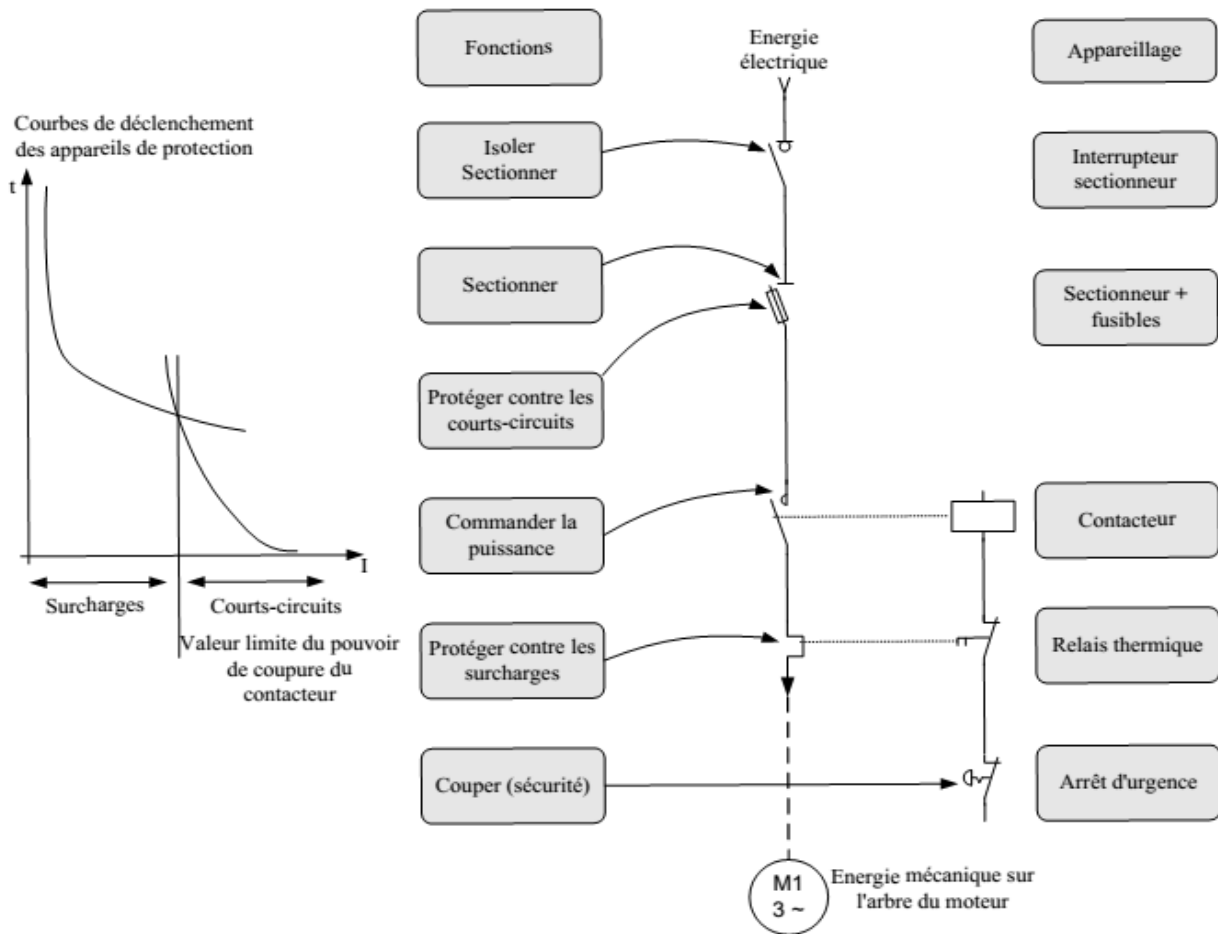


I. Introduction :

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



I.1. Fonction sectionnement

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

I.2. Fonction commande

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

- La commande fonctionnelle (service normal) assure la mise en « ON » ou « OFF » d'un système électrique.
- La commande de sécurité (arrêt d'urgence) assure la mise en « OFF » d'un système électrique lors d'un danger pour les biens ou les personnes.

I.3. Fonction protection

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

L'appareil de protection doit laisser en permanence le courant nominal (I_n), ainsi que les surintensités normales. Elle doit réaliser la coupure de sécurité et participer à la protection des personnes contre les contacts indirects. On distingue 3 types de surintensités ($I_s = \lambda \cdot I_n$):

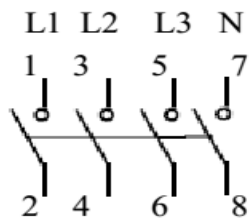
- La surcharge faible ($1 < \lambda < 2$), on utilise des dispositifs thermiques pour leurs protections.
- La surcharge forte ($2 < \lambda < 10$), on utilise des dispositifs magnétiques pour leurs protections.
- Les courts-circuits ($\lambda > 10$), on utilise des fusibles et dispositifs magnétiques pour leurs protections.

I.4. Les interrupteurs:

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



b. Symbole:

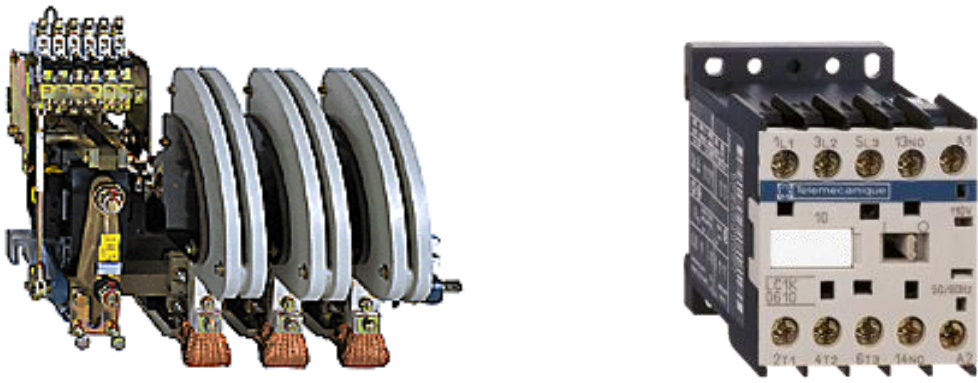


Interrupteur tétrapolaire

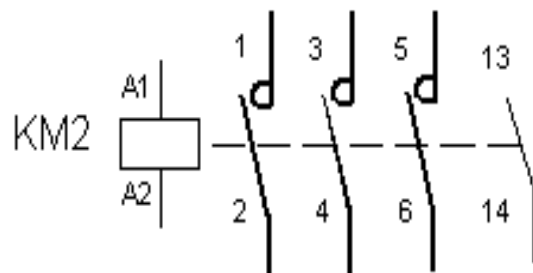
I.5. Les contacteurs :

1.5.1. Rôle Appareil électromagnétique de connexion ayant une seule position de repos, commandé électriquement et capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans des conditions normales du 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.





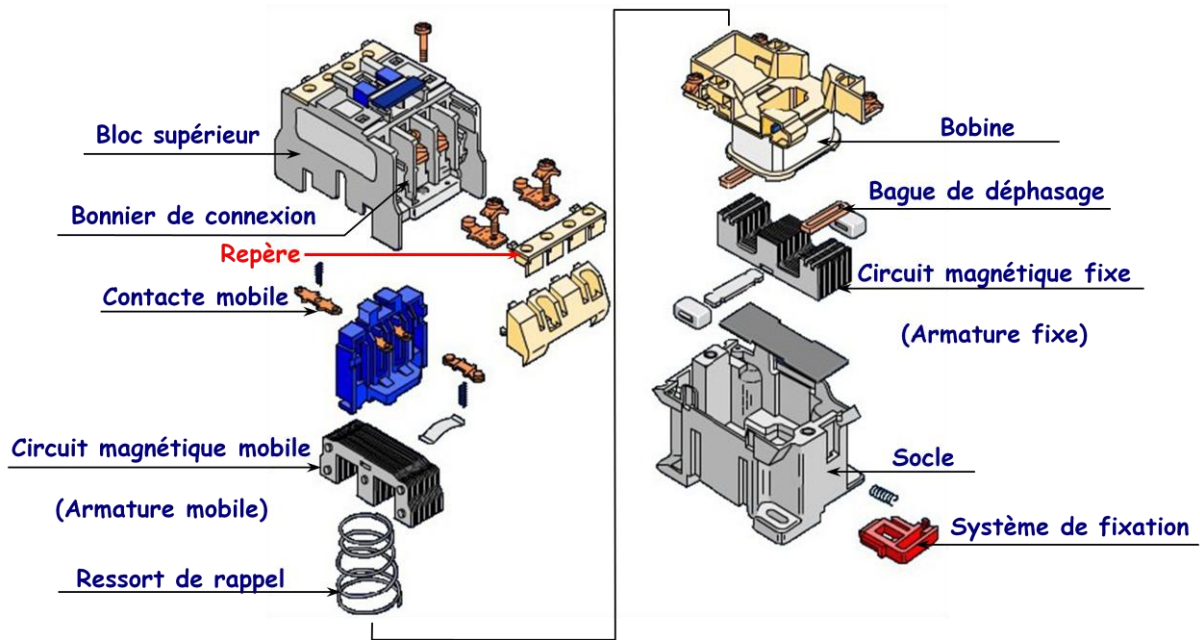
1.5.2. Symbole



1.5.3 Construction générale

Ils peuvent être unipolaires, bipolaires, tripolaires ou encore tétrapolaires, en d’autres termes ils possèdent un, deux, trois ou quatre contacts de puissance. Sur les contacteurs de puissance élevée les bobines sont souvent interchangeables, permettant de commander le contacteur avec différentes tensions (24V, 48V, 110V, 230V, 400V).

Contacteur tripolaire + 1 contact auxiliaire NO	Contacteur tripolaire + 1 contact auxiliaire NC	Contacteur tétra polaire

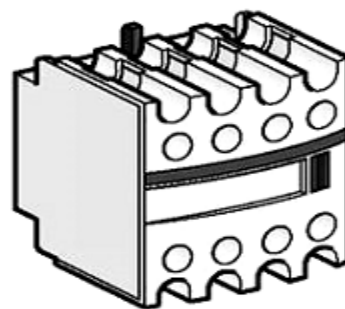
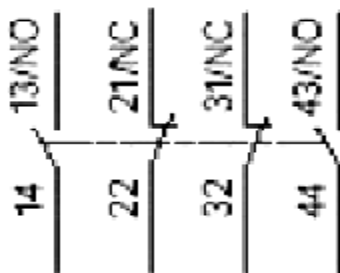


Constitution détaillée d'un contacteur

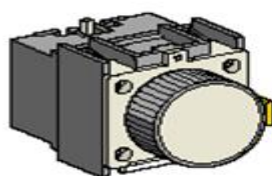
1.5.4. Accessoires

Ils sont utilisés dans les circuits de commande et prévus pour des courants de 5 à 10 A. Ils peuvent être montés en nombre variable sur les contacteurs.

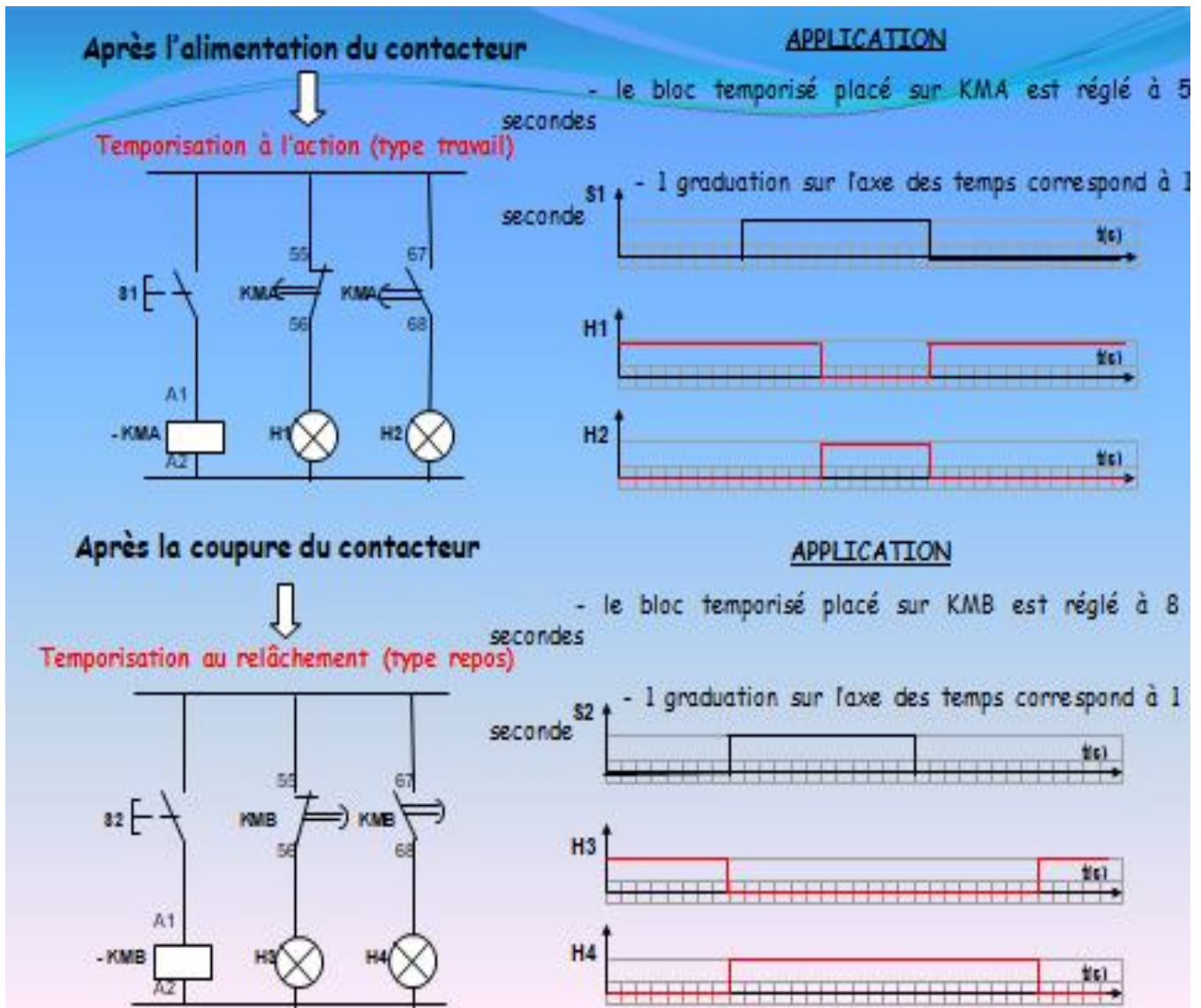
- **Contacts auxiliaires instantanés** Les contacts auxiliaires sont destinés à assurer l'auto alimentation, les verrouillages des contacts...etc. Il existe deux types de contacts, les contacts à fermeture et les contacts à ouverture.



- **Contacts temporisés** Le contact temporisé permet d'établir ou d'ouvrir un contact après certains temps pré réglé de façon à permettre à notre équipement de fonctionner convenablement.



	Contact à fermeture (F)	Contact à ouverture (O)
Relais temporisé au travail		
Relais temporisé au repos		



1.5.5 Critères de 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.

- **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 (P_{dc})** : 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 manoeuvres 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 manoeuvre.
- **Puissance** :C'est la puissance du moteur normalisé pour lequel le contacteur est prévu à la tension assignée d'emploi.
- **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.

1.5.6 Caractéristiques

a. Référence

puissances normalisées des moteurs triphasés 50/60 Hz en catégorie AC-3			courant assigné d'emploi jusqu'à 440 V A	raccordement	contacts auxiliaires instantanés en AC-3 	référence de base à compléter par le repère de la tension (2) (3)
220 V	380 V	440/500 V				
230 V	415 V	660/690 V	6	vis étriers	1	LC1-K0610..
kW	kW	kW			1	LC1-K0601..
1,5	2,2	3			1	LC1-K06107..
					1	LC1-K06117..
			9	vis étriers	1	LC1-K06105..
					1	LC1-K06015..
2,2	4	4			1	LC1-K0910..
					1	LC1-K0901..
			12	vis étriers	1	LC1-K09107..
					1	LC1-K09017..
3	5,5	4 (> 440 V)			1	LC1-K09105..
		5,5 (440 V)			1	LC1-K09015..
			12	cosses Faston 1 clip de 6,35 ou 2 x 2,8	1	LC1-K1210..
					1	LC1-K1201..
					1	LC1-K12107..
					1	LC1-K12017..
			12	picots pour circuit imprimé	1	LC1-K12105..
					1	LC1-K12015..

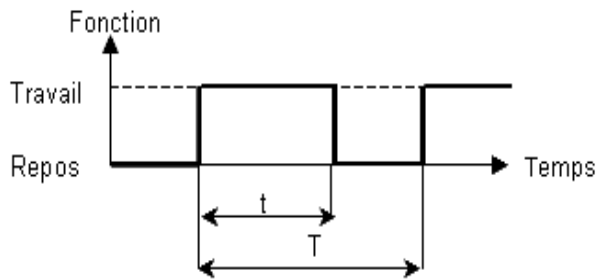
Tensions du circuit de commande (2)

Mini-contacteur LC1-K (0,8...1,15 U_c) (0,85...1,1 U_c)													
volts ~	12	20	24(4)	48	110	115	120	127	220/ 230	230	230/ 240	380/ 400	400
50/60 Hz													
repère	J7	Z7	B7	E7	F7	FE7	G7	FC7	M7	P7	U7	Q7	V7
volts ~	400/	440	500	660/									
50/60 Hz	415			690									
repère	N7	R7	S7	Y7									

Jusqu'à 240 V inclus, bobine avec antiparasitage intégré, ajouter 2 au repère choisi. Exemple : J72.

b. Facteur de marche (m)

C'est le rapport entre la durée de passage du courant (t) pendant la durée d'un cycle de manœuvre (T).



$$m = \frac{t}{T}$$

c. Fréquence de manœuvre

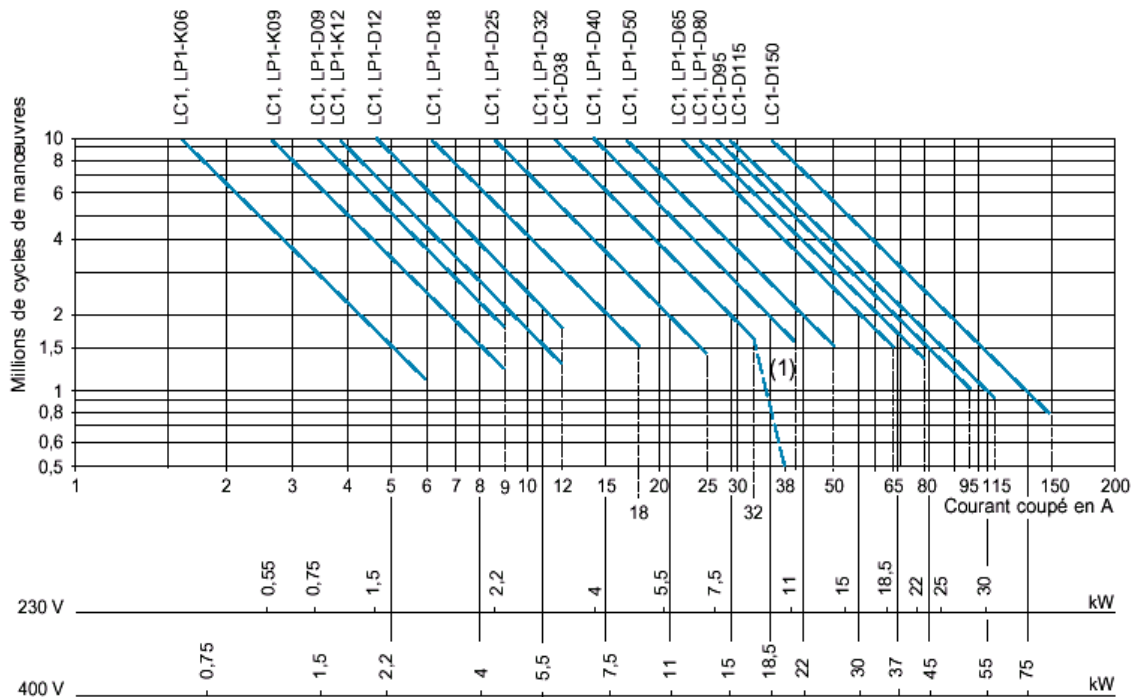
C'est le nombre de cycles de manœuvres effectué par le contacteur en 1 heure.

Fréquences maximales de cycles de manœuvres/heure (1)

facteur de marche	puissance d'emploi	LC1- LP1- K06	LC1- LP1- K09	LC1- LP1- K12	LC1- LP1- D09	LC1- LP1- D12	LC1- LP1- D18	LC1- LP1- D25	LC1- LP1- D32
		≤ 85%	P	600	600	600	1200	1200	1200
	0,5 P	1200	1200	1200	3000	3000	2500	2500	2500
≤ 25 %	P	900	900	900	1800	1800	1800	1800	1200

d. Durée de vie

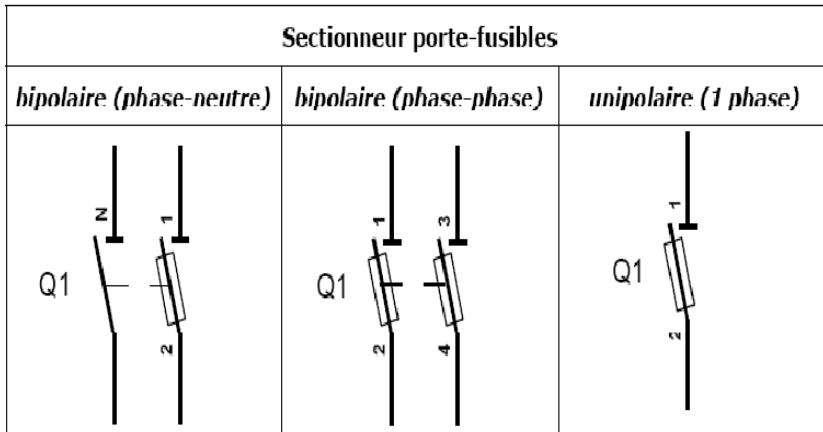
La durée de vie électrique est le nombre de cycles de manœuvres en charge que les pôles du contacteur sont susceptibles d'effectuer.



I.6. Les appareils de sectionnement :

I.6.1. Sectionneur :

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



Sectionneur

a. Principe de fonctionnement : Mettre hors tension une installation électrique ou une partie de cette installation en toute sécurité électrique. (Pas de pouvoir de coupure, quand le sectionneur est manœuvré, le courant doit être nul. Cela permet, par exemple, de condamner un circuit électrique (avec cadenas le cas échéant) afin de travailler en toute sécurité.

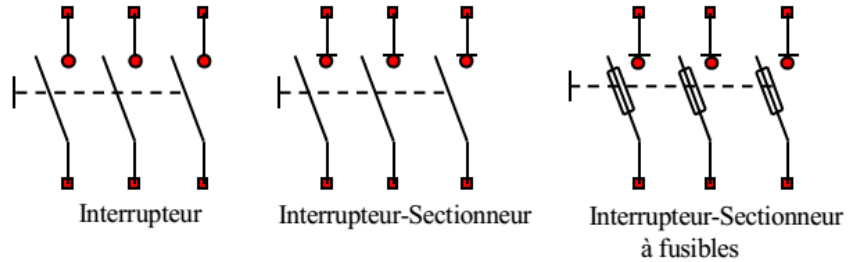
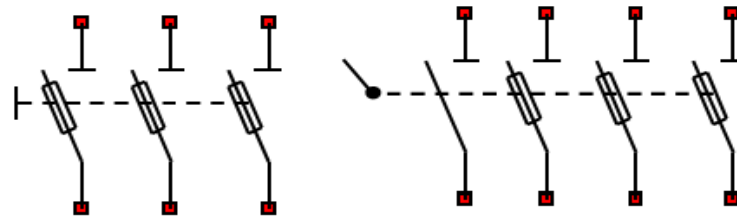
b. Caractéristiques principales :

- Intensité maximum supportée par les pôles de puissance.
- Tension maximum d'isolement entre les pôles de puissance
- Nombre de pôles de puissance (tripolaire ou tétra-polaire).
- 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.

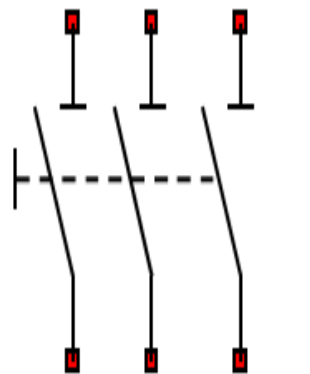
c. Symbole : Plusieurs types de configurations peuvent être utilisées en fonction du besoin du système. Voici quelques exemples :

:

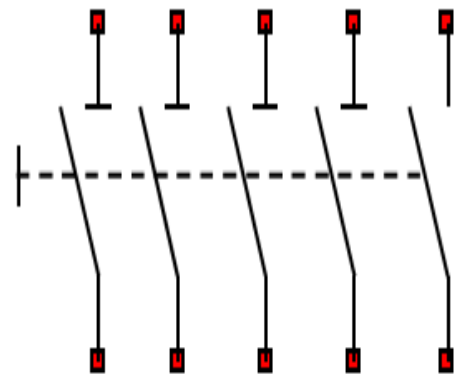




d. Choix d'un sectionnaire :



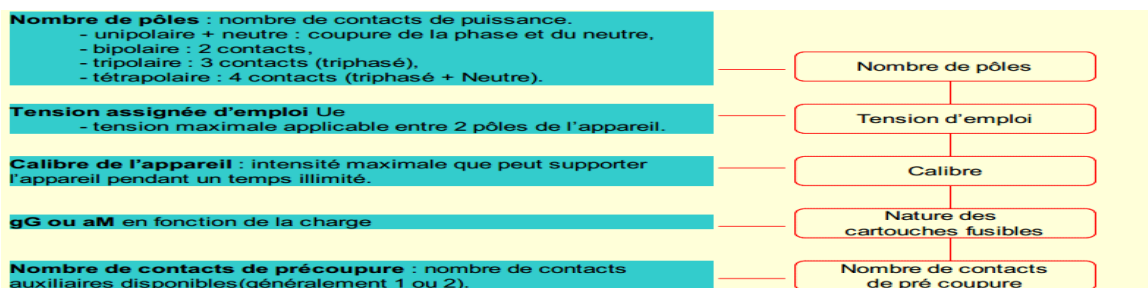
Sectionneur triphasé à commande manuelle



Sectionneur à levier 3Ph+N avec contact auxiliaire

I.6.2. Interrupteur sectionneur

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



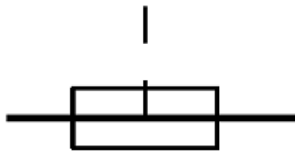
Interrupteurs-sectionneurs triphasés

a) Choix d'interrupteur sectionneur:

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

I.7. Les appareils de protection:

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



Fusible avec percuteur



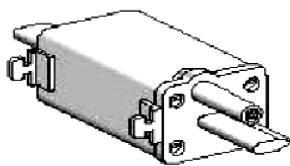
Fusible sans percuteur

Déclenchement d'un appareil de protection

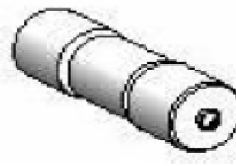
I.7.1. Fusible :

Le fusible est un élément de faiblesse dans un circuit électrique. S'il y a surintensité c'est là que le circuit doit se couper. Actuellement les fusibles sont en cartouche.

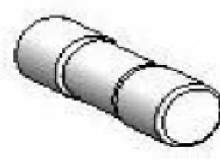
a. Rôle La fonction du fusible est d'assurer la protection des circuits électriques contre les courts-circuits et les surcharges par la fusion d'un élément calibré lorsque le courant qui le traverse dépasse la valeur de son calibre. La fusion est créée par un point faible dans le circuit grâce à un conducteur dont la nature, la section et le point de fusion sont prédéterminés par le conducteur. En général, le fusible est associé à un porte fusible permet d'avoir la fonction sectionneur.



Fusible à couteau

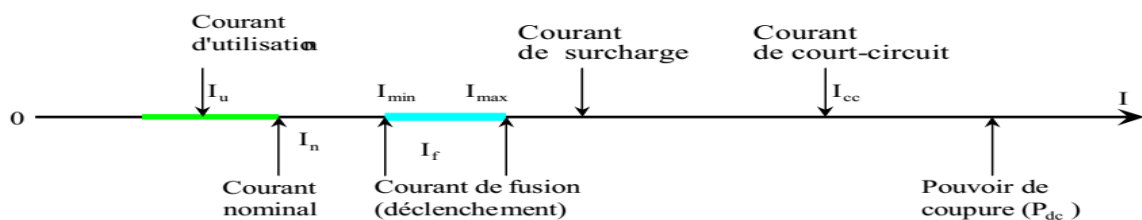


Fusible avec percuteur

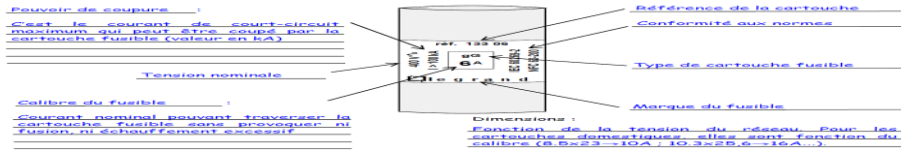


Fusible sans percuteur

b. Symbole:

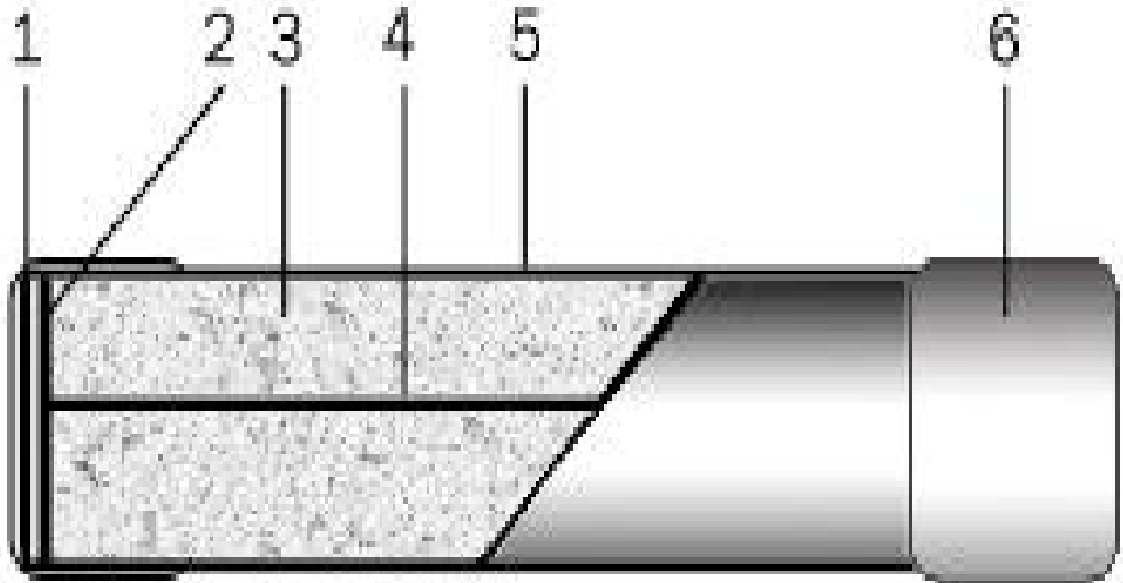


c. Constitution:



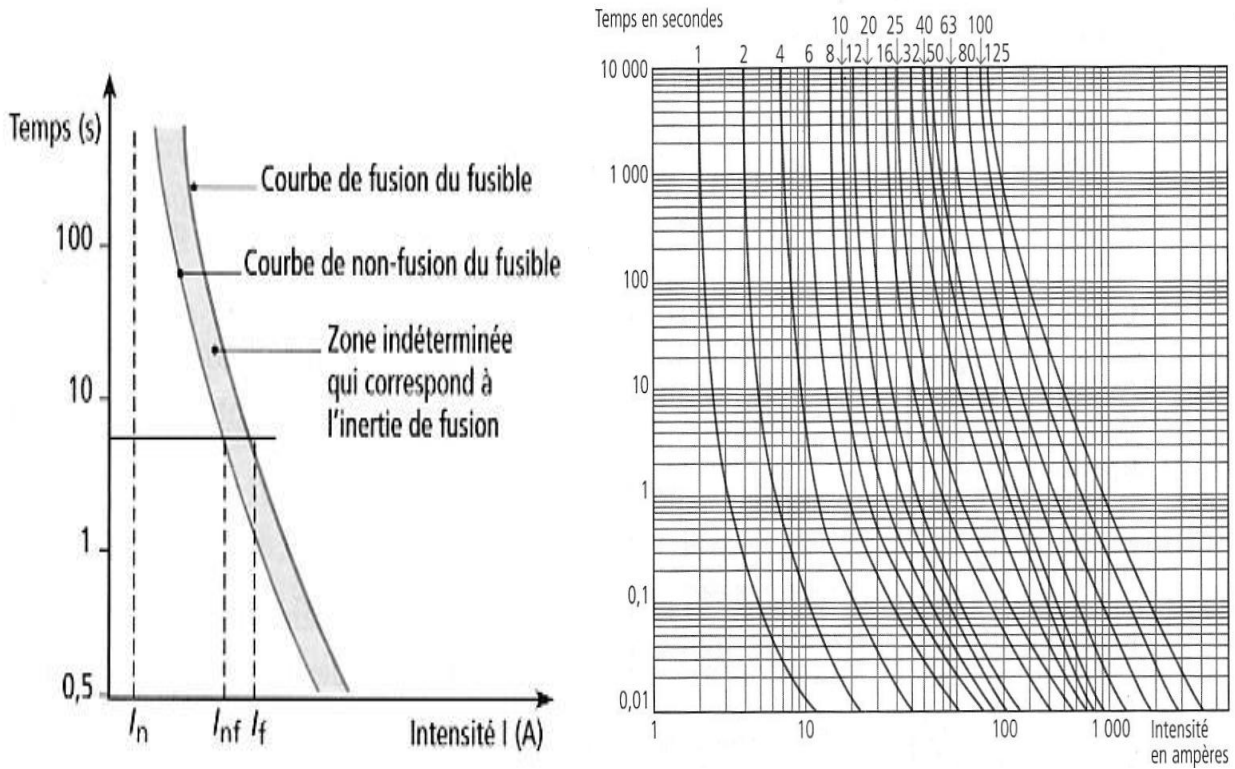
1 : Plaque de soudure ; 2 : Disque de centrage de la lame fusible ; 3 : Silice (permet une coupure franche) ; 4 : Lame fusible ; 5 : Tube isolant ; 6 : Embout de contact.

d. Caractéristiques principales:



- **Courant nominal ou calibre d'une cartouche fusible I_n :** C'est le calibre du fusible. Il peut donc traverser le fusible en permanence sans provoquer la fusion ni d'échauffement anormal.
- **Tension nominale d'une cartouche fusible U_n :** C'est la tension maximale pour laquelle le fusible peut être utilisé (250, 400, 500 ou 600V). Il existe des fusibles pour la haute tension.
- **Courant de fusion I_f :** C'est la valeur spécifiée du courant qui provoque la fusion de la cartouche avant la fin du temps conventionnel.
- **Courant de non fusion I_{nf} :** C'est la valeur du courant qui peut être supporté par le fusible pendant un temps conventionnel sans fondre.
- **Pouvoir de coupure, PdC :** C'est le courant maximal qu'un fusible peut couper sans que la tension de rétablissement ne provoque un réamorçage de l'arc. Les fusibles possèdent de très hauts pouvoirs de coupure (de 80 à 170 kA).

- **Courant minimum de coupure** : C'est le courant de défaut minimum qu'un fusible est capable d'interrompre de manière sûre.
- **Durée de coupure** : C'est le temps qui s'écoule entre le moment où commence à circuler un courant suffisant pour provoquer la fusion et la fin de la fusion.



Courbe de fonctionnement d'un fusible :

C'est la courbe temps-courant qui définit la caractéristique de la cartouche pour un calibre et un type donné.

e. Les différents types et formes de fusible :

Il existe principalement quatre types de fusibles :

- **Les fusibles gG** Les fusibles **gG** sont des fusibles dit « 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. L'image montre un fusible à couteaux.



- **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 fusibles UR :** Les fusibles ultra-rapides (**UR**) assurent la protection des semi-conducteurs de puissance et des circuits sous tension continue.



Remarque : Les fusibles aM n'étant pas prévus pour une protection contre les faibles surcharges, les courants conventionnels de fusion ou de non fusion ne sont pas fixés. Ils fonctionnent à partir de 4 In environ.

f. Avantages :

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

g. 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.

1.7.2 Le relais thermique:

L'augmentation excessive de l'intensité consommée par un moteur se traduit par un échauffement des enroulements pouvant entraîner la destruction du moteur.

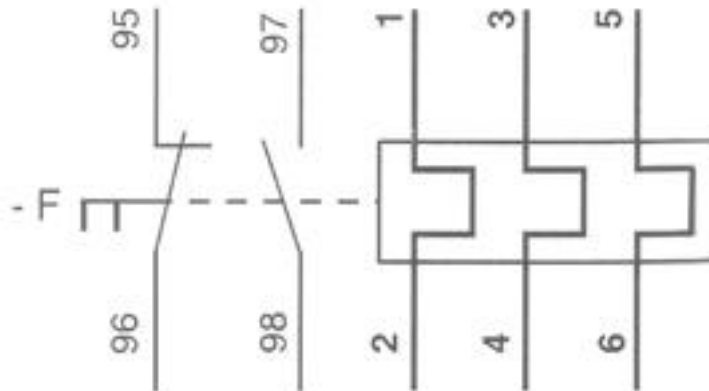
Les causes des surintensités sont nombreuses :

- Baisse de la tension du réseau.
- Surcharge mécanique (roulements usés, couple trop important).
- Fonctionnement sur deux phases.

a. Présentation

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.



b. Symbole

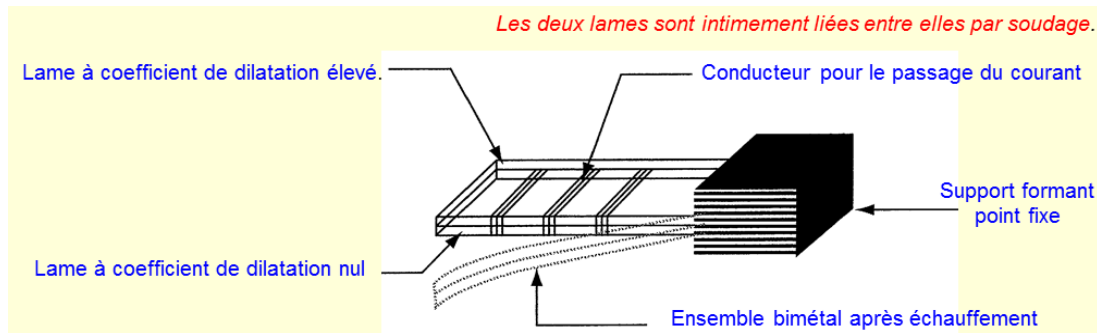
Le relais thermique n'a pas de pouvoir de coupure, il est toujours associé à un contacteur. Le relais thermique coupera par le biais d'un contact auxiliaire l'alimentation du contacteur dans la partie commande.



c. Fonctionnement :

Le relais thermique utilise un bilame formé de deux lames minces de métaux ayant des coefficients de dilatation différents.

Le bilame s'incurve lorsque sa température augmente. Pour ce bilame, on utilise un alliage de ferronickel et de l'invar.



d. Choix d'un relais thermique:

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

- Le courant nominal du moteur (à lire sur la plaque signalétique)
- La plage de réglage du relais thermique
- La classe de déclenchement en fonction du temps de démarra

Le relais thermique se choisit en fonction de la classe désirée et/ou du courant nominal du récepteur à protéger. La classe est définie en fonction de la durée de déclenchement pour un courant de 7,2 fois le courant de réglage.

- **Classe 10A** : Temps de déclenchement compris entre 2 et 10 s.
- **Classe 20 A** : Temps de déclenchement compris entre 6 et 10 s.

Remarque :

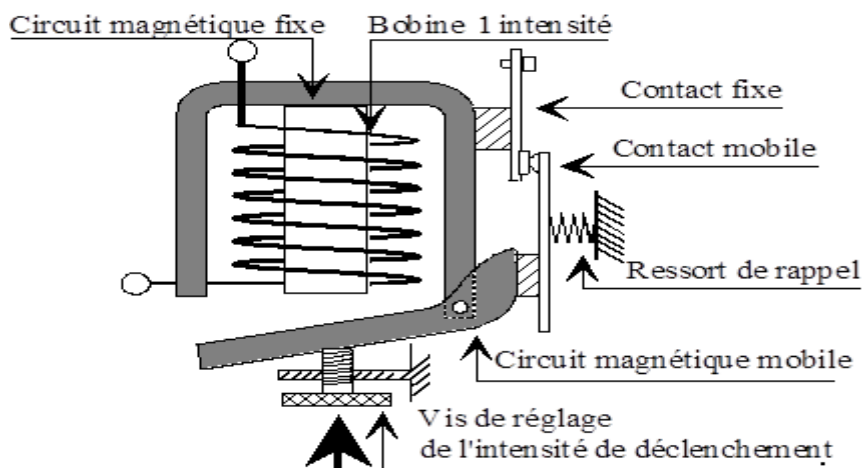
- Lorsqu'un contacteur est muni d'un relais thermique, l'ensemble constitue un **discontacteur**;
- Le relais thermique ne protège pas contre les courts-circuits ;
- Le relais thermique ne protège pas le moteur en cas de court-circuit, il ne le protège que contre les surcharges. Il faut donc prévoir un autre équipement, comme un sectionneur porte fusible équipé de fusibles de type **aM**, qui eux ne protègent pas le moteur contre une surcharge mais contre un court circuit ;
- On peut également utiliser un «disjoncteur moteur» de type magnétothermique, qui lui assure les deux fonctions : magnétique (court-circuit) et thermique (surcharge)

I.7.3 Relais magnétique (électromagnétique)

a. Rôle : 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

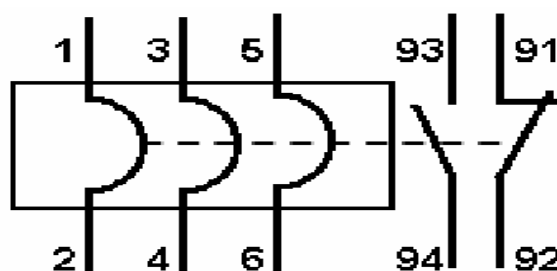
b. Principe de fonctionnement :

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



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.

c. Symbole:



I.7.4. Le Disjoncteur Magnéto-thermique :

a. Rôle :

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. C'est un organe électromécanique, de protection, dont la fonction est d'interrompre le courant électrique en cas d'incident sur un circuit électrique. Il est capable d'interrompre un courant de surcharge ou un courant de court-circuit dans une installation. Suivant sa conception, il peut surveiller un ou plusieurs paramètres d'une ligne électrique. Sa principale caractéristique par rapport au fusible est qu'il est réarmable.



b. Principe Le disjoncteur assure la protection des canalisations selon 2 principes:

- Thermique
- Magnétique

✚ Principe thermique :

Une lame bimétallique (bilame) est parcourue par le courant. Le bilame est calibré de telle manière qu'avec un courant nominal I_n , elle ne subisse aucune déformation. Par contre si des surcharges sont provoquées par les récepteurs, en fonction du temps, la lame va se déformer et entraîner l'ouverture du contact en 0,1sec au minimum.

✚ Principe magnétique :

En service normal, le courant nominal circulant dans la bobine, n'a pas assez d'influence magnétique (induction magnétique) pour pouvoir attirer l'armature mobile fixée sur le contact mobile. Le circuit est fermé. Si un défaut apparaît dans le circuit aval du disjoncteur de canalisation, l'impédance du circuit diminue et le courant augmente jusqu'à atteindre la valeur du courant de

court-circuit. Dès cet instant, le courant de court-circuit provoque une violente aimantation de l'armature mobile. Cela a comme conséquence d'ouvrir le circuit aval du disjoncteur en 0,1sec au maximum.

c. Symbolisation:



d. Différentes types de disjoncteurs:

❖ Disjoncteur divisionnaire.

La tendance est au remplacement des fusibles sur les tableaux de distribution d'abonnés par des disjoncteurs magnéto-thermiques



❖ Disjoncteur de distribution B.T.

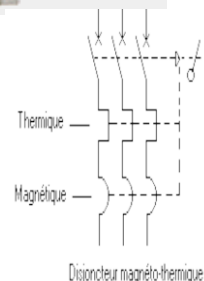
Pour la commande et la protection des circuits de moteurs et de distribution, il existe deux types de construction de disjoncteurs.

- Les disjoncteurs sous boîtier moulé de 32 à 1 250 A équipés de relais thermiques.



- Les disjoncteurs sur châssis métallique de 800A à 6300A.

Ils sont le plus souvent à commande motorisée et munis de relais de protection électroniques.



❖ Disjoncteur moyenne et haute tension.

Destinés à la protection des réseaux de distribution, et des postes de transformation, ces disjoncteurs utilisent la coupure dans l'hexafluorure de soufre (SF6) pour l'isolement et la coupure.

Rq : Pour les disjoncteurs H.T.A. et H.T.B (jusqu'à 400KV) un pôle de disjoncteur est constitué de une ou plusieurs chambres de coupures.

❖ Disjoncteur moyenne tension MT :

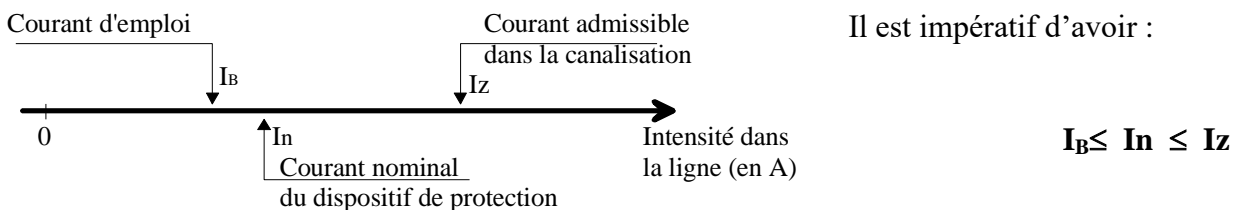
Ils sont destinés à la protection des réseaux de distribution, et des postes de transformation, ils vont de 3 à 36 kV, ils sont réalisés soit avec coupure dans l'air, soit ils utilisent le gaz hexafluorure de soufre (SF6) pour l'isolement et la coupure.

❖ Disjoncteur haute tension HT :

Après la construction des disjoncteurs à gros puits à faible volume d'huile, et le disjoncteur à air comprimé, la nouvelle génération des disjoncteurs HT utilisent SF6. Selon la tension un pôle de disjoncteur est constitué d'une ou plusieurs chambres de coupure.

f. Critères de choix.

- **LE TYPE (B, C ou D)** : le choix se fait en fonction du type d'installation (domestique, distribution, moteur ...).
- **LE CALIBRE (En ampères)** : L'intensité du calibre I_n (en A) doit comprise entre I_b et I_z .



I_B : Courant d'emploi : Il s'agit du courant nominal ou maximal de la charge.

I_n : Courant nominal du dispositif de protection : Il s'agit du calibre en Ampères de la cartouche fusible.

I_z : Courant admissible dans la canalisation : Il s'agit de l'intensité maximale autorisée dans la ligne. Elle est fonction de différents paramètres tels que mode de pose de la ligne, température, etc.

- **LE NOMBRE DE POLES (4P, 3P,..)** : IL est fonction du réseau et de la charge.
- **LE MODELE (modulaire, compact,..)** : Le modèle est principalement imposé par I_n .
- **LA TENSION NOMINALE (En volts)** : Elle doit être supérieure ou égale à la tension du réseau.
- **LE POUVOIR DE COUPURE (en kA):** IL doit être supérieur au courant de court-circuit que l'on peut atteindre sur la ligne.