



Schéma TN - Calcul du courant de défaut à la terre

Méthodes de détermination de la protection

Dans un schéma de mise à la terre type TN, un défaut à la terre fournira en principe un courant suffisant pour faire déclencher un dispositif de protection contre les surintensités.

Les impédances de la source et de la distribution amont sont nettement plus faibles que celles des circuits de la distribution BT, de ce fait la limitation de l'intensité du courant de défaut ne sera due qu'à l'impédance des circuits de la distribution BT (en particulier pour les circuits terminaux, les longs câbles souples d'alimentation des appareils augmentent de façon sensible l'impédance de la boucle de défaut).

Les plus récentes recommandations de la CEI pour la protection des personnes contre les contacts indirects ne spécifient uniquement que le temps maximal de coupure imposé en fonction de la tension nominale du réseau BT (voir **Fig. F13**).

Le raisonnement soutenant ces recommandations est que pour les schémas TN, l'intensité du courant de défaut qui doit circuler pour élever le potentiel des masses à des tensions de 50 V et plus, est si importante que :

- soit le défaut disparaîtra de lui-même, pratiquement instantanément,
- soit le conducteur se soude et entraîne un courant suffisant pour faire déclencher les dispositifs de protection contre les surintensités.

Pour garantir le bon fonctionnement des protections contre les surintensités dans ce dernier cas, une évaluation relativement précise du niveau d'intensité du courant de défaut à la terre, courant équivalent à un court-circuit phase terre, pour chaque circuit doit être réalisée à la conception du projet.

Une analyse rigoureuse requiert l'utilisation de la méthode des composantes symétriques appliquées à chacun des circuits. Le principe est parfaitement exact mais le nombre considérable de calculs à effectuer n'est pas jugé efficient du fait que la valeur des composantes symétriques (directe, inverse, homopolaire) des impédances est extrêmement difficile à déterminer avec un degré raisonnable de précision dans une installation BT moyenne.

D'autres méthodes plus simples et de bonne précision sont préférées.

Trois méthodes pratiques sont disponibles :

- la **“méthode des impédances”**, fondée sur la sommation des impédances complexes (c'est à dire faire séparément la sommation de toutes les résistances et de toutes les réactances puis calculer l'impédance correspondante) de la boucle de défaut depuis (et y compris) la source jusqu'au point de l'installation considéré pour chaque départ,
- la **“méthode de composition”**, qui permet une estimation du courant de court circuit maximal à l'extrémité d'une canalisation en connaissant : le courant de court-circuit à l'origine de la canalisation, l'impédance de la canalisation,
- la **“méthode conventionnelle”**, qui permet une estimation du courant de court-circuit minimal directement

à partir de tableaux indiquant immédiatement le résultat.

Ces méthodes ne sont fiables que dans le cas où les câbles qui constituent la boucle de courant de défaut de terre sont à proximité (l'un de l'autre) et non séparés par des matériaux ferromagnétiques.

Remarque : le logiciel de conception de réseaux électriques EcoStruxure Power Design Ecodial de Schneider Electric est basé sur la "méthode des impédances".

Méthode des impédances

Elle consiste à déterminer toutes les valeurs des résistances et des réactances de la boucle de défaut et à calculer le courant de court-circuit en utilisant la formule :

$$I = \frac{U_0}{\sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2}}$$

où :

- U_0 = tension nominale phase-neutre.
- $(\sum R)^2$ = carré de la somme de toutes les résistances du circuit.
- $(\sum X)^2$ = carré de la somme de toutes les réactances du circuit.

L'application n'en est pas toujours facile car elle suppose connues toutes les caractéristiques des différents éléments de la boucle de défaut. Mais le guide C15-105 donne les éléments nécessaires.

Pour réaliser le calcul des installations électriques, les concepteurs n'utilisent actuellement pratiquement que des logiciels. Ceux-ci doivent être agréés par les autorités nationales compétentes. Ces logiciels, tels que Ecodial, utilisent des algorithmes de calcul conformes à la méthode des impédances. Les autorités nationales compétentes éditent aussi des guides pratiques qui proposent des valeurs typiques, par exemple pour la longueur des câbles.

Méthode de composition

Elle permet de déterminer le courant de court-circuit à l'extrémité d'un circuit en connaissant celui à l'origine de ce même circuit par application de la formule approchée :

$$I = \frac{I_{cc} \cdot U_0}{U_0 + Z_s \cdot I_{cc}}$$

avec :

- I_{cc} = courant de court-circuit en amont de la canalisation.
- I = courant de court-circuit à l'extrémité de la canalisation.
- U_0 = tension nominale phase-neutre du réseau.

- Z_s = impédance de la canalisation.

Nota : à la différence de la méthode des impédances, cette méthode consiste à ajouter arithmétiquement [\[1\]](#) les impédances.

Méthode conventionnelle

Cette méthode sera la plupart du temps suffisante et conduit à limiter la longueur des différents circuits électriques.

Principe

Le calcul du courant de court-circuit est basé sur l'hypothèse que la tension à l'origine du circuit concerné (c'est-à-dire au point où se trouve le dispositif de protection du circuit) reste supérieur à 80% ou plus de la tension nominale phase-neutre. La valeur de 80 % est utilisée, avec l'impédance de la boucle de circuit, pour calculer le courant de court-circuit.

Ce coefficient prend en compte forfaitairement l'ensemble des impédances amont. Dans les câbles BT, lorsque tous les conducteurs d'un circuit triphasé à 4 fils sont à proximité immédiate (ce qui est le cas normalement), la réactance inductive interne et la réactance entre les conducteurs est négligeable par rapport à la résistance du câble.

Cette approximation est considérée comme valable pour les sections de câble jusqu'à 120 mm². Au-dessus de cette taille, la valeur de résistance R est augmentée de la manière suivante :

Section (mm ²)	Valeur de la résistance
S = 150 mm ²	R+15%
S = 185 mm ²	R+20%
S = 240 mm ²	R+25%

La longueur maximale d'un circuit dans une installation en schéma TN est donnée par la formule :

$$L_{\max} = \frac{0,8 U_0 S_{\text{ph}}}{\rho(1 + m)I_a}$$

où :

- L_{\max} = longueur maximale en mètres du circuit concerné.
- U_0 = tension simple = 230 V pour un système 230/400 V.
- ρ = résistivité à la température de fonctionnement normal en ohm.mm²/mètre (= 23,7 10⁻³ pour le cuivre ; = 37,6 10⁻³ pour l'aluminium).
- I_a = courant de déclenchement du disjoncteur garantissant un déclenchement instantané (voir remarque ci-dessous).

Autre solution :

- I_a = courant qui assure le fonctionnement du fusible de protection concerné, dans le temps spécifié.
- S_{ph} = section des conducteurs de phase du circuit concerné en mm².

- S_{PE} = section du conducteur de protection concerné en mm².

$$m = \frac{S_{ph}}{S_{PE}}$$

(voir **Fig. F23**)

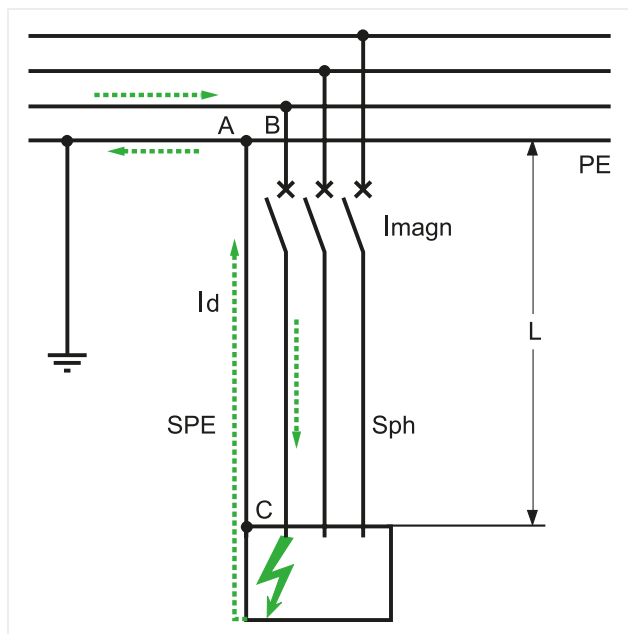


Fig. F23 – Calcul de L max. pour un schéma de mise à la terre TN, à l'aide de la méthode conventionnelle.

Tableaux des longueurs Lmax

Les tableaux suivants, applicables en schéma de liaison à la terre TN, ont été établis selon la "méthode conventionnelle" décrite ci-avant.

Les tableaux donnent des longueurs de circuit maximales, au-delà desquelles la résistance ohmique des conducteurs limitera l'intensité du courant de court-circuit à un niveau inférieur à celui nécessaire pour déclencher le disjoncteur (ou pour la fusion du fusible) protégeant le circuit, avec une rapidité suffisante pour assurer la protection des personnes contre les contacts indirects.

Remarque :

- **Pour les disjoncteurs industriels (CEI 60947-2)**, une tolérance de 20 % est prise en compte concernant le courant de déclenchement magnétique, c'est-à-dire que le niveau de déclenchement réel I_a peut être 20 % supérieur (ou inférieur) au réglage de déclenchement magnétique I_m du disjoncteur. Ce tableau **Fig. F25** inclut cette tolérance de 20 % et calcule la longueur maximale du circuit pour le cas le plus défavorable, c'est-à-dire pour $I_a = I_m \times 1,2$.
- **Pour les disjoncteurs domestiques (CEI 60898)**, la valeur de déclenchement est indiquée sans tolérance (par exemple, $I_a = I_m = 10 I_n$ pour la courbe C), de sorte que les tableaux **Fig. F26** à **Fig. F28** sont calculés avec une valeur de court-circuit exactement égale à I_m sans tolérance.

Facteur de correction m

Fig. F24 Indique le facteur de correction à appliquer aux valeurs données dans **Fig. F25** à **Fig. F28**, selon le rapport S_{ph}/S_{PE} , le type de circuit et le type de conducteur.

Les tableaux prennent en compte :

- type de protection : disjoncteurs ou fusibles,
- réglages courants de déclenchement,
- section des conducteurs de phase et des conducteurs de protection,
- type de schéma de mise à la terre (voir **Fig. F16**),
- type de disjoncteur (c'est-à-dire B, C ou D)^[2].

Les tableaux peuvent être utilisés pour les réseaux 230/400 V.

Des tableaux similaires pour la protection par des disjoncteurs Schneider Electric ComPact et Acti 9 sont inclus dans les catalogues appropriés.

Fig. F24 – Facteur de correction à appliquer aux longueurs indiquées dans les tableaux **Fig. F25** à **Fig. F28** pour schémas TN.

Circuit	Matériau conducteur	m = S_{ph}/S_{PE} (ou PEN)			
		m = 1	m = 2	m = 3	m = 4
3P + N ou P + N	Cuivre	1	0,67	0,50	0,40
	Aluminium	0,62	0,42	0,31	0,25

Fig. F25a – Longueurs de circuit maximales (en mètres) pour différentes section de conducteurs en cuivre et paramètres de courant de déclenchement instantané pour disjoncteurs industriels (CEI 60947-2) dans un schéma TN 230/400 V avec m = 1.

Section nominale des conducteurs	Réglage du courant de déclenchement instantané ou court retard I_m des disjoncteurs (ampères)															
	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500	560	630	700	800	875
mm ²																
1,5	100	79	63	50	40	31	25	20	16	13	10	9	8	7	6	6
2,5	167	133	104	83	67	52	42	33	26	21	17	15	13	12	10	10
4	267	212	167	133	107	83	67	53	42	33	27	24	21	19	17	15
6	400	317	250	200	160	125	100	80	63	50	40	36	32	29	25	23
10			417	333	267	208	167	133	104	83	67	60	53	48	42	38
16					427	333	267	213	167	133	107	95	85	76	67	61
25							417	333	260	208	167	149	132	119	104	95
35								467	365	292	233	208	185	167	146	133
50									495	396	317	283	251	226	198	181
70												417	370	333	292	267
95														452	396	362
120																457

Remarque : ce tableau est calculé selon la norme CEI 60947-2, et inclut donc une tolérance de 20 % sur le courant de déclenchement réel par rapport au réglage de déclenchement du disjoncteur (voir remarque supérieure).

Fig. F25b – Longueurs de circuit maximales (en mètres) pour différentes section de conducteurs en cuivre et paramètres de courant de déclenchement instantané pour disjoncteurs industriels (CEI 60947-2) dans un schéma TN 230/400 V avec $m = 1$.

Section nominale des conducteurs	Réglage du courant de déclenchement instantané ou court retard I_m des disjoncteurs (ampères)												
mm ²	1000	1120	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	6300	8000	10000	12500
1.5	5	4	4										
2.5	8	7	7	5	4								
4	13	12	11	8	7	5	4						
6	20	18	16	13	10	8	6	5	4				
10	33	30	27	21	17	13	10	8	7	5	4		
16	53	48	43	33	27	21	17	13	11	8	7	5	4
25	83	74	67	52	42	33	26	21	17	13	10	8	7
35	117	104	93	73	58	47	36	29	23	19	15	12	9
50	158	141	127	99	79	63	49	40	32	25	20	16	13
70	233	208	187	146	117	93	73	58	47	37	29	23	19
95	317	283	263	198	158	127	99	79	63	50	40	32	25
120	400	357	320	250	200	160	125	100	80	63	50	40	32
150	435	388	348	272	217	174	136	109	87	69	54	43	35
185		459	411	321	257	206	161	128	103	82	64	51	41
240				400	320	256	200	160	128	102	80	64	51

Remarque : ce tableau est calculé selon la norme CEI 60947-2, et inclut donc une tolérance de 20 % sur le courant de déclenchement réel par rapport au réglage de déclenchement du disjoncteur (voir remarque supérieure).

Fig. F26 – Longueurs de circuit maximales (en mètres) pour différentes sections de conducteurs en cuivre et courants assignés pour les disjoncteurs domestiques de type B^[2] (CEI 60898) dans un schéma TN monophasé ou triphasé 230/400 V avec $m = 1$.

S_{ph}	Courant assigné (A)															
mm ²	1	2	3	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	1200	600	400	300	200	120	75	60	48	37	30	24	19	15	12	10
2,5		1000	666	500	333	200	125	100	80	62	50	40	32	25	20	16
4			1066	800	533	320	200	160	128	100	80	64	51	40	32	26
6				1200	800	480	300	240	192	150	120	96	76	60	48	38
10						800	500	400	320	250	200	160	127	100	80	64
16							800	640	512	400	320	256	203	160	128	102
25									800	625	500	400	317	250	200	160
35										875	700	560	444	350	280	224
50												760	603	475	380	304

Fig. F27 – Longueurs de circuit maximales (en mètres) pour différentes sections de conducteurs en cuivre et courants assignés pour disjoncteurs domestiques de type C [\[2\]](#) (CEI 60898) dans un schéma TN monophasé ou triphasé 230/400 V avec $m = 1$.

S_{ph}	Courant assigné (A)															
mm ²	1	2	3	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	600	300	200	150	100	60	37	30	24	18	15	12	9	7	6	5
2,5		500	333	250	167	100	62	50	40	31	25	20	16	12	10	8
4			533	400	267	160	100	80	64	50	40	32	25	20	16	13
6				600	400	240	150	120	96	75	60	48	38	30	24	19
10					677	400	250	200	160	125	100	80	63	50	40	32
16						640	400	320	256	200	160	128	101	80	64	51
25							625	500	400	312	250	200	159	125	100	80
35							875	700	560	437	350	280	222	175	140	112
50									760	594	475	380	301	237	190	152

Fig. F28 – Longueurs de circuit maximales (en mètres) pour différentes sections de conducteurs en cuivre et courants assignés pour disjoncteurs domestiques de type D [\[2\]](#) (CEI 60898) dans un schéma TN monophasé ou triphasé 230/400 V avec $m = 1$.

S_{ph}	Courant assigné (A)															
mm ²	1	2	3	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	429	214	143	107	71	43	27	21	17	13	11	9	7	5	4	3
2,5	714	357	238	179	119	71	45	36	29	22	18	14	11	9	7	6
4		571	381	286	190	114	71	57	46	36	29	23	18	14	11	9
6		857	571	429	286	171	107	86	69	54	43	34	27	21	17	14
10			952	714	476	286	179	143	114	89	71	57	45	36	29	23
16					762	457	286	229	183	143	114	91	73	57	46	37
25						714	446	357	286	223	179	143	113	89	71	57
35							625	500	400	313	250	200	159	125	100	80
50								679	543	424	339	271	215	170	136	109

Exemple

Une installation triphasée à 4 fils (230/400 V) en schéma TN-C. Un circuit est protégé par un disjoncteur de type B de 63 A, et est constitué d'un câble en aluminium avec des conducteurs de phase de 50 mm² et un conducteur neutre (PEN) de 25 mm².

Quelle est la longueur maximale du circuit, en dessous de laquelle la protection des personnes contre les contacts indirects est assurée par la protection magnétique instantanée du disjoncteur ?

Fig. F26 donne, pour 50 mm² et un disjoncteur 63 A de type B, 603 mètres. Longueur à laquelle il doit appliqué

un facteur de 0,42 (**Fig. F24** pour $m = \frac{S_{ph}}{S_{PE}} = 2$).

La longueur maximale du circuit est donc :

$603 \times 0,42 = 253$ mètres.

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

Protection contre les contacts indirects par DDR en tête de chaque groupe de masses relié à une prise de terre distincte.

La sensibilité du DDR doit être adaptée à la résistance de la prise de terre (R_{A2} dans la **Fig. F16**). Reportez-vous aux spécifications applicables au schéma TT.

Notes

1. Il en résulte une valeur de courant calculée qui est inférieure à ce qui circulerait réellement. Si les paramètres de surintensité sont basés sur cette valeur calculée, le fonctionnement du disjoncteur, ou fusible, est assuré.
2. Pour la définition des disjoncteurs de type B, C, D, reportez-vous au chapitre H, partie 4.2 [Caractéristiques fondamentales d'un disjoncteur](#)

La dernière modification de cette page a été faite le 5 octobre 2020 à 16:57.