

Chapitre II

L'APPAREILLAGE ELECTRIQUE

II-1 Classification et fonctions de l'appareillage électrique

D'une manière générale, l'appareillage est donc destiné à assurer la continuité ou la discontinuité des circuits électriques. De sorte qu'on pourrait dire qu'il est constitué essentiellement de l'appareillage d'interruption. En fait, il faut voir d'un peu plus près ce qui entre dans ce terme générique et étudier la classification.

Vu l'utilisation de cet appareillage dans une installation électrique on distingue :

- Une classification vis à vis de la tension d'utilisation. et de la nature du signal
- Une classification vis à vis de la fonction que réalise l'appareillage dans l'installation électrique.

II-1-1 Classification : La tension d'utilisation

Un premier mode de classification est fondé sur la tension : on distingue couramment :

a- l'appareillage pour la basse tension :

- i. Très Basse Tension : $TBT \leq 50 \text{ V}$ en courant alternatif,
- ii. Basse Tension A : $BTA \leq 500 \text{ V}$ en courant alternatif,
- iii. Basse Tension B : $BTB \leq 1000 \text{ V}$ en courant alternatif,

b- l'appareillage pour la haute tension :

- i. Haute Tension A : $HTA \leq 50000 \text{ V}$ en courant alternatif,
- ii. Haute Tension B : $HTB > 50000 \text{ v}$ en courant alternatif.

c- Classe de l'appareil

Le matériel est classé en fonction de sa conception et de la tension d'alimentation . Un symbole doit permettre de le reconnaître :

CLASSE	SYMBOLE	UTILISATION
0	Pas de symbole	Interdite dans l'industrie
I		Matériel devant être relié obligatoirement à la terre
II		Matériel à double isolation, jamais relié à la terre
III		Lampe baladeuse alimentée en T.B.T.S. non reliée à la terre

II-1-2 Classification : La fonction de l'appareillage

Un second mode de classification est relatif à la fonction. On peut distinguer l'appareillage de manœuvre et l'appareillage de protection. Toutefois, certains appareils peuvent se classer dans les deux catégories. Toute installation électrique et l'appareillage qu'elle contient, doit comporter les cinq fonctions qui sont décrites sur le schéma ci-dessous. On les trouve entre le réseau (poste de transformation HT/BT) et le ou les récepteurs de l'installation. Ainsi la norme NFC 15-100, définit la manière de réaliser les circuits et le rôle que doit assurer l'appareillage pour garantir la protection des personnes et des biens.

Réseau

Sectionnement = Séparer et Condamner
Protection du matériel = Protéger contre les courts-circuits
Protection du matériel = Protéger contre les surcharges
Protection des personnes = Protéger les personnes
La commande = Etablir et interrompre l'énergie

Récepteurs

Ces fonctions spécifiques de base sont demandées à l'appareillage électrique de distribution BT, peuvent se réaliser de différentes manières ainsi

♦ le sectionnement : ◇ à coupure pleinement apparente, ◇ à coupure visible.	♦ la commande : ◇ fonctionnelle, ◇ à coupure d'urgence, ◇ arrêt d'urgence, ◇ coupure pour entretien mécanique,	♦ la protection électrique contre : ◇ les courants de surcharge, ◇ les courants de court-circuit, ◇ les défauts d'isolement.
--	---	---

II.1.2a LE SECTIONNEMENT : (selon NF C 15.100 § 462.1 et décret du 14/11/88 art. 9)

Le sectionneur est un appareil de connexion à commande manuelle et à deux positions stables (ouvert/fermé) qui assure la fonction de sectionnement. Ses caractéristiques sont définies par les normes NF C 63-130 et CEI 947-3.

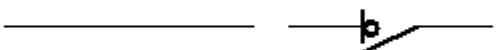
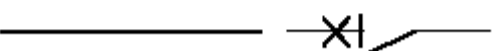
Il ne possède pas de pouvoir d'interruption du courant assigné ou du courant de fermeture sur court-circuit, ni de pouvoir de coupure.

Sa fonction est de séparer et d'isoler un circuit de toute source de courant. La NF C15-100 impose la présence d'un tel dispositif à l'origine de toute installation.

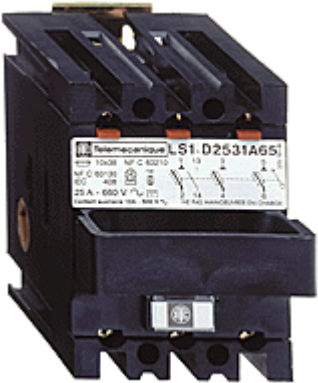
Cette fonction de sectionnement est nécessaire à la sécurité du personnel devant intervenir sur l'installation. Les appareils de sectionnement doivent être à coupure **omnipolaire et simultanée**.

- **Conditions à respecter** : selon NF C 15-100 § 537-2 et CET 947-2,
 - La coupure est **omnipolaire** (*coupure de tous les conducteurs actifs, neutre compris, sauf le PEN*), **verrouillable** ou **cadenassable**,
 - La coupure est **Simultanée** (*coupure de tous les conducteurs en une seule manœuvre*)
- **Vérification de l'ouverture des contacts** :
 - **Visuelle** (La séparation des contacts doit être **visible** de l'opérateur (C 1 3-1 00)),
 - **Mécanique (coupure pleinement apparente)**. L'appareil comporte un **indicateur** de position qui ne peut indiquer la position « hors tension » que lorsque tous les contacts sont effectivement ouverts et séparés d'une distance minimale (2,5 mm en 230 V., et 3,5 mm en 400V.).

Symboles

sectionneur	
interrupteur sectionneur	
disjoncteur sectionneur	

Différents types de sectionneurs

Sectionneur	Sectionneur porte fusible	Interrupteur sectionneur
		

Remarque

Contacts de pré coupure : Les sectionneurs et interrupteurs sectionneurs disposent de contacts de pré coupure. Ces contacts s'ouvrent avant les contacts de puissance.

Exemple de documentation technique d'un sectionneur porte fusible :



LS1-D2531A65

Blocs nus tripolaires

Calibre	Taille des cartouches fusibles	Nombre de contacts de préoccupation (1)	Dispositif contre la marche en monophasé (2)	Référence	Masse kg
25 A	10 x 38	1	Sans	LS1-D2531A65 (3)	0,240
		2	Sans	LS1-D253A65 (3)	0,240
50 A	14 x 51	1	Sans	GK1-EK (4)	0,430
			Avec	GK1-EV (4)	0,470
		2	Sans	GK1-ES (4)	0,470
			Avec	GK1-EW (4)	0,510

Type d'interrupteurs		GS1-F	GS1-G
----------------------	--	-------	-------

Environnement

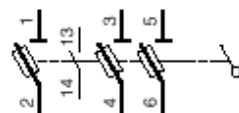
Conformité aux normes	Interrupteurs-sectionneurs Coupe-circuits	IEC 947-3 et 5, NF C 63-130, VDE 064 IEC 269-1 et 2, NFC 63-210 et 63-211 DIN 43620
Certifications des produits		ASEFA/LOVAG, BV, CEBEC, KEMA, I
Traitement de protection		"TH"

Caractéristiques des pôles

Courant thermique à 40 °C (Ith)		A	50	63
Taille des fusibles			14 x 51	T00C
Tension assignée d'isolement (Ui)		V	750	750
Tension assignée de tenue aux chocs (Uimp)		kV	8	8
Puissance assignée d'emploi	En AC-23A/B (2)	~	400 V	33
			500 V	45
			690 V	55
			kW	
Courant assigné d'emploi (Ie)	En AC-23A/B (2)	~	400 V	63
			500 V	63
			690 V	63
			A	

Avec 1 contact de préoccupation

Tripolaire
LS1-D2531A65
DK1-FB23 à KC23

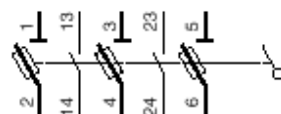


Tétrapolaire
LS1-D2531 + LA8-D254
DK1-FB24 à KC24

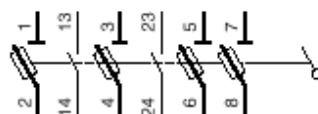


Sectionneurs avec 2 contacts de préoccupation

Tripolaire
LS1-D2531A65
DK1-FB13 à KC13



Tétrapolaire
LS1-D253A65 + LA8-D254



II-1-2b LA COMMANDE – COUPURE DE SECURITE :

Ces deux fonctions permettent à l'exploitant d'intervenir volontairement à des niveaux différents d'une installation électrique, sur des circuits en charge.

- **a La commande fonctionnelle** : (selon NF C 15-100 § 465 et 537-2,) Elle est destinée à assurer en service normal la mise « en et hors » tension des parties d'installation ou des appareils d'utilisation. Un appareil de commande doit être installé au minimum :
 - à l'origine de toute installation,
 - au niveau des récepteurs (un seul appareil peut mettre sous tension plusieurs récepteurs).
- o La manœuvre peut être :
 - soit manuelle (par action de l'opérateur sur la poignée de l'appareil)
 - soit semi-automatique (télécommande électrique par action de l'opérateur à distance).
- **b. La coupure de sécurité (arrêt d'urgence)** : Elle est destinée à mettre hors tension **rapidement** un appareil d'utilisation ou un circuit, en cas de danger (pour le matériel ou les personnes). Les dispositifs d'arrêt d'urgence doivent répondre aux caractéristiques suivantes
 - coupure simultanée de tous les conducteurs actifs,
 - _ organe de manœuvre facilement reconnaissable et accessible (situé au niveau des appareils d'utilisation).
- **c Appareillage de commande**
 - o **INTERRUPTEUR** : C'est un appareil de commande (généralement manuelle, éventuellement électrique à l'ouverture) capable de couper et de fermer un circuit en service normal. Il n'a besoin d'aucune énergie pour rester fermé ou ouvert (2 positions stables). Un interrupteur n'assure pas de fonction de protection (hormis les interrupteurs différentiels).
Les normes NF C 63-130 et CEI 947-3 définissent :
 - la fréquence du cycle de manœuvre (maxi. 600/heure) ;
 - l'endurance mécanique et électrique (généralement inférieure à celle d'un contacteur)
 - un pouvoir de coupure et de fermeture en fonctionnement normal et en fonctionnement occasionnel.

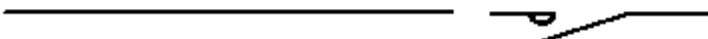
SYMBOLE

› interrupteur, 

- o **CONTACTEUR** : C'est un appareil de commande mono stable (coupure et fermeture à distance d'un circuit en service normal) capable d'assurer un nombre de manœuvres élevé. Il ne possède qu'une position stable : la position "ouvert". Cette aptitude à un fonctionnement intensif est définie par les normes NF C 63-110 et CEI 947-4-1 par :
- la durée de fonctionnement : service 8h, ininterrompu, intermittent temporaire de 3, 10, 30, 60 et 90 minutes
 - la catégorie d'emploi : (définition : voir tableau ci-dessous) par exemple un contacteur de catégorie AC3 assure le démarrage et l'arrêt d'un moteur à cage
 - la fréquence des cycles de manœuvre (1 à 1200 cycles par heure) ;
 - l'endurance mécanique (nombre de manœuvres à vide)
 - l'endurance électrique (nombre de manœuvres en charge)
 - un pouvoir de coupure et un pouvoir de fermeture assignés fonction de la catégorie d'emploi.

catégorie d'emploi des contacteurs	applications caractéristiques
AC1	charges non (ou faiblement) inductives : $\cos \varphi \geq 0,95$ (chauffage, distribution)
AC2	démarrage de moteurs à bagues (machines à tréfiler)
AC3	moteurs à cages dont la coupure s'effectue moteur lancé
AC4	moteurs à cages avec freinage à contre-courant

Symbol

◇ contacteur , 

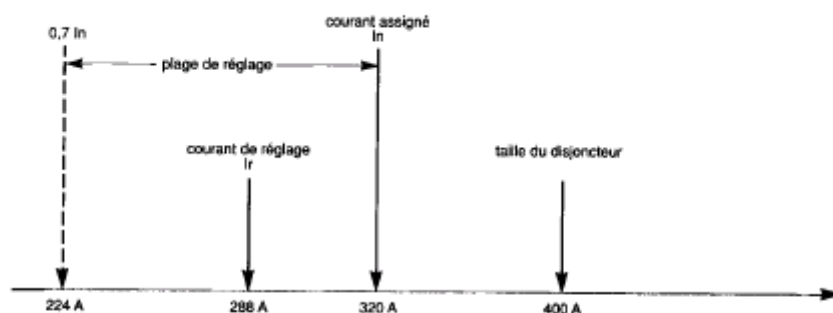
Aspect technologique



o **DISJONCTEUR** : c'est un appareil de protection

▪ **Caractéristiques fondamentales d'un disjoncteur :**

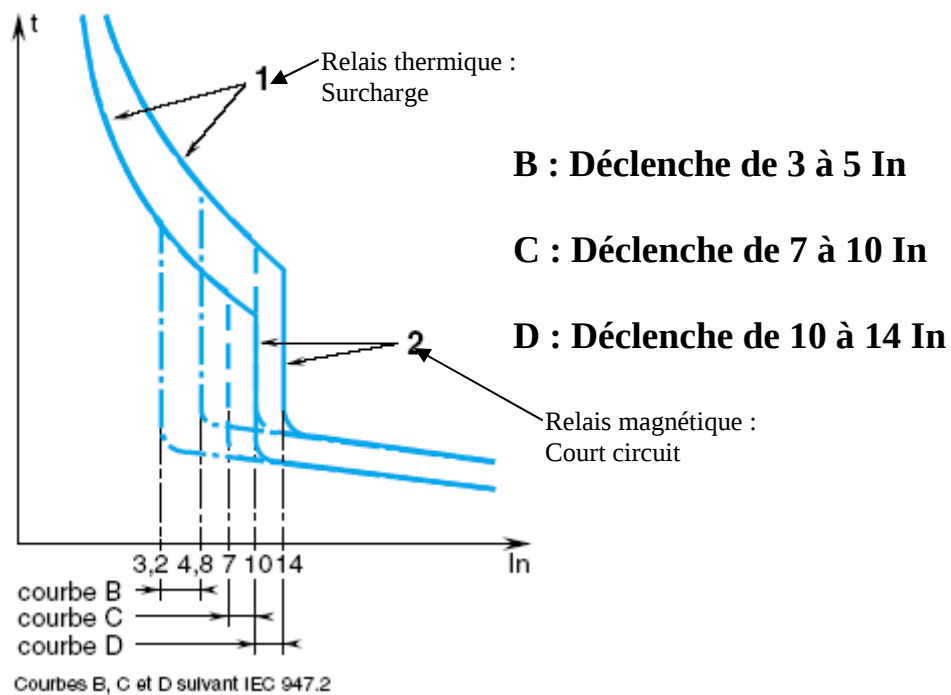
- **tension assignée d'emploi U_e** : c'est la ou les tensions auxquelles l'appareil peut être utilisé. D'autres tensions sont également indiquées par le constructeur
- **courant assigné I_n** : c'est la valeur maximale du courant ininterrompu que peut supporter un disjoncteur équipé d'un déclencheur à une température ambiante précisée par le constructeur, en respectant les limites d'échauffement prescrites
- **taille d'un disjoncteur** : Lorsqu'un disjoncteur peut être équipé de plusieurs déclencheurs de courants assignés différents, la taille du disjoncteur correspond au courant assigné le plus élevé des déclencheurs qui peuvent l'équiper. Exemple : un C630N peut recevoir les déclencheurs D400 ($I_n = 400\text{ A}$), D500 ($I_n = 500\text{ A}$), D630 ($I_n = 630\text{ A}$) La taille du disjoncteur est 630 A.
- **courant de réglage (I_{rth} ou I_r) des déclencheurs de surcharge** : les disjoncteurs industriels sont équipés de déclencheurs amovibles. De plus, pour adapter le disjoncteur aux caractéristiques du circuit et éviter de sur dimensionner les câbles, les déclencheurs eux-mêmes sont, en général, réglables. Le courant de réglage I_r (ou I_{rth}) est le courant d'après lequel sont déterminées les conditions de protection assurées par le disjoncteur. Il représente aussi le courant maximal que peut supporter le disjoncteur sans déclenchement. Cette valeur doit être supérieure au courant d'emploi et inférieure au courant admissible dans la canalisation. Les déclencheurs thermiques sont en général réglables de $0,7$ à $1 \times I_n$ alors qu'en technologie électronique les plages sont généralement beaucoup plus larges (couramment de $0,4$ à $1 \times I_n$).



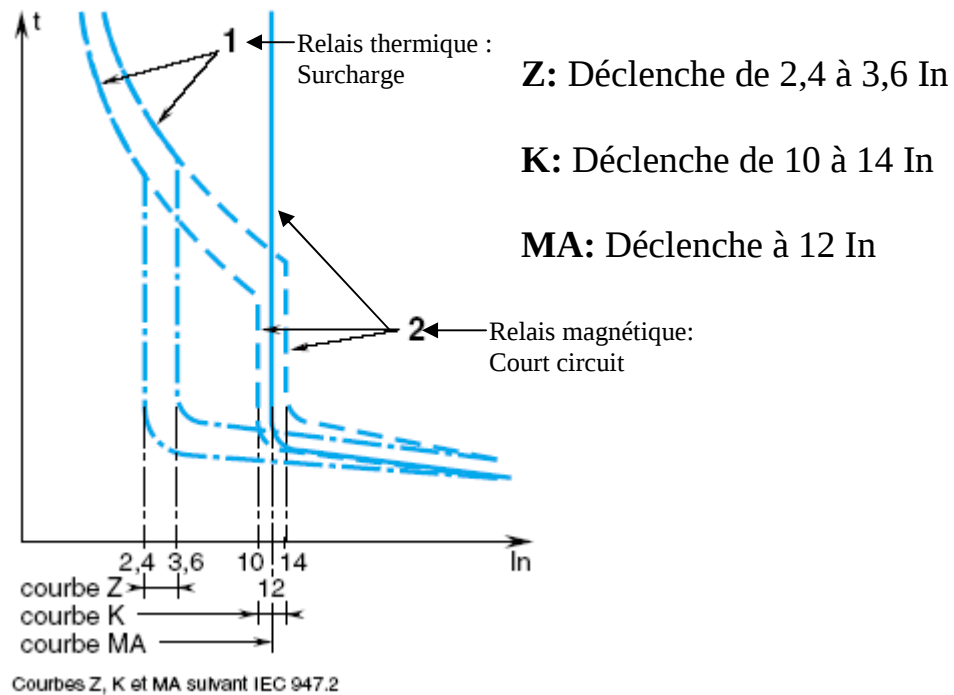
exemple: Un C401N équipé d'un déclencheur D320 réglé à $0,9$
a un courant de réglage : $I_r = 320 \times 0,9 = 288\text{ A}$.

Nota : pour les appareils à déclencheur non réglables $I_r = I_n$ par
exemple, disjoncteur C60N 20 A : $I_r = I_n = 20\text{ A}$

- **courant de fonctionnement (Im) des déclencheurs de court-circuit :** Le rôle des déclencheurs de court-circuit (magnétique ou court retard) est de provoquer l'ouverture rapide du disjoncteur pour les fortes surintensités. Leur seuil de fonctionnement Im est :_
 - soit fixé par la norme pour les disjoncteurs domestiques régis par la norme NF C 61-410,
 - soit indiqué par le constructeur pour les disjoncteurs industriels régis par la norme CEI 947-2 Pour ces derniers, il existe une grande variété de déclencheurs permettant à l'utilisateur de disposer d'un appareil bien adapté aux caractéristiques du circuit à protéger, même dans les cas les plus particuliers.
 - **Courbes de déclenchement B, C, D, Z (norme CET 947.2)**
 - o **Courbe B** Déclenchement entre 3,21 In et 4,81 In
Commande de protection contre les surcharges et les courts-circuits d'installations n'occasionnant pas de pointe de courant à la mise sous tension : installations domestiques, circuits de cuisson et de chauffage, éclairage comportant un petit nombre de lampes, prises de courant, etc. Protection des personnes en régime IT et TN pour des longueurs de câbles plus importantes.
 - o **Courbe C** Déclenchement entre 7 In et 10 In
Commande et protection contre les surcharges et les courts-circuits d'installations correspondant à des applications générales : installations en locaux à usage professionnel, éclairage fluorescent compensé, groupe de lampes à incandescence, prises de courant...
 - o **Courbe D** Déclenchement entre 10 In et 14 In
Commande et protection contre les surcharges et les courts-circuits d'installations présentant de forts courants d'appel : transformateurs, moteurs, etc.
 - o **Courbe Z** Déclenchement entre 2,41 In et 3,61 In
Protection des circuits électroniques : diodes, transistors, triacs, etc. contre les faibles surcharges de longue durée et contre les courts-circuits.
 - o **Courbe K** Déclenchement entre 10 In et 14 In
Commande et protection contre les surcharges et les courts-circuits d'installations présentant des courants d'appel importants, mais de durée plus brève.
 - o **Courbe MA** Déclenchement 12 In Protection des circuits d'alimentation des moteurs : câbles et démarreurs contre les courts-circuits. Ce disjoncteur ne comporte qu'un déclencheur magnétique, il doit être associé à une protection thermique **adaptée**.

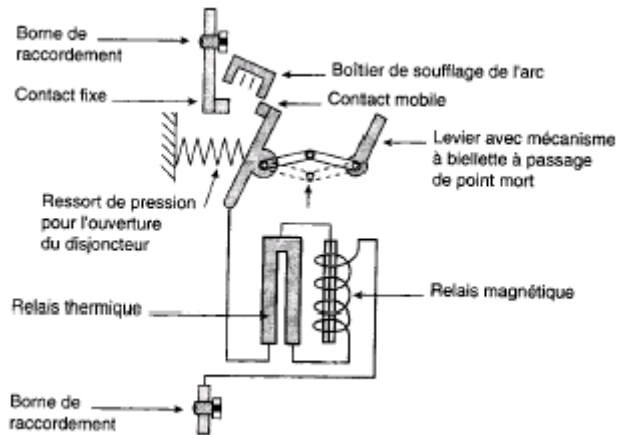


Moins courantes, mais il existe aussi les courbes K ; Z et MA qui sont définies sur le graphique ci-dessous.

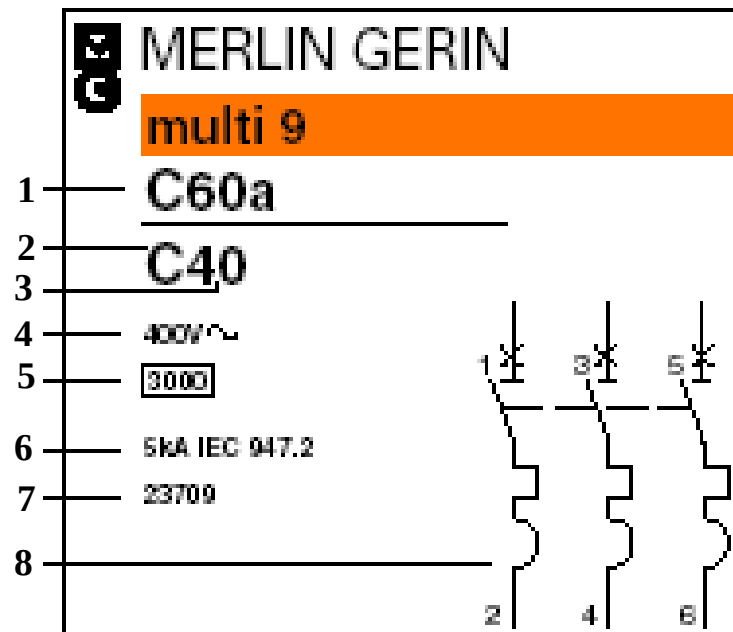


- **Choix d'un disjoncteur** Nous avons vu qu'un disjoncteur était constitué d'un système de coupure et d'un système de détection de défaut.(voir figure).

a)Structure d'un disjoncteur magnéto-thermique



b) Décodage face avant d'un disjoncteur



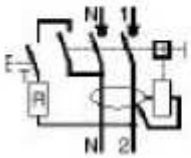
- 1 : Variante du disjoncteur suivant le pouvoir de coupure
- 2 : Courbe de déclenchement
- 3 : Calibre du disjoncteur (courant assigné)
- 4 : Tension d'emploi U_e
- 5 : Pouvoir de coupure suivant la norme « domestique et analogue » NFC 61-410
- 6 : Pouvoir de coupure suivant la norme « industrielle » NFC 63-120
- 7 : Référence commerciale
- 8:Symbole électrique suivant le nombre de pôles

- **Choix du dispositif de coupure** Le dispositif qui comporte les pôles de coupure est choisi en fonction
 - **Du nombre de pôles** : Nombre de conducteurs à couper, de la tension assignée (tension d'emploi), du type de courant (alternatif ou continu)
 - **De (In) : courant d'emploi du circuit**, c'est lui qui détermine le courant assigné, encore appelé « calibre du disjoncteur » ;
 - **De (Icc) : courant de court-circuit** susceptible de se produire immédiatement en aval du disjoncteur. On choisit toujours un disjoncteur ayant un pouvoir de coupure supérieur à (Icc) aval.
- **Choix du type de déclencheur** : Le dispositif magnéto-thermique ou électronique qui commande le déclenchement des pôles de coupure est choisi en fonction :
 - Du courant maximal qui traverse le circuit en fonctionnement normal ;
 - De l'à-coup d'intensité à la mise sous tension. En fonction de cette surintensité, on définit le type de courbe (B, C, D,...) du déclencheur.

Symbol

◇ disjoncteur, 

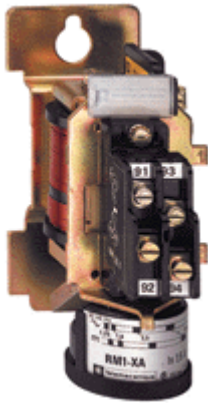
Aspect technologique

Disjoncteur différentiel	Interrupteur différentiel																								
	 ID/olec bi 40 A 30 mA																								
Symbole :	Symbole : <table><tr><th>type</th><th>largeur en pas de 9 mm</th><th>tension (V CA)</th><th>cal. (A)</th><th>sens. (mA)</th><th>réf.</th></tr><tr><td>bi</td><td>4</td><td>230</td><td>25</td><td>30</td><td>23157</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>40</td><td>30</td><td>23160</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>63</td><td>30</td><td>23162</td></tr></table> 	type	largeur en pas de 9 mm	tension (V CA)	cal. (A)	sens. (mA)	réf.	bi	4	230	25	30	23157				40	30	23160				63	30	23162
type	largeur en pas de 9 mm	tension (V CA)	cal. (A)	sens. (mA)	réf.																				
bi	4	230	25	30	23157																				
			40	30	23160																				
			63	30	23162																				
Possède un pouvoir de coupure	Ne peut couper que la charge nominale																								

II-1-2c Fonction B : Protéger contre les courts-circuits

La protection contre les défauts de court circuit peut se faire par l'appareillage de protection suivant (voir aspect technologique):

- Disjoncteur magnétique(voir disjoncteur)
- Disjoncteur Magnétothermique(voir disjoncteur).
- Fusibles
- Relais magnétique

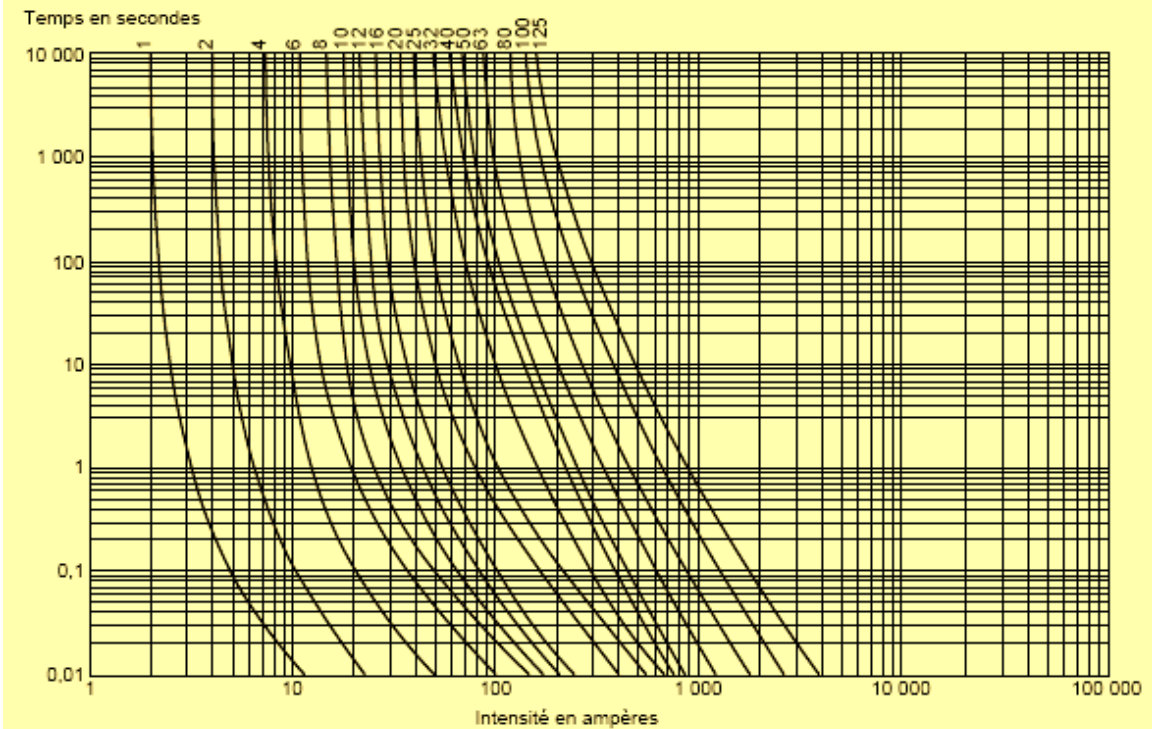
Disjoncteur Magnétique(1)	Disjoncteur Magnétothermique(2)	Fusibles(3)	Relais magnétique(4)
			

- **1 Disjoncteur magnétique** dans lequel la protection contre les court circuits est assurée par le relais magnétique associé
- **2 Disjoncteur magnéto thermique** dans lequel la protection contre les court circuits et les surcharges est assurée respectivement par les relais magnétique et thermique associés
- **3 Fusibles** assurent la protection contre les **court circuits** par fusion et coupure
 - o **Les caractéristiques et choix :**
 - Type du récepteur,(éclairage, chauffage moteurs...) :gI, gG, aM
 - taille,(dimensions) (diamètre, longueur)
 - calibre, courant nominal
 - tension, tension d'utilisation
 - Pouvoir de coupure : aptitude a couper un circuit en charge.
 - o **Aspect technologique**

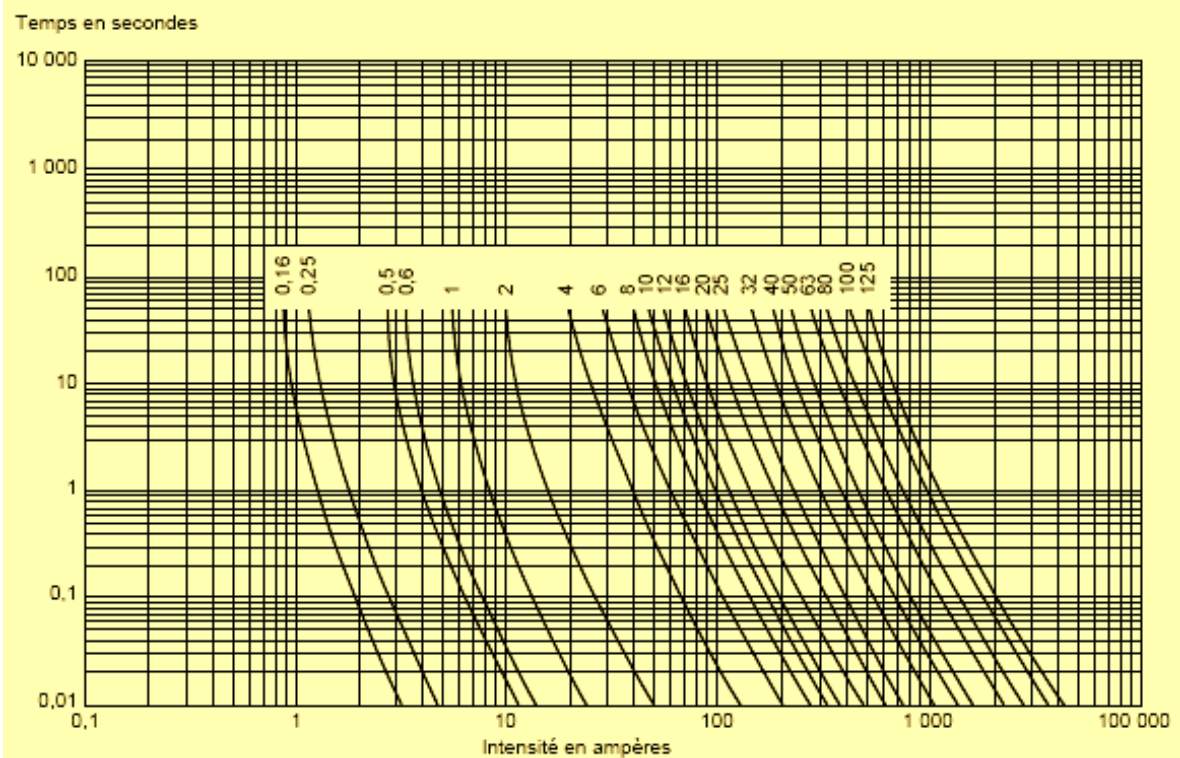
		
151 50	153 96	
aM	gG	UR
Couleur : Vert	Couleur : noir	Couleur : rouge

o Courbe de fusion et temps de réponse

Courbes de fusion



Courbes de fusion



- **4 Le relais magnétique** Assure la protection contre les court circuits.

II-1-2d Fonction C : Protéger contre les surcharges. Les défauts de surcharge se manifestent par une augmentation lente du courant de ligne . La protection est assurée par un

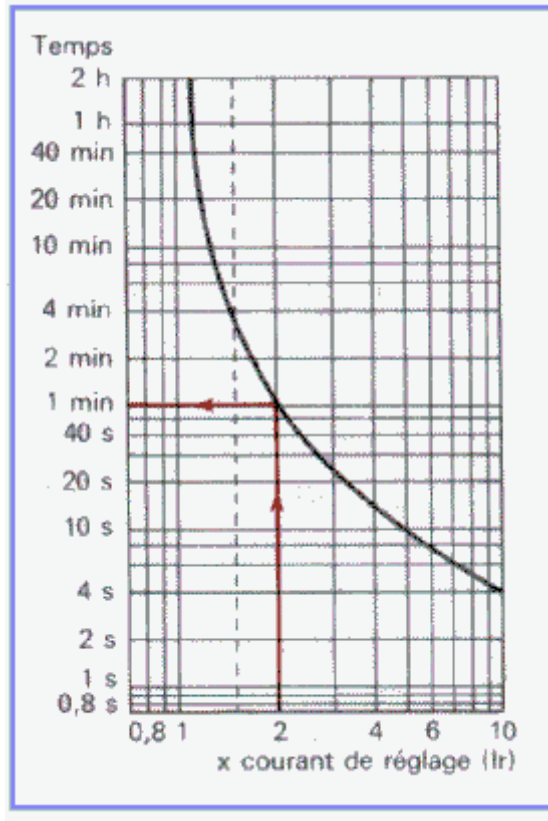
- o relais thermique
- o disjoncteur magnétothermique

Disjoncteur magnétothermique	Relais thermique
	
Possède un pouvoir de coupure	Pas de pouvoir de coupure, mais ouvre le circuit de commande du contacteur

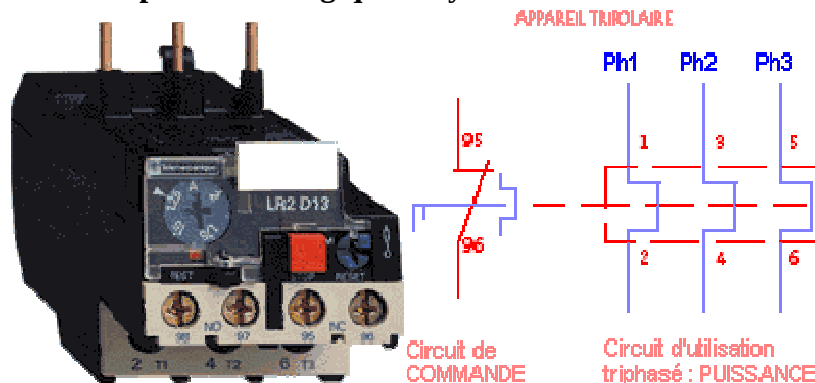
- **1 Le relais thermique :** Le relais thermique est un appareil de protection capable de **protéger contre les surcharges** (c'est sa fonction). Une surcharge est une élévation anormale du courant consommé par le ou les récepteurs dans des proportions somme toute raisonnables (1 à 3 In). Cette élévation faible du courant mais prolongée dans le temps va entraîner un échauffement de l'installation pouvant aller jusqu'à sa destruction (voir M JOULE...). Nous utilisons pour nous prémunir de ce type de problème soit des fusibles de type G1, soit des disjoncteurs, soit des relais thermiques. L'augmentation du courant n'étant pas soudaine il n'est pas nécessaire de couper l'alimentation du circuit de puissance d'une façon brutale. **Par contre le temps de coupure devra être inversement proportionnel à l'augmentation du courant :** plus le courant augmente plus le temps de détection et de coupure doit être court. Voir la courbe ci-dessous : Le relais thermique est un appareil de protection capable de **protéger contre les surcharges** (c'est sa fonction). Une surcharge est une élévation anormale du courant consommé par le ou les récepteurs dans des proportions somme toute raisonnables (1 à 3 In). Cette élévation faible du courant mais prolongée dans le temps va entraîner un échauffement de l'installation pouvant aller jusqu'à sa destruction (voir M JOULE...). Nous utilisons pour nous prémunir de ce type de problème soit des fusibles de type G1, soit des disjoncteurs, soit des relais thermiques. L'augmentation du courant n'étant pas soudaine il n'est pas nécessaire de couper l'alimentation du circuit de puissance d'une façon brutale. **Par contre le temps de coupure devra être inversement proportionnel à l'augmentation du courant :** plus le courant augmente plus le temps de détection et de coupure doit être court. Voir la courbe ci-dessous :

- o **Réglage du relais thermique :** De cette courbe nous pouvons déduire plusieurs choses intéressantes : elle représente le temps en fonction des multiples de l'intensité de réglage,
 - le relais thermique doit être réglé à l'intensité nominale du récepteur à protéger (**$I_r = I_n$ ou I_a**),
 - le déclenchement réel se fait à **1,15 I_r** .

o Courbe de réponse du relais thermique



o Aspect technologique et symbole



- **Principe de fonctionnement et constitution :** Le relais thermique utilise la propriété d'un bilame formé de deux lames minces ayant un coefficient de dilatation différent. L'un ne se tordra pas sous l'effet de la chaleur, l'autre non lui permettra de se tordre. Pour avoir l'image de la chaleur, nous utilisons le courant puisque M. JOULE nous dit que $P_j = R \times I^2$. Le principe du bilame apparaissant dans tous les ouvrages de technologie appliqué à l'Electrotechnique, je n'ai pas jugé utile d'en développer le fonctionnement.
- **REMARQUE :** Le relais thermique coupe le circuit de commande par l'intermédiaire de son contact auxiliaire. En effet, les bilames détectent l'augmentation de chaleur et donnent l'information au contact auxiliaire de s'ouvrir. Ce contact étant convenablement placé dans le circuit de commande va couper l'alimentation de la bobine du contacteur qui va ouvrir ses pôles de puissances et interrompre le passage de l'énergie électrique au travers du récepteur.