

Schéma TT - Protection contre les contacts indirects

$$R_A \leq \frac{U_L}{I \Delta n} \text{ soit } I \Delta n \leq \frac{U_L}{R_A}$$

Type DDR	IΔn	Résistance maximale de la prise de terre (Ω)
		50 V
Basse sensibilité (BS)	30 A	1,6 Ω
	3 A	16 Ω
Moyenne sensibilité (MS)	1 A	50 Ω
	500 mA	100 Ω
	300 mA	167 Ω
Haute sensibilité (HS)	100 mA	500 Ω
	30 mA	1667 Ω

Fig. F28: Limite supérieure de la résistance de la prise de terre des masses à ne pas dépasser en fonction de la sensibilité des DDR et de la tension limite $U_L = 50 \text{ V CA}$
(d'après tableau 53B de la norme NF C 15-100-5-53)

avec :

R_A : résistance de la prise de terre des masses

U_L : Tension Limite de sécurité

$I \Delta n$: Courant différentiel de fonctionnement assigné

2.2 Neutre à la terre ou schéma TT

En présence d'un défaut d'isolement, le courant de défaut I_d (cf. fig. 10), est essentiellement

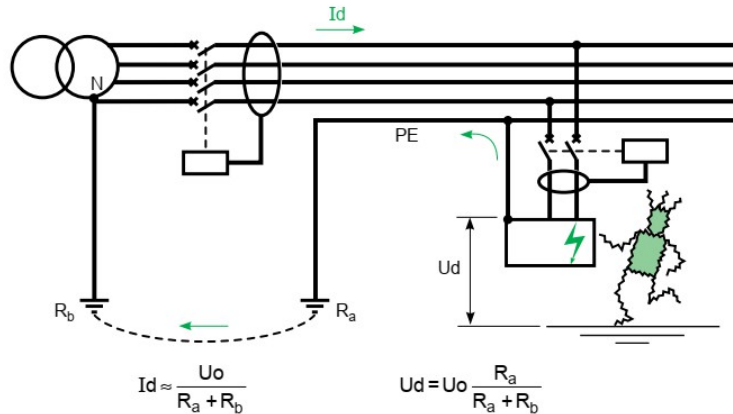


Fig. 10 : courant et tension de défaut en schéma TT.

limité par les résistances de terre (si la prise de terre des masses et la prise de terre du neutre ne sont pas confondues).
Toujours avec l'hypothèse $R_d = 0$, le courant de défaut est :

$$I_d \approx \frac{U_0}{R_a + R_b}$$

Ce courant de défaut induit une tension de défaut dans la résistance de terre des utilisations :

$$U_d = R_a I_d, \text{ ou } U_d = \frac{U_0 R_a}{R_a + R_b}$$

Les résistances de terre étant généralement faibles et de même ordre de grandeur ($\approx 10 \Omega$), cette tension de l'ordre de $U_0/2$ est dangereuse ; il est donc obligatoire de prévoir une déconnexion automatique de la partie de l'installation concernée par le défaut (cf. fig. 11).

Mise en œuvre

Le courant de défaut au delà duquel il y a risque ($I_{d0} = \frac{U_L}{R_a}$) étant très largement inférieur aux réglages des dispositifs de protection à maximum de courant, il est nécessaire de mettre en œuvre, en tête d'installation, au moins un DDR. Pour améliorer la disponibilité de l'énergie électrique, l'emploi de plusieurs DDR permet de réaliser une sélectivité ampèremétrique et chronométrique au déclenchement. Tous ces DDR auront un seuil de courant assigné $I_{\Delta n}$ inférieur à I_{d0} .

$I_{\Delta n} \leq \frac{U_L}{R_a}$	Résistance maximale (Ω) de la prise de terre R_a pour $U_L =$	
	50 V	25 V
3 A	16	8
1 A	50	25
500 mA	100	50
300 mA	166	83
30 mA	1660	833

Fig. 11 : limite supérieure de la résistance de la prise de terre des masses à ne pas dépasser en fonction de la sensibilité des DDR et de la tension limite U_L , [$I_{\Delta n} = f(R_a)$].

La mise hors tension, par intervention des DDR, doit se faire d'après la norme en moins de 1 s.

A noter que la protection par DDR :

- est indépendante de la longueur des câbles ;
- autorise plusieurs prises de terre R_a séparées (disposition non souhaitable car le PE n'est plus une référence de potentiel unique pour l'ensemble de l'installation).

Le Cahier Technique n° 114 traite en détail de la technologie et de l'emploi des DDR.

5 Mise en oeuvre du schéma TT

5.1 Schéma TT - Protection contre les contacts indirects

5.1.1 Cas général

La protection contre les contacts indirects est assurée par des DDR dont la sensibilité $I\Delta n$ respecte la condition :

$$I\Delta n \leq \frac{50V}{R_A}$$

Le choix de la sensibilité du dispositif différentiel, fonction de la résistance de la prise de terre, est donné par le tableau F28.

Fig. F28
Limite supérieure de la résistance de la prise de terre des masses à ne pas dépasser en fonction de la sensibilité des DDR et de la tension limite $U_L = 50 V$ CA (d'après tableau 53B de la norme NF C 15-100-5-53)

Type DDR	$I\Delta n$	Résistance maximale de la prise de terre (Ω)
Basse sensibilité (BS)	30 A	1,6
	3 A	16
Moyenne sensibilité (MS)	1 A	50
	500 mA	100
	300 mA	167
	100 mA	500
Haute sensibilité (HS)	30 mA	≥ 1667

F25

5.1.2 Cas des circuits de distribution

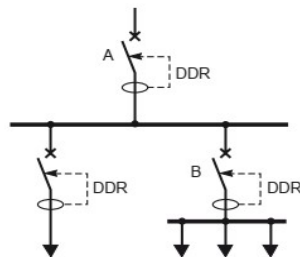
(cf. Fig. F29)

La NF C 15-100 autorise un temps maximal de déclenchement de 5 s.

La norme CEI 60364-4-41 § 411.3.2.4 et certaines normes nationales autorisent un temps maximal de coupure de 1s pour les circuits de distribution. Cela permet de mettre en œuvre la sélectivité des protections par DDR :

- au niveau A : DDR retardé par exemple de type S,
- au niveau B : DDR instantané.

Fig. F29
Circuits de distribution



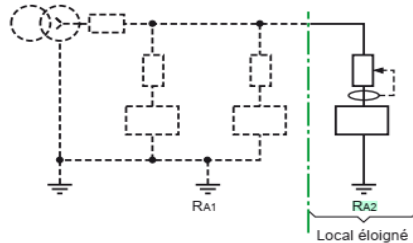
5.1.3 Cas où une masse ou un groupe de masses est relié à une prise de terre séparée

(cf. Fig. F30)

Protection contre les contacts indirects par DDR en tête de chaque groupe de masses relié à une prise de terre distincte. La sensibilité doit être adaptée à la résistance R_{A2} de la prise de terre.

5 Mise en oeuvre du schéma TT

Fig. F30
Prise de terre séparée



F26

5.2 Schéma TT - Coordination des protections différentielles

Elle est assurée, soit par la sélectivité, soit par la sélection des circuits, ou par l'une et l'autre.

La sélection consiste à subdiviser les circuits et à les protéger individuellement ou par groupes.

La sélectivité évite le déclenchement du dispositif amont lorsque le défaut est éliminé par le dispositif aval sollicité.

- La sélectivité peut être à trois niveaux, ou même quatre, lorsque l'installation comporte un tableau général Basse Tension, des tableaux secondaires et des tableaux terminaux.
- C'est en général, au niveau du tableau terminal, que sont placés les dispositifs de coupure automatique pour assurer la protection contre les contacts indirects et la protection complémentaire contre les contacts directs.

5.2.1 Sélectivité des DDR entre-eux

Les règles de sélectivité pour réaliser une sélectivité totale entre 2 DDR imposent les 2 conditions suivantes :

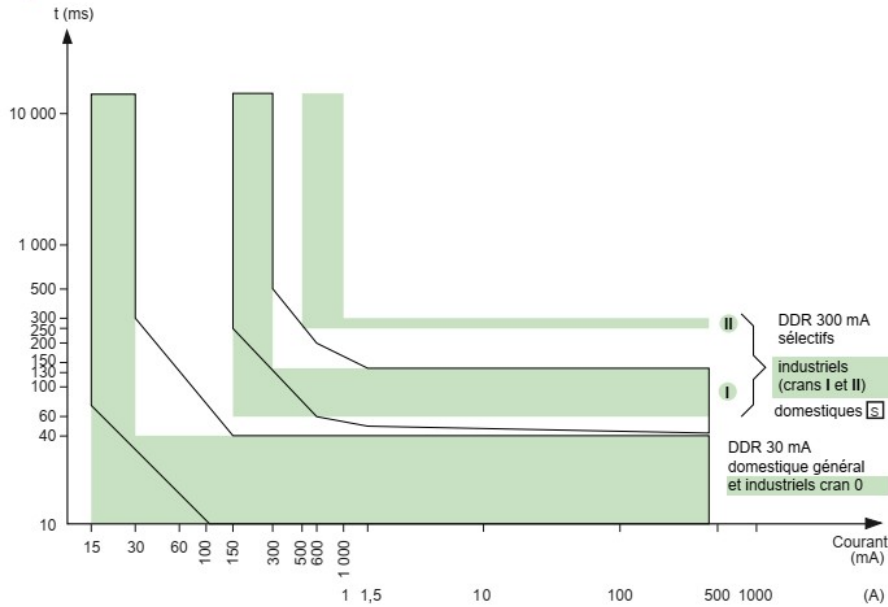
- condition de déclenchement : la **sensibilité du DDR situé en amont doit être au moins 2 fois celle du DDR situé en aval**. D'un point de vue pratique, cette condition s'obtient par l'étagement des valeurs normalisées (normes produits CEI 60755, CEI 60009, CEI 60747-2 annexe B et annexe M) : 30 mA, 100 mA, 1 A, ..., 30 A,
- condition de temporisation : la temporisation de déclenchement du DDR situé en amont doit être supérieure au temps total de coupure du DDR aval.

D'un point de vue pratique, cette condition est obtenue lorsque le DDR et l'organe de coupure associé vérifient les courbes de non déclenchement et de déclenchement de la **Figure F31**.

Note : il est impératif de vérifier que le temps de coupure du DDR situé en amont est inférieur au temps maximal de coupure spécifié.

5 Mise en oeuvre du schéma TT

Fig. F31: DDR sélectifs entre-eux



F27

5.2.2 Sélectivité totale à 2 niveaux

(cf. Fig. F32)

Protection

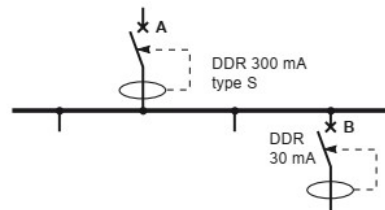
- En A : DDR-MS retardé (cran I) ou de type S pour la protection contre les contacts indirects.
- En B : DDR-HS sur les circuits pour socles de prises de courants ou les circuits pour les récepteurs à risque.

Solutions Schneider Electric

- En A : disjoncteur différentiel adaptable Vigicompact ou Acti 9, cran I ou type S.
- En B : disjoncteur différentiel intégré Acti 9 ou adaptable (ex : Vigi iC60 ou Vigi C120) ou Vigicompact.

Nota : le réglage du DDR amont doit intégrer les règles de sélectivité et tenir compte de tous les courants de fuite en aval.

Fig. F32
Sélectivité totale à 2 niveaux



Sélectivité totale à 3 ou 4 niveaux

(cf. Fig. F33)

Protection

- En A : DDR-MS retardé (cran III).
- En B : DDR-MS retardé (cran II).
- En C : DDR-MS retardé (cran I) ou de type S.
- En D : DDR-HS instantané.

5 Mise en oeuvre du schéma TT

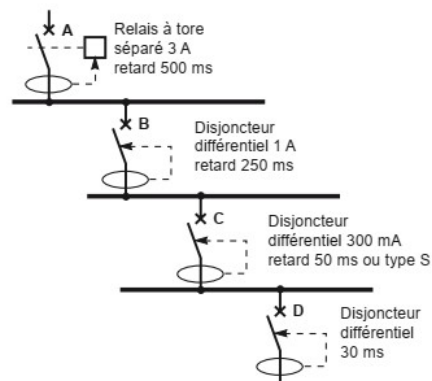
Solutions Schneider Electric

- En A : DDR à tore séparé.
- En B : Vigicomact NSX ou Vigirex.
- En C : Vigirex, Vigicomact NSX ou Vigi iC60.
- En D :
 - Vigicomact NSX ou,
 - Vigirex ou,
 - Acti 9 avec module intégré ou différentiel adaptable: Vigi iC60 ou DT40 Vigi.

Nota : le réglage de chaque DDR amont doit intégrer les règles de sélectivité et tenir compte de tous les courants de fuite en aval.

F28

Fig. F33
Sélectivité totale à 4 niveaux

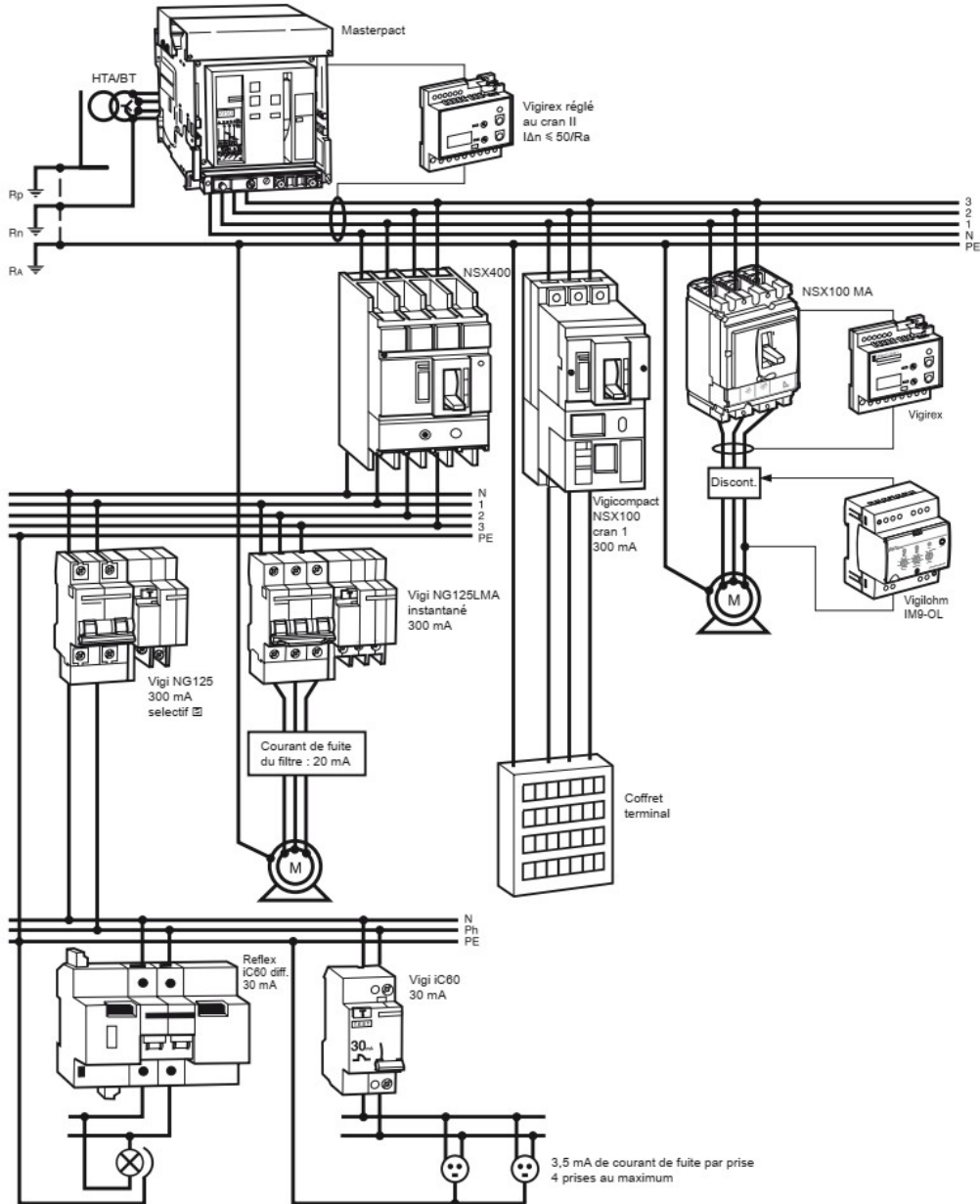


5.2.3 Sélectivité différentielle verticale

(cf. Fig. F34)

5 Mise en oeuvre du schéma TT

Fig. F34: Exemple classique de réalisation d'une installation à 3 niveaux de sélectivité illustrant la protection des circuits de distribution, des circuits terminaux en schéma TT. Le moteur est pourvu de ses protections spécifiques.



F29

5.3 Schéma TT - Dispositif différentiel haute sensibilité (DDR- HS)

(cf. Fig. F35)

La norme CEI 60364-4-41 § 415.1.1 reconnaît comme une mesure efficace la protection complémentaire des personnes contre les contacts directs par des DDR haute sensibilité (DDR-HS $I_{\Delta n} \leq 30$ mA).

Schéma de liaison à la terre TT

Protection des personnes contre les contacts indirects

La norme NFC 15-100 définit le temps de coupure maximal du dispositif de protection des personnes contre les contacts indirects dans les conditions normales ($U_c = 50\text{ V}$).
 U_c est la tension de contact la plus élevée qui peut être maintenue indéfiniment sans danger pour les personnes.
 Ces temps sont rappelés ► page **A238**.
 Dans un réseau en schéma TT, la protection des personnes contre les contacts indirects est réalisée par des dispositifs à courant différentiel résiduel (DDR).

Le seuil de sensibilité $I_{\Delta n}$ de ce dispositif doit être tel que $I_{\Delta n} < U_c / R_u$ (R_u : résistance des prises de terre des masses d'utilisation).

Le choix de la sensibilité du différentiel est fonction de la résistance de la prise de terre donnée dans le tableau ci-dessous.

$I_{\Delta n}$	résistance maximale de la prise de terre R_u ($U_c = 50\text{ V}$)
3 A	16 Ω
1 A	50 Ω
500 mA	100 Ω
300 mA	166 Ω
30 mA	1660 Ω

Lorsque toutes les masses d'utilisation sont interconnectées et reliées à une seule et même prise de terre R_u , le minimum obligatoire est de placer un DDR en tête de l'installation.

Un DDR doit être installé en tête des circuits dont la masse ou le groupe de masses est relié à une prise de terre séparée.

Un DDR à haute sensibilité ($\leq 30\text{ mA}$) doit être installé impérativement sur les départs alimentant des circuits de socles de prises de courant assigné $\leq 32\text{ A}$, des départs alimentant des salles d'eaux, piscines, chantiers...

Dans le cas où on installe plusieurs DDR, il est possible d'améliorer la disponibilité de l'énergie en réalisant, soit une sélectivité verticale, soit une sélectivité horizontale.

Sélectivité verticale

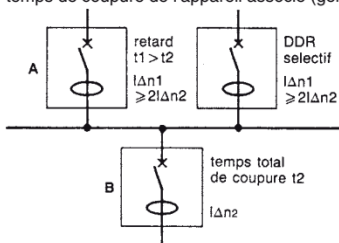
Le courant de défaut différentiel n'est pas limité, comme pour un courant de court-circuit, par l'impédance du réseau, mais par la résistance du circuit de retour (prises de terre de la source et des utilisations) ou, dans le cas où toutes les masses sont interconnectées par une liaison équipotentielle principale, par l'impédance de boucle du défaut.

Ceci étant, le courant différentiel sera d'autant plus élevé que le défaut sera franc. Pour réaliser la sélectivité entre A et B (non-déclenchement de A pour défaut en aval de B), la sélectivité doit être ampéremétrique et chronométrique :

- en courant, la sensibilité de l'appareil amont doit être au moins le double de celle de l'appareil aval car $I_{\Delta n1} \geq 2 I_{\Delta n2}$

- en temps, le retard t_1 , apporté au fonctionnement de l'appareil amont doit être supérieur au temps total de coupure t_2 de l'appareil aval.

Lorsqu'on utilise un relais séparé associé à un appareil de coupure, le temps t_2 comporte, non seulement le temps de réponse du relais DR, mais également le temps de coupure de l'appareil associé (généralement inférieur à 50 ms).



sélectivité verticale avec les différentiels Schneider Electric(1), réglage des retards "amont"

appareil aval	appareil amont	
disj. ou inter. diff. (2) modulaire $I_{\Delta n} = 30\text{ mA}$	Vigicompact NSX(3)	Vigirex RH99
disj. ou inter. diff. (2) Minicompact Vigicompact à fonctionnement inst.	"cran de modularité sélectif à choisir"	"cran de temporisation à choisir"
Vigicompact réglable	cran 0 = instantané	cran I
Vigirex RH99 réglable(4)	cran 0 = instantané	cran I
	cran I = 60 ms	cran II
	cran 0 = instantané	cran I
	cran I = 50 ms	cran II

(1) Les DDR Schneider Electric ont des sensibilités $I_{\Delta n}$ qui, pour les plus courantes, sont toutes 2 à 2 dans un rapport supérieur à 2 (10 - 30 - 100 mA - 300 mA - 1 - 3 - 10 - 30 A).

(2) Choix des interrupteurs différentiels ► page A15.

(3) Il y a par construction, sélectivité chronométrique entre tous les crans II et I, II et 0.

(4) Les réglages des temporisations sont donnés pour un relais RH99 associé à un disjoncteur Compact NSX.

Sélectivité horizontale

Prévue par la norme NF C 15-100 § 536-3-2, elle permet l'économie d'un disjoncteur différentiel en tête d'installation lorsque les divers disjoncteurs sont dans le même tableau.

En cas de défaut, seul le départ en défaut est mis hors tension, les autres dispositifs différentiels ne voyant pas de courant de défaut.

- ce schéma n'est admis que si les moyens appropriés sont mis en œuvre pour se prémunir contre les défauts à la masse dans la partie d'installation compris entre le disjoncteurs général et les dispositifs différentiels.

- ces moyens appropriés peuvent résulter de l'emploi de matériels de la classe II, ou l'application de la mesure de protection "par isolation supplémentaire" contre les contacts indirects

