

Les fiches techniques

25

La protection La protection du matériel



25 Protection du matériel

25.1 Court-circuit

Les récepteurs, les points de raccordement peuvent être à l'origine de contacts formant accidentellement un court-circuit. Les courants de court-circuit sont très importants, quelques dizaines de fois l'intensité nominale.

Ces courants sont limités par :

- la tension de la source U_0 (240 ou 420 V),
- l'impédance du circuit.

Le courant de court-circuit se calcule par :

$$I_{cc} = U_0 / Z$$

I_{cc} courant en A ; U_0 tension entre fils de phase ; Z impédance des fils de ligne en Ω .

L'impédance Z se calcule par :

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

■ R résistance d'un conducteur

$$R = \rho \cdot L / S$$

$\rho = 2,25 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ pour le cuivre ; $\rho = 3,6 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ pour l'aluminium ; L longueur du conducteur en mètres ; S section de conducteur en m^2 .

■ X réactance d'un conducteur en $m\Omega$;

$X = 0,15 L$ pour une barre ;

$X = 0,12 L$ pour un câble unipolaire ;

$X = 0,08 L$ pour un câble multipolaire.

L'énergie transformée en chaleur dans un conducteur est :

$$W = R \cdot I^2 \cdot t$$

W en joules ; R en ohms ; I en ampères ; t en secondes.

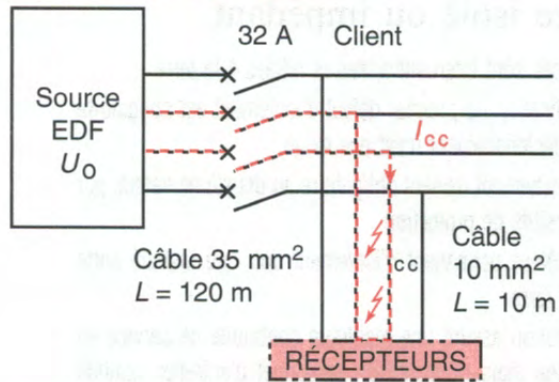
25.2 Déclencheur magnétique

Il est impératif de limiter le temps de défaut du courant dans l'installation, afin d'éviter :

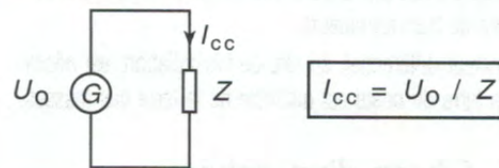
- le vieillissement des isolants ;
- les efforts électrodynamiques sur les composants de l'installation ;
- la destruction des organes de coupure, de protection thermique, de raccordement.

Le déclencheur magnétique est prévu pour provoquer l'ouverture du circuit en quelques dizaines de millisecondes.

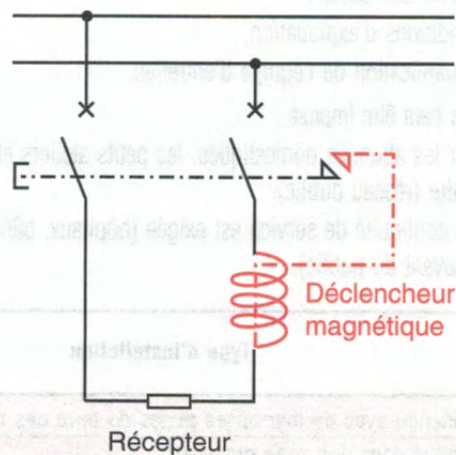
INSTALLATION D'UN CLIENT



SCHEMA ÉQUIVALENT



DÉCLENCHEUR MAGNÉTIQUE



Le réarmement du disjoncteur s'effectue par une action volontaire de l'utilisateur, manuelle ou par télécommande à distance.

EXEMPLE D'APPLICATION :

Calculer le courant de court-circuit en négligeant l'impédance de la source EDF et comparer les pertes Joule en service normal et lors d'un court-circuit :

$R \text{ totale} = 99 \text{ m}\Omega$; $I_{cc} = 2\,408 \text{ A}$; $X \text{ totale} = 10 \text{ m}\Omega$; $I_n = 32 \text{ A}$;
 $Z = 99,5 \text{ m}\Omega$; $I_{cc} / I_n = 75$.

Conclusion : les pertes Joule lors du court-circuit valent 5 625 fois les pertes Joule en service normal ($P_j = R \cdot I^2$).

25.21 Détection du courant de défaut

En monophasé ou en triphasé, la somme vectorielle des courants est nulle à chaque instant.

En monophasé :

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

- I_1 courant dans la phase 1 ;
- I_2 courant dans la phase 2 ;
- I_3 courant dans la phase 3 ;
- I_N courant dans le fil neutre.

En triphasé, sans neutre :

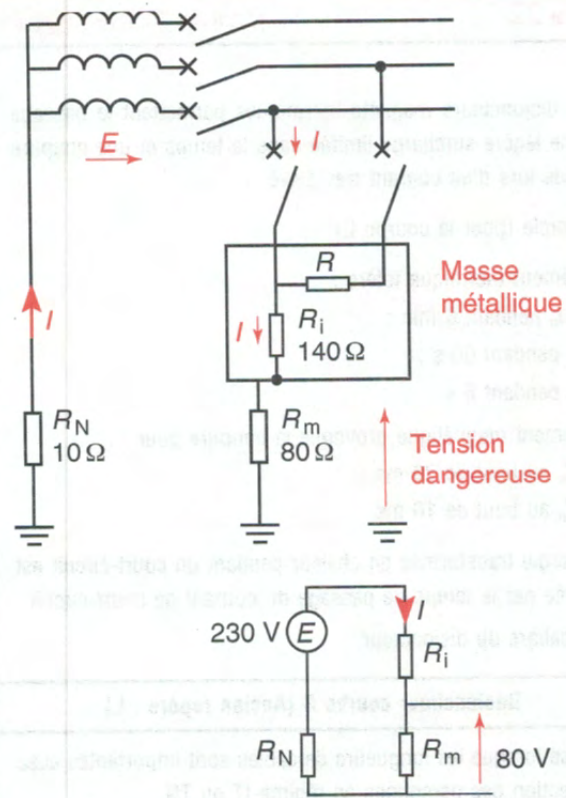
$$\vec{I}_1 + \vec{I}_2 + \vec{I}_3 = \vec{0}$$

En triphasé avec conducteur neutre :

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

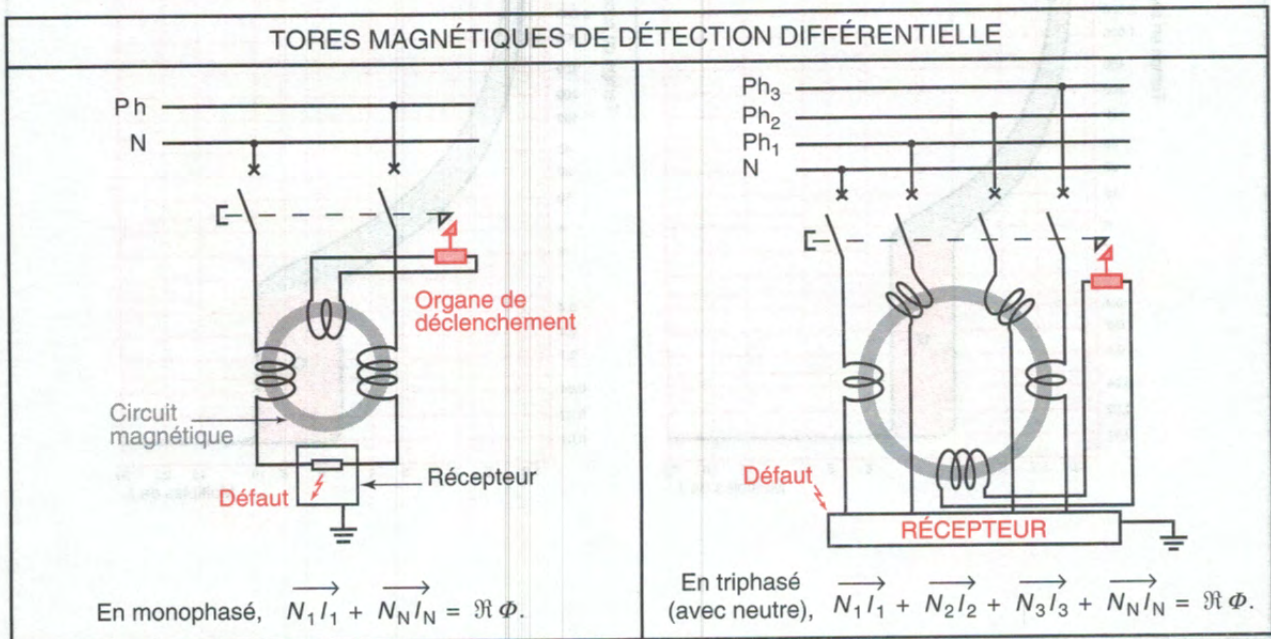
À l'apparition d'un défaut, la somme vectorielle des courants n'est plus nulle mais prend une valeur plus ou moins grande selon le déséquilibre.

Les dispositifs de coupure automatique détectent la différence qui peut exister entre les divers courants dans les fils de lignes, donc le courant susceptible de s'écouler vers la terre ou les masses métalliques.



EXEMPLE D'APPLICATION :

Si la résistance de fuite qui crée le défaut est de 140 Ω, le courant de défaut est de 1 A et la tension entre la masse et la terre est 80 volts. Cette tension est dangereuse pour l'utilisateur.



25 ■ 22

CARACTÉRISTIQUES DE DÉCLENCHEMENT

Les disjoncteurs magnéto-thermiques permettent le passage d'une légère surcharge limitée dans le temps et une coupure rapide lors d'un courant très élevé.

Exemple (pour la courbe C).

L'élément thermique tolère :

1,5 I_n pendant 6 min ;

2 I_n pendant 60 s ;

4 I_n pendant 6 s.

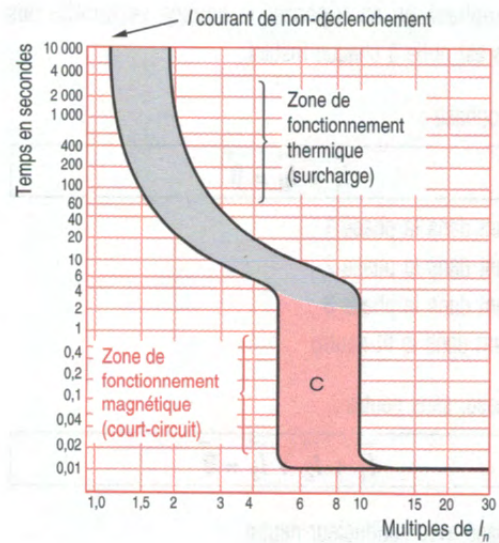
L'élément magnétique provoque la coupure pour :

10 I_n au bout de 20 ms ;

15 I_n au bout de 10 ms.

L'énergie transformée en chaleur pendant un court-circuit est limitée par le temps de passage du courant de court-circuit.

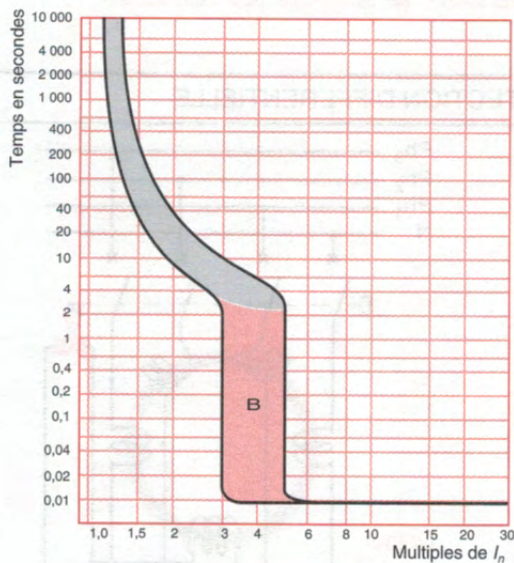
I_n : calibre du disjoncteur.



Déclencheur courbe B (Ancien repère : L)

Utilisé lorsque les longueurs de câbles sont importantes avec protection des personnes en régime IT ou TN.

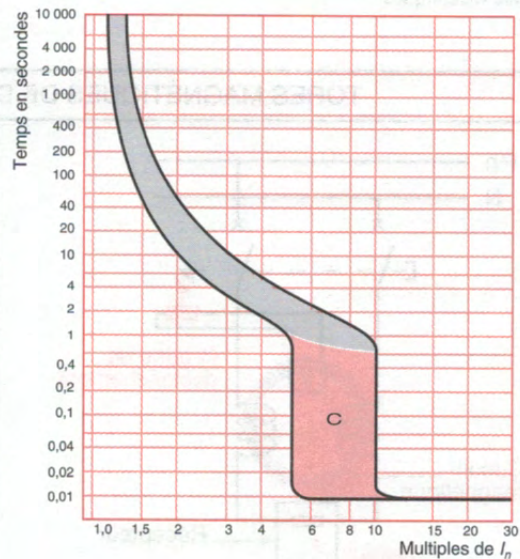
Fonctionnement magnétique de 3 à 5 I_n ou 3,2 à 4,8 I_n .



Déclencheur courbe C (Ancien repère : U)

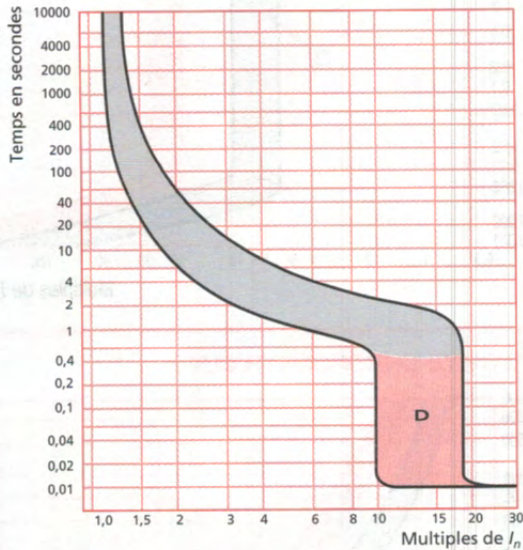
Usage général, protection des câbles alimentant des récepteurs classiques.

Fonctionnement magnétique de 5 à 10 I_n ou 7 à 10 I_n .



Déclencheur courbe D

Utilisation pour les circuits à fort courant d'appel (transformateurs, moteurs).
Fonctionnement magnétique de 10 à 14 I_n .



Il existe d'autres déclencheurs d'utilisation moins courante.
Courbe K : déclenchement de 10 à 14 I_n .
Utilisation pour la protection des circuits et des récepteurs à forts courants d'appel (transformateurs, moteurs, circuits auxiliaires).
Courbe MA : déclenchement à 12 I_n sans dispositif thermique, le déclenchement est uniquement magnétique. Protection des démarreurs de moteurs.
Courbe Z : déclenchement de 2,4 à 3,6 I_n . Ce déclencheur est utilisé pour la protection des circuits électroniques.

Plages de fonctionnement des déclencheurs

Déclenchement thermique		Déclenchement magnétique					
I_n	2 I_n	3 I_n	5 I_n	10 I_n	12 I_n	14 I_n	
		B		MA			
		C					
Z				D & K			

Disjoncteur aval		Disjoncteur amont courbe C					
		16	20	25	32	40	50
Courbe B	10						
	16						
	20						
Courbe C	10						
	16						
	20						
Intensité limite (A)		120	150	188	240	300	375

25.23 Sélectivité

La continuité de service dans une installation est une nécessité, celle-ci doit être prise en compte dès la conception pour le choix des solutions.

La sélectivité consiste à assurer la coupure automatique du circuit où se produit un court-circuit et ce circuit seulement.

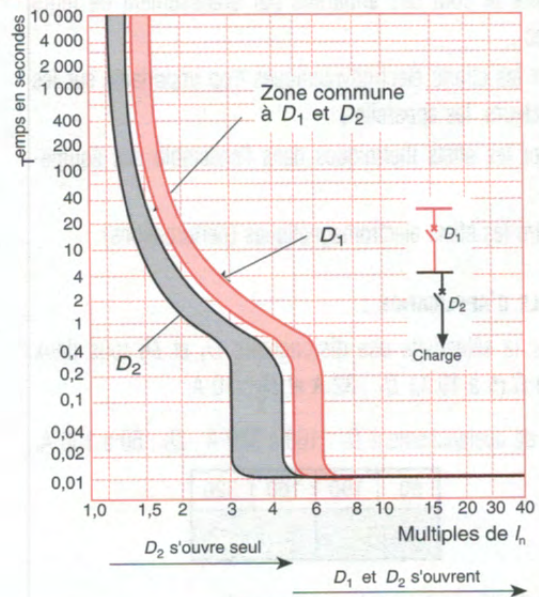
EXEMPLE D'APPLICATION :

D_2 seul doit s'ouvrir en cas de défaut sur la charge. Le fonctionnement est correct dans l'intervalle 1 à 4 I_n .

La sélectivité est assurée si le choix de deux paramètres est bien effectué :

- la valeur du courant de déclenchement (sélectivité ampèremétrique) ;
- le temps de déclenchement (sélectivité chronométrique).

SÉLECTIVITÉ



25.24 Sélectivité ampèremétrique

La plage de fonctionnement du déclencheur magnétique est généralement proportionnelle au calibre.

La sélectivité ampèremétrique est d'autant plus grande que l'écart entre les calibres des disjoncteurs amont et aval est grand.

La sélectivité peut être améliorée en utilisant pour D_2 un disjoncteur limiteur, l'énergie limitée par D_2 doit être inférieure à l'énergie nécessaire au déclenchement de D_1 .

25.25 Sélectivité chronométrique

La sélectivité chronométrique est obtenue par l'échelonnement des temps de déclenchement des divers disjoncteurs.

Le disjoncteur amont (temporisé) est retardé par rapport au disjoncteur aval (rapide).

La limite de cette sélectivité est la tenue des contacts aux efforts électrodynamiques du disjoncteur amont.

La temporisation est souvent réglée par crans ou par des temporisateurs électroniques.

25.26 Pouvoir de limitation

Le pouvoir de limitation d'un disjoncteur est la capacité de l'appareil à limiter le courant réel de court-circuit à une valeur inférieure au courant présumé (calculé).

Le pouvoir de limitation est utilisé pour :

- réduire le coût des appareils par abaissement de leurs calibres ;
- éviter les efforts électrodynamiques trop importants sur les conducteurs, les appareils ;
- limiter les effets thermiques dans l'ensemble des équipements ;
- réduire les effets électromagnétiques (perturbations).

EXEMPLE D'APPLICATION :

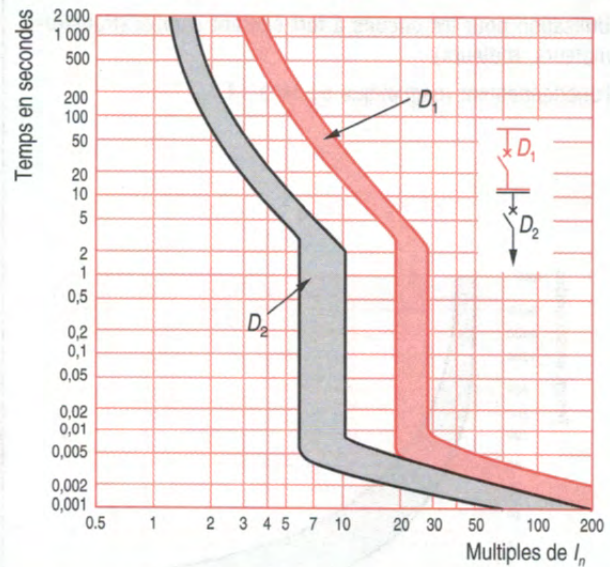
Vérifier la sélectivité des disjoncteurs D_1 et D_2 tous deux courbe C (5 à 10 I_n) D_1 : 32 A et D_2 : 10 A.

Seuils de déclenchement D_1 : 160 à 320 A ; D_2 : 50 à 100 A.

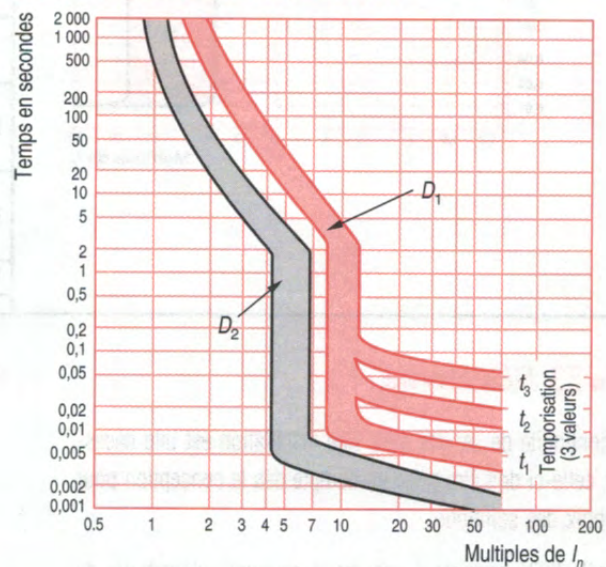
50	100	160	320
D_2		D_1	

La sélectivité ampèremétrique est assurée.

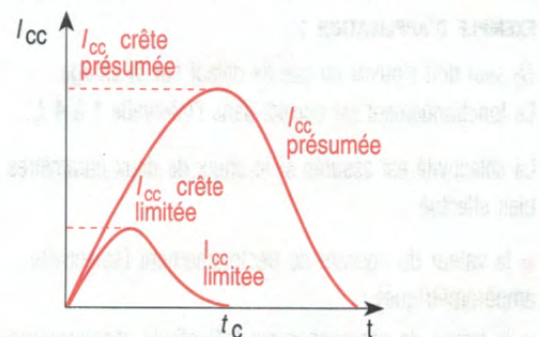
SÉLECTIVITÉ AMPÈREMÉTRIQUE



SÉLECTIVITÉ CHRONOMÉTRIQUE



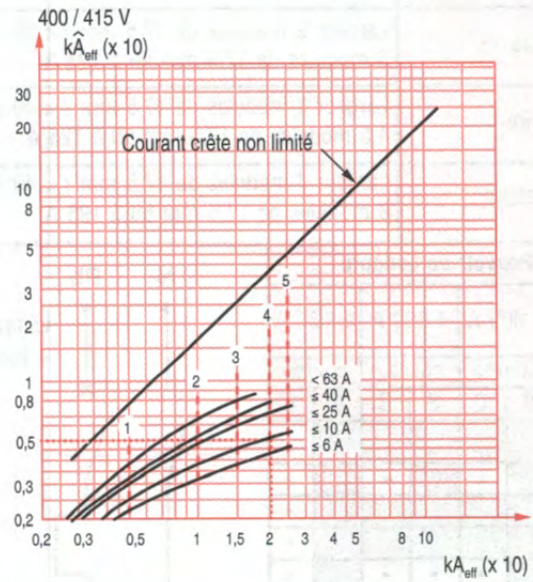
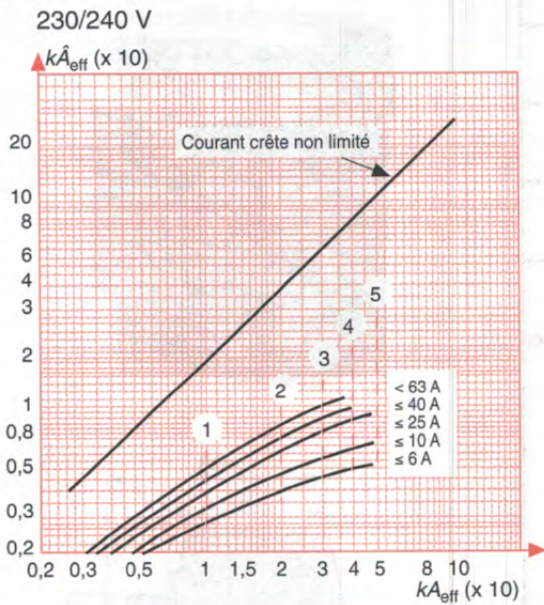
COURANT PRÉSUMÉ ET COURANT LIMITÉ RÉEL



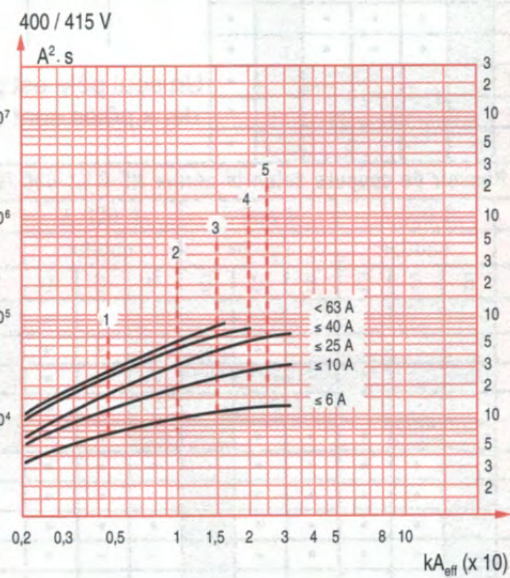
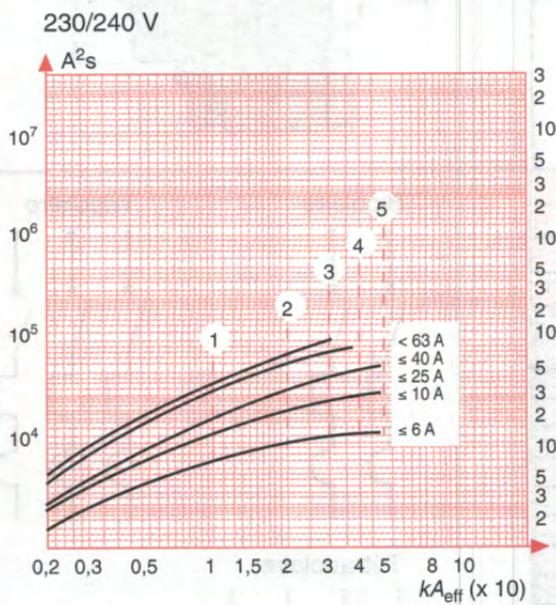
25.27

COURBES DE LIMITATION 2, 3, 4 PÔLES

En contrainte thermique



En contrainte thermique



25.28

CONTRAINTE THERMIQUE

La contrainte thermique est une image de l'énergie thermique admissible sur un conducteur et s'exprime en $A^2 \cdot s$ (de la forme $I^2 \times t$).

Contraintes admissibles dans un câble (les valeurs sont à multiplier par 10^6).

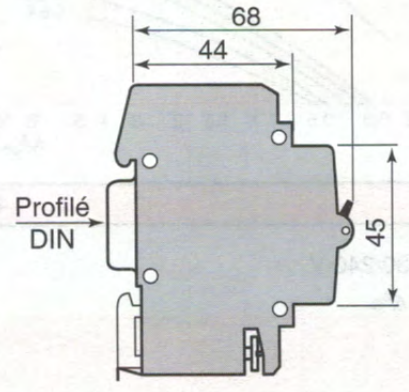
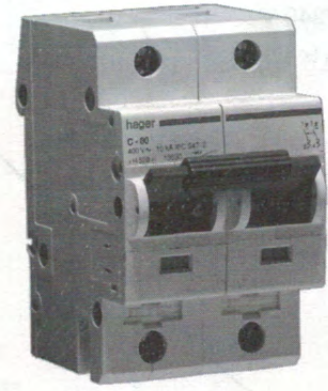
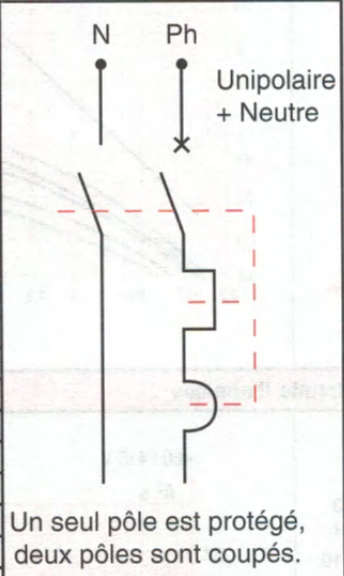
S (mm ²)	Cuivre									Aluminium					
	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	10	16	25	35	50	
PVC	0,0297	0,0826	0,212	0,476	1,32	3,4	8,26	16,2	33,1	PVC	0,541	1,39	3,38	6,64	13,5
PRC	0,041	0,139	0,292	0,656	1,82	4,69	13,9	22,3	45,6	PRC	0,752	1,93	4,7	9,23	18,8

25 ■ 29

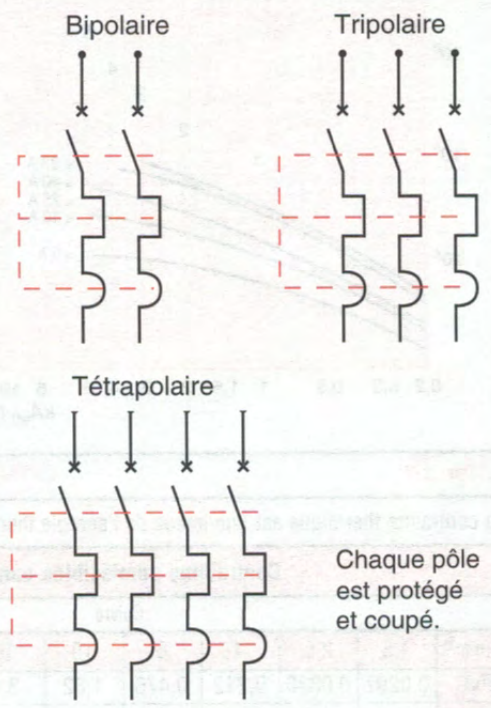
DISJONCTEURS

Unipolaire + Neutre	Largeur 1 module de 17,5 mm
Bipolaire	Largeur 2 modules de 17,5 mm / < 40 A 3 modules de 17,5 mm 50 à 125 A
Tripolaire	Largeur 3 modules de 17,5 mm / < 40 A 4,5 modules de 17,5 mm 50 à 125 A
Tétrapolaire	Largeur 4 modules de 17,5 mm / < 40 A 6 modules de 17,5 mm 50 à 125 A

		Pouvoir de coupure					
		3 000 A		4 500 A		6 000 A	
I_n		courbe		courbe		courbe	
		B	C	B	C	B	C
1							•
2			•		•		•
3							•
4							•
6			•		•		•
10			•		•		•
16			•		•		•
20			•		•		•
25			•		•		•
32			•		•		•
40							•
50							•
63							•



		Pouvoir de coupure selon la norme NF C 61-410 (EN 60898)											
		3 000 A			4 500 A			6 000 A			10 000 A		
I_n		courbe			courbe			courbe			courbe		
		B	C	D	B	C	D	B	C	D	B	C	D
1								•	•			•	
2						•		•	•			•	
3								•	•			•	
4								•	•			•	
6						•		•	•			•	
10						•		•	•			•	
16						•		•	•			•	
20						•		•	•			•	
25						•		•	•			•	
32						•		•	•			•	
40						•		•	•			•	
50						•		•	•			•	
63						•		•	•			•	
80						•		•	•			•	
100						•		•	•			•	
125						•		•	•			•	



D'après Hager.

25.3 Interrupteurs et disjoncteurs

25.31 Interrupteurs différentiels

Les interrupteurs différentiels sont utilisés en aval des disjoncteurs car leur limite de tenue au court-circuit ne dépasse pas 1 500 A. Le disjoncteur, par son pouvoir de coupure élevé, limite l'intensité lors d'un court-circuit.

Les interrupteurs différentiels sont plus économiques que les disjoncteurs, ils sont utilisés pour protéger les circuits de prises de courant pour les locaux humides, salle d'eau, etc.

Interrupteurs bipolaires					
Encombrement	25 à 100 A 4 largeurs de 17,5 mm				
Sensibilité différentielle	10 mA	30 mA	100 mA	300 mA S	500 mA
Calibre (A)					
16	•				
25		•	•	•	•
40		•	•	•	•
63		•	•	•	•
80		•	•	•	•

Interrupteurs tétrapolaires					
Encombrement	25 à 100 A 4 largeurs de 17,5 mm				
Sensibilité différentielle	30 mA	100 mA	300 mA	300 mA S	500 mA
Calibre (A)					
25	•	•	•		•
40	•	•	•	•	•
63	•	•	•	•	•
80		•	•		•
100			•		

Interrupteurs différentiels à composante continue				
Encombrement	bipolaire 2 largeurs de 17,5 mm tétrapolaire 4 largeurs de 17,5 mm			
Type	Bipolaire		Tétrapolaire	
Sensibilité différentielle	30 mA	300 mA	30 mA	300 mA S
Calibre (A)				
25	•	•	•	•
40	•	•	•	•
63	•	•	•	•

Les interrupteurs sont prévus pour protéger les récepteurs dont l'intensité absorbée présente une composante continue (signal alternatif décalé par rapport à l'origine des ordonnées).

IMPORTANT

Test mensuel

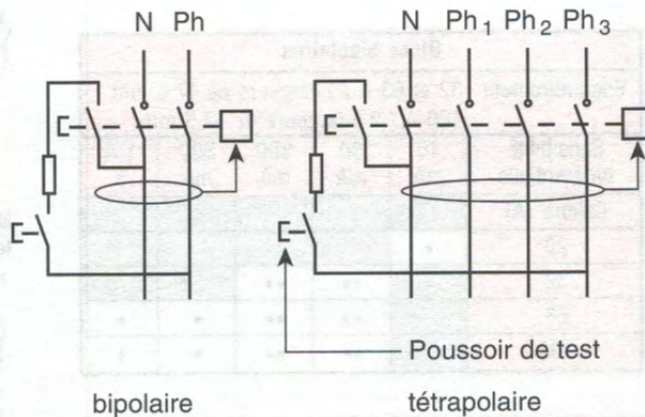
L'énergie de déclenchement des dispositifs différentiels est très faible, il est donc conseillé de les vérifier régulièrement.

Les constructeurs ont prévu un test mensuel grâce au poussoir de test en façade des disjoncteurs, des interrupteurs et des blocs différentiels.

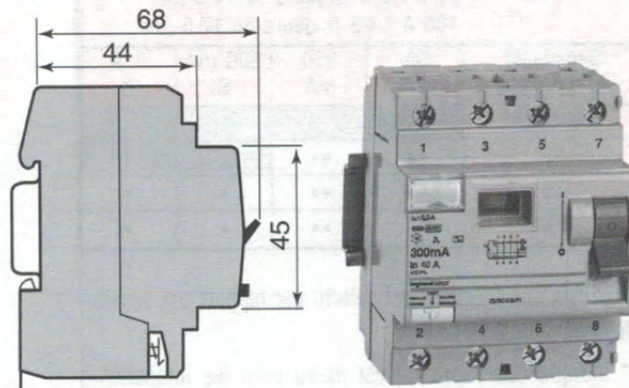
Certains constructeurs proposent des appareils de test automatique avec vérification du calibre de l'élément différentiel (30 mA, 300 mA, ...).

Le courant assigné d'un interrupteur différentiel doit être au moins égal au courant d'emploi du circuit protégé.

SYMBOLES



ENCOMBREMENT



25 32 Disjoncteurs différentiels

Bipolaire				
Encombrement	2 modules de largeur 17,5 mm			
Pouvoir de coupure	3 000 A	4 500 A	4 500 A	4 500 A
Sensibilité différentielle	30 mA	10 mA	30 mA	300 mA
Calibre (A)				
6	•		•	•
10	•		•	•
16	•	•	•	•
20	•		•	•
25	•		•	•
32			•	•

Blocs différentiels

Un disjoncteur différentiel peut être réalisé en associant un disjoncteur magnétothermique (courbes B, C, D) avec un bloc différentiel choisi en calibre et en sensibilité différentielle.

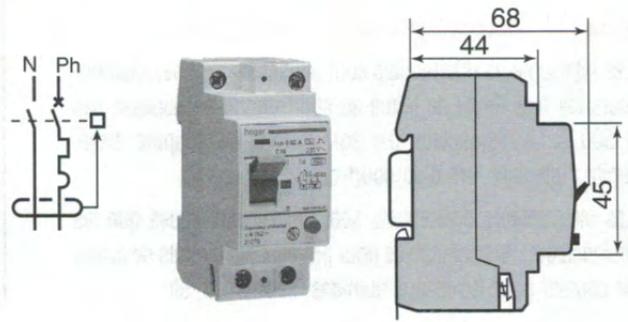
Blocs bipolaires					
Encombrement	32 et 63 A / 2 largeurs de 17,5 mm 100 A / 2,5 largeurs de 17,5 mm				
Sensibilité différentielle	10 mA	30 mA	300 mA	300 mA	1 A S
Calibre (A)					
20	•				
32		••	••		
63		••	••	•	•
100		••	••	•	•

Blocs tripolaires et tétrapolaires				
Encombrement	32 A / 2 largeurs de 17,5 mm 63 A / 3,5 largeurs de 17,5 mm 100 A / 4,5 largeurs de 17,5 mm			
Sensibilité différentielle	30 mA	300 mA	300 mA S	1 A S
Calibre (A)				
32	••	••		
63	••	••	•	•
100	••	••	•	•

S indique que l'appareil est sélectif par rapport aux sensibilités inférieures.

** indique que l'appareil est prévu pour les intensités à composante continue.

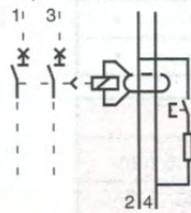
DISJONCTEURS DIFFÉRENTIELS BIPOLAIRES 1 Ph + N



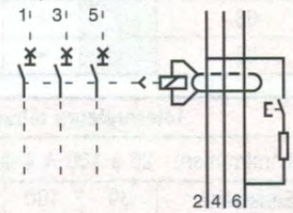
CAPACITÉS DE RACCORDEMENT

Calibre	Souple	Rigide
32 A	6	10
63 A	16	25
100 A	35	50

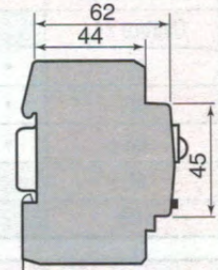
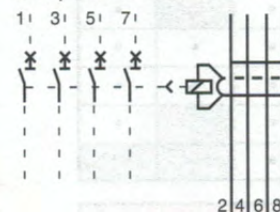
Blocs différentiels bipolaires - 2 P.P.



Blocs différentiels tripolaires - 3 P.P.



Blocs différentiels tétrapolaires - 4 P.P.



ASSOCIATION DISJONCTEUR NM + BLOC DIFFÉRENTIEL BIPOLAIRE

