

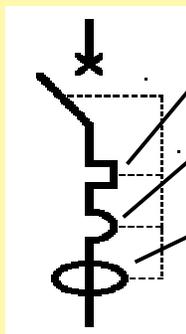
GEL –22230
Appareillage électrique

Equipements de protection pour la basse tension

Jérôme Cros

Disjoncteur

Un disjoncteur est un appareil de connexion capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans des conditions normales et anormales jusqu'à son pouvoir de coupure ultime

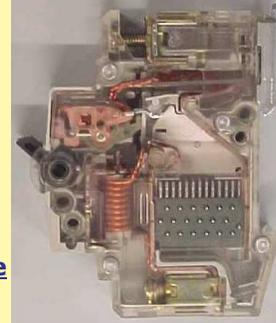
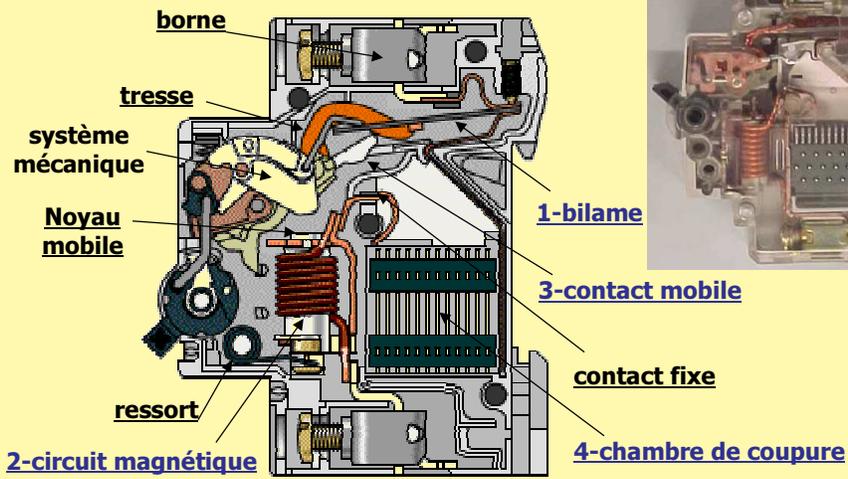


Déclencheur thermique :
Protection contre les surcharges

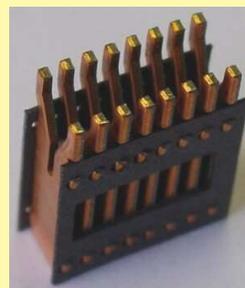
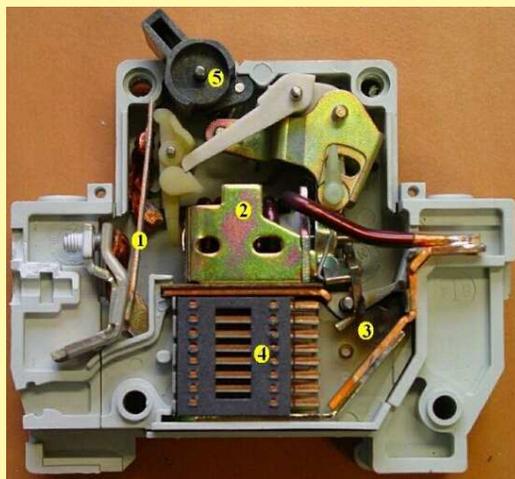
Déclencheur magnétique instantané ou à retard :
Protection contre les courts-circuits
Protection différentielle contre les défauts
de mode commun (*protection des personnes*)

Déclencheur électronique instantané ou à retard :
Protection contre les surcharges et les courts-circuits
Protection différentielle contre les défauts
de mode commun (*protection des personnes*)

Elements d'un disjoncteur basse tension



Disjoncteur basse tension

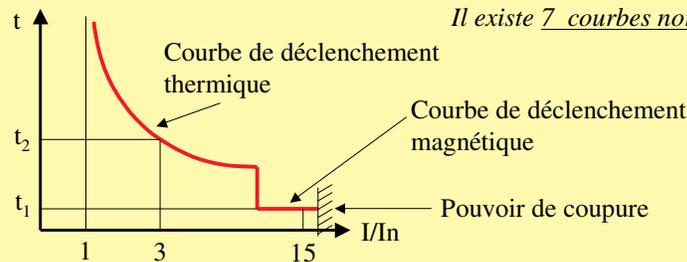


Caractéristiques d'un disjoncteur basse tension

Les caractéristiques à prendre en compte dans le choix d'un disjoncteur sont :

- la tension assignée ou tension d'utilisation
- le courant assigné ou courant d'utilisation dans les conditions normales,
- le nombre de poles
- le pouvoir de coupure (PdC) ou courant maximal (I_{ccmax}) que peut couper le disjoncteur,
- la courbe de déclenchement : Variation du temps de déclenchement en fonction du rapport I/I_n .

Il existe 7 courbes normalisées



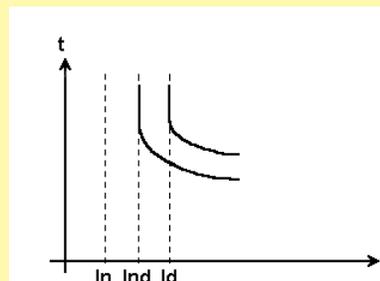
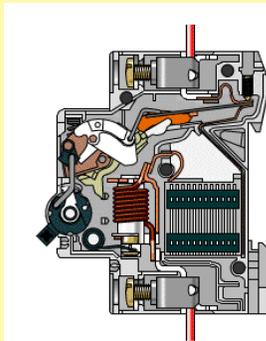
H05

5

Fonctionnement d'un disjoncteur basse tension

La protection contre les surcharges est assurée par un élément thermo-sensible, le bilame.

En cas de surcharge, la déformation du bilame provoque le déclenchement du disjoncteur:



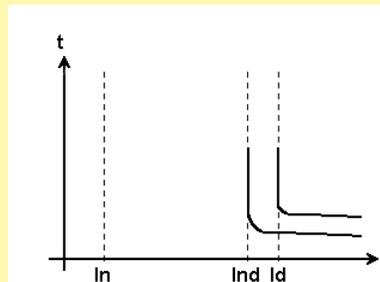
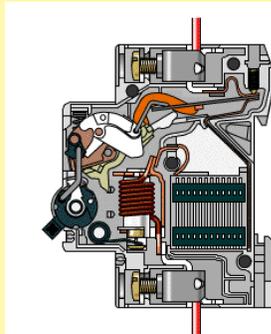
H05

6

Fonctionnement d'un disjoncteur basse tension

La protection contre les court-circuit est assurée par un circuit magnétique.

En cas de court-circuit, le courant traversant le solénoïde crée un champ magnétique qui expulse le plongeur contre le contact mobile :



H05

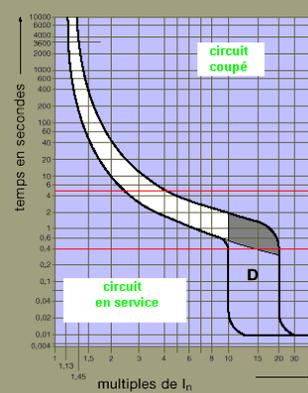
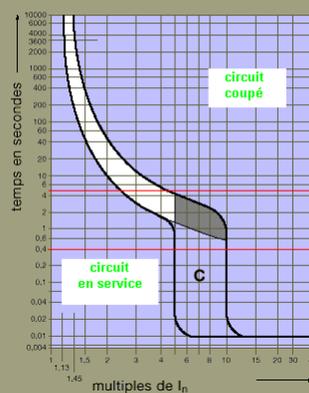
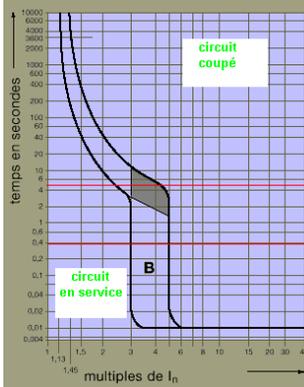
7

Courbes de déclenchement

courbe "B" (EN 60898)
disjoncteurs: MT, NB,
disjoncteurs différentiels

courbe "C" (EN 60898)
disjoncteurs: MU, NC, NM
disjoncteurs différentiels

courbe "D"
disjoncteurs: ND



Déclenchement : 3 à 5 In

Déclenchement : 5 à 10 In

Déclenchement : 10 à 14 In

Utilisation : protection des générateurs, des câbles de grande longueur et des personnes dans les régimes IT et TN

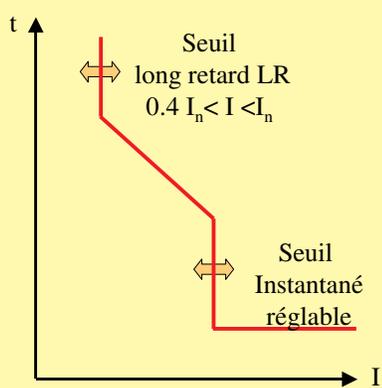
Utilisation : applications courantes

Utilisation : protection des circuits à fort appel de courant

H05

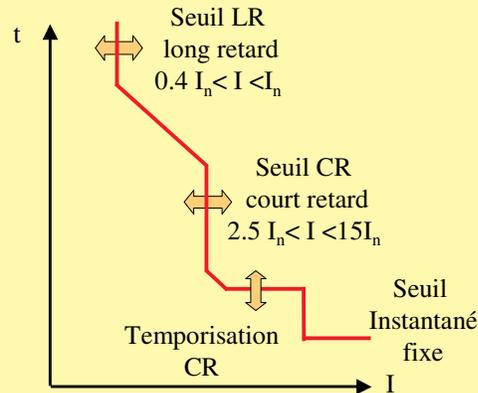
8

Courbes types d'un déclenchement électronique



Protection contre les surcharges par déclenchement long retard (LR) réglable.
Déclenchement instantané (seuil réglable) en cas de court circuit.

H05



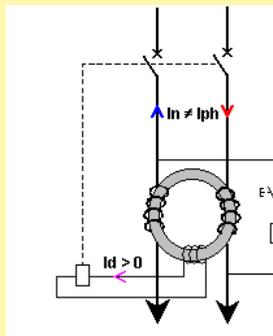
Protection contre les surcharges par déclenchement long retard (LR) réglable.
Court circuit : déclenchement court retard (CR) réglable avec sélectivité chronométrique
Déclenchement instantané à haut seuil fixe.

9

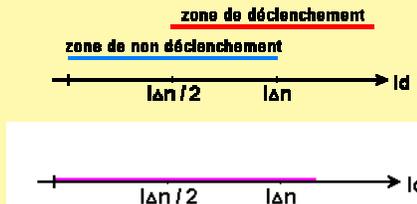
Principe d'un dispositif de protection différentiel

La protection contre les défauts de mode commun est assurée par un dispositif différentiel résiduel (DDR).

L'existence du courant de fuite résultant d'un défaut de mode commun est détectée par un système magnétique :



Seuil de déclenchement du différentiel (sensibilité) :

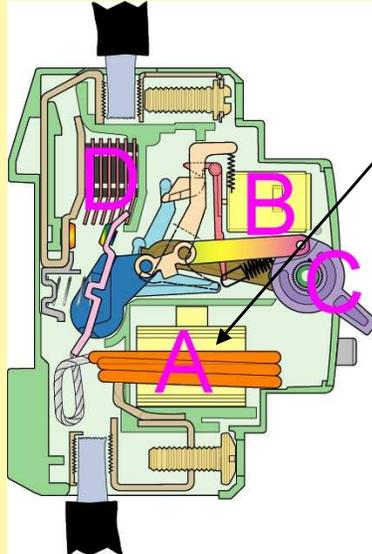


Toute installation électrique présente des courants de fuite permanents à la terre
=> Problème de déclenchement intempestif si le seuil est trop faible

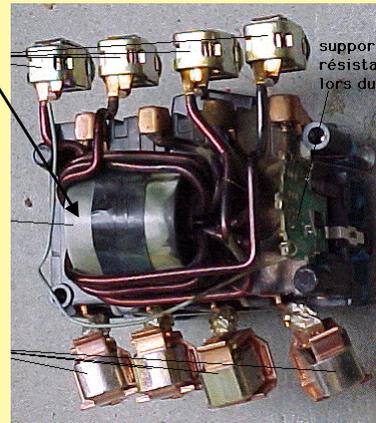
H05

10

DDR : différentiel résiduel de défaut



Tore magnétique pour la détection des courants de fuite à la terre



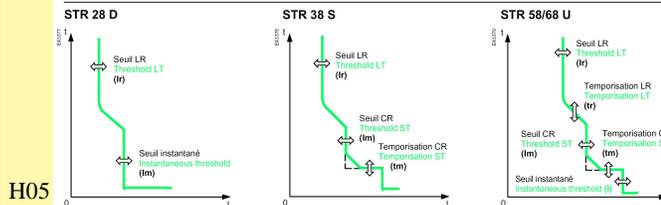
Analyse des spécifications d'un disjoncteur

Disjoncteur basse tension, forte puissance (*sur www.squared.com*)

Masterpact Merlin Gerin 800/6300A, tri et tréapolaire, 690V AC, PdC 40kA/150kA

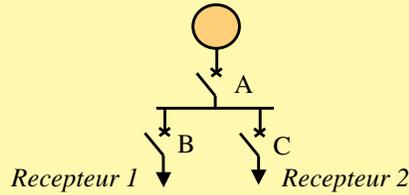
		80 à / to 1600 A M08-M10 M12-M16			
Courant assigné Rated current	In (A)	40°C	800-1000-1250-1600		
Calibre du 4 ^{ème} pole (A) 4th pole rating (A)			800-1000-1250-1600		
Tension d'isolement Rated insulation voltage	Ui (V)		1000		
Temps de coupure (ms) Breaking time		Total maxi.	25 à 30 (sans retard in		
Temps de fermeture (ms) Closing time		Total maxi.	25 à 30 (with no inten		
Tension assignée d'emploi Rated operational voltage (V)	Ue	CA/AC 50/60Hz	690		
Nombre de pôles Number of poles			3, 4		
				Pouvoir de coupure ultime (KA rms)	Icu CA/AC 50/60 Hz
				Rated ultimate breaking capacity (KA rms)	220/415 V 40 65 100
				Utilisation category: B	440 V 40 65 100
				Performance de coupure Rated service breaking	Ics = Icu x ...
					Ics = Icu x ... 100%

Courbes de déclenchement / Tripping curves



Sélectivité

C'est la coordination des dispositifs de protection pour qu'un défaut soit éliminé par le disjoncteur placé immédiatement en amont du défaut.



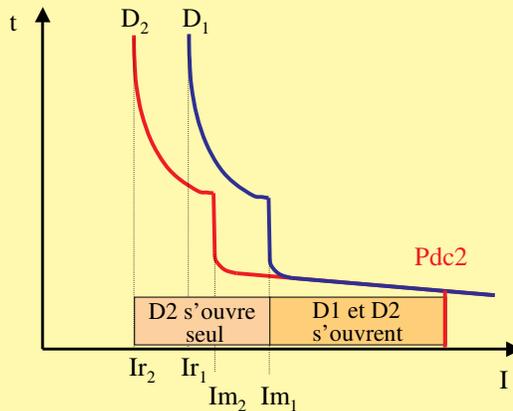
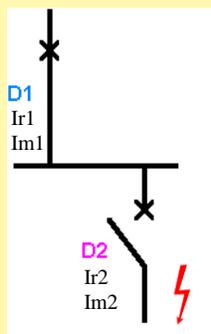
La sélectivité est totale si le disjoncteur en amont du défaut fonctionne seul pour toute valeur du courant de court circuit au point où il est placé (I_{cc}).

La sélectivité est partielle si pour certaines valeurs de courant, plusieurs disjoncteurs peuvent s'ouvrir.

Les principales techniques de sélectivité :

- la sélectivité ampèremétrique.
- la sélectivité chronométrique.
- la sélectivité logique.

Sélectivité ampèremétrique (D_2 n'a pas de pouvoir de limitation)

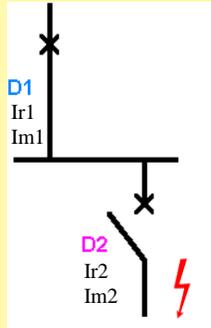


I_r : Calibre du disjoncteur
 I_m : seuil de réglage des déclencheurs magnétiques
 I_{cc2} : court-circuit en aval de D_2

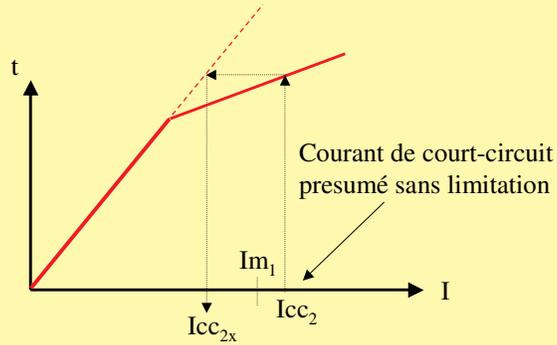
La sélectivité est totale si $I_{cc2} < I_{m1}$
 La sélectivité est partielle si $I_{cc2} > I_{m1}$

Sélectivité ampèremétrique

D₂ a un pouvoir de limitation



Courbe de limitation du disjoncteur D₂



Ir : Calibre du disjoncteur
 Im : seuil de réglage des déclencheurs magnétiques
 Icc2 : court-circuit en aval de D₂
 Icc2x : courant équivalent avec l'effet limitation

La sélectivité est totale si $I_{cc2x} < I_{m1}$

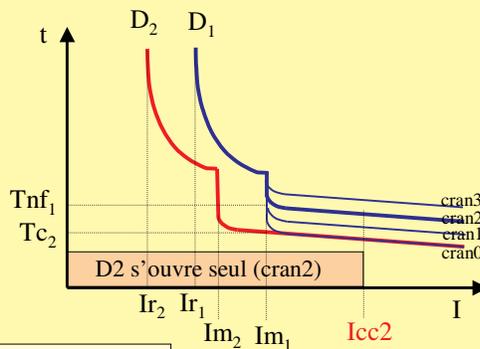
Sélectivité chronométrique

Cette technique consiste à retarder plus ou moins l'instant d'ouverture des disjoncteurs en jouant sur le temps de fonctionnement des appareils (Ajout de retardateurs dans le système de déclenchement des disjoncteurs)

Les disjoncteurs doivent supporter les effets thermiques et électrodynamiques du courant pendant le temps de retard.

L'action du déclencheur magnétique du disjoncteur D1 peut être temporisé (réglage par crans).

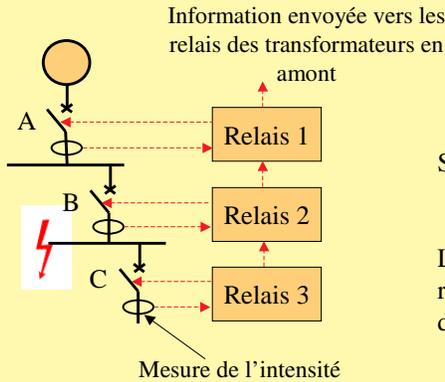
Tc₂ : durée de coupure de D2
 Tnf₁ : temps de non-fonctionnement de D1



La sélectivité est totale si $T_{c2} < T_{nf1}$

Sélectivité logique

Un système logique définit l'ordre de déclenchement en fonction de la localisation du défaut.



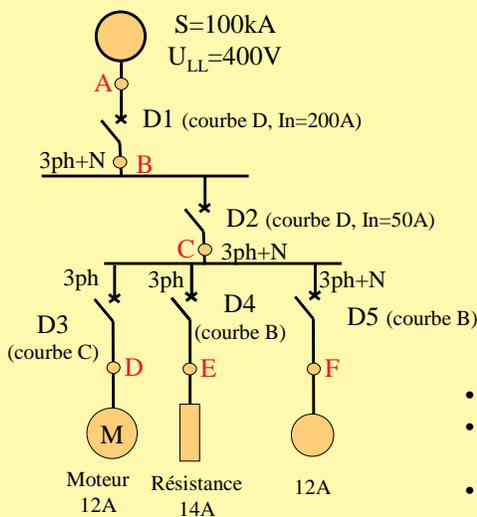
Défaut entre B et C

Surintensité observée par les relais 1 et 2

Le relais 1 reçoit l'information que le relais 2 envoie un ordre d'ouverture du disjoncteur B.

Si le disjoncteur B n'ouvre pas suite à une défaillance, le relais de 1 donnera alors l'ordre au disjoncteur A d'ouvrir.

Sélectivité ampèremétrique



	I _{cc} presumé
Point A	3,14 kA
Point B	2,1 kA
Point C	1,4 kA
Point D, E, F	1 kA
Point G	0,6 kA

Disjoncteurs divisionnaires hager
www.hager.com

- Caractéristiques des disjoncteurs ?
- Sélectivité entre D1 et D2 en cas de défaut au point C ?
- Sélectivité entre D2 et D3 en cas de défaut au point C ?

Protection contre les surcharges

La protection contre les surcharges est assurée lorsque les conditions suivantes sont remplies :

$$I_z \geq \frac{K \cdot I_n}{f} \quad \text{et} \quad I_n \geq I_b$$

I_z : courant admissible dans le conducteur à protéger

I_n : courant nominal du dispositif de protection

I_b : courant d'emploi du circuit (puissance installée)

K : coefficient défini par le type et le calibre du dispositif protection



calibre I_n	disjoncteur	fusible gl
$I_n \leq 10 \text{ A}$	1	1,31
$10 \text{ A} < I_n \leq 25 \text{ A}$	1	1,21
$I_n > 25 \text{ A}$	1	1,1

f : coefficient d'installation (\Rightarrow produit de plusieurs facteurs)

Ce coefficient correspond aux conditions d'installation et d'environnement rencontrées (réseau équilibré ou non, température, mode de pose, groupement de plusieurs conducteurs etc...)

Courant admissible par des conducteurs

Courant admissible pour un maximum de trois conducteurs en cuivre dans une canalisation ou câble sur une base d'une température ambiante de 30 degrés C

Gros seur AWG / mm	Type TW	Courant admissible		
		60 de gré C	75 de gré C Types RW 75 TW 75	90 de gré C Types R90, RW 90 TW 90
14	1,6276	15	15	15
12	2,0526	20	20	20
10	2,5883	30	30	30
8	3,2639	40	45	45
6	4,1148	55	65	65
4	5,1838	70	85	85
3	5,8268	80	100	105
2	6,5432	100	115	120
1	7,3482	110	130	140
0	8,2525	125	150	155

W = à l'épreuve de l'eau

T = Thermoplastique

R = Caoutchouc

NM = non métallique

Teck90 = Câble armé tout usage peut être enfoui dans le sol à découvert, dans des endroits sec ou humide.

Le chiffre qui suit les lettres indique la température maximale admissible du conducteur.

Lorsque aucun chiffre, prendre pour base 60 degrés C

De signation	Ten sion nomi nale ma xima l	nom bre de con ducteurs	Gros seur AWG
Teck 90	5000	2 et plus	14 à 002
NMD90	300	2, 3 ou 4	14 à 2
NMW	300	2, 3 ou 4	14 à 2

La grosseur des conducteurs de cuivre ne doit pas être inférieure à 14 AWG et celle des conducteurs d'aluminium ne doit pas être inférieure à 12 AWG

Chute de tension produite par des conducteurs

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

Cuivre : $\rho = 17,24 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{km}$ à 20 °C
 Aluminium : $\rho = 28,26 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{km}$ à 20 °C

Longueur maximale Lt d'un câble de deux conducteurs pour une chute de tension de 5 % sous 6 V

ampères	Distance en metres à partir de la distribution en suivant le tracé des conducteurs calculé pour une température des conducteurs de 20 degré C				
	12 AWG	10 AWG	8 AWG	6 AWG	4 AWG
2.5	11.5	18.3	28.5	49.4	72.2
4.25	6.8	10.8	16.8	26.7	42.5
7	4.1	6.5	10.2	16.2	24.5
10	2.9	4.6	7.1	11.3	18
12	2.4	3.8	5.9	9.5	15
15	1.9	3.1	4.8	7.6	12
20	1.4	2.3	3.6	5.7	9

Cas général pour déterminer la longueur maximale L dans des conditions différentes

$$\frac{L_{(m)}}{L_{t(m)}} = \frac{U_{(V)}}{6} \cdot \frac{P_{(%)}}{5} \cdot \frac{I_{t(A)}}{I_{(A)}}$$

U : tension réelle d'utilisation
 I : courant réel d'utilisation
 P : chute de tension en %
 It : valeur du courant du tableau
 Lt : Longueur issue du tableau

Protection contre les courants de court-circuit maxi

La protection contre les courts-circuits maxi est assurée lorsque les deux règles suivantes sont respectées :

RÈGLE DU POUVOIR DE COUPURE :

$$P_{dc} \geq I_{cc}$$

RÈGLE DU TEMPS DE COUPURE :

$$t \leq \left(\frac{k \cdot S}{I_{cc}} \right)^2$$

t en seconde (tmax < 5s), S section en mm², Icc en Ampères

Valeurs du coefficient k suivant le type d'isolant



isolant ▶	PVC	caoutchouc	PR, EPR
nature	A ou H05V	A ou H05R...	U1000R...
▼ A ou H07V...	A ou H07R		
cuivre	115	135	143
alu.	74	87	87

Courant de court-circuit à l'extrémité d'une canalisation

mm ² cuivre		Longueur de la canalisation en mètres																												
		0,8	1	1,3	1,6	3	6,5	8	9,5	13	16	32	65	80	95	110	120	130	150	160	180	200	250	300	320	370	400	450	500	
230 V	1,5																													
400 V	2,5																													
	4																													
	6																													
	10																													
	16																													
	25																													
	35																													
	50																													
	70																													
	95																													
	120																													
	150																													
	185																													
	240																													
	300																													
	2 x 120																													
	2 x 150																													
	2 x 185																													
	3 x 120																													
	3 x 150																													
	3 x 185																													
courants de court-circuit au niveau considéré (Icc aval en kA)																														
Icc amont en kA	100	94	94	93	92	91	83	71	67	63	56	50	33	20	17	14	11	9	5	2,4	2	1,6	1,2	1	0,5					
	90	85	85	84	83	83	76	66	62	58	52	47	32	20	16	14	11	9	4,5	2,4	2	1,6	1,2	1	0,5					
	80	76	76	75	75	74	69	61	57	54	49	44	31	19	16	14	11	9	4,5	2,4	2	1,6	1,2	1	0,5					
	70	67	67	66	66	65	61	55	52	49	45	41	29	18	16	14	11	9	4,5	2,4	1,9	1,6	1,2	1	0,5					
	60	58	58	57	57	57	54	48	46	44	41	38	27	18	15	13	10	8,5	4,5	2,4	1,9	1,6	1,2	1	0,5					
	50	49	48	48	48	48	46	42	40	39	36	33	25	17	14	13	10	8,5	4,5	2,4	1,9	1,6	1,2	1	0,5					
	40	39	39	39	39	39	37	35	33	32	30	29	22	15	13	12	9,5	8	4,5	2,4	1,9	1,6	1,2	1	0,5					
	35	34	34	34	34	33	31	30	29	27	26	21	15	13	11	9	8	4,5	2,3	1,9	1,6	1,2	1	0,5						
	30	30	29	29	29	28	27	26	25	24	23	19	14	12	11	9	7,5	4,5	2,3	1,9	1,6	1,2	1	0,5						
	25	25	25	25	24	24	24	23	22	22	21	20	17	13	11	10	8,5	7	4	2,3	1,9	1,6	1,2	1	0,5					
	20	20	20	20	20	19	19	18	18	17	17	14	11	10	9	7,5	6,5	4	2,2	1,8	1,5	1,2	1	0,5						
	15	15	15	15	15	15	14	14	14	13	13	12	9,5	8,5	8	7	6	4	2,1	1,8	1,5	1,2	0,9	0,5						
	10	10	10	10	10	10	9,5	9,5	9,5	9	8,5	7	6,5	6,5	5,5	5	4,5	3,5	2	1,7	1,4	1,1	0,9	0,5						
	7	7	7	7	7	7	7	6,5	6,5	6,5	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3,5	2,5	1,7	1,4	1,1	0,9	0,5							
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4,5	4	4	3,5	3,5	3	2,9	2,2	1,6	1,3	1,2	1,1	0,8	0,4						
	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3	3	2,9	2,2	1,6	1,3	1,2	1,1	0,8	0,4						
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2,9	2,9	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	1,9	1,4	1,2	1,1	0,9	0,4					
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,4	1,1	1	0,9	0,8	0,7	0,4					
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,3				

H05

23

Protection contre les courants de court-circuit mini

Un court-circuit peut se produire à l'extrémité d'une ligne. Dans ce cas, il faut vérifier que le dispositif de protection placé à l'origine de la ligne coupe le courant de court-circuit dans un temps déterminé, avant la détérioration des conducteurs et de l'installation.

On parle de courant de court-circuit mini (Icc_{mini}) car il est limité par l'impédance de la ligne.

Pour un fusible :

$$I_a < I_{cc_{mini}}$$

I_a : courant de fusion du fusible pour un temps de 5 secondes

Pour un disjoncteur :

$$I_{rm} < I_{cc_{mini}}$$

I_{rm} : courant de fonctionnement du magnétique

H05

24

Protection contre les courants de court-circuit mini

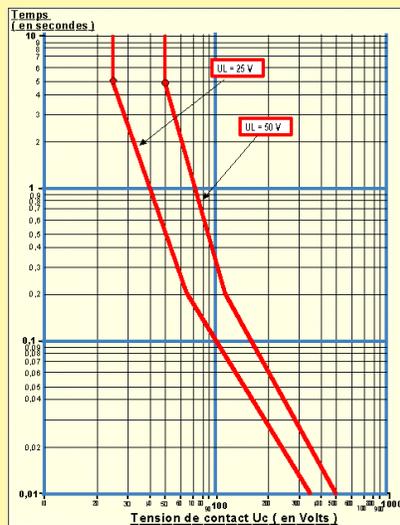
On peut spécifier aussi une longueur maximale de ligne protégée contre les courts-circuits par un disjoncteur, dans certaines conditions.

Exemple : Longueur maximale de protection par disjoncteur de type B

section (mm ²)	courant assigné des disjoncteurs type B (A)												
	6	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	
1,5	296	178	137	111	89	71	56	44	36	28	22	18	
2,5	494	296	228	185	148	119	93	74	59	47	37	30	
4	790	474	385	296	237	190	148	119	95	75	59	47	
6		711	547	444	356	284	222	178	142	113	89	71	
10			912	741	593	474	370	296	237	188	148	119	
16					948	759	593	474	379	301	237	190	
25							926	741	593	470	370	296	
35		L. max. en mètres								830	658	519	415
50									894	704	563		

Conditions d'utilisation : – conducteurs en cuivre
– réseau triphasé 400 V

Tension et temps limites pour la protection des personnes

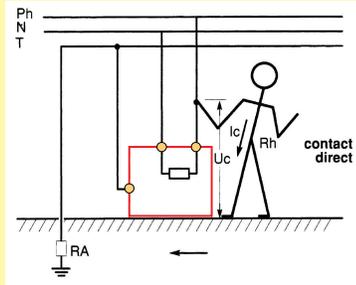


Selon le type de local (sec ou humide), on définit deux types de tension de sécurité (25 et 50V). Ces tensions de sécurité écoulent dans le corps humain un courant inférieur à 30 mA.

Le danger du courant électrique étant fonction de sa durée de passage, le tableau suivant fixe le temps de coupure maximal du dispositif de protection en fonction de la tension de défaut.

Exemple : lors d'un défaut dans un local sec ($U_L = 50\text{ V}$), si la tension de contact vaut 120 V, le dispositif de protection doit couper le circuit en moins de 0,2 seconde.

Protection des personnes contacts directs et indirects

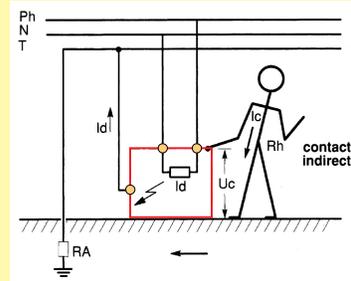


Contact direct : Personne est mise accidentellement en contact avec :

- 2 conducteurs actifs
- 1 conducteur actif et une masse conductrice reliée à la terre.

Conséquence d'une négligence, d'une maladresse ou d'un manquement aux règles de sécurité.

H05



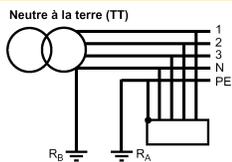
Contact indirect : personne en contact avec une masse métallique mise accidentellement sous tension par un conducteur actif mal isolé d'une part, et une masse conductrice reliée à la terre d'autre part.

C'est un accident généralement lié à l'état du matériel électrique.

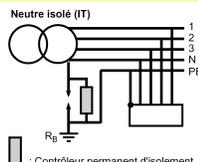
27

Schémas de liaison à la terre

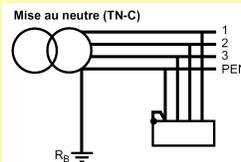
situation du neutre		situation des masses		régime du neutre	
neutre relié directement à la terre	T	masses reliées à une prise de terre	T	schéma	T.T.
neutre relié directement à la terre	T	masses reliées au neutre	N	schéma	T.N.
neutre isolé de la terre (ou impédant)	I	masses reliées à une prise de terre	T	schéma	I.T.



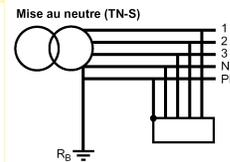
T.T.



I.T.



T.N. C
Fil de protection
PE et neutre relié



T.N. S
Fil de protection
PE et neutre séparé

H05

28

Protection contre les contacts directs

Quel que soit le régime du neutre, le défaut produit par un contact direct doit être éliminé dès son apparition

Les principales mesures de protection contre les contacts directs sont:

- L'isolation des parties actives du matériel électrique (*gaine, cache bornes...*).
- La protection au moyen d'enveloppes et de barrières (*coffrets, tableaux...*) qui permettent de rendre le matériel électrique inaccessible.
- L'utilisation de la très basse tension de sécurité (TBTS (inférieure à 25 V)).
- L'installation de DDR à haute sensibilité (< ou égale à 30 mA).

Schéma T.T. : Terres et Masses séparées

L'apparition d'un défaut d'isolement entraîne une élévation dangereuse du potentiel des masses.

Cela implique que l'installation soit pourvue d'un dispositif de coupure au 1er défaut.

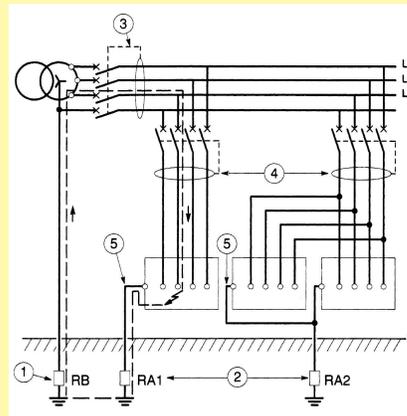
$$U_c = \frac{RA1}{RB + RA1} \cdot V_{IN} \quad \text{et} \quad I_d = \frac{V_{IN}}{RB + RA1}$$

Généralement $I_d < I_n$
 \Rightarrow Protection par DDR

Si $U_c \geq U_L \Rightarrow$ Seuil de sensibilité du DDR

$$I\Delta n \leq \frac{U_L}{RA1}$$

Le temps de fonctionnement de la protection doit être choisi en fonction de la tension de défaut

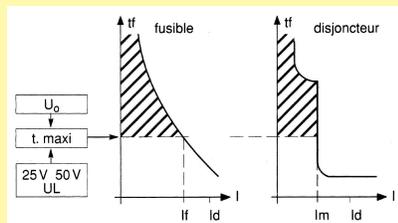


Sélectivité totale entre 4 et 3 si $I\Delta n_{\text{amont}} \geq 3 \cdot I\Delta n_{\text{aval}}$ et $tnf_{\text{amont}} \geq tc_{\text{aval}}$

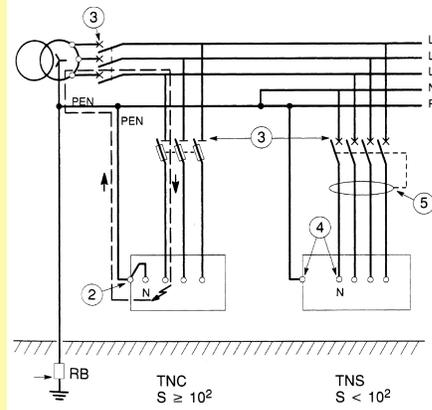
L'apparition d'un défaut d'isolement se traduit par un court-circuit phase-neutre.

➔ **Interdiction de couper le PEN en schéma TNC**

Protection contre les contacts indirects assurée par les dispositifs de protection contre les surintensités (fusibles et/ou disjoncteurs)



If < Id ou Im < Id



Courant de défaut : $I_d = \frac{V_{IN}}{Z_d}$

Zd : impédance de la boucle de défaut

Protection contre les contacts indirects

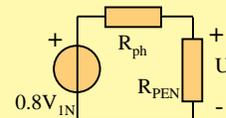
Zd est difficile à évaluer



- Approximation :**
- 1) Les impédances en amont du départ en défaut, provoquent une chute de tension de 20 %.
 - 2) $S < 120 \text{ mm}^2$, les réactances sont négligeables.

$$I_d = \frac{0.8 \times V_{IN}}{R_{ph} + R_{PEN}}$$

R_{ph} : Résistance du câble de phase
R_{PEN} : Résistance du câble de phase



$$U_c = 0.8 \times \frac{R_{PEN}}{R_{ph} + R_{PEN}} \cdot V_{IN}$$

$$R_{ph} = \rho \cdot \frac{L_{ph}}{S_{ph}}$$

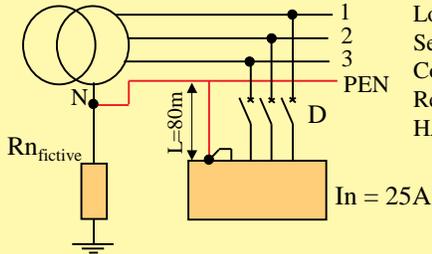
$$R_{PEN} = \rho \cdot \frac{L_{PEN}}{S_{PEN}}$$

La longueur des câbles doit être limitée : si $L > L_{max}$ alors $I_d < I_m$

$$L \leq 0.8 \times \frac{S_{PH}}{\rho \cdot \left(1 + \frac{S_{PH}}{S_{PEN}}\right)} \cdot I_m \cdot V_{IN}$$

I_m : courant du magnétique
(courant de fonctionnement du dispositif de protection)

Exemple Etude d'un défaut en régime TNC



Longueur du câble : 80 mètres
 Section des conducteurs : 6 mm² en cuivre
 Courant nominal absorbé par le récepteur = 25 A
 Référence du disjuncteur de protection (calibre 25 A)
 HAGER MM513

Remarque: L'utilisation d'un DDR est impossible avec un régime TNC. Il faut passer à un régime TNS

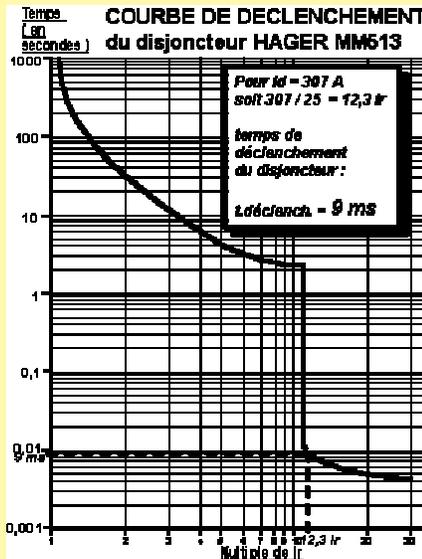
$$R_{ph} = \rho \cdot \frac{L_{ph}}{S_{ph}} = 22.5 \cdot 10^3 \cdot \frac{80}{6} = 0.3\Omega = R_{PEN}$$

$$I_d = \frac{0.8 \times V_{IN}}{R_{ph} + R_{PEN}} = \frac{0.8 \times 230}{0.6} = 307A$$

$$U_c = 0.8 \times \frac{V_{IN}}{2} = 92V$$

Courbe de sécurité avec $U_L=50V \Rightarrow t_{déclen} < 450ms$

Exemple (suite) Etude d'un défaut en régime TNC



Pour $I_d = 307A$

On vérifie que le temps de déclenchement est inférieur à 450 ms

La sécurité des personnes est bien assurée

Est-elle toujours assurée si on utilise une longueur de câble de 300 m ?



Dans le cas contraire, il faut utiliser le régime TNS et une protection différentielle

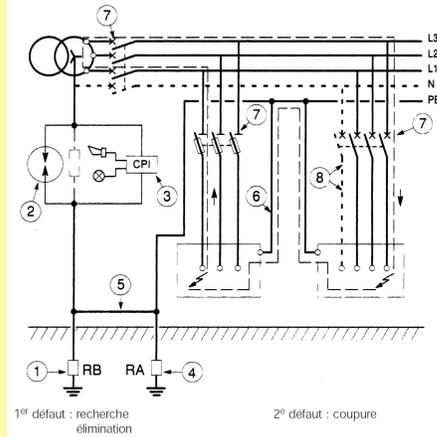
Schéma I.T.

L'apparition d'un défaut d'isolement n'entraîne pas une élévation de potentiel dangereuse des masses.

$$U_c \approx 0$$

-
- Le défaut doit être signalé et éliminé.
 - Installation d'un contrôle permanent d'isolement (CPI).

*L'apparition d'un deuxième défaut d'isolement nécessite des solutions identiques aux schémas **TT** et **TN***



La longueur des câbles doit être limitée : si $L > L_{max}$ alors $I_d < I_m$

$$L \leq 0.4 \times \frac{S_{PH}}{\rho \cdot \left(1 + \frac{S_{PEL}}{S_{PE}}\right)} \cdot V_{IN}$$

Bibliographie

Schneider Electric : <http://www.schneiderelectric.com>

Cahier technique n° 114
Les dispositifs différentiels résiduels en BT
R. Calvas

Cahier technique n° 172
Les schémas des liaisons à la terre en BT (régimes de neutre)
B. Lacroix, R. Calvas

Cahier technique n° 173
Les schémas des liaisons à la terre dans le monde et évolutions
B. Lacroix, R. Calvas

Cahier technique n° 201
Sélectivité avec les disjoncteurs de puissance basse tension
J.P. Nereau

Disjoncteurs : www.hager.com
www.squared.com