D09-D32	LR2 D13 04	0,165
0,63 - 1	2	4	-	D09-D32	LR2 D13 05	0,165
1 - 1,6	2	4	6	D09-D32	LR2 D13 06	0,165
1,25 - 2	4	6	6	D09-D32	LR2 D13 X6	0,165
1,6 - 2,5	4	6	10	D09-D32	LR2 D13 07	0,165
2,5 - 4	6	10	16	D09-D32	LR2 D13 08	0,165
4 - 6	8	16	16	D09-D32	LR2 D13 10	0,165
5,5 - 8	12	20	20	D09-D32	LR2 D13 12	0,165
7 - 10	12	20	20	D09-D32	LR2 D13 14	0,165
9 - 13	16	25	25	D12-D32	LR2 D13 16	0,165
12 - 18	20	35	32	D18-D32	LR2 D13 21	0,165
17 - 25	25	50	50	D25-D32	LR2 D13 22	0,165
23 - 32	40	63	63	D25-D32	LR2 D23 53	0,320
28 - 36	40	80	80	D32	LR2 D23 55	0,320
17 - 25	25	50	50	D40-D95	LR2 D33 22	0,510
23 - 32	40	63	63	D40-D95	LR2 D33 53	0,510
30 - 40	40	100	80	D40-D95	LR2 D33 55	0,510
37 - 50	63	100	100	D50-D95	LR2 D33 57	0,510
48 - 65	63	100	100	D50-D95	LR2 D33 59	0,510
55 - 70	80	125	125	D65-D95	LR2 D33 61	0,510
63 - 80	80	125	125	D80-D95	LR2 D33 63	0,510
80 - 93	100	160	160	D95	LR2 D33 65	0,510

b. Relais Magnétique :▪ **Définition :**

Ce type des relais, s'appels aussi à maximum d'intensités, sont des dispositifs de protection capables de protéger contre les fortes surcharges.

▪ **Rôle :**

Ces relais, sont destinés à protéger contre les surcharges importantes qui réclament une ouverture rapide du contacteur. Ils sont également utilisables pour assurer une protection contre les courts – circuits, sous réserve qu'ils soient associés à un contacteur dont le pouvoir de coupure est assez important.

▪ **Symbole :**

Contacts principales

contacts auxiliaires

▪ **Appellation :** F, F1, F2 etc.▪ **Principe de fonctionnement :**

Le principe de fonctionnement de ce type de relais se base sur le déplacement de l'armature magnétique. En fonctionnement normal, le champ magnétique produit par le bobinage est insuffisant pour attirer l'armature mobile. Lorsque l'intensité atteint en croissant l'intensité de réglage (surintensités importantes ou courts - circuits), le champ magnétique augmente, l'armature magnétique mobile est attirée et ouvre le contact auxiliaire 91-92, ce qui provoque le déclenchement du contacteur. Généralement le courant de réglage est compris entre : $6 I_n \leq I_r \leq 10 I_n$.

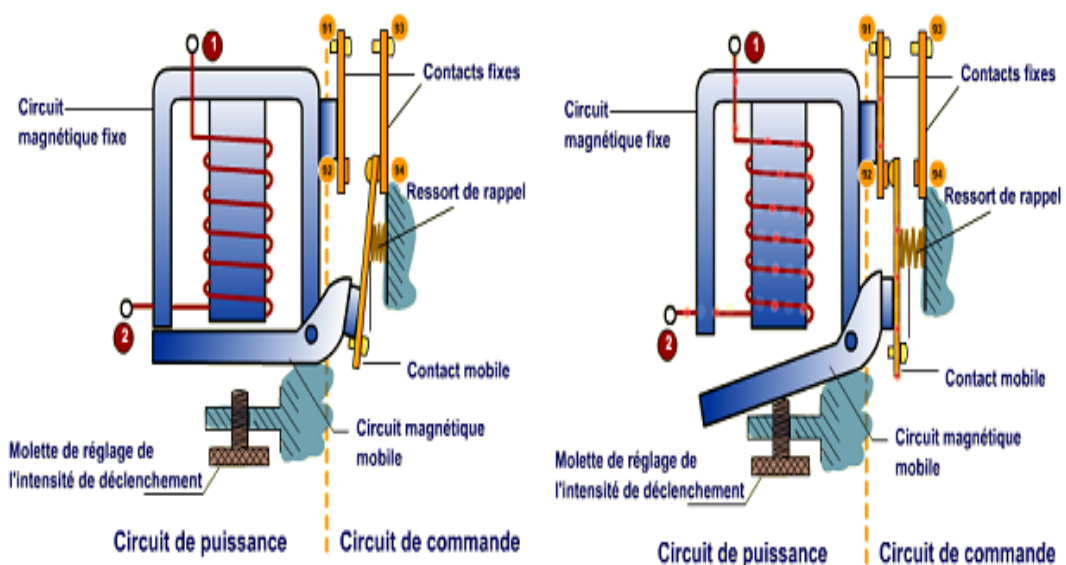
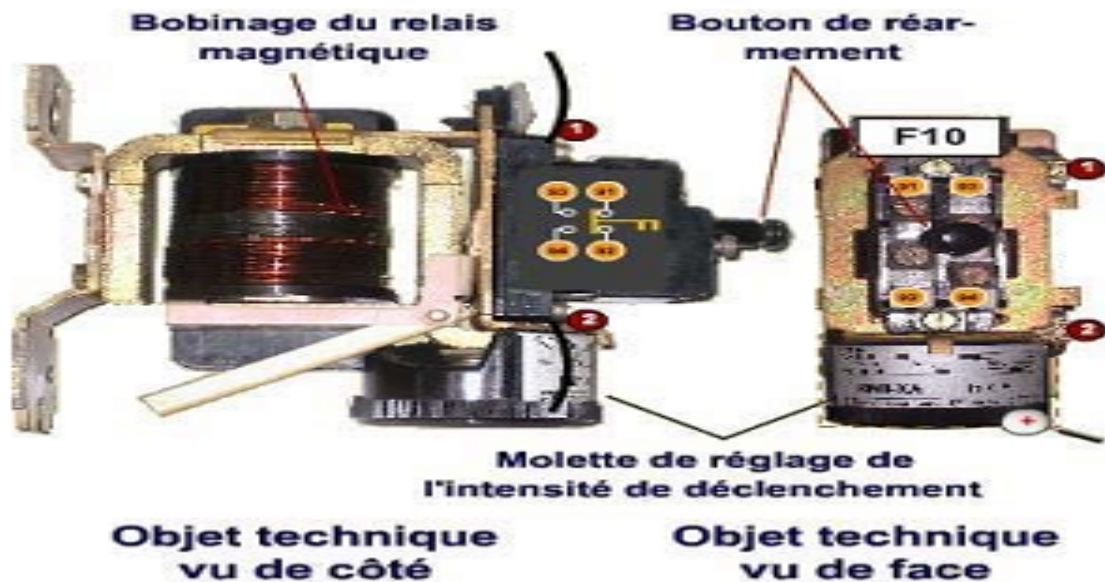


Fig.20 Relais magnétique ayant fonctionné à la suite d'une surintensité

La rigidité de ressort permet de fixer pour quelle valeur du courant se fera la coupure.

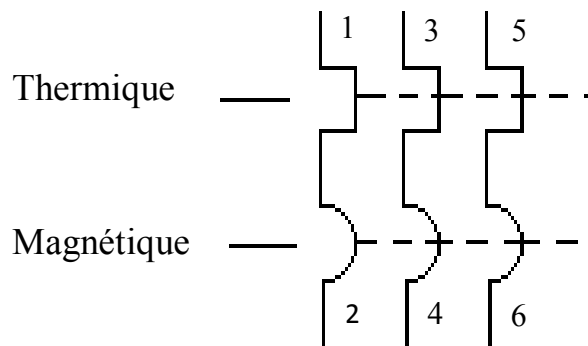
Pour réarmer le relais magnétique, il faut intervenir manuellement.

c. Relais Magnétothermiques :

▪ Définition :

Le relais magnétothermique est destiné à assurer la protection des moteurs contre les surcharges. Son déclenchement est différé pour les faibles surcharges et instantané pour les surintensités importantes. Donc c'est l'association d'un relais thermique et d'un relais magnétique, le premier contre les surcharges faibles et prolongées, le second assurant la protection contre les surintensités brutales, probablement les courts – circuits. Il est de différentes tailles ; unipolaire, bipolaire et tripolaire.

▪ Symbole :



▪ Principe de fonctionnement :

Suivant la nature de l'incident, deux déclenchements sont envisagés : le déclenchement thermique différé et le déclenchement magnétique instantané.

○ Déclenchement thermique différé :

Si le courant dépasse la valeur de réglage, le bilame s'échauffe, se déforme et après un certain temps libère la butée. L'ensemble butée – palette bascule et le bras de levier agissant sur l'arbre de transmission provoque l'ouverture du contact. Le réarmement ne peut s'effectuer que lorsque le bilame est suffisamment refroidi.

○ Déclenchement magnétique instantané :

Si le courant atteint rapidement une valeur élevée avant que le bilame ait eu le temps de se déformer suffisamment pour libérer la butée, l'armature magnétique mobile est attirée et ouvre le contact de commande, ce qui provoque le déclenchement du contacteur et par conséquent le circuit de puissance.

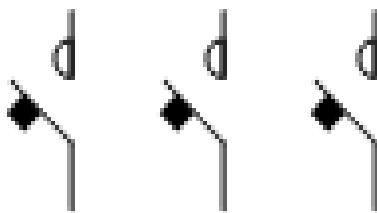
➤ **Les discontacteurs :**

▪ **Définition :**

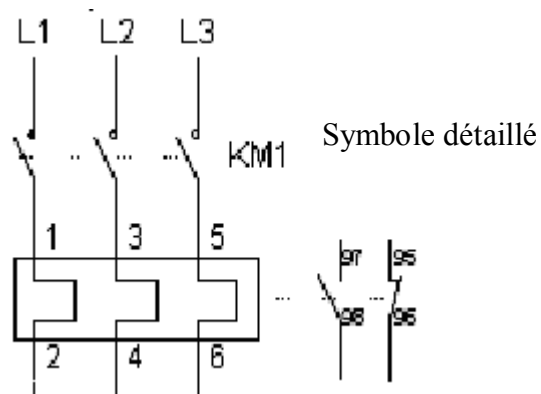
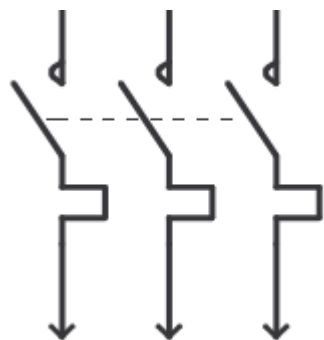
C'est l'association d'un contacteur avec un relais thermique. Dans le circuit de puissance, chaque enroulement chauffant doit être inséré dans chacune des phases ou polarité du récepteur à protéger.

Dans le circuit de commande, le contact de déclenchement du relais doit être raccordé en série dans le circuit de la bobine du contacteur commandant la mise sous tension du récepteur.

▪ **Symbole :**



Symbole simplifié



Symbole détaillé

▪ **Rôle :**

Cette association a un pouvoir de coupure égal à celui du contacteur (10 In). La protection contre les surcharges et contre la marche en monophasé est bien réalisée par le relais thermique compensé en fonction de la température ambiante et muni comme précédemment d'un dispositif de protection contre le déséquilibre de phases.

➤ **Les disjoncteurs :**

▪ **Définition :**

Les disjoncteurs sont des appareils de protection capables à la fois d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales (circuit sans défaut « réaliser office d'interrupteur ») ainsi que dans des conditions anormales déterminées telles que celles des courants de surcharges et de courts – circuits (accomplir fonction disjoncteur) lorsque le courant dépasse largement le courant nominal, ils sont doués d'un pouvoir de coupure.

▪ **Rôle :**

Les pôles de puissance d'un disjoncteur peuvent servir d'interrupteur, ils sont capables de supporter des surintensités et des surtensions. Le disjoncteur est muni aussi d'un système de déclencheur qui provoque son ouverture automatique. Le déclencheur permet l'ouverture des pôles du disjoncteur lors d'un défaut, il est de nature thermique, magnétique ou magnétothermique, il existe également des déclencheurs électroniques. Il subsiste une liaison mécanique entre chaque déclencheur et le système provoquant l'ouverture des pôles principaux. Le déclencheur magnétique a un pouvoir de coupure important capable d'interrompre des courants de court – circuit. Les disjoncteurs ont deux fonctions principales :

- Couper et sectionner : rôle des pôles principaux.
- Protéger contre les courts – circuits et les surcharges : rôle du déclencheur magnétique et du déclencheur thermique.

▪ **Symbole générale :**



▪ **Appellation :** Q, Q1, Q2 etc.

▪ **Caractéristiques fondamentales :**

Les disjoncteurs sont caractérisés par :

- ✓ **Intensité nominale (I_n)** : c'est l'intensité maximum que l'appareil peut supporter dans des conditions déterminées d'échauffement et de fonctionnement (régime permanent). Sa valeur figure dans la désignation de l'appareil (calibre).
- ✓ **Tension nominale (U_n)** : c'est la tension maximale d'utilisation.
- ✓ **Courant de fonctionnement (I_m)** : c'est le courant qui provoque le déclenchement pour les fortes surintensités. Il peut être fixe ou réglable et peut varier entre $1.5 I_n$ et $20 I_n$.
- ✓ **Courant de réglage (I_r)** : c'est le courant maximal que peut supporter le disjoncteur, sans déclenchement. Il peut être réglable de $0.7 I_n$ à I_n pour les déclencheurs thermiques et de $5 I_n$ à $10 I_n$ pour les déclencheurs magnétiques et de $0.4 I_n$ à I_n pour les déclencheurs électroniques.
- ✓ **Pouvoir de coupure (pdc)** : c'est la plus grande intensité de courant de court – circuit (présumé) qu'un disjoncteur peut interrompre sous une tension donnée. Il s'exprime en (KA) généralement supérieur à $30 I_n$.
- ✓ **Pouvoir de limitation (pdl)** : c'est la capacité d'un disjoncteur à ne laisser passer qu'un courant inférieur au courant de court – circuit présumé.
- ✓ **Le nombre de pôles de puissance** : unipolaire (1p), bipolaire (2p), tripolaire (3p) et tétra polaire (4p).
- ✓ **Type de protection** : on distingue deux catégories ; disjoncteur général et disjoncteur divisionnaire (modulaire).
- ✓ **Sélectivité des disjoncteurs** : c'est la coordination des disjoncteurs de telle sorte qu'un défaut survenant en un point quelconque de l'installation, soit éliminé par le disjoncteur placé immédiatement en amont du défaut et par lui seul.

Le choix permet une sélectivité totale du point de vue des surcharges et des faibles courts – circuits. En revanche, la sélectivité n'est que partielle pour les courts – circuits élevés.

Soit le schéma ci-contre :

- En cas de défaut sur le départ 3 :

Il y a sélectivité si seul le disjoncteur B

S'ouvre (élimination du défaut).

- Dans le cas où le défaut sur 3 : provoque

L'ouverture des disjoncteurs B et de A.

Il n'y a plus sélectivité.

Deux paramètres classiques intervenant dans le choix de la sélectivité, il s'agit de :

- Les valeurs des courants de déclenchement : Sélectivité ampèremétrique.
- Le temps de déclenchement : Sélectivité chronométrique.

Il existe également la sélectivité logique.

❖ Sélectivité ampèremétrique :

Cette sélectivité est liée aux réglages des seuils de déclenchement I_m des déclencheurs magnétiques, sur les disjoncteurs amont et aval.

La capacité des disjoncteurs à rendre la surface perturbée la plus petite possible, donc à assurer une bonne continuité de service

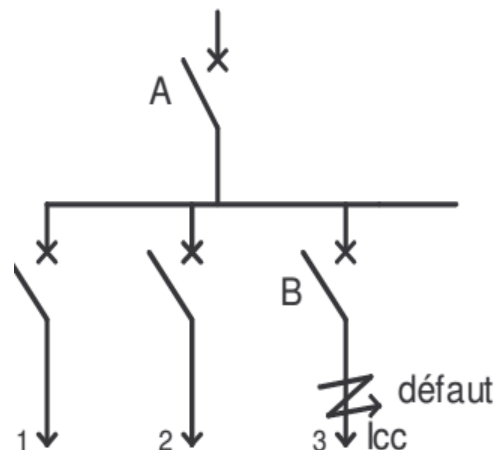
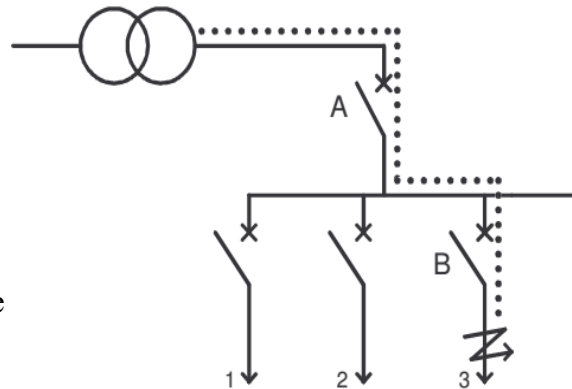
Si le court – circuit est localisé sur le départ 3

Soit I_{ccB} : courant de court – circuit maximal possible en aval du disjoncteur B.

Deux possibilités qui peuvent se présenter :

Suivant la valeur de I_{ccB} par rapport le seuil de

réglage I_m des disjoncteurs.



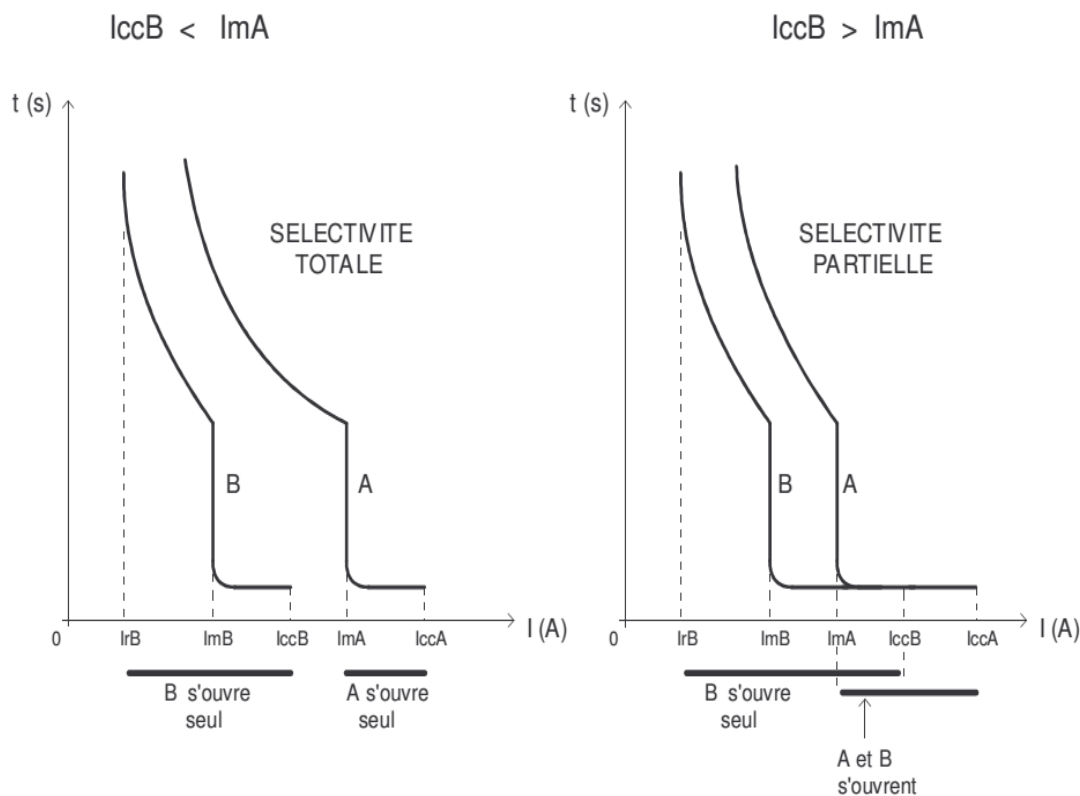


Fig.21 Sélectivité ampèremétrique entre deux disjoncteurs

La sélectivité est souvent difficile à réaliser, car l'écart entre I_{ccB} et I_{ccA} est généralement insuffisant. Dans de ce cas, la sélectivité est partielle et limitée à l'intensité de réglage I_{mA} du déclencheur magnétique du disjoncteur amont.

❖ Sélectivité chronométrique :

Cette sélectivité consiste à retarder le déclenchement du disjoncteur amont par rapport à celui du disjoncteur aval. Le disjoncteur amont, est appelé disjoncteur « sélectif ». Ce dernier est muni d'une temporisation au déclenchement, réglables à plusieurs crans.

On dit qu'il y a sélectivité chronométrique totale, si le temps total de coupure du disjoncteur aval B est inférieur au temps de non déclenchement du disjoncteur amont A.

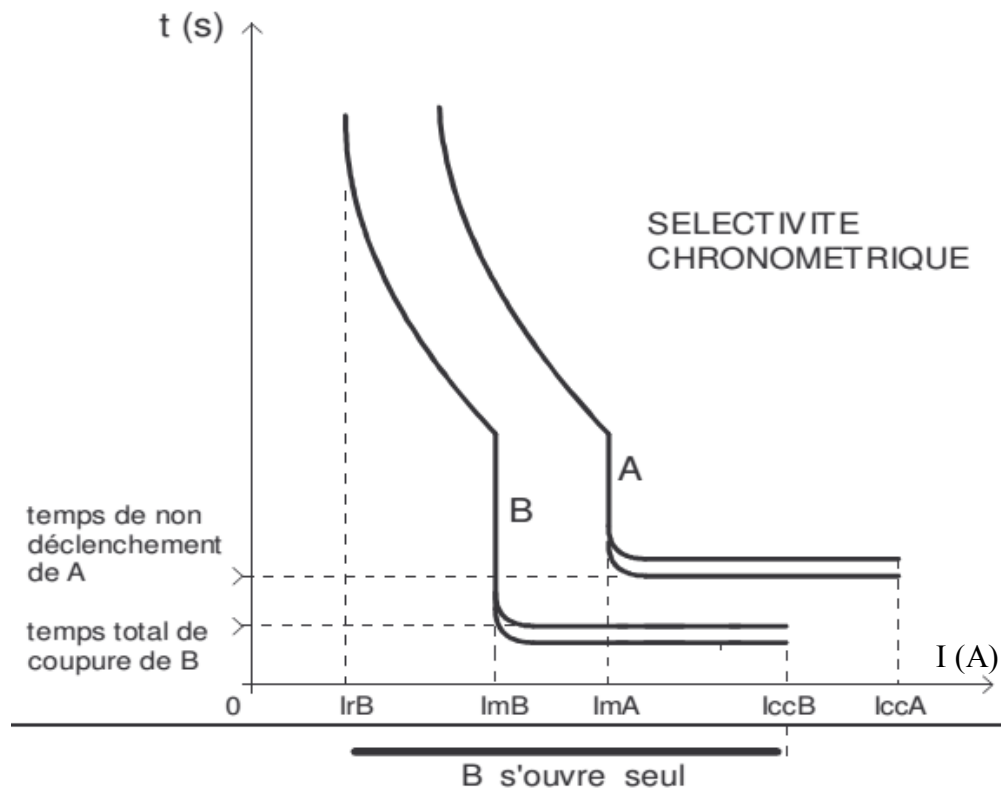


Fig.22 Sélectivité chronométrique entre deux disjoncteurs

❖ Sélectivité logique :

Chaque disjoncteur est associé à un relais logique qui reçoit les informations « défauts » de capteurs. Lorsque le relais est sollicité par un défaut, il envoie :

- Un ordre d'attente à la temporisation propre du relais amont (ordre d'augmentation de la temporisation propre du relais amont).
- Un ordre de déclenchement au disjoncteur auquel il est associé (sauf s'il a lui-même reçu un ordre logique d'attente de l'étage aval).

Cette sélectivité peut être utilisée sur l'ensemble des réseaux, des principaux Départs Basse Tension (DBT) jusqu'au disjoncteur Générale Basse Tension (GBT).

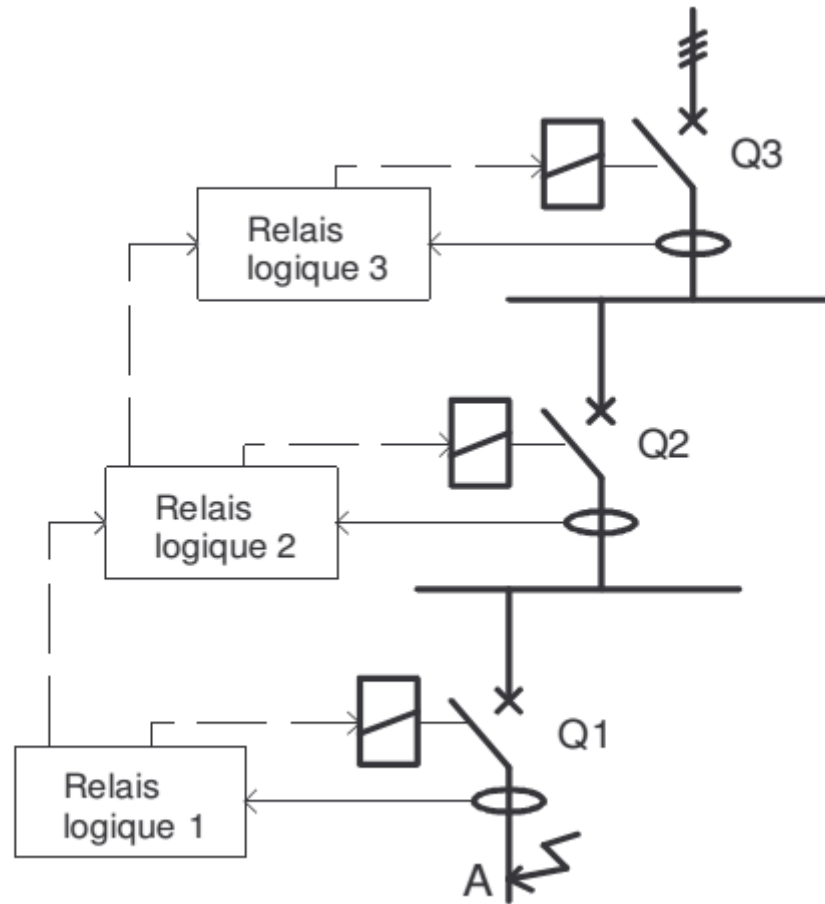


Fig.23 Sélectivité logique entre deux disjoncteurs

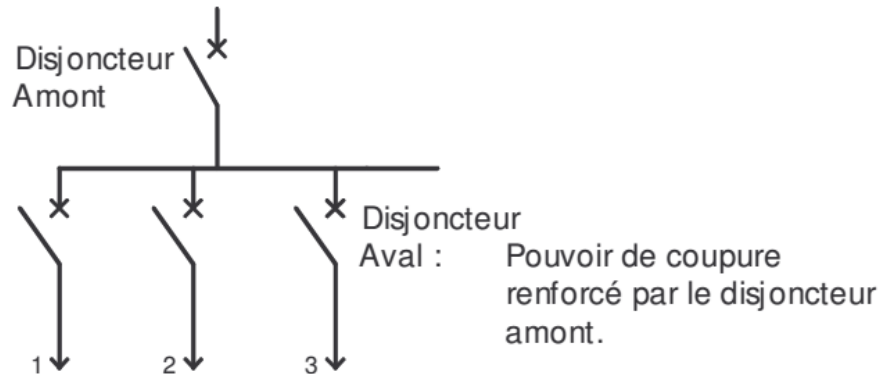
Lorsqu'un défaut est survenant au point A, ce défaut sera vu par les trois disjoncteurs en descente :

- Le relais 1 met en attente le relais 2 et déclenche le disjoncteur Q1.
- Le relais 2 met en attente le relais 3.

✓ Filiation des disjoncteurs :

La filiation est une technique d'association qui permet d'utiliser le pouvoir de limitation des disjoncteurs, de façon à installer en aval des disjoncteurs à pouvoir de coupure réduit, afin de diminuer le coût de l'installation. La filiation des disjoncteurs offre la possibilité d'installer en aval un disjoncteur moins performant, le disjoncteur amont ayant une fonction de barrière pour les forts courants de court – circuit, il peut également renforcer le pouvoir de coupure d'un

disjoncteur aval. La recherche d'une filiation entre deux disjoncteurs amont-aval, ne permet plus d'avoir une sélectivité totale entre ceux-ci.



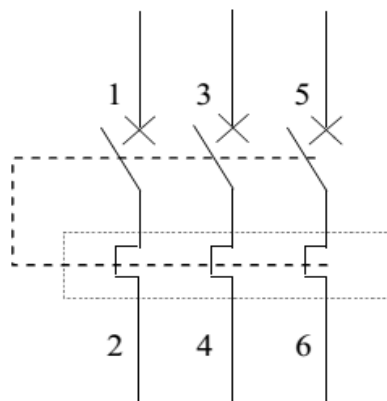
▪ **Différents types des disjoncteurs :**

On distingue :

- ✓ Les disjoncteurs thermiques
- ✓ Les disjoncteurs magnétiques
- ✓ Les disjoncteurs magnétothermiques
- ✓ Les disjoncteurs différentiels

a. **Disjoncteur thermique :**

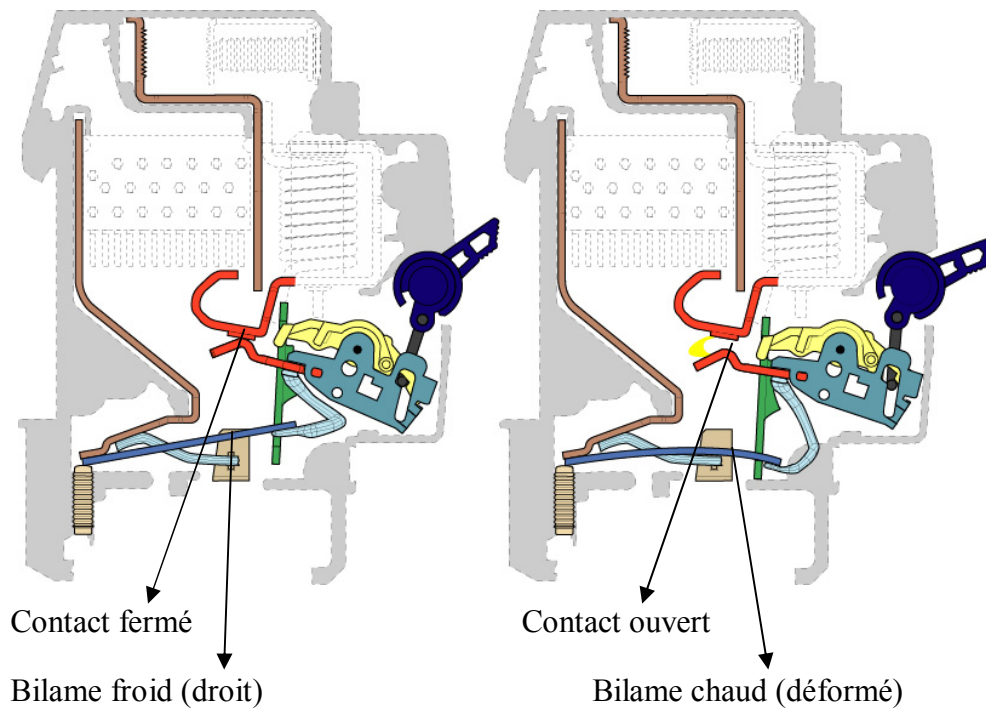
▪ **Symbole :**



- **Fonction :** protection contre les surcharges dues à une anomalie du réseau (surtension) ou à une cause mécanique (couple résistant excessif au démarrage d'un moteur asynchrone par exemple).

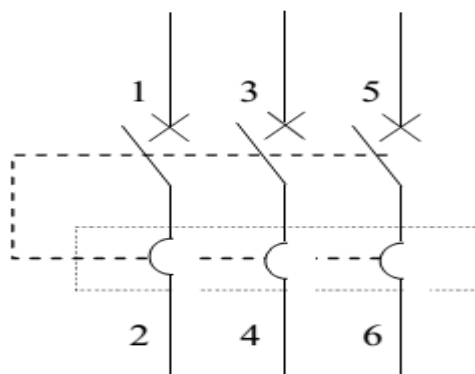
▪ **Principe de fonctionnement :**

Les déclencheurs thermiques détectent les faibles surcharges, à l'aide d'un élément bimétalliques, appelé bilame qui se déforme (se tordre) par suite d'échauffement provoqué par les surcharges. Leur déclenchement entraine l'ouverture du disjoncteur, éliminant ainsi le défaut.



b. **Disjoncteur magnétique :**

▪ **Symbole :**



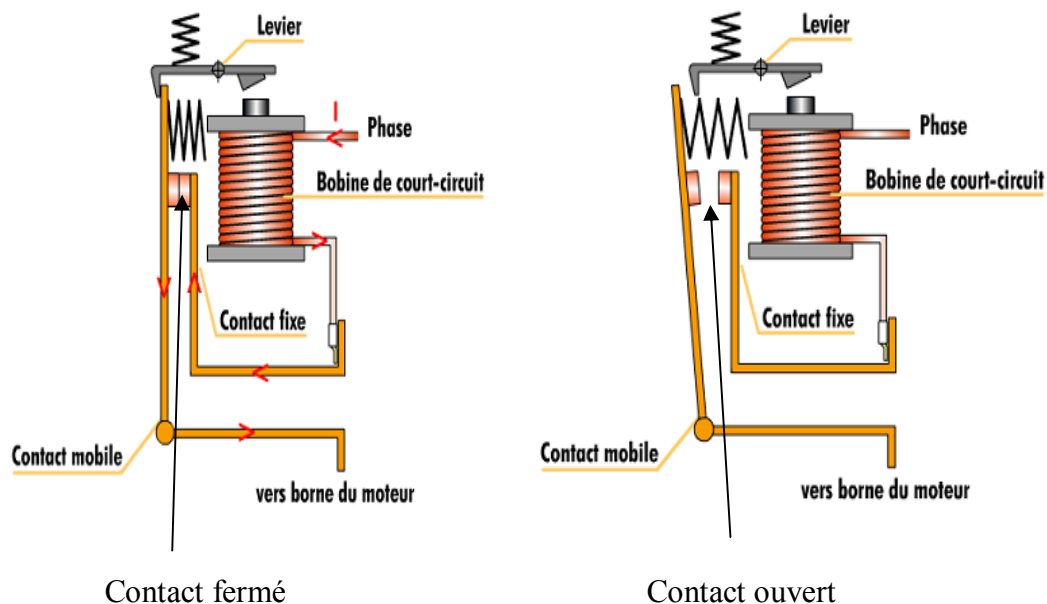
▪ **Fonction :** protection contre les courts – circuits :

- ✓ Court – circuit impédant $10 \leq I_{cc} \leq 50 \text{ In}$, souvent provoqué par la détérioration des isolants des conducteurs (bobinage moteur).
- ✓ Court – circuit $I_{cc} \geq 50 \text{ In}$, provoqué par exemple par une erreur de connexion au cours d'une opération de maintenance.

▪ Principe de fonctionnement :

Les déclencheurs magnétiques détectent et protègent contre les fortes surcharges et courant de court – circuit. Leur déclenchement provoqué par le déplacement de l'armature magnétique fixée sur le contact mobile entraine l'ouverture du disjoncteur, éliminant ainsi le défaut. En fonctionnement normal, le courant qui circule dans la bobine du circuit magnétique n'est pas suffisant pour que le champ magnétique qu'il crée attire l'armature. Le circuit électrique est donc fermé.

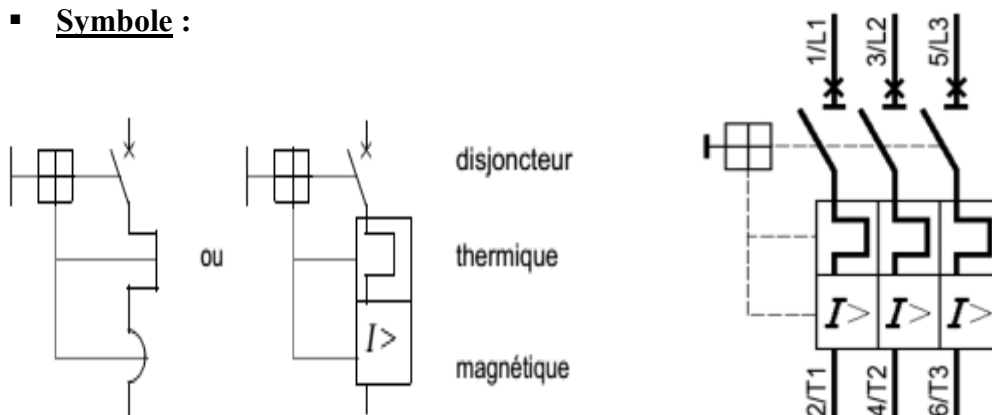
Lors d'un court – circuit ce courant va augmenter très brutalement, et par conséquent va créer un champ important suffisant d'attirer l'armature magnétique ce qui provoque l'ouverture du circuit électrique.



c. Disjoncteur magnétothermique :

C'est l'association d'un disjoncteur thermique et d'un disjoncteur magnétique

▪ Symbole :

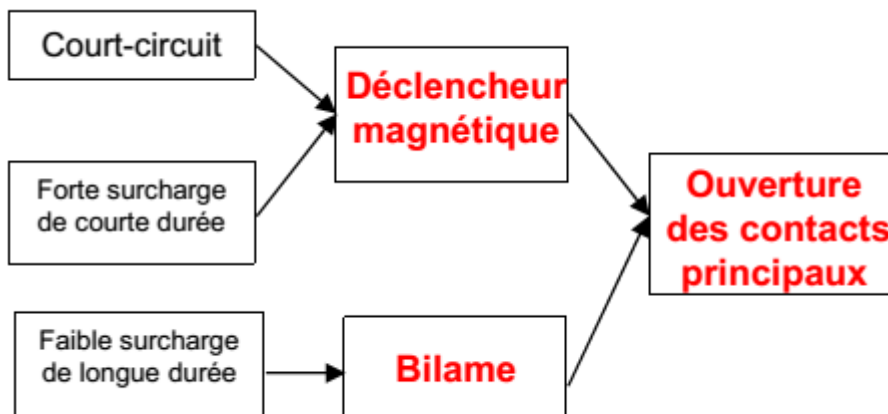


▪ **Fonction :**

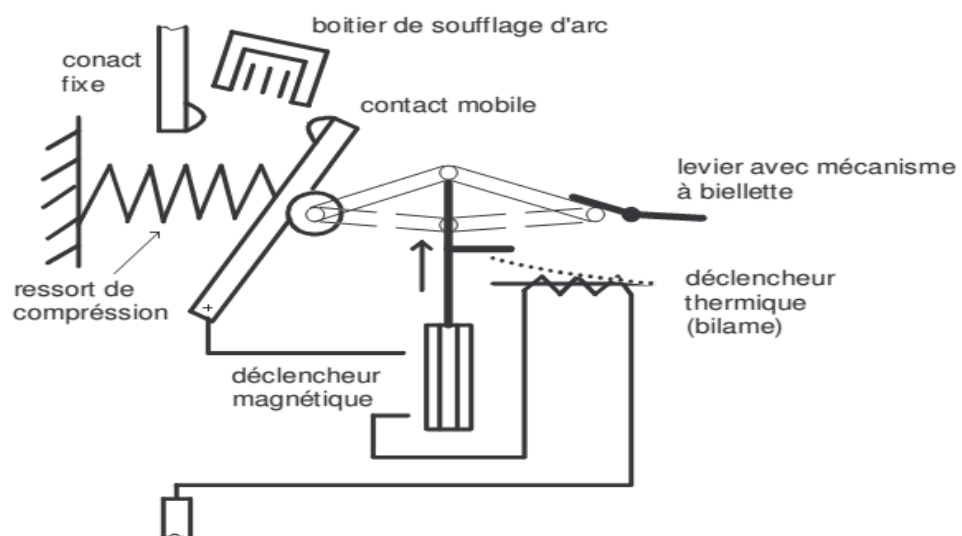
Le disjoncteur magnétothermique assure la protection des bien contre les courts – circuits, les fortes surcharges de courte durée et les faibles surcharges de longue durée

▪ **Principe de fonctionnement :**

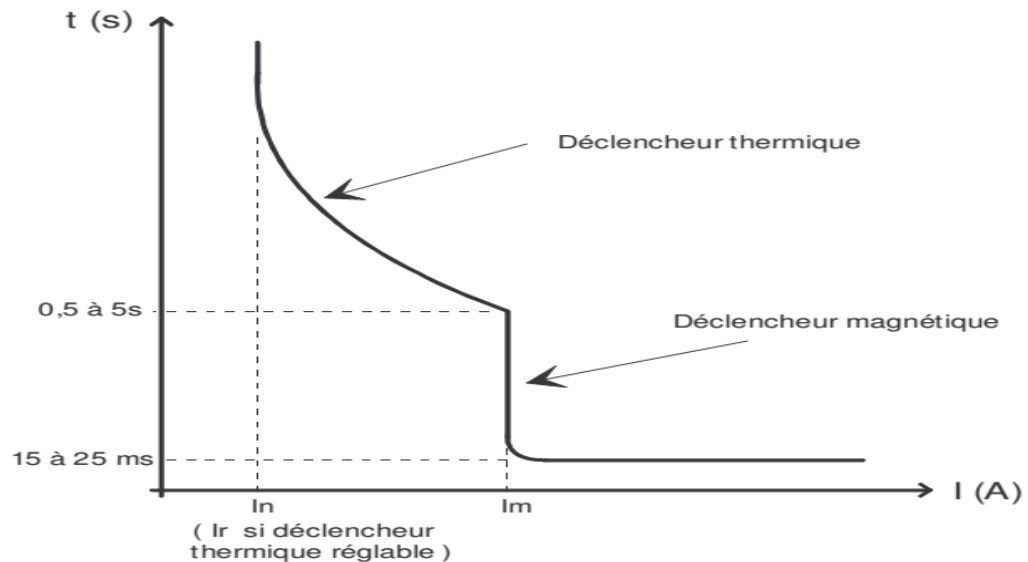
Les disjoncteurs magnétothermiques possèdent un déclencheur magnétique par phase et un bilame par phase. En cas de forte surintensité ou de court – circuit (courant très supérieur au courant de réglage I_r), le déclencheur magnétique agit sur un système mécanique qui ouvre les pôles principaux ; en cas de faible surcharge (courant légèrement supérieur à I_r) de longue durée, le bilame agit sur le même système mécanique.



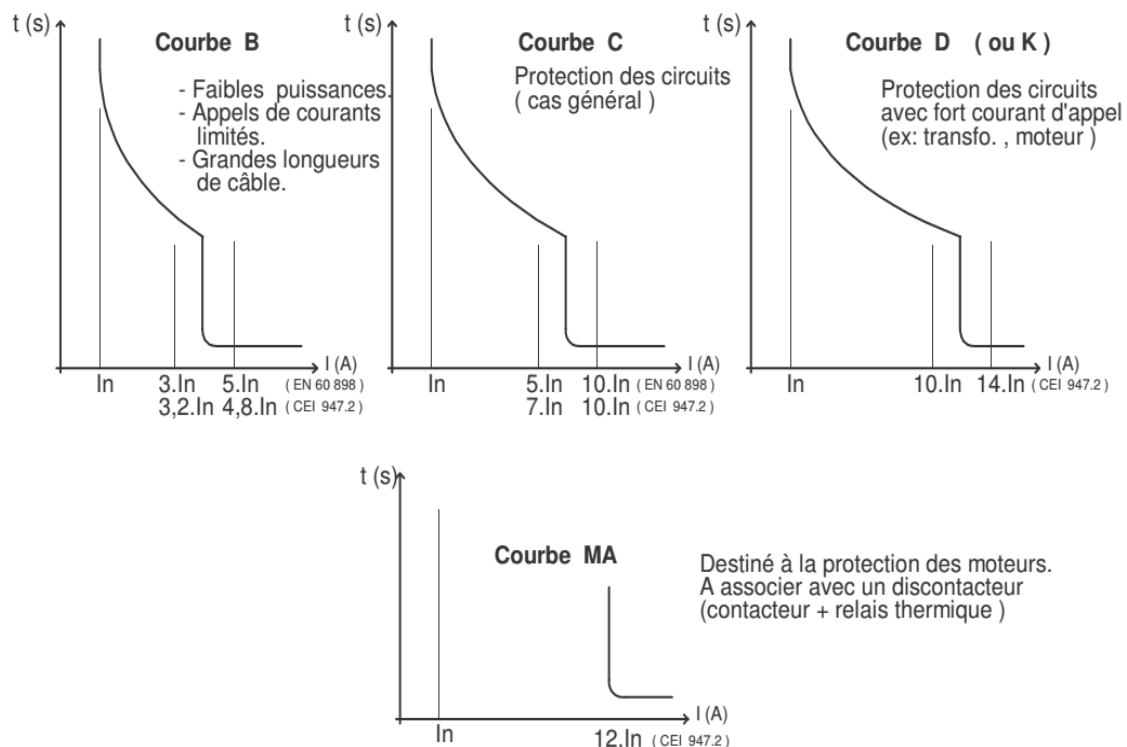
▪ **Structure générale d'un disjoncteur magnétothermique :**



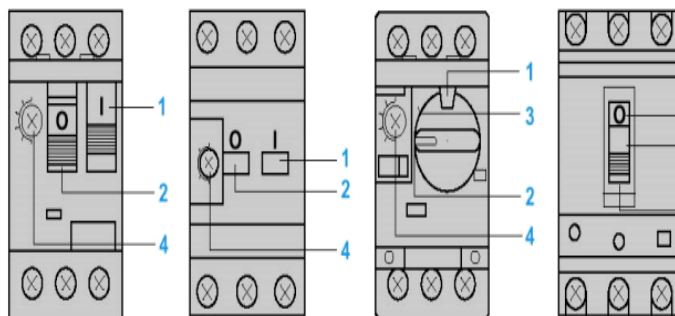
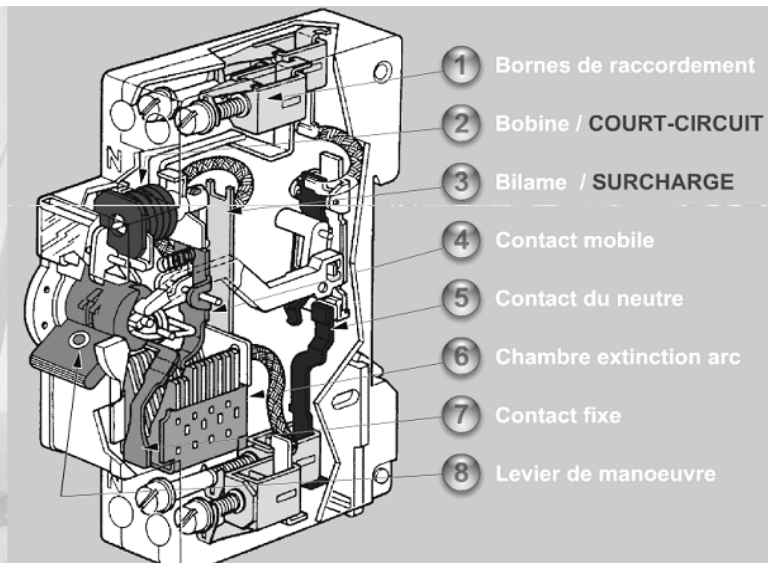
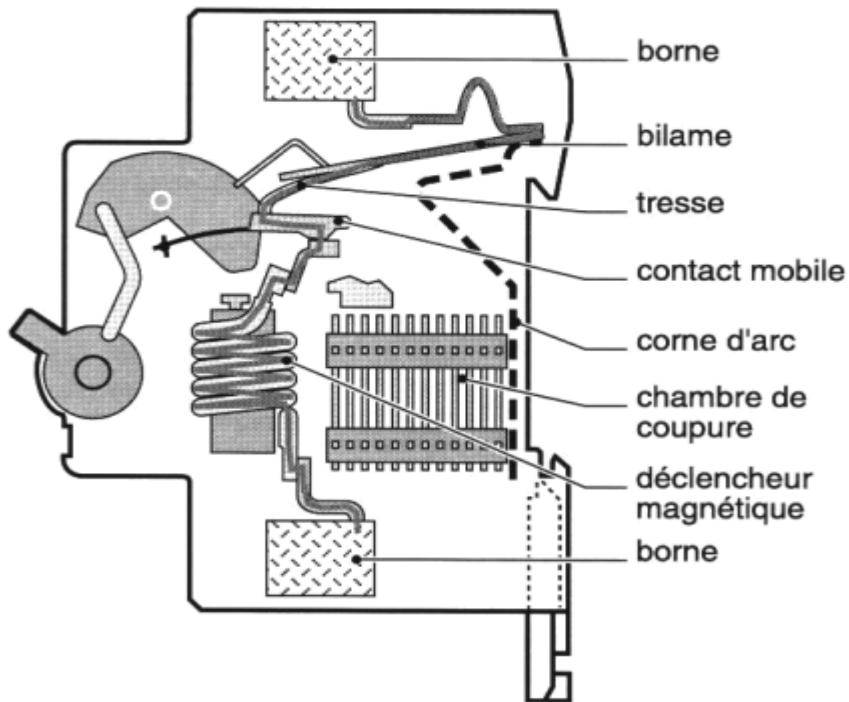
- **Courbe de fonctionnement** : c'est la superposition des courbes de déclenchement des déclencheurs thermiques (bilame) et des courbes de déclenchement des déclencheurs électromagnétiques (électro-aimant). Elle représente le temps de déclenchement du disjoncteur magnétothermique en fonction des multiples de l'intensité de réglage I_r .



Les courbes de déclenchement normalisées types : B, C, D et MA suivant les normes de fabrication (CEI 947-2 et EN 60 898), sont données comme suit :



▪ **Constitution:**

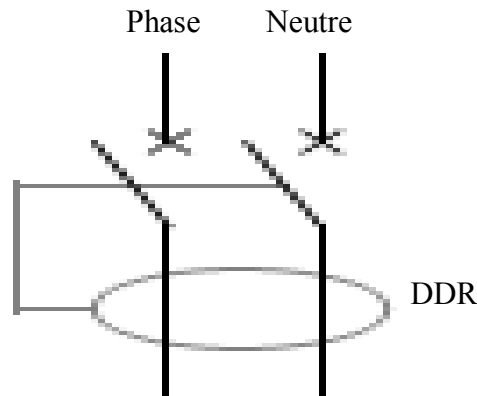


- 1 : Enclenchement manuel par poussoir, bouton rotatif ou levier basculant
 2 : Déclenchement manuel
 3 : Position de déclenchement automatique « Trip » du bouton rotatif ou du levier
 4 : Réglage du déclencheur thermique (bilame) par bouton gradué

d. Disjoncteur différentiel :

C'est l'association de l'interrupteur différentiel et le disjoncteur magnétothermique. Le dispositif de détection de défaut différentiel résiduel (DDR), est essentiellement caractérisé par sa sensibilité $I_{\Delta n}$, qui dépend du lieu d'utilisation « industriel, domestique, etc. on distingue les classes suivants :

- ✓ Les DDR à haute sensibilité : $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$.
- ✓ Les DDR à moyenne sensibilité : $I_{\Delta n}$ varie de ; 100 mA, 300 mA, 500 mA à 1A.
- ✓ Les DDR à basse sensibilité : $I_{\Delta n}$ varie de ; 3mA, 5mA, 10mA à 20mA.

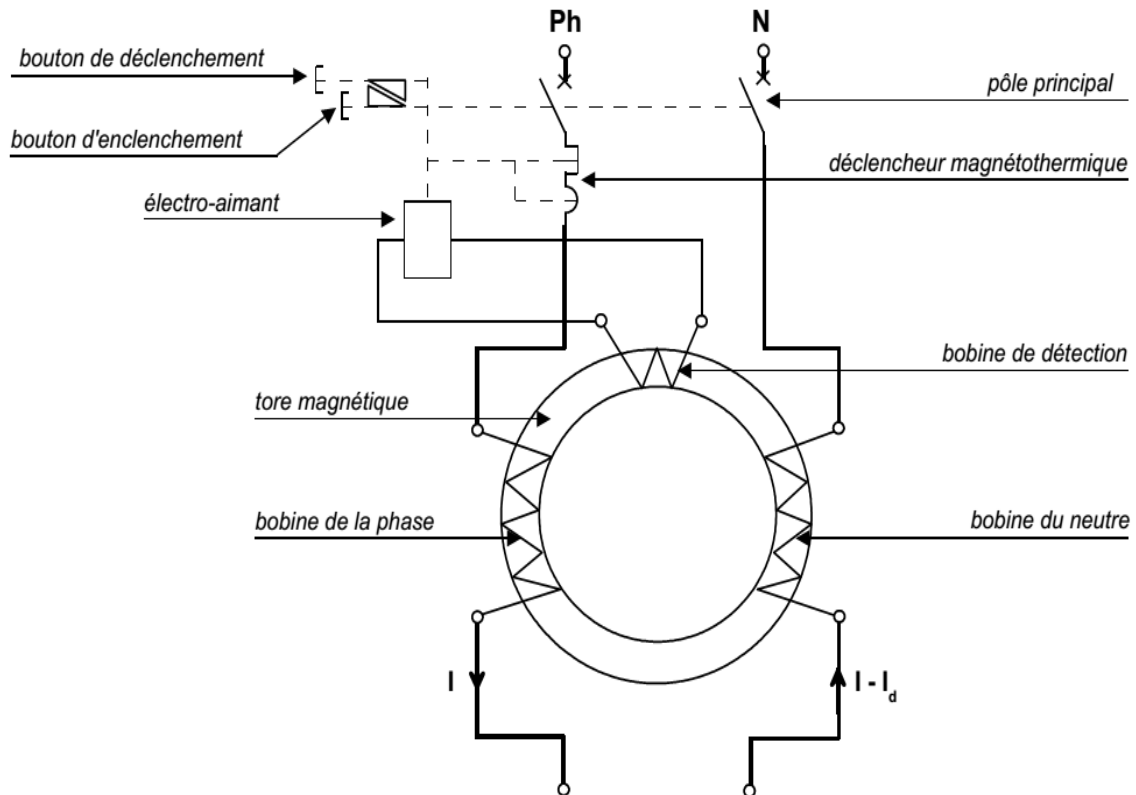
▪ Symbole :**▪ Fonction :**

Protection des personnes en régime TT contre les contacts indirects (risques d'électrisation), il remplit également toutes les fonctions du disjoncteur magnétothermique.

▪ Principe de fonctionnement :

Le dispositif différentiel est composé de trois bobines placées sur un circuit magnétique appelé tore :

- ✓ La bobine de phase correspondant au courant entrant I_e .
- ✓ La bobine de neutre correspondant au courant sortant I_s .
- ✓ La bobine de détection ou de déclenchement correspondant au courant de fuite I_f .

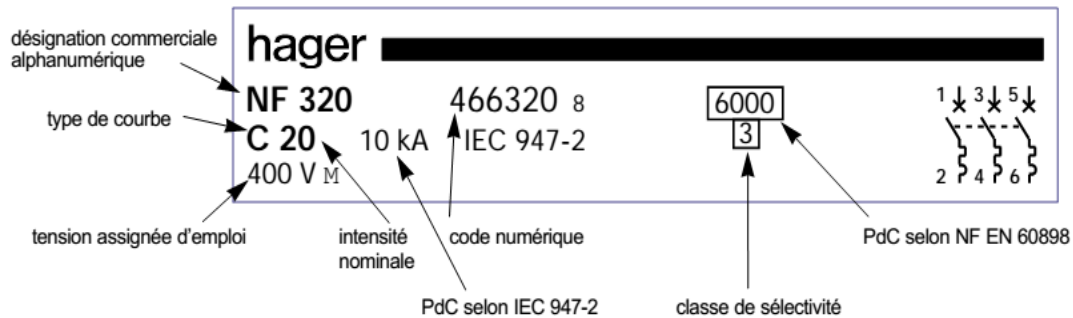


Lors d'un fonctionnement normal, le courant circulant dans la phase est égal au courant circulant dans le neutre. Les bobines de phase et de neutre étant montées en sens contraire, le flux engendré par les deux bobines est nul dans le tore et la bobine de déclenchement ne détecte aucun flux. Donc en fonctionnement normal, on doit avoir :

- En monophasé : $I_{ph1} + I_n = 0$
- En triphasé sans neutre : $I_{ph1} + I_{ph2} + I_{ph3} = 0$
- En triphasé avec neutre : $I_{ph1} + I_{ph2} + I_{ph3} + I_n = 0$

Lors d'un défaut de fuite à la terre (cas d'une personne en contact indirect avec une carcasse métallique sous tension), une partie du courant de phase est dévié par la terre. La totalité du courant de phase ne circule plus dans la bobine de neutre, donc les deux courants ($I_{ph} + I_n \neq 0$) ne sont plus égaux. Il se crée alors un déséquilibre au niveau du tore, ce qui permet d'alimenter l'électro-aimant par le flux détecté par la bobine de déclenchement. Cette dernière donne alors l'ordre d'ouvrir le circuit de déclenchement et par conséquent l'ouverture des pôles de puissance.

▪ **Exemple des données techniques d'un disjoncteur :**



▪ **Classification et choix des disjoncteurs :**

Il existe trois types des disjoncteurs :

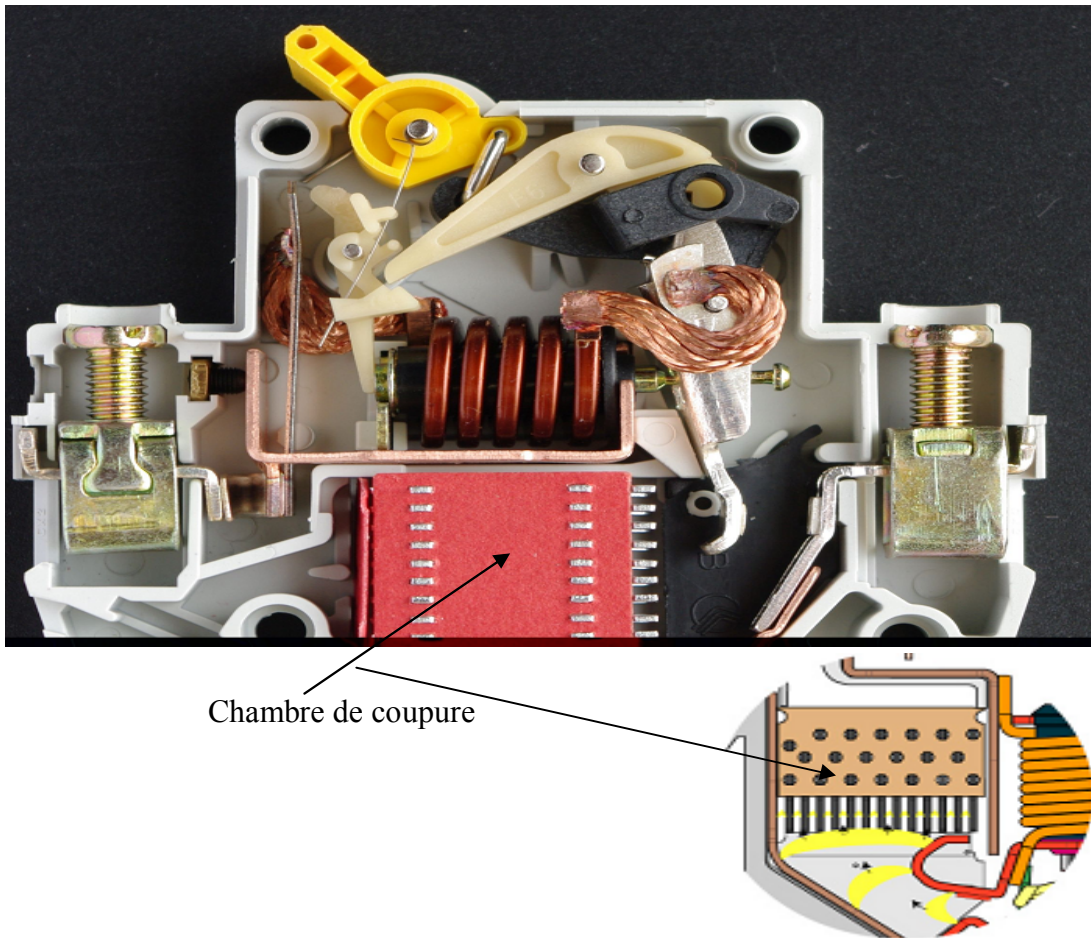
- les disjoncteurs divisionnaires ; calibres (10-15-20-25-32A).
- les disjoncteurs de distributions basses tensions :
 - disjoncteurs sous boîtier moulé ; calibres (de 20A à 1250A).
 - disjoncteurs sur châssis métallique ; calibres (de 800A à 6300A).
- les disjoncteurs moyennes (MT) et hautes tension (HT).

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

- De la norme de l'installation (domestique, industrielle, etc.).
- Des normes produites.
- Des caractéristiques du réseau (tension, fréquence).
- De l'environnement (type de local, température, section et nature des câbles en aval).
- Des impératifs d'exploitation (sélectivité, auxiliaires de commande, etc.).

▪ **Technique d'extinction d'arc dans la chambre de coupure :**

Le rôle de la chambre de coupure est d'attirer et d'éteindre l'arc lors d'un court – circuit qui se produit entre les contacts pendant la coupure. Dès la séparation des contacts, l'arc est déplacé vers la chambre de coupure sous l'effet de la force dite de Laplace, induite par la géométrie des contacts fixe et mobile.



Chambre de coupure

Au cours du trajet entre les contacts et la chambre, l'arc est canalisé entre deux joues qui permettent :

- ✓ D'élérer sa vitesse de déplacement.
- ✓ De guider sa trajectoire.
- ✓ De l'allonger.

De par leur constitution et du fait de l'augmentation de température, les joues latérales libèrent un gaz qui contribue à la déionisation de l'air. Puis, pénétrant dans les languettes d'acier cuivré, l'arc est divisé en plusieurs arcs élémentaires. La déionisation de l'air à l'intérieur de la chambre est également obtenue par refroidissement et évacuation de l'air ionisé hors du produit.

Pour cela, les constructeurs utilisent la masse des languettes et l'échappement vers l'extérieur, sur le haut du produit. Plusieurs techniques (moyennes) utilisées pour étouffer l'arc dans les disjoncteurs, on cite : le gaz SF₆, air comprimé, huile, etc.