

5 Cas particuliers relatifs aux courants de court-circuit

Si le dispositif de protection de la canalisation n'assure que la protection contre les courts-circuits, il est nécessaire de s'assurer que le plus petit courant de court-circuit possible ($I_{cc\ mini}$) entraîne son fonctionnement.

5.1 Calcul du courant de court-circuit minimal présumé

Dans le cas général, dans les circuits BT, un seul disjoncteur assure la protection d'une canalisation pour toute valeur du courant, du seuil de réglage de sa protection Long retard (ou protection thermique) jusqu'à son pouvoir de court-circuit. On peut cependant être amené dans certaines configurations de circuit, à séparer les fonctions de protection contre les surcharges et protection contre les courts-circuits et à les confier à 2 appareils distincts.

Exemples de telles configurations

Les Figures G40 à G42 indiquent certaines configurations où les fonctions de protection contre les surcharges et protection contre les courts-circuits sont confiées à deux appareils distincts.

G32

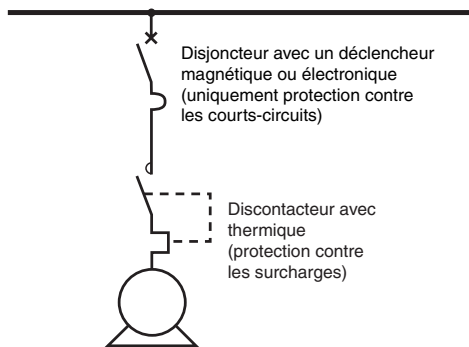


Fig. G41 : Circuit protégé par disjoncteur sans thermique (Compact type MA)

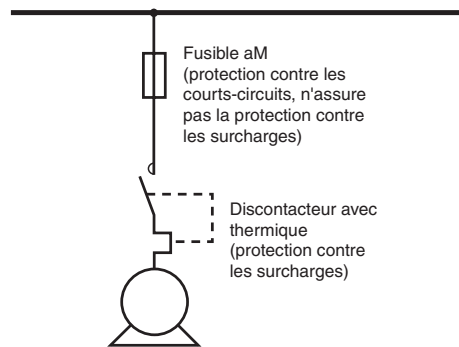


Fig. G40 : Circuit protégé par fusible aM

Les départs moteurs sont les circuits qui sont le plus couramment commandés et protégés par des appareillages séparés.

Le cas de la Figure G42a constitue une dérogation aux règles de protection. Il est notamment utilisé dans le cas d'une distribution par canalisations préfabriquées, rails d'éclairage, etc.

Variateur de vitesse

Le tableau de la Figure G42b permet de connaître les fonctions de protection remplies par le variateur, et si nécessaire de les compléter par des dispositifs extérieurs au variateur tels que disjoncteur, relais de surcharge, et DDR.

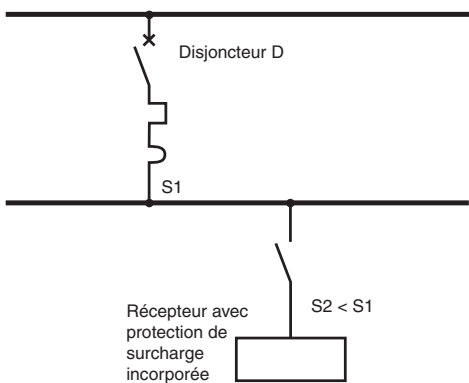


Fig. G42a : Le disjoncteur D assure la protection de court-circuit jusqu'au récepteur

Protection à assurer	Protection généralement assurée par le variateur	Protection extérieure
Surcharge câble	Oui = (1)	inutile si (1)
Surcharge moteur	Oui = (2)	inutile si (2)
Court-circuit aval	Oui	
Surcharge variateur	Oui	
Surtension	Oui	
Sous-tension	Oui	
Coupure phase	Oui	
Court-circuit amont		disjoncteur (déclenchement court-circuit)
Défaut interne		disjoncteur (déclenchement court-circuit et surcharge)
Défaut terre aval (contact indirect)	(autoprotection)	DDR \geq 300 mA
Défaut contact direct		DDR \leq 30 mA

Figure G42b : Protection à mettre en œuvre avec des variateurs de vitesse

5 Cas particuliers relatifs aux courants de court-circuit

Il faut que le dispositif de protection vérifie :

- $I_m < I_{cc_{mini}}$ pour une protection par disjoncteur,
- $I_a < I_{sc_{mini}}$ pour une protection par fusibles.

Conditions à respecter

Le dispositif de protection contre les courts-circuits doit alors satisfaire aux deux conditions suivantes :

- son pouvoir de coupure doit être supérieur au courant de court-circuit triphasé I_{cc} en son point d'installation,
- assurer l'élimination du courant minimum de court-circuit pouvant se développer dans le circuit protégé en un temps t_c compatible avec les contraintes thermiques des conducteurs soit :

$$t_c \leq \frac{K^2 S^2}{I_{cc_{mini}}^2} \quad (t_c < 5 \text{ s})$$

La comparaison des courbes de fonctionnement (ou de fusion) des dispositifs de protection contre les courts-circuits et des courbes limites de contrainte thermique d'un conducteur montre que cette condition est vérifiée si :

- $I_{cc}(\text{min}) > I_m$ (ou I_{sd}) ou I_i (I_m : seuil de la protection contre les courants de courts-circuits, I_i : seuil de la protection Instantané) (cf. **Fig. G43**),
- $I_{cc}(\text{min}) > I_a$ pour la protection par fusibles, la valeur de courant I_a correspondant au croisement des courbes de protection et de contrainte admissible du câble (cf. **Fig. G44 et G45**).

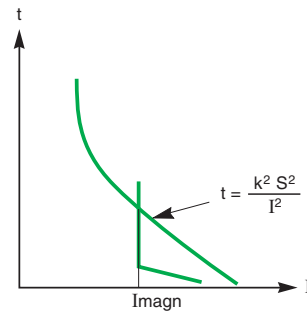


Fig. G43 : Protection par disjoncteur

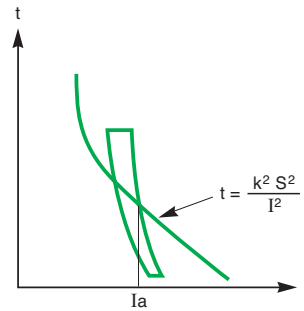


Fig. G44 : Protection par fusible aM

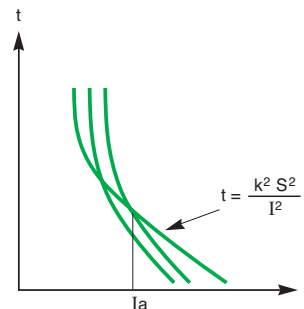


Fig. G45 : Protection par fusible gI

G33

La validation du réglage d'une protection contre les courts-circuits se résume à vérifier que la longueur du câble ainsi protégée est inférieure à :

$$L_{\max} = \frac{0,8 \times U \times S_{ph}}{2\rho I_m}$$

Détermination pratique de la longueur Lmax

Les conditions précédentes se traduisent par une longueur de câble Lmax à ne pas dépasser pour assurer un déclenchement sur Icc minimal. Le guide C 15-105 donne une méthode conventionnelle de calcul de Lmax dans différents cas.

La méthode pour calculer la longueur maximale de la canalisation autorisée est présentée au Chapitre F paragraphes 6.2 et 7.2 dans le cadre de la protection des personnes contre les contacts indirects en schéma TN ou IT 2ème défaut. Deux cas sont étudiés ci-après :

1 - Calcul de Lmax dans le cas d'un circuit triphasé sans neutre

Le courant minimum de court-circuit sur ce circuit est généré par un défaut apparaissant entre deux phases à l'extrémité du circuit (court-circuit biphasé) (cf. Fig. G46).

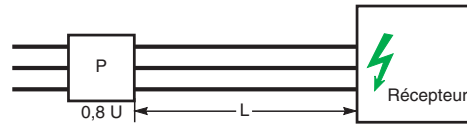


Fig G46 : Définition de L pour un circuit triphasé dans neutre

En utilisant la « méthode conventionnelle », la tension au point P où est installée la protection est supposée égale à 80 % de la tension nominale pendant la durée du court-circuit, soit :

$$0,8 \times U = I_{cc} \times Z_d$$

avec

Zd = Impédance de la boucle de défaut,

Icc = Courant de court-circuit,

U = tension nominale phase-phase.

Pour des câbles de section ≤ 120 mm², on peut négliger leur réactance et écrire :

$$Z_d = \rho \frac{2L}{S_{ph}} \quad (1)$$

où :

ρ = résistivité du câble à la température moyenne de court-circuit,

Sph = section d'une phase en mm²,

L = longueur en m.

La condition pour que la protection du câble soit assurée Im (ou Isd) ≤ Icc avec Im (Isd) = seuil de la protection contre les courants de court-circuit du disjoncteur.

$$\text{Cela conduit à } I_m \leq \frac{0,8 U}{Z_d} \text{ soit } L \leq \frac{0,8 U S_{ph}}{2\rho I_m}$$

Dans cette formule U et ρ sont des constantes pour des conducteurs de même nature (cuivre ou aluminium) dans un réseau triphasé de distribution standard soit avec U = 400 V

$$\rho = 1,25 \times 0,018 = 0,023 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}^2 \text{ (Cu)}$$

d'où

$$L_{\max} = k \frac{S_{ph}}{I_m}$$

avec

Lmax = Longueur maximale en mètre.

k est défini dans le tableau ci-après en fonction de la section⁽¹⁾ pour Sph > 120 mm².

Section (mm²)	≤ 120	150	185	240	300
k (pour 400 V)	5800	5040	4830	4640	4460

2 - Calcul de Lmax dans le cas d'un circuit triphasé avec neutre 400 V/230 V (ou monophasé 230 V)

Le courant minimum de court-circuit d'un tel circuit est généré par un défaut apparaissant entre une phase et le neutre à l'extrémité du circuit (court-circuit monophasé). Son calcul est similaire au calcul précédent mais

■ soit en utilisant les formules précédentes avec k calculé pour un réseau 230 V soit :

Section (mm²)	≤ 120	150	185	240	300
k (pour 230 V)	3333	2898	2777	2668	2565

■ en fonction de la section Sn du conducteur neutre Sn = mSph

(1) Pour des sections supérieures la résistance des conducteurs doit être majorée pour tenir compte
 ■ de l'inductance mutuelle (la valeur de la réactance est 0,08 mΩ/m à 50 Hz, de 0,096 mΩ/m à 60 Hz),
 ■ de la non uniformité de la densité de courant due à l'effet de peau.

De ce fait, les valeurs d'impédance corrigées sont :

150 mm² : Zd + 15%

185 mm² : Zd + 20%

240 mm² : Zd + 25%

300 mm² : Zd + 30%

(2) la variation de la résistivité est importante (+ 25 %) du fait de la très forte élévation de température de l'âme du conducteur pendant le passage du courant de court-circuit.

5 Cas particuliers relatifs aux courants de court-circuit

D'où les formules de calcul de la longueur maximale (pour une section $\leq 120 \text{ mm}^2$)

■ Si Sn (section du neutre) = Sph

$$L_{\max} = \frac{3,333 \text{ Sph}}{I_m}$$

■ Si Sn (section du neutre) = Sph/m

$$L_{\max} = 6,666 \frac{\text{Sph}}{I_m} \frac{1}{1+m} \quad \text{où } m = \frac{\text{Sph}}{\text{Sn}}$$

Utilisation de tableaux pour déterminer Lmax

Le tableau de la **Figure G47** indique les longueurs maximales Lmax (en mètres) des canalisations :

■ triphasées avec neutre sous 400 V, ou,

■ monophasées sous 230 V,

protégées par disjoncteurs à usage général.

Dans les autres cas, appliquer aux longueurs les coefficients du tableau G53.

Le calcul de la longueur Lmax est réalisé pour la valeur maximale de la tolérance sur le réglage du seuil de déclenchement de la protection Court retard ou magnétique.

En général, la valeur de seuil Im (ou Isd) est donnée avec une précision +/- 20 %.

Pour le calcul de Lmax, la valeur retenue est la valeur du seuil Im + 20%, cas le plus défavorable.

Pour la section de 50 mm², les calculs sont effectués avec une section réelle de 47,5 mm².

G35

Courant de fonctionnement instantané Im (en ampères)	Section nominale des conducteurs (en mm ²)														
	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
50	100	167	267	400											
63	79	133	212	317											
80	63	104	167	250	417										
100	50	83	133	200	333										
125	40	67	107	160	267	427									
160	31	52	83	125	208	333									
200	25	42	67	100	167	267	417								
250	20	33	53	80	133	213	333	467							
320	16	26	42	63	104	167	260	365	495						
400	13	21	33	50	83	133	208	292	396						
500	10	17	27	40	67	107	167	233	317						
560	9	15	24	36	60	95	149	208	283	417					
630	8	13	21	32	63	85	132	185	251	370					
700	7	12	19	29	48	76	119	167	226	333	452				
800	6	10	17	25	42	67	104	146	198	292	396				
875	6	10	15	23	38	61	95	133	181	267	362	457			
1000	5	8	13	20	33	53	83	117	158	233	317	400	435		
1120	4	7	12	18	30	48	74	104	141	208	283	357	388	459	
1250	4	7	11	16	27	43	67	93	127	187	253	320	348	411	
1600		5	8	13	21	33	52	73	99	146	198	250	272	321	400
2000		4	7	10	17	27	42	58	79	117	158	200	217	257	320
2500			5	8	13	21	33	47	63	93	127	160	174	206	256
3200			4	6	10	17	26	36	49	73	99	125	136	161	200
4000				5	8	13	21	29	40	58	79	100	109	128	160
5000				4	7	11	17	23	32	47	63	80	87	103	128
6300					5	8	13	19	25	37	50	63	69	82	102
8000					4	7	10	15	20	29	40	50	54	64	80
10000						5	8	12	16	23	32	40	43	51	64
12500						4	7	9	13	19	25	32	35	41	51

Fig. G47 : Longueur maximale des canalisations en mètres (conducteurs en cuivre ; pour l'aluminium les longueurs doivent être multipliées par 0,62)

Les tableaux des **Figures G48 à G50** page suivante indiquent les longueurs maximales Lmax (en mètres) des canalisations :

■ triphasées avec neutre sous 400 V,

■ monophasées sous 230 V,

Ces canalisations sont protégées dans les deux cas par des disjoncteurs de type domestique ou ayant des caractéristiques de déclenchement similaires.

Dans les autres cas, appliquer aux longueurs les coefficients de la **Figure G51** page suivante.

G - La protection des circuits

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

Fig. G48 : Longueur maximale des canalisations (conducteurs en cuivre) en mètres, protégées par des disjoncteurs de type B

Courant assigné des disjoncteurs (en A)	Section nominale des conducteurs (en mm ²)								
	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50
6	100	167	267	400	667				
10	60	100	160	240	400	640			
16	37	62	100	150	250	400	625	875	
20	30	50	80	120	200	320	500	700	
25	24	40	64	96	160	256	400	560	760
32	18,0	31	50	75	125	200	313	438	594
40	15,0	25	40	60	100	160	250	350	475
50	12,0	20	32	48	80	128	200	280	380
63	9,5	16,0	26	38	64	102	159	222	302
80	7,5	12,5	20	30	50	80	125	175	238
100	6,0	10,0	16,0	24	40	64	100	140	190
125	5,0	8,0	13,0	19,0	32	51	80	112	152

Fig. G49 : Longueur maximale des canalisations (conducteurs en cuivre) en mètres, protégées par des disjoncteurs de type C

Courant assigné des disjoncteurs (en A)	Section nominale des conducteurs (en mm ²)								
	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50
1	429	714							
2	214	357	571	857					
3	143	238	381	571	952				
4	107	179	286	429	714				
6	71	119	190	286	476	762			
10	43	71	114	171	286	457	714		
16	27	45	71	107	179	286	446	625	848
20	21	36	57	86	143	229	357	500	679
25	17,0	29	46	69	114	183	286	400	543
32	13,0	22	36	54	89	143	223	313	424
40	11,0	18,0	29	43	71	114	179	250	339
50	9,0	14,0	23	34	57	91	143	200	271
63	7,0	11,0	18,0	27	45	73	113	159	215
80	5,0	9,0	14,0	21	36	57	89	125	170
100	4,0	7,0	11,0	17,0	29	46	71	100	136
125	3,0	6,0	9,0	14,0	23	37	57	80	109

Fig. G50 : Longueur maximale des canalisations (conducteurs en cuivre) en mètres, protégées par des disjoncteurs de type D

Type de canalisation	
Tri 400 V sans neutre ou bi 400 V sans neutre	1,73
Mono 230 V (phase + neutre)	1
Tri 400 V + neutre ou bi 400 V + neutre	Sph / S neutre = 1 Sph / S neutre = 2
	1 0,67

Fig. G51 : Facteur de correction à appliquer aux longueurs maximales des tableaux G47 à G50

Note : La norme CEI 60898 définit une plage de réglage de la protection contre les courts-circuits de 10...50 In pour les disjoncteurs de type D. Les normes européennes, et le tableau de la Figure G50, sont basées sur une plage de 10...20 In, plage qui couvre la plupart des besoins des installations domestiques ou analogues (voir Chapitre H paragraphe 4.2 Figure H31).

5 Cas particuliers relatifs aux courants de court-circuit

Exemples

Exemple 1

Dans une application monophasée, la protection contre les courants de court-circuit est assurée par un disjoncteur Compact NSX 80H MA de calibre 50 A avec une protection magnétique réglée à 500 A (précision de +/- 20 %) soit dans le cas le plus défavorable, le disjoncteur déclenche à $500 \times 1,2 = 600$ A.

La section des conducteurs est 10 mm^2 , les conducteurs sont en cuivre.

En se reportant au tableau G47 (pour disjoncteur à usage général), on lit au croisement de la ligne $I_m = 500$ A et de la colonne $S = 10 \text{ mm}^2$ la valeur de la longueur $L_{\max} = 67$ m. La protection de la canalisation contre les courants de court-circuit est assurée si sa longueur est inférieure à 67 mètres.

Exemple 2

Dans un réseau triphasé sans neutre 400 V, la protection contre les courants de court-circuit d'un départ est assurée par un Compact NSX 250N équipé d'un déclencheur MA de calibre 220 A avec une protection magnétique réglée à 2000 A (précision de +/- 20 %) soit dans le cas le plus défavorable, le disjoncteur déclenche à 2400 A.

La section des conducteurs est 120 mm^2 , les conducteurs sont en cuivre.

En se reportant au tableau G47 (pour disjoncteur à usage général), on lit au croisement de la ligne $I_m = 2\,000$ A et de la colonne $S = 120 \text{ mm}^2$ la valeur de la longueur $L_{\max} = 200$ m.

Comme il s'agit d'un circuit triphasé sans neutre, on lit dans le tableau G51 qu'il faut appliquer le coefficient 1,73.

Le disjoncteur protège donc le câble contre les courts-circuits si sa longueur n'excède pas $200 \times 1,73 = 346$ m.

G37

5.2 Vérification de la tenue des conducteurs aux contraintes correspondant à l'I_{cc}

Contrainte thermique

Lors du passage d'un courant de court-circuit dans les conducteurs d'une canalisation pendant un temps très court (de quelques dixièmes de secondes à cinq secondes au maximum), l'échauffement est considéré adiabatique, c'est-à-dire que l'on admet que la chaleur produite reste au niveau de l'âme du conducteur et n'a pas le temps de se dissiper dans les autres éléments du câble.

Pour le temps inférieur à 5 secondes, la relation :

$I^2 \times t = k^2 \times S^2$ caractérise le temps t (en secondes)

pendant lequel un conducteur de section S (en mm^2) peut supporter un courant I (en ampères), avant que l'échauffement de son âme soit tel qu'il entraîne une dégradation de son isolant.

k^2 est une constante donnée par le tableau de la **Figure G52**.

En général, la vérification de la tenue des conducteurs à la contrainte thermique n'est pas nécessaire, à l'exception des canalisations de faible section utilisées au voisinage direct d'un (ou directement alimentées par le) TGBT.

Isolation	Conducteur cuivre	Conducteur alu
PVC	13 225	5 776
XLPE	20 449	8 836

Fig. G52 : Valeur de la constante k^2

Pratiquement, la marche à suivre consiste à vérifier que la contrainte thermique I^2t , que laisse passer le disjoncteur de protection (voir les catalogues des constructeurs) est inférieure à la contrainte thermique admissible maximale du conducteur (cf. **Figure G53**).

S (mm ²)	PVC		PRC	
	Cu	Al	Cu	Al
1,5	0,0297	0,0130	0,0460	0,0199
2,5	0,0826	0,0361	0,1278	0,0552
4	0,2116	0,0924	0,3272	0,1414
6	0,4761	0,2079	0,7362	0,3181
10	1,3225	0,5776	2,0450	0,8836
16	3,3856	1,4786	5,2350	2,2620
25	8,2656	3,6100	12,7806	5,5225
35	16,2006	7,0756	25,0500	10,8241
50	29,839	13,032	46,133	19,936

Fig. G53 : Contrainte thermique admissible maximale dans les conducteurs des câbles (en ampères² x secondes x 10⁶)

5 Cas particuliers relatifs aux courants de court-circuit

Exemple

Un câble Cu/PR de section 4 mm² est-il protégé par un C60N bipolaire ?

Le tableau de la Figure G53 indique que la valeur de la contrainte thermique admissible I^2t pour le câble est $0,3272 \times 10^6$ tandis que la valeur maximale de l'énergie « traversant » le disjoncteur, indiquée dans le catalogue du constructeur, est considérablement plus faible ($< 0,1 \times 10^6$ A²s).

Le câble est de ce fait parfaitement protégé par le disjoncteur jusqu'à son pouvoir de coupure.

Contrainte électrodynamique

Pour tout type de canalisation (câble ou canalisation préfabriquée), il est nécessaire de prendre en compte les contraintes électrodynamiques provoquées par le courant de court-circuit.

Pour supporter ces contraintes, les conducteurs doivent être solidement fixés et les connexions fortement serrées.

Pour les canalisations préfabriquées, il est aussi nécessaire de vérifier que la performance de tenue aux contraintes électrodynamiques est suffisante dans le cas d'un courant de court-circuit. La valeur crête du courant, limitée par le disjoncteur ou le fusible de protection, doit être inférieure à la tenue de la canalisation préfabriquée. Les constructeurs fournissent généralement des tableaux de coordination garantissant une protection efficace de leurs produits.

G38

6 Les conducteurs de protection (PE)

La NFC 15-100 précise comment installer, choisir et dimensionner les conducteurs de protection.

6.1 Raccordement et choix

Les conducteurs de protection (symbole PE), ou conducteurs PE, assurent les liaisons équipotentielles (interconnexion) entre toutes les masses des équipements d'une installation pour réaliser un réseau équipotentiel de protection. Les conducteurs PE assurent l'écoulement des courants de défaut à la terre dus à une rupture d'isolement entre une partie sous tension et une masse.

Les conducteurs PE sont raccordés à la borne principale de terre de l'installation.

La borne principale de terre est raccordée à la prise de terre au moyen du conducteur de terre (cf. chapitre E paragraphe 1.1).

Les conducteurs PE doivent être :

- repérés par la double coloration vert-et-jaune lorsqu'ils sont isolés,
- protégés contre les risques mécaniques et chimiques.

Par ailleurs, en schémas IT et TN, il est fortement recommandé de faire cheminer le conducteur de protection dans les mêmes canalisations que les conducteurs actifs du circuit correspondant. Cette disposition garantit une valeur minimale de la réactance de la boucle de défaut à la terre. Il faut noter que cette disposition est naturellement réalisée dans le cas d'une distribution par canalisations électriques préfabriquées.

Connexion

Les conducteurs de protection (symbole PE) doivent :

- ne pas comporter d'appareillage ou d'organe de coupure (coupe-circuit, disjoncteur, interrupteurs, relais, etc.),
- relier les masses en parallèle et non en série (voir **Figure G54**),
- avoir une borne de connexion pour chaque conducteur PE dans les tableaux.

Schéma TT

Un conducteur PE peut ne pas cheminer le long des conducteurs actifs de son circuit du fait que, avec ce schéma, les courants de défauts d'isolement sont dans ce cas de faibles valeurs et les seuils des dispositifs de protection (DDR) sont de très faibles valeurs.

Schéma IT et TN

Les conducteurs PE ou PEN, comme il a déjà été mentionné, doivent toujours cheminer le long des conducteurs actifs du circuit correspondant sans interposition d'éléments ferromagnétiques.

- Schéma TN-C (neutre et conducteur de protection réunis en un seul conducteur : PEN), la fonction conducteur de protection PE est prioritaire et toutes les règles applicables à ce conducteur sont applicables au PEN. Un conducteur PEN doit toujours être raccordé à la borne de masse du récepteur (fonction PE) avec une boucle de connexion raccordée à la borne du neutre (cf. **Fig. G55**).
- Passage du schéma TN-C au schéma TN-S.

Le conducteur PE est raccordé à la borne ou à la barre PEN (cf. **Fig. G56**) (généralement à l'origine de l'installation). En aval de ce point de séparation, il est interdit de raccorder de nouveau un conducteur neutre et un conducteur PE.

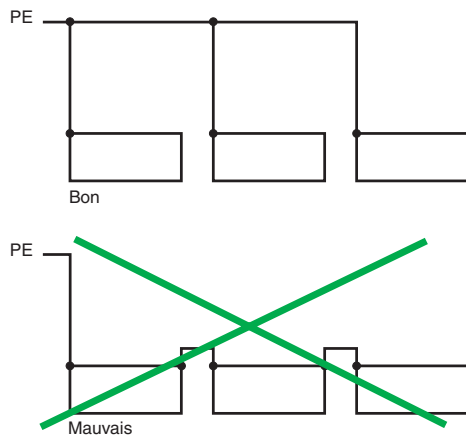


Fig. G54 : Une mauvaise connexion série des conducteurs PE laisse tous les récepteurs en aval sans protection

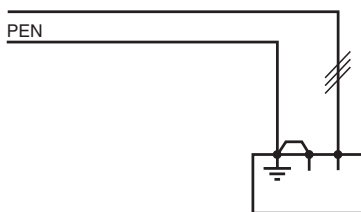


Fig. G55 : Raccordement du PEN à la borne de masse du récepteur



Fig. G56 : Schéma TN-C-S

G39

Type de conducteurs de protection

Les éléments métalliques mentionnés dans le tableau de la **Figure G57** ci-dessous peuvent être utilisés comme conducteurs de protection, mais en respectant les conditions de mise en œuvre qui y sont précisées.

Type de conducteur de protection		Schéma IT	Schéma TN	Schéma TT	Condition de mise en œuvre
Conducteur supplémentaire	Appartenant au même câble que les phases ou empruntant la même canalisation	Fortement recommandé	Fortement recommandé	Bon	Le conducteur de protection doit être isolé de la même manière que les phases
	Indépendant des conducteurs de phase	Possible (1)	Possible (1) (2)	Bon	<ul style="list-style-type: none"> Le conducteur de protection peut être nu ou isolé (2)
Enveloppe métallique d'une canalisation préfabriquée ou d'une autre gaine préfabriquée précâblée(5)		Possible (3)	PE possible (3) PEN possible (8)	Bon	<ul style="list-style-type: none"> La continuité électrique doit être assurée de façon à être protégée contre les détériorations mécaniques, chimiques et électrochimiques
Gaine extérieure des conducteurs blindés à isolant minéral (par exemple câbles de sécurité incendie isolé au Pyroténax)		Possible (3)	PE possible (3) PEN déconseillé (2)(3)	Possible	<ul style="list-style-type: none"> Leur conductibilité doit être suffisante
Certains éléments conducteurs(6) tels que <ul style="list-style-type: none"> Charpentes Bâtis de machines Conduites d'eau(7) 		Possible (4) PEN interdit	PE possible (4)	Possible	
Chemins de câbles métalliques, tels que : conduits(8), gaines, canalisations, tablettes, échelles, etc.		Possible (4)	PE possible (4) PEN déconseillé (2)(4)	Possible	

Sont interdits : les conduits métalliques (9), les canalisations de gaz et de chauffage, les armures de câbles, les tresses de blindage des câbles(9).

(1) En schémas TN et IT, l'élimination des défauts d'isolement est généralement assurée par les dispositifs de protection contre les surintensités (disjoncteurs ou fusibles) et l'impédance des boucles de défaut doit être aussi faible que possible. Le meilleur moyen pour arriver à ce résultat est encore d'utiliser comme conducteur de protection un conducteur supplémentaire appartenant au même câble (ou empruntant la même canalisation que les phases). Cette solution minimise la réactance de la boucle et de ce fait son impédance.

(2) Le conducteur PEN est à la fois un conducteur neutre et un conducteur de protection (PE). Cela signifie qu'il peut être parcouru en permanence par des courants (en l'absence de courant de défaut). De ce fait, il est recommandé que le conducteur PEN soit isolé.

(3) Le constructeur indique les valeurs des composantes R et X des impédances nécessaires (phase/PE, phase/PEN). Cela permet de s'assurer des conditions pour le calcul des composantes de boucle.

(4) Possible mais déconseillé car l'impédance des boucles de défaut ne peut pas être connue au moment de l'étude. Seules des mesures sur le site, une fois l'installation terminée, permettront de s'assurer de la protection des personnes

(5) Elle doit permettre le raccordement d'autres conducteurs de protection. **Attention** : ces éléments doivent comporter une indication visuelle individuelle vert-et-jaune de 15 à 100 mm de long (ou des lettres PE à moins de 15 cm de chaque extrémité).

(6) Ces éléments ne doivent pouvoir être démontés que s'il est prévu des mesures compensatrices pour assurer la continuité de protection.

(7) Sous réserve de l'accord du distributeur d'eau.

(8) Dans les canalisations préfabriquées et équipements similaires, l'enveloppe métallique peut être utilisée comme conducteur PEN, en parallèle avec la barre correspondante, ou un autre conducteur PE dans l'enveloppe (cf. guide France C15-107 Fig.1).

(9) Interdit seulement dans quelques pays. Universellement utilisé comme conducteur supplémentaire d'équipotentialité.

Fig. G57 : Choix du conducteur de protection

6.2 Section des conducteurs

Le tableau de la **Figure G58** indique :

- la formule de calcul de la section d'un conducteur PE ou PEN par la méthode adiabatique,
- les valeurs de la section d'un conducteur PE ou PEN en fonction de la section des conducteurs de phase (méthode simple).

	Section des conducteurs de phase S _{ph} (mm ²)	Section du conducteur PE (mm ²)	Section du conducteur PEN (mm ²)	
			Cu	Al
Méthode adiabatique	Quelconque	$S_{PE/PEN} = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{k}$ (3) (4)		
Méthode simple (1)	S _{ph} ≤ 16	S _{ph} (2)	S _{ph} (3)	S _{ph} (3)
	16 < S _{ph} ≤ 25	16	16	25
	25 < S _{ph} ≤ 35			
	35 < S _{ph} ≤ 50	S _{ph} /2	S _{ph} /2	
	S _{ph} > 50			S _{ph} /2

(1) Valeurs dans le cas où le conducteur de protection est du même métal que celui des phases. Sinon un facteur de correction doit être appliqué.

(2) Lorsque le conducteur PE ne fait pas partie de la canalisation d'alimentation, les valeurs minimales suivantes doivent être respectées :

- 2,5 mm² si le PE a une protection mécanique,
- 4 mm² si le PE n'a pas de protection mécanique.

(3) Pour des raisons de tenue mécanique, un conducteur PEN doit avoir une section toujours ≥ 10 mm² en cuivre ou ≥ 16 mm² en aluminium.

(4) Voir le tableau de la Figure G53 pour l'utilisation de cette formule.

Fig. G58 : Sections minimales des conducteurs de protection (d'après tableau 54-3 de la norme CEI 60364-5-54)

6 Les conducteurs de protection (PE)

Deux méthodes peuvent être utilisées :

■ méthode adiabatique (qui correspond avec celle décrite dans la norme CEI 60724 et NF C 15-100)

Cette méthode, bien qu'étant économique assure la qualité de la protection mais conduit à des sections minimales en général faibles par rapport à la section des phases. Ce résultat est souvent incompatible avec la nécessité en schéma IT ou TN de rendre aussi faibles que possibles les impédances des boucles de défaut, pour permettre un déclenchement sûr (instantané) des dispositifs de protection contre les surintensités. Cette méthode est en revanche couramment utilisée en schéma TT pour le calcul des sections des conducteurs de terre ⁽¹⁾.

■ méthode simplifiée

Cette méthode est basée sur une section du conducteur PE rapportée à celles des conducteurs de phase du circuit correspondant, en faisant l'hypothèse que les conducteurs utilisés sont de même nature :

D'où la section du conducteur PE S_{PE} en fonction de la section des conducteurs de phase S_{ph} :

- $S_{ph} \leq 16 \text{ mm}^2$ $S_{PE} = S_{ph}$
- $16 < S_{ph} \leq 35 \text{ mm}^2$ $S_{PE} = 16 \text{ mm}^2$
- $S_{ph} > 35 \text{ mm}^2$ $S_{PE} = \frac{S_{ph}}{2}$

Note : si dans un schéma TT, les prises de terre des utilisateurs sont en dehors de la zone d'influence de la prise de terre de la source (voir Chapitre E paragraphe 1.6), la section du conducteur de protection peut être limitée à 25 mm² (Cu) ou 35 mm² (Al).

Le neutre et le conducteur de protection ne peuvent être confondus que si la section du conducteur PEN est $\geq 10 \text{ mm}^2$ (Cu) ou $\geq 16 \text{ mm}^2$ (Al). Un conducteur PEN est également interdit en câble souple.

La section du PEN ne peut être inférieure à celle des phases que si :

- la puissance des récepteurs monophasés ne dépasse pas 10 % de la puissance totale,
- I_{max} susceptible de parcourir le neutre en service normal est $< I$ admissible.

D'autre part, dans le cas d'un conducteur PEN, la protection doit être assurée obligatoirement par les dispositifs de protection contre les surintensités des conducteurs de phase (voir dans le paragraphe 7.2).

Valeurs du coefficient k à retenir dans les formules

De nombreuses normes nationales y compris la NF-C 15-100 ont adopté les valeurs définies dans la CEI 60724 (dont l'objet est «Limites de température de court-circuit des câbles électriques de tensions assignées de 1 kV») pour :

- les valeurs du coefficient k,
- les limites de température admissibles pour les différentes natures d'isolants.

Les données du tableau de la **Figure G59** sont celles les plus couramment retenues pour la conception des installations BT.

		Nature de l'isolant	
		Polychlorure de vinyle (PVC)	Polyéthylène réticulé (PR) Ethylène propylène (EPR)
Température finale (°C)		160	250
Température initiale (°C)		30	30
Valeur de k			
Conducteurs isolés non incorporés aux câbles ou nus en contact avec le revêtement des câbles	Cuivre	143	176
	Aluminium	95	
	Acier	52	64
Conducteurs constitutifs d'un câble multiconducteurs	Cuivre	115	143
	Aluminium	76	94

Fig. G59 : Valeurs du coefficient k pour les conducteurs BT les plus couramment utilisés dans les normes nationales conformes à la norme CEI 60724 (à partir des tableaux A.54-2 à -5 de la norme CEI 60364-5-54 repris pour la France dans les tableaux A.54B à F de la NF C 15-100)

G41

(1) Prise de terre

Le conducteur PE doit être dimensionné conformément aux pratiques réglementaires nationales en vigueur.

6.3 Conducteur de protection entre le transformateur MT/BT et le TGBT

Les conducteurs de phase et de neutre en amont du disjoncteur général d'arrivée du TGBT sont protégés au primaire du transformateur par les dispositifs de protection MT. Ces conducteurs ainsi que le conducteur PE, doivent être dimensionnés en conséquence.

Le dimensionnement des conducteurs de phase et de neutre à partir du transformateur est analysé dans l'exemple du sous chapitre 9 (circuit C1 du schéma de la Figure G64).

Le tableau de la Figure G61 indique les sections recommandées pour des conducteurs de protection PE nus et isolés entre le point neutre du transformateur et le TGBT (voir Figure G60). La puissance à considérer est la somme des puissances de tous les transformateurs (s'il y en a plusieurs) connectés au TGBT.

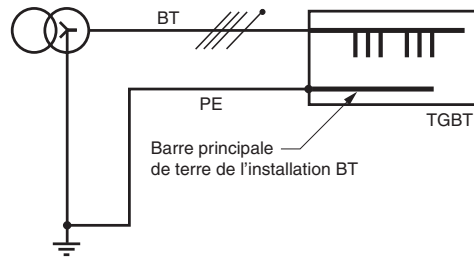


Fig. G60 : Conducteur PE entre la mise à la terre du point neutre du transformateur et la borne principale de terre dans le TGBT

Le tableau de la Figure G61 indique la section du conducteur de protection PE en fonction :

- de la puissance nominale des transformateurs MT/BT (P en kVA),
- du temps d'élimination du courant de court-circuit par la protection moyenne tension (t en secondes),
- de l'isolation et de la nature du métal des conducteurs.

Si la protection est assurée par fusible MT, on utilise les colonnes 0,2 s.

En schéma IT, un dispositif de protection contre les surtensions est installé entre le point neutre du transformateur et la terre. Les connexions à ce dispositif doivent être dimensionnées de la même manière que le conducteur PE (décrite ci-dessus). En effet en cas de mise en court-circuit du dispositif et d'un défaut sur une phase, il est parcouru par le même courant de défaut que le conducteur PE (analogue à un défaut phase-terre en schéma TN).

Transformateur puissance en kVA secondaire (400 V - 230 V)	Nature des conducteurs	Conducteurs nus			Conducteurs isolés au PCV			Conducteurs isolés au PR		
		Cuivre t(s)			Aluminium t(s)			Aluminium t(s)		
		0,2	0,5	-	0,2	0,5	-	0,2	0,5	-
≤100	section des conducteurs de protection SPE (mm ²)	25	25	25	25	25	25	25	25	25
160		25	25	35	25	25	50	25	25	35
200		25	35	50	25	35	50	25	25	50
250		25	35	70	35	50	70	25	35	50
315		35	50	70	35	50	95	35	50	70
400		50	70	95	50	70	95	35	50	95
500		50	70	120	70	95	120	50	70	95
630		70	95	150	70	95	150	70	95	120
800		70	120	150	95	120	185	70	95	150
1 000		95	120	185	95	120	185	70	120	150
1 250	95	150	185	120	150	240	95	120	185	

Fig. G61 : Section des conducteurs de protection entre transformateur MT/BT et TGBT en fonction de la puissance du transformateur et du temps de fonctionnement de la protection

6 Les conducteurs de protection (PE)

6.4 Conducteur d'équipotentialité

Conducteur d'équipotentialité principale

Sa section doit être au moins égale à la moitié de la section du plus gros des conducteurs de protection PE en général mais :

- ne doit pas dépasser 25 mm² (cuivre) ou 35 mm² (aluminium),
- doit toujours être supérieure à 6 mm² (cuivre) ou 10 mm² (aluminium).

Conducteur d'équipotentialité supplémentaire

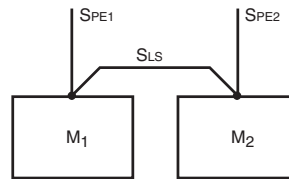
Il permet de raccorder un élément conducteur éloigné du conducteur d'équipotentialité principal à un conducteur de protection proche. Sa section sera au moins la moitié de celle de ce dernier.

S'il raccorde deux masses entre elles, sa section est au moins égale à celle du PE le plus petit (M1 et M2 dans **Figure G62**). Les conducteurs non incorporés dans un câble doivent être mécaniquement protégés par des conduits, des gaines, etc.

Une autre caractéristique importante des conducteurs d'équipotentialité est de réduire l'impédance de la boucle de défaut (par diminution de l'impédance des masses) ce qui est particulièrement intéressant pour assurer la protection contre les contacts indirects dans les installations BT en schémas TN et TT et dans les emplacements à risque électrique (voir Chapitre F paragraphes 6.5 et 7.5).

G43

Entre deux masses
si $SPE1 \leq SPE2$
 $SLS = SPE1$



Entre une masse et une structure métallique

$$SLS = \frac{SPE}{2}$$

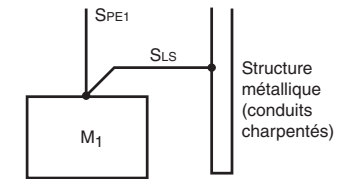


Fig. G62 : Conducteur d'équipotentialité supplémentaire (LS)

Les normes CEI 60364-5-52 et -5-54 indiquent les prescriptions de dimensionnement et de protection du conducteur neutre pour un cas général (avec un TH 3 faible $\leq 15\%$) et indiquent en -5-54 Annexe D (informative) les mesures à prendre suivant le niveau du courant harmonique de rang 3 considéré.

La section et la protection du conducteur neutre, outre l'intensité à véhiculer, dépendent de plusieurs facteurs :

- schéma des liaisons à la terre,
- taux d'harmonique de rang 3 (TH3) et multiple de 3 en courant dans le conducteur neutre,
- mode de protection contre les contacts indirects selon les modalités décrites ci-après.

Les prescriptions de la NF C 15-100 parties 5-52 et 5-54, globalement en accord avec les normes internationales correspondantes, sont plus précises et légèrement différentes : l'étude de dimensionnement et de protection du conducteur neutre suivant la NF C 15-100 est développée au paragraphe 7.6.

La couleur du conducteur neutre est statutairement bleu clair. Le conducteur PEN quand il est isolé, doit être marqué :

- vert-et-jaune sur toute sa longueur avec un marquage bleu aux extrémités, ou
- bleu sur toute sa longueur avec un marquage vert-et-jaune aux extrémités.

7.1 Dimensionnement du conducteur neutre

Règle générale

La norme CEI 60364 § 524.2 et § 524.3 définit les critères de choix de la section du conducteur neutre.

Cette règle générale ne considère qu'une faible circulation de courant harmonique de rang 3 dans le réseau⁽¹⁾.

■ Dans les circuits monophasés et dans les circuits triphasés dont les conducteurs de phase ont une section au plus égale à 16 mm² en cuivre ou 25 mm² en aluminium, le conducteur neutre éventuel doit avoir la même section que les conducteurs de phase.

■ Dans les circuits triphasés dont les conducteurs de phase ont une section supérieure à 16 mm² en cuivre ou 25 mm² en aluminium, le conducteur neutre peut avoir :

- soit la même section que les conducteurs de phase⁽²⁾,
- soit une section inférieure à celle des conducteurs de phase si les conditions suivantes sont simultanément remplies :

- le courant maximal, y compris les harmoniques éventuels, susceptible de parcourir le conducteur neutre en service normal, n'est pas supérieur au courant admissible Iz correspondant à la section réduite du conducteur neutre. Pour cela, il suffit que la charge alimentée par le circuit en service normal soit pratiquement équilibrée entre les phases⁽³⁾,
- le conducteur neutre est protégé contre les surintensités (voir paragraphe 7.2),
- la section du conducteur neutre est au moins égale à 16 mm² en cuivre ou 25 mm² en aluminium.

Influence du schéma des liaisons à la terre

Schéma TN-C

Le schéma TN-C est fortement déconseillé pour une distribution BT avec un risque de circulation de courants harmoniques de rang 3 et le conducteur neutre ne doit pas être coupé, de ce fait il est dimensionné comme un conducteur de protection PE (voir le tableau de la Figure G58 : colonne «Section du conducteur PEN»).

Schéma IT

Il est, en général, déconseillé de distribuer le neutre, c'est-à-dire un schéma triphasé sans neutre est recommandé.

Dans les autres schémas TT, TN-S et IT avec neutre distribué, la règle générale ci-dessus s'applique.

(1) Le taux harmonique de rang 3 en courant est inférieur à 15 %.

(2) La norme CEI 60364 ne considère pas la possibilité d'un conducteur neutre de section supérieure à celle des conducteurs de phase (voir ci-après).

(3) 10 % de puissance nominale est la valeur de déséquilibre de charge admise.

7 Le conducteur neutre

7.2 Protection du conducteur neutre

(cf. Fig. G64 en page suivante)

Le tableau a été établi en conformité avec les prescriptions de la NF C 15-100 § 4.431.2.



Protection contre les courants de surcharge

Si le conducteur neutre est dimensionné en fonction des prescriptions énoncées au paragraphe 7.1, aucune protection spécifique n'est requise : la protection est assurée par les dispositifs de protection des conducteurs de phase.

Si la section du conducteur neutre est inférieure à celle des phases, une protection contre les courants de surcharge du conducteur neutre doit être installée.



Protection contre les courants de court-circuit

Si la section du conducteur neutre est égale à celle des phases, aucune protection spécifique n'est requise : la protection est assurée par les dispositifs de protection des conducteurs de phase.

Si la section du conducteur neutre est inférieure à celle des phases, une protection contre les courants de court-circuit du conducteur neutre doit être installée.

G45

7.3 Coupure du conducteur neutre

(cf. Fig. G64 en page suivante)

La nécessité de couper le conducteur neutre est relative à la protection des personnes contre les contacts indirects.

En schéma TN-C

Le conducteur neutre (PEN) ne doit jamais être coupé car il est prioritairement un conducteur de protection PE.

En schéma TT, TN-S et IT

Quand le conducteur neutre est coupé, il doit l'être en même temps que les conducteurs de phase. L'appareillage de coupure doit donc être à coupure omnipolaire.

Note : quand le conducteur neutre est spécifiquement protégé (par exemple, en schéma IT à neutre distribué),

- par un disjoncteur, la simultanéité de la coupure est naturelle car la coupure du disjoncteur est omnipolaire,
- par un appareillage à fusible, la fusion du fusible protégeant le conducteur neutre doit entraîner la coupure simultanée des phases : en pratique, le fusible sur le pôle neutre de l'appareillage est muni d'un percuteur qui commande le dispositif d'ouverture des pôles des phases.



7.4 Sectionnement du conducteur neutre

(cf. Fig. G64 en page suivante)

Le conducteur neutre est un câble actif. De ce fait, le conducteur neutre d'un circuit peut être porté à un potentiel dangereux même si les conducteurs de phase sont ouverts-sectionnés.

Pour des raisons sécuritaires, il est recommandé de sectionner le conducteur neutre en même temps que les conducteurs de phase.

	TT	TN-C	TN-S	IT
Monophasée P-N				
Monophasé 2P				
Triphasé sans neutre 3 fils				
Triphasé avec neutre 4 fils $S_n \geq S_{ph}$				
Triphasé avec neutre 4 fils $S_n < S_{ph}$				

(A) En schéma TT et TN

si $S_n \geq S_{ph}$, la détection de surintensité dans le conducteur neutre n'est pas nécessaire.

si $S_n < S_{ph}$, la détection de surintensité dans le conducteur neutre est nécessaire.

Le dispositif de protection doit couper les conducteurs de phases mais pas nécessairement le conducteur neutre. Il est admis de ne pas installer de détection de surintensité sur le conducteur neutre entre la source et le TGBT.

(B) En schéma IT

La détection de surintensité dans le conducteur neutre est nécessaire

Le dispositif de protection doit couper les conducteurs de phase et neutre.

La détection de surintensité n'est pas nécessaire :

- si le conducteur neutre est protégé contre les courants de court-circuit,
- si le circuit est protégé par un DDR dont le courant différentiel résiduel $\leq 0,15$ fois le courant admissible dans le conducteur neutre.

Fig. G64 : Tableau de choix relatif à la protection du conducteur neutre (d'après CEI 60364-4-2, -4-43 et 5-52)

7 Le conducteur neutre

7.5 Influence des courants harmoniques

Effets des harmoniques de rang 3

Les courants harmoniques sont générés par des charges non-linéaires (plus exactement à impédance non-linéaire) alimentées par le réseau telles que ordinateur, éclairage fluorescent, redresseur, variateur de vitesse, etc. Ces charges peuvent produire d'importants courants harmoniques de rang 3 et multiple de 3 qui s'additionnent dans le conducteur neutre (voir le schéma de la **Figure G63a**).

■ Les courants fondamentaux des trois phases sont déphasés de $2\pi/3$ et donc leur somme vectorielle est nulle (si la charge est équilibrée).

■ Les courants harmoniques de rang 3 des trois phases sont en phase et de ce fait s'additionnent dans le conducteur neutre. Le graphe de la **Figure G63b** montre le facteur de charge du conducteur neutre $I_{\text{neutre}}/I_{\text{phase}}$ en fonction du taux d'harmonique de rang 3.

Le facteur de charge a une valeur maximale de $\sqrt{3}$.

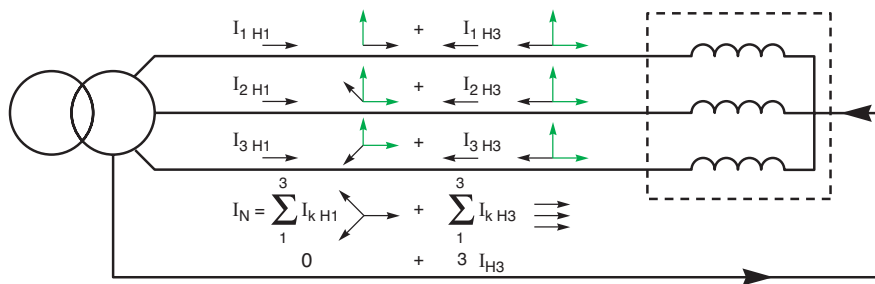


Fig. G63a : Les courants harmoniques de rang 3 s'additionnent dans le conducteur neutre

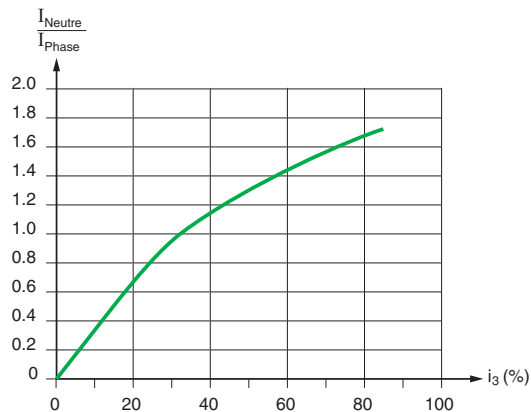


Fig. G63b : Facteur de charge d'un conducteur neutre en fonction du taux de courant harmonique de rang 3

Dimensionnement du circuit en fonction du taux de courant harmonique de rang 3, suivant l'annexe D de la norme CEI 60364-5-54

Les calculs de base pour le choix de la section d'une canalisation sont réalisés en ne considérant que trois conducteurs chargés c'est à dire :

■ en cas de charge équilibrée, il n'y a pas de courant dans le conducteur neutre,
 ■ en cas de charge déséquilibrée, le courant de déséquilibre dans le conducteur est compensé par la diminution du courant phase.

Or le courant harmonique de rang 3 circulant dans le conducteur neutre n'est pas compensé par une diminution des courants de phase. De ce fait, suivant son niveau (exprimé en % par rapport au courant phase ou TH 3), il est nécessaire de considérer une canalisation à quatre conducteurs chargés ce qui entraîne, de facto, une condition d'échauffement plus contraignante (voir paragraphe 2.1).

L'annexe D de la norme CEI 60364-5-54 considère 4 niveaux significatifs pour le dimensionnement du circuit (voir le tableau de la Figure G63). Les règles de dimensionnement s'appuient sur deux critères : Facteur de correction et le Courant d'emploi I_B du circuit.

Facteur de correction (pour conducteur neutre chargé)

Dans le cas d'un conducteur neutre chargé, un facteur de réduction pour le dimensionnement des conducteurs est nécessaire pour tenir compte d'un niveau de courant harmonique de rang 3 non négligeable circulant dans le conducteur neutre : la valeur de ce facteur est 0,86.

Ce facteur de réduction appliqué au courant admissible dans un câble à trois conducteurs chargés donne le courant admissible du câble à quatre conducteurs chargés.

Courant d'emploi I_B du circuit

Le dimensionnement d'un circuit est fait dans le cas général suivant la valeur du courant d'emploi de la charge, c'est-à-dire du courant de charge des conducteurs de phase I_B .

En présence de courants harmonique de rang 3 importants, les courants dans le conducteur neutre peuvent être supérieurs aux courants dans les conducteurs de phase : dans ce cas, le courant de charge du circuit à considérer est le courant de charge du conducteur neutre (voir le tableau **Figure G63**).

Note : l'annexe D de la norme CEI 60364 -5-54 ne considère que des câbles multiconducteurs ($S_{\text{phase}} = S_{\text{neutre}}$)

Harmonique de rang 3 dans le courant de phase (%)	Facteur de réduction	
	Choix fondé sur le courant de phase	Choix fondé sur le courant de neutre
0 - 15	1,0	-
15 - 33	0,86	-
33 - 45	-	0,86
> 45	-	1,0

Fig. G63 : Facteur de réduction en cas de courant harmonique de rang 3 dans un réseau triphasé avec neutre (d'après tableau D.52.1 de la CEI 60364-5-52)

Mise en œuvre de ces critères

■ Courant harmonique de rang 3 < 15 % :

Le dimensionnement du circuit est réalisé comme pour le cas général.

■ 15 % ≤ courant harmonique de rang 3 < 33 % :

Le dimensionnement du circuit est réalisé comme pour le cas général en appliquant un facteur de correction supplémentaire (pour neutre chargé) de 0,86.

■ 33 % ≤ courant harmonique de rang 3 < 45 % :

Le dimensionnement du circuit est réalisé en prenant en compte

- le courant de charge du conducteur neutre $I_{B_{\text{neutre}}}$,
- un facteur de correction supplémentaire (pour neutre chargé) de 0,86.

■ Courant harmonique rang 3 ≥ 45 % :

Le dimensionnement du circuit est réalisé en prenant en compte le courant de charge du neutre $I_{B_{\text{neutre}}}$.

Note : Comme le courant dans le conducteur neutre est supérieur à 135 % (TH 3 > 45 %) de celui des conducteurs de phase, le câble est dimensionné sur la base du conducteur neutre. De ce fait les trois conducteurs de phase ne sont pas complètement chargés : l'échauffement supplémentaire dû au courant dans le conducteur neutre est compensé par la diminution d'échauffement dû à un courant réduit dans les conducteurs de phase. En conséquence, il n'est pas nécessaire de mettre en œuvre un facteur de correction.

Protection du conducteur neutre

Les prescriptions du paragraphe 7.2 s'appliquent en considérant le circuit dimensionné comme ci-dessus.

Afin de protéger les câbles, les fusibles ou les disjoncteurs doivent être dimensionnés en prenant la plus grande des valeurs des courants dans le câble (phases ou neutre).

Sectionnement du conducteur neutre

Les prescriptions des paragraphes 7.3 et 7.4 s'appliquent.

7 Le conducteur neutre



Disjoncteur Compact NSX

Exemples

Soit un circuit triphasé chargé ($I = 37 \text{ A}$) alimenté par un câble à quatre conducteurs, isolé au PVC, fixé à une paroi, mode de pose C à mettre en œuvre.

A partir du tableau de la Figure G21a, un câble de 6 mm^2 à conducteurs en cuivre présente un courant admissible de 40 A et est approprié en cas d'absence d'harmoniques dans le circuit.

■ En cas de présence de 20 % de courant harmonique de rang 3 (voir le tableau de la Figure G63) :

□ le choix se fonde sur le courant de phase 37 A ,

□ le taux en courant harmonique de rang 3 est $> 15 \%$ donc un facteur de réduction de $0,86$ est appliqué.

Le courant admissible devient : $37/0,86 = 43 \text{ A}$.

Pour ce circuit, un câble de 10 mm^2 est nécessaire.

■ En cas de présence de 40 % de courant harmonique de rang 3 (voir le tableau de la Figure G63) :

□ le choix se base sur le courant de neutre qui est : $37 \times 0,4 \times 3 = 44,4 \text{ A}$,

□ le taux en courant harmonique de rang 3 est $< 45 \%$ donc un facteur de réduction de $0,86$ est appliqué.

Le courant admissible devient : $44,4/0,86 = 51,6 \text{ A}$.

Pour ce circuit, un câble de 10 mm^2 est nécessaire.

■ En cas de présence de 50 % de courant harmonique de rang 3 (voir le tableau de la Figure G63) :

□ le choix se base sur le courant de neutre qui est : $37 \times 0,5 \times 3 = 55,5 \text{ A}$,

□ le taux en courant harmonique de rang 3 est $> 45 \%$ donc aucun facteur de réduction ($=1$) n'est appliqué.

Le courant admissible est $55,5 \text{ A}$.

Pour ce circuit, un câble de 16 mm^2 est nécessaire.

G49

7.6 Le conducteur neutre suivant la norme française d'installation

La norme française NF C 15-100 parties 5-52 et 5-54 précise ou modifie les règles énoncées précédemment concernant les points ci-après.

Dimensionnement du conducteur neutre

Règle générale

Le paragraphe § 524.2 de la norme NF C 15-100 introduit dans la règle générale :

■ la possibilité de circulation de courants harmoniques de rang 3 importants dans le réseau,

■ la possibilité d'avoir un conducteur neutre de section supérieure à celle des conducteurs de phase (pour des TH3 $> 33 \%$),

■ la détermination de la section et de la protection dans le cas de circulation de courants harmoniques de rang 3 importants.

Les autres prescriptions sont inchangées.

Influence du schéma des liaisons à la terre

Les mêmes prescriptions s'appliquent.

Influence des courants harmoniques

Le paragraphe § 524.2 de la norme NF C 15-100 considère 3 niveaux significatifs pour le dimensionnement du circuit (voir le tableau de la Figure Gf2 page suivante). Les règles de dimensionnement s'appuient sur les deux critères introduits au paragraphe 7.5 mais modifiés comme suit.

■ Facteur de correction (pour conducteur neutre chargé) :

la valeur de ce facteur de correction est $0,84$.

■ Courant d'emploi I_B du circuit :

dans le cas de courants harmoniques de rang 3 importants (TH3 $> 33 \%$), le courant de charge du circuit à considérer est :

□ pour un circuit constitué d'un câble multiconducteur : le courant de charge du conducteur neutre $I_{B\text{neutre}}$ égal arbitrairement à $1,45 I_B$ de la charge (voir le tableau Figure Gf2),

□ pour un circuit constitué de câbles monoconducteurs :

- le courant de charge du conducteur neutre $I_{B\text{neutre}}$ égal arbitrairement à $1,45 I_B$ de la charge,

- le courant de charge sous conditions⁽¹⁾ des conducteurs de phase (voir le tableau Figure Gf2).

(1) Dans ce cas la protection doit être assurée par des dispositifs spécifiques (par exemple disjoncteur Compact NSX équipé d'un déclencheur OSN). Cela peut représenter un gain économique réel pour des câbles de section importante ($\geq 70 \text{ mm}^2$) voir exemple ci-après.

	0 < TH3 ≤ 15 %	15 % < TH3 ≤ 33 % ⁽¹⁾	TH3 > 33 % ⁽²⁾
Circuits monophasés	$S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}$	$S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}$	$S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}$
Circuits triphasés + neutre Câbles multipolaires $S_{\text{phase}} \leq 16 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ ou $25 \text{ mm}^2 \text{ Alu}$	$S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}$	$S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}$ Facteur 0,84	$S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}$ S_{neutre} déterminante $I_{\text{Bneutre}} = 1,45/I_{\text{Bphase}}$ Facteur 0,84
Circuits triphasés + neutre Câbles multipolaires $S_{\text{phase}} > 16 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ ou $25 \text{ mm}^2 \text{ Alu}$	$S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}/2$ admis Neutre protégé	$S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}$ Facteur 0,84	$S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}$ S_{neutre} déterminante $I_{\text{Bneutre}} = 1,45/I_{\text{Bphase}}$ Facteur 0,84
Circuits triphasés + neutre Câbles unipolaires $S_{\text{phase}} > 16 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ ou $25 \text{ mm}^2 \text{ Alu}$	$S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}/2$ admis Neutre protégé	$S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}$ Facteur 0,84	$S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}$ S_{neutre} déterminante $I_{\text{Bneutre}} = 1,45/I_{\text{Bphase}}$ Facteur 0,84

(1) A défaut d'information des constructeurs, circuits d'éclairage alimentant des lampes à décharge dont les tubes fluorescents dans des bureaux, ateliers, grandes surfaces, etc.

(2) A défaut d'information des constructeurs, circuits dédiés à la bureautique, l'informatique, appareils électroniques dans des immeubles de bureaux, centres de calcul, banques, salles de marché, magasins spécialisés, etc.

Fig. Gf2 : Tableau de synthèse : facteur de réduction et courant de charge en cas de courant harmonique de rang 3 dans un réseau triphasé avec neutre (d'après tableau 52 V de la norme NF C 15-100)

Dans le cas de circuits triphasés avec neutre et lorsque le taux de courant harmonique de rang 3 n'est défini ni par l'utilisateur ni par l'application, il est recommandé que le concepteur applique au moins les règles suivantes :

- prévoir une section du conducteur neutre égale à celle des conducteurs de phase (avec un facteur de correction = 0,84),
- protéger le conducteur neutre contre les surintensités,
- ne pas utiliser de conducteur PEN.

Mise en œuvre de ces critères

- Courant harmonique de rang 3 (TH3) < 15 % :

Le dimensionnement du circuit est réalisé comme pour le cas général.

- 15 % ≤ courant harmonique de rang 3 (TH3) < 33 % :

Le dimensionnement du circuit est réalisé comme pour le cas général en appliquant un facteur de correction supplémentaire (pour neutre chargé) de 0,84.

- Courant harmonique de rang 3 (TH3) ≥ 33 % :

Le dimensionnement du circuit est réalisé en prenant en compte le courant de charge du neutre soit I_{Bneutre} arbitrairement égal à $1,45 I_{\text{B phase}}$.

Deux cas d'utilisation sont possibles :

- circuit constitué d'un câble multiconducteur (soit $S_{\text{phase}} = S_{\text{neutre}}$) : le câble est dimensionné pour le courant de charge du conducteur neutre,
- circuit constitué de câbles monoconducteurs : tous les câbles peuvent être dimensionnés pour leur courant de charge sous conditions.

Dans les deux cas, le facteur de correction de 0,84 est à appliquer

Exemple

Soit un circuit triphasé chargé ($I_{\text{B}} = 146 \text{ A}$) et alimenté par quatre conducteurs, isolé au PVC à mettre en œuvre (lettre de sélection E). En absence de courant harmonique de rang 3 dans le circuit, le facteur de correction a été calculé égal à 0,74.

1) Le circuit est protégé par un disjoncteur standard (avec une protection du conducteur neutre égale à celle des conducteurs de phase) ou sans protection du conducteur neutre.

Le réglage de la protection Long retard I_r est de 160 A.

En cas de présence de 50 % de courant harmonique de rang 3 :

- le choix se base sur le courant de neutre qui est : $160 (I_r) \times 1,45 = 232 \text{ A}$,
- un facteur de réduction supplémentaire est à appliquer : 0,84.

Le courant admissible est de ce fait :

$$I'z = 232 / 0,74 \times 0,84 = 373 \text{ A}$$

Pour ce circuit, quatre câbles de 150 mm^2 sont nécessaires (pour les conducteurs neutre et de phase).

7 Le conducteur neutre

2) Le circuit est protégé par un disjoncteur Compact NSX 250 N équipé d'un déclencheur Micrologic 5 (réglage de la protection Long retard (Ir) par pas de 1 A et protection OSN -Over Sized Neutral- intégré).

En cas de présence de 50 % courant harmonique de rang 3 :

- le choix se base sur le courant de neutre qui est : $146 (I_r) \times 1,45 = 212 \text{ A}$,
- les conducteurs de phases sont dimensionnés pour leur courant de charge soit 146 A.

- Un facteur de réduction supplémentaire est à appliquer : 0,84.

Le courant admissible est de ce fait :

$I'z \text{ neutre} = 212 / 0,74 \times 0,84 = 340 \text{ A}$,

$I'z \text{ phase} = 146 / 0,74 \times 0,84 = 234 \text{ A}$

Pour ce circuit,

- un câble de 120 mm² est nécessaire pour le conducteur neutre,
- trois câbles de 70 mm² sont nécessaires pour les conducteurs de phase.

Donc le choix de la protection OSN procure un gain économique substantiel.

Protection du conducteur neutre

Les prescriptions du paragraphe 7.2 s'appliquent en considérant le circuit dimensionné comme ci-dessus.

Afin de protéger les câbles, les fusibles ou les disjoncteurs doivent être dimensionnés en prenant la plus grande des valeurs des courants transitant dans les conducteurs (phases et neutre) ou, si la protection le permet, spécifiquement pour chaque conducteur selon le courant qui le parcourt (voir l'exemple ci-dessus).

G51

8 Calcul d'une installation suivant la norme française (NF C 15-100 partie 5-52 et guide UTE C 15-105)

8.1 Généralités

Le logigramme en Figure G1 du paragraphe 1.1 définit la procédure à suivre pour déterminer la section des conducteurs de phase.

La démarche pas à pas se fait de la manière suivante :

- canalisations non enterrées :
 - détermination de la lettre de sélection du mode de pose,
 - détermination des différents facteurs de correction : mode de pose, température ambiante, groupement, etc,
 - détermination du courant I_z et de la section de la canalisation.
- canalisations enterrées :

La même démarche est à suivre.

Le dimensionnement du conducteur neutre chargé est indiqué au paragraphe 8.6.

8.2 Choix des canalisations

Les différents modes de pose possibles sont indiqués dans le tableau de la **Figure Gf3** en fonction des différents types de conducteurs ou de câbles.

G52

Conducteurs et câbles	Mode de pose	Sans fixation	Fixation directe	Systèmes de conduits	Goulottes	Chemins de câbles, échelles, tablettes, corbeaux	Sur isolateurs	Câble porteur
Conducteurs nus		N	N	N	N	N	A	N
Conducteurs isolés		N	N	A*	A*	N	A	N
Câbles (y compris câbles armés)	Monoconducteurs	0	A	A	A	A	0	A
	Multiconducteurs	A	A	A	A	A	0	A

A Admis

A* Les conducteurs isolés ne sont admis que si le conduit, conduit-profilé ou goulotte possède le degré de protection IP4X ou IPXXD et que les couvercles de la goulotte nécessitent l'emploi d'un outil pour être retirés.

N Non admis

0 Non applicable ou non utilisé en pratique.

Fig. Gf3 : Tableau de choix des canalisations (d'après 52B de la NF C 15-100)

8.3 Détermination de la section des canalisations non enterrées

Détermination de la lettre de sélection

La lettre de sélection (de B à F) dépend du conducteur utilisé et de son mode de pose.

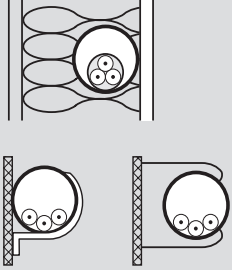
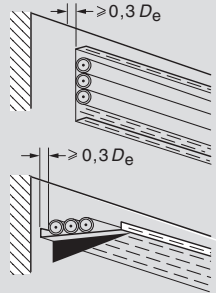
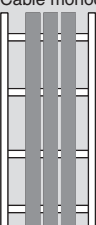
Les modes de pose sont très nombreux. La NF C 15-100 les a :

- numérotés,
- répertoriés dans les tableaux 52C et 52G de la partie 5-52 ;
- et regroupés sous une lettre de sélection de B à F.

8 Calcul d'une installation suivant la norme française

(NF C 15-100 partie 5-52 et guide UTE C 15-105)

Le tableau de la **Figure Gf4** présente le regroupement des numéros de références et la lettre de sélection correspondante en fonction des modes de pose.

Exemple	Mode de pose (description)	Numéro de référence du mode de pose	Lettre de sélection
Conducteur et câble multiconducteurs 	<ul style="list-style-type: none"> ■ sous conduit profilé ou goulotte, en apparent ou encastré ■ sous vide de construction, faux plafond ■ sous caniveau, moulure, plinthe, chambranle 	1, 2, 3, 3A, 4, 4A, 5, 5A, 11, 11A, 12, 21, 22, 22A, 23, 23A, 24, 24A, 25, 31, 31A, 32, 32A, 33, 33A, 34, 34A, 41, 42, 43, 71, 73, 74	B
	<ul style="list-style-type: none"> ■ en apparent contre mur ou plafond ■ sur chemin de câble ou tablettes non perforées 	11, 11A, 12, 18	C
Câble multiconducteur 	<ul style="list-style-type: none"> ■ sur échelles, corbeaux, chemin de câble perforé ■ fixés en apparent, espacés de la paroi ■ câbles suspendus 	13, 14, 16, 17	E
Câble monoconducteur 		13, 14, 16, 17	F

G53

Fig. Gf4 : Lettre de sélection et numéro de référence en fonction du mode de pose et du type de conducteur (d'après tableau 52C et 52G de la norme NF C 15-100)

Détermination du facteur de correction K

Le facteur de correction K caractérise l'influence des différentes conditions de l'installation.

Il s'obtient en multipliant les facteurs de correction K1, K2 et K3

Les valeurs de ces divers facteurs de correction sont données dans les tableaux des **Figures Gf5 à Gf10** ci-après.

Des facteurs de correction plus spécifiques peuvent être à appliquer :

- facteur f_s de symétrie dans le cas des conducteurs en parallèle (paragraphe 8.5 **Figure Gf22**),
- facteur k_n pour un conducteur neutre chargé (paragraphe 8.6).

G - La protection des circuits

Facteur de correction K1 (mode de pose)

Le facteur de correction K1 mesure l'influence du mode de pose.

Lettre de sélection	Mode de pose (description)	Exemple	K1	Numéro de référence du mode de pose
B	Câbles dans des conduits noyés directement dans des matériaux thermiquement isolants		0,70	2
	Conduits noyés dans des matériaux thermiquement isolants		0,77	1
	Câbles mono- ou multiconducteurs dans les conduits-profilés dans ces vides de construction		0,87	22A, 23A, 24A
	câbles multiconducteurs		0,90	3A, 4A, 5A, 31A, 32A, 33A, 34A, 73A, 24A
	Vides de construction et caniveaux		0,95	21,22, 23, 24, 25, 41
C	Pose sous plafond		0,95	11A, 18
B, C, E, F	Autres cas		1	Tous les autres

Fig. Gf5 : Valeurs du facteur de correction K1 lié aux principaux modes de pose

Facteur de correction K2 (groupement)

Le facteur K2 mesure l'influence mutuelle des circuits placés côte à côte. Une pose est jointive lorsque L, distance entre deux conducteurs, est inférieure au double du diamètre d'un conducteur.

Le tableau de la **Figure Gf6** indique le facteur de correction pour des circuits ou des câbles disposés sur une seule couche.

Disposition de circuits ou de câbles	Facteurs de correction												Lettres de sélection	Numéro de référence Modes de pose
	Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs													
Jointifs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20		
Enfermés	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,40	0,40	B,C	1, 2, 3, 3A, 4, 4A, 5, 5A, 21, 22, 22A, 23, 23A, 24, 24A, 25, 31,31A, 32, 32A, 33, 33A,34, 34A, 41, 42, 43,71
Simple couche sur les murs ou les planchers ou tablettes non perforées	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Pas de facteur de réduction supplémentaire pour plus de 9 câbles			C	11, 12
Simple couche au plafond	1,00	0,85	0,76	0,72	0,69	0,67	0,66	0,65	0,64				E, F	11A
Simple couche sur des tablettes perforées	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				E, F	13
Simple couche sur des échelles à câbles, corbeaux, treillis soudés etc.	1,00	0,88	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				E, F	14, 16, 17

Fig. Gf6 : Valeurs du facteur de correction K2 pour groupement de plusieurs circuits ou de plusieurs câbles multiconducteurs en une couche (d'après le tableau 52N de la norme NF C 15-100)

8 Calcul d'une installation suivant la norme française (NF C 15-100 partie 5-52 et guide UTE C 15-105)

Lorsque les câbles sont disposés en plusieurs couches, il faut appliquer en plus le facteur de correction suivant (facteur multiplicatif de K2)

Nombre de couches	2	3	4 ou 5	6 à 8	9 et plus
Coefficient	0,80	0,73	0,70	0,68	0,66

Fig. Gf7 : Facteurs multiplicatifs de K2 pour pose en plusieurs couches (d'après le tableau 52O de la norme NF C 15-100)

Lorsque des conduits ou des fourreaux sont groupés de façon jointive, les courants admissibles dans les conducteurs posés dans ces conduits ou fourreaux sont réduits en appliquant les facteurs de correction indiqués, suivant le cas, dans les tableaux des Figures Gf8 et Gf9.

Nombre de conduits disposés verticalement	Nombre de conduits disposés horizontalement					
	1	2	3	4	5	6
1	1	0,94	0,91	0,88	0,87	0,86
2	0,92	0,87	0,84	0,81	0,80	0,79
3	0,85	0,81	0,78	0,76	0,75	0,74
4	0,82	0,78	0,74	0,73	0,72	0,72
5	0,80	0,76	0,72	0,71	0,70	0,70
6	0,79	0,75	0,71	0,70	0,69	0,68

Fig. Gf8 : Facteurs multiplicatifs de K2 en fonction du nombre de conduits dans l'air et de leur disposition (d'après le tableau 52P de la norme NF C 15-100)

Nombre de conduits disposés verticalement	Nombre de conduits disposés horizontalement					
	1	2	3	4	5	6
1	1	0,87	0,77	0,72	0,68	0,65
2	0,87	0,71	0,62	0,57	0,53	0,50
3	0,77	0,62	0,53	0,48	0,45	0,42
4	0,72	0,57	0,48	0,44	0,40	0,38
5	0,68	0,53	0,45	0,40	0,37	0,35
6	0,65	0,50	0,42	0,38	0,35	0,32

Fig. Gf9 : Facteurs multiplicatifs de K2 en fonction du nombre de conduits noyés dans le béton et de leur disposition (d'après le tableau 52Q de la norme NF C 15-100)

G55

Température ambiante (°C)	Élastomère (Caoutchouc)	Isolation	
		PVC	PR / EPR
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,06	1,04
35	0,93	0,94	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55	-	0,61	0,76
60	-	0,50	0,71
65	-	-	0,65
70	-	-	0,58
75	-	-	0,50
80	-	-	0,41
85	-	-	-
90	-	-	-
95	-	-	-

Fig. Gf10 : Valeurs du facteur de correction K3 pour les températures ambiantes différentes de 30 °C (d'après le tableau 52K de la norme NF C 15-100)

Facteur de correction K3 (influence de la température)

Le facteur K3 mesure l'influence de la température suivant la nature de l'isolant. Le tableau de la Figure Gf10 indique les valeurs de K3 pour des canalisations placées dans un environnement de température ambiante différente de 30 °C.

Exemple 1

Un câble triphasé isolé en PR (Polyéthylène réticulé) est tiré sur un chemin de câbles perforé, jointif avec trois autres circuits constitués (cf. Fig. Gf11) :

- d'un câble triphasé (1^{er} circuit),
- de trois câbles monoconducteurs (2^{ème} circuit),
- de six câbles monoconducteurs (3^{ème} circuit) : ce dernier circuit est constitué de deux conducteurs par phase.

La température ambiante est 40 °C.

Quel est le facteur de correction K ?

Pour le calcul il faut considérer pour les facteurs K1, K2 et K3 :

- mode de pose : la lettre de sélection est E,
- groupement : le nombre de circuits à considérer est 5 :
 - 1 pour le circuit concerné,
 - 1 pour le 1^{er} circuit,
 - 1 pour le 2^{ème} circuit,
 - 2 pour le 3^{ème} circuit (câbles en parallèle avec une 2^{ème} correction (plusieurs couches)).

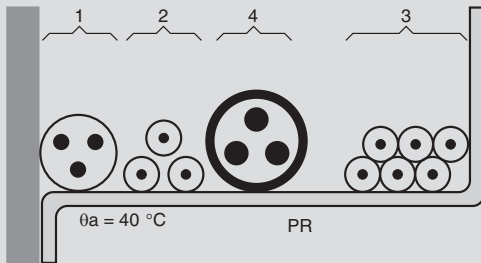


Fig. Gf11 : Exemple de détermination de K1, K2 et K3

■ température : la température est > 30 °C.

D'où le calcul des différents facteurs de correction :

K1 donné par le tableau de la Figure Gf5 :

K1 = 1

K2 donné par les tableaux des Figures Gf6 et Gf8 :

K2 = 0,75

K3 donné par le tableau de la Figure Gf10 :

K3 = 0,91

$K = K1 \times K2 \times K3 = 1 \times 0,75 \times 0,91 = 0,68$

Détermination de la section minimale

L'exploitation du facteur de correction K permet de calculer l'intensité admissible fictive (ou corrigée) I'z à partir de l'intensité admissible Iz de la canalisation :

$I'z = Iz/K$

La section de la canalisation est indiquée dans le tableau de la Figure Gf12 par lecture directe :

- Le choix de la colonne est réalisé à partir du mode de pose (lettre de sélection) et des caractéristiques de la canalisation (isolant, nombre de conducteurs chargés),
- Le choix de la ligne est réalisé à partir de la valeur $\geq I'z$ dans la colonne du tableau correspondant à la nature de l'âme du conducteur (cuivre ou aluminium).

G56

Lettre de sélection	Isolant et nombre de conducteurs chargés (3 ou 2)										Lettre de sélection
	Caoutchouc ou PVC					Butyle ou PR ou éthylène PR					
	B	PVC3	PVC2		PR3		PR2				B
	C		PVC3		PVC2	PR3	PR2				C
	E			PVC3		PVC2	PR3	PR2			E
	F				PVC3		PVC2	PR3		PR2	F
Section cuivre (mm ²)	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26		1,5
	2,5	21	24	25	27	30	31	33	36		2,5
	4	28	32	34	36	40	42	45	49		4
	6	36	41	43	48	51	54	58	63		6
	10	50	57	60	63	70	75	80	86		10
	16	68	76	80	85	94	100	107	115		16
	25	89	96	101	112	119	127	138	149	161	25
	35	110	119	126	138	147	158	169	185	200	35
	50	134	144	153	168	179	192	207	225	242	50
	70	171	184	196	213	229	246	268	289	310	70
	95	207	223	238	258	278	298	328	352	377	95
	120	239	259	276	299	322	346	382	410	437	120
	150		299	319	344	371	395	441	473	504	150
	185		341	364	392	424	450	506	542	575	185
	240		403	430	461	500	538	599	641	679	240
300		464	497	530	576	621	693	741	783	300	
400					656	754	825		940	400	
500					749	868	946		1083	500	
630					855	1005	1088		1254	630	
Section aluminium (mm ²)	2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	25	26	28		2,5
	4	22	25	26	28	31	33	35	38		4
	6	28	32	33	36	39	43	45	49		6
	10	39	44	46	49	54	59	62	67		10
	16	53	59	61	66	73	79	84	91		16
	25	70	73	78	83	90	98	101	108	121	25
	35	86	90	96	103	112	122	126	135	150	35
	50	104	110	117	125	136	149	154	164	184	50
	70	133	140	150	160	174	192	198	211	237	70
	95	161	170	183	195	211	235	241	257	289	95
	120	186	197	212	226	245	273	280	300	337	120
	150		227	245	261	283	316	324	346	389	150
	185		259	280	298	323	363	371	397	447	185
	240		305	330	352	382	430	439	470	530	240
	300		351	381	406	440	497	508	543	613	300
400					526	600	663		740	400	
500					610	694	770		856	500	
630					711	808	899		996	630	

Fig. Gf12 : Cas d'une canalisation non enterrée - Détermination de la section minimale en fonction de la lettre de sélection, du type de conducteur et de l'intensité admissible fictive I'z

8 Calcul d'une installation suivant la norme française

(NF C 15-100 partie 5-52 et guide UTE C 15-105)

Exemple 2

A partir de l'exemple 1 : le courant d'emploi I_B du circuit considéré est 23 A.

■ Solution disjoncteur

□ calcul du courant admissible fictif (ou corrigé) $I'z$:

Le courant I_n considéré est $I_n = 25$ A, d'où le courant admissible $I_z = 25$ A,

Le courant admissible fictif est déduit de I_z et du facteur K précédemment calculé ($K = 0,68$) soit :

$$I'z = 25/0,68 = 36,8 \text{ A}$$

□ Section de la canalisation (tableau de la Figure Gf12) :

Le choix de la colonne se fait à partir du mode pose E et des caractéristiques de la canalisation : PR3 = isolant PR et 3 conducteurs chargés,

La section est déterminée par la valeur de courant dans la colonne $\geq 36,8$ A :

- 42 A pour des conducteurs en cuivre d'où une section de 4 mm² (lue dans la ligne),

- 43 A pour des conducteurs en aluminium d'où une section de 6 mm² (lue dans la ligne).

■ Solution appareillage à fusibles

□ calcul du courant admissible $I'z$:

Le courant I_n considéré est $I_n = 25$ A, d'où le courant admissible I_z par application du coefficient k_3 (voir paragraphe 1.3), $I_z = 1,21 \times 25 = 30,3$ A,

Le courant admissible fictif est déduit de I_z et du facteur K précédemment calculé ($K = 0,68$) soit :

$$I'z = 30,3/0,68 = 40,6 \text{ A}$$

□ Section de la canalisation (tableau de la Figure Gf12)

Le choix de la colonne se fait à partir du mode pose E et des caractéristiques de la canalisation : PR3 = isolant PR et 3 conducteurs chargés,

La section est déterminée par la valeur de courant dans la colonne $\geq 40,6$ A :

- 54 A pour des conducteurs en cuivre d'où une section de 6 mm² (lue dans la ligne),

- 59 A pour des conducteurs en aluminium d'où une section de 10 mm² (lue dans la ligne).

G57

8.4 Détermination de la section des canalisations enterrées

La démarche de calcul est identique à celle des canalisations non enterrées.

Détermination de la lettre de sélection

La NF C 15-100 a groupé les trois modes de pose sous la lettre de sélection D.

Le tableau de la **Figure Gf13** ci-après présente le regroupement des méthodes correspondant à la lettre de sélection D en fonction des modes de pose.


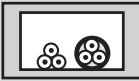



Exemple	Mode de pose (description)	Numéro de référence du mode de pose	Lettre de sélection
  Conducteur et câble multiconducteurs   	■ sous conduit, fourreaux, profilé ■ avec ou sans protection mécanique	61, 62, 63	D

Fig. Gf13 : Numéros de référence en fonction du mode de pose et du type de conducteur pour la lettre de sélection D (d'après tableau 52C et 52G de la norme NF C 15-100)

Détermination du facteur de correction K

Il s'obtient en multipliant les facteurs de correction K4, K5, K6 et K7. Les valeurs de ces divers facteurs de correction sont données dans les tableaux des Figures Gf14 à Gf18 ci-après.

Des facteurs de correction plus spécifiques peuvent être à appliquer :

- facteur k_s de symétrie dans le cas des conducteurs en parallèle (paragraphe 8.5 Figure Gf22),
- facteur k_n pour conducteur neutre chargé (paragraphe 8.6).

Facteur de correction K4 (mode de pose)

Le facteur de correction K4 mesure l'influence du mode de pose.

Lettre de sélection	Mode de pose (description)	K4	Numéro de référence du mode de pose
D	pose sous fourreaux, conduits ou profilés	0,80	61
	autres cas	1	62, 63

Fig. Gf14 : Facteur de correction K4 lié aux modes de pose

Facteur de correction K5 (groupement)

Le facteur K5 mesure l'influence mutuelle des circuits (ou des conduits) placés côte à côte.

Les tableaux des Figures Gf15 à Gf17 indiquent les facteurs de correction (facteurs multiplicatifs de K5).

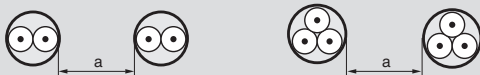
Le tableau de la Figure Gf15 indique le facteur de correction à appliquer aux circuits ou câbles cheminant dans un même conduit enterré (Mode de pose : 61, méthode de référence : D).

Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
1,00	0,71	0,58	0,5	0,45	0,41	0,38	0,35	0,33	0,29	0,25	0,22

Fig. Gf15 : Facteurs multiplicatifs de K5 dans le cas de plusieurs circuits ou câbles dans un même conduit enterré - mode de pose 61 - (d'après le tableau 52T de la norme NF C 15-100)

Distance entre conduits (a)					
Nombre de conduits	Nulle (Conduits jointifs)	Un diamètre de câble	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,76	0,79	0,84	0,88	0,92
3	0,64	0,67	0,74	0,79	0,85
4	0,57	0,61	0,69	0,75	0,82
5	0,52	0,56	0,65	0,71	0,80
6	0,49	0,53	0,60	0,69	0,78

Câbles multiconducteurs :



Câbles monoconducteurs :

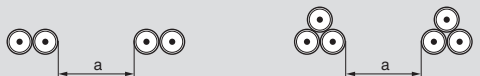


Fig. Gf17 : Facteurs multiplicatifs de K5 pour le groupement de plusieurs câbles directement enterrés dans le sol. Câbles monoconducteurs ou multiconducteurs disposés horizontalement ou verticalement - mode de pose 62 et 63 (d'après le tableau 52R de la norme NF C 15-100)

Le tableau de la Figure Gf16 indique le facteur de correction à appliquer aux circuits ou câbles d'un conduit enterré cheminant avec d'autres conduits (Mode de pose : 61, méthode de référence : D).

Distance entre conduits (a)				
Nombre de conduits	Nulle (Conduits jointifs)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,87	0,93	0,95	0,97
3	0,77	0,87	0,91	0,95
4	0,72	0,84	0,89	0,94
5	0,68	0,81	0,87	0,93
6	0,65	0,79	0,86	0,93

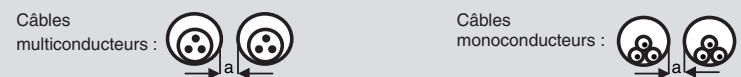


Fig. Gf16 : Facteurs multiplicatifs de K5 pour conduits enterrés disposés horizontalement ou verticalement à raison d'un câble ou d'un groupement de 3 câbles monoconducteurs par conduit - mode de pose 61 - (d'après le tableau 52S de la norme NF C 15-100)

Le tableau de la Figure Gf17 indique le facteur de correction à appliquer aux circuits ou câbles directement enterrés dans le sol cheminant avec d'autres circuits (Mode de pose : 62 et 63, méthode de référence : D).

8 Calcul d'une installation suivant la norme française

(NF C 15-100 partie 5-52 et guide UTE C 15-105)

Facteur de correction K6 (résistivité thermique du sol)

Les courants admissibles indiqués dans les différents tableaux pour les câbles directement enterrés correspondent à une résistivité thermique du sol de 1 K.m/W. Dans les emplacements où la résistivité thermique du sol est différente de 1 K.m/W, les courants admissibles sont à multiplier par les facteurs de correction du tableau de la **Figure Gf18** choisis selon les caractéristiques du voisinage immédiat.

Résistivité thermique du terrain (K.m/W)	Facteur de correction	Observations		
		Humidité	Nature du terrain	
0,40	1,25	Pose immergée	Marécages	
0,50	1,21	Terrains très humides	Sable	
0,70	1,13	Terrains humides		Argile et calcaire
0,85	1,05	Terrain dit normal		
1,00	1	Terrain sec		
1,20	0,94			Cendres et mâchefer
1,50	0,86	Terrain très sec		
2,00	0,76			
2,50	0,70			
3,00	0,65			

Fig. Gf18 : Valeurs du facteur de correction K pour les câbles enterrés en fonction de la résistivité thermique du sol (d'après le tableau 52M de la norme NF C 15-100)

G59

Température du sol (°C)	Isolation	
	PVC	PR / EPR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,79	0,80
50	0,71	0,76
55	0,63	0,71
60	0,55	0,65
65	0,45	0,60
70	-	0,53
75	-	0,46
80	-	0,38

Fig. Gf19 : Valeurs du facteur de correction K7 pour des températures du sol différentes de 20 °C

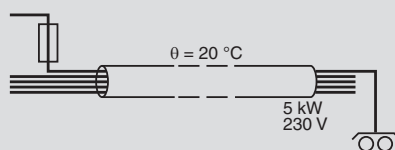


Fig. Gf20 : Exemple de détermination de K4, K5, K6 et K7

Facteur de correction K7 (influence de la température)

Le facteur K7 mesure l'influence de la température suivant la nature de l'isolant. Le tableau de la **Figure Gf19** indique le facteur de correction pour des canalisations placées dans un environnement de température du sol de 20 °C.

Exemple 3

Un circuit monophasé isolé en PVC chemine dans un conduit contenant quatre autres circuits chargés. La température du sol est 20 °C (cf. **Fig. Gf20**). Quel est le facteur de correction K ?

Pour le calcul il faut considérer pour les facteurs K4, K5, K6 et K7 :

- Mode pose : le mode de pose à considérer est câbles sous conduit 61.
- Groupement : le nombre de circuit à considérer est cinq dans un seul conduit enterré.
- Nature du sol : pas d'influence (les conducteurs sont sous conduit).
- Température : la température du sol est 20 °C (= température de référence).

D'où le calcul des différents facteurs de correction :

K4 donné par le tableau de la Figure Gf14 : $K4 = 0,8$
 K5 donné par le tableau de la Figure Gf15 : $K5 = 0,45$
 K6 pas d'incidence : $K6 = 1$
 K7 température de référence : $K7 = 1$

$$K = K4 \times K5 \times K6 \times K7 = 0,8 \times 0,45 \times 1 \times 1 = 0,36$$

Détermination de la section minimale

L'exploitation du facteur de correction K permet de calculer l'intensité admissible fictive (ou corrigée) $I'z$ à partir de l'intensité admissible Iz de la canalisation (voir paragraphe 2.2) :

$$I'z = Iz/K$$

La section de la canalisation est indiquée dans le tableau de la **Figure Gf21** par lecture directe :

- Le choix de la colonne est réalisé à partir des caractéristiques de la canalisation (isolant, nombre de conducteurs chargés),
- Le choix de la ligne est réalisé à partir de la valeur $\geq I'z$ dans la colonne du tableau correspondant à la nature de l'âme du conducteur (cuivre ou aluminium).

		Isolant et nombre de conducteurs chargés			
		Caoutchouc ou PVC		Butyle ou PR ou éthylène PR	
		3 conducteurs	2 conducteurs	3 conducteurs	2 conducteurs
Sections cuivre (mm ²)	1,5	26	32	31	37
	2,5	34	42	41	48
	4	44	54	53	63
	6	56	67	66	80
	10	74	90	87	104
	16	96	116	113	136
	25	123	148	144	173
	35	147	178	174	208
	50	174	211	206	247
	70	216	261	254	304
	95	256	308	301	360
	120	290	351	343	410
	150	328	397	387	463
	185	367	445	434	518
	240	424	514	501	598
300	480	581	565	677	
Sections aluminium (mm ²)	10	57	68	67	80
	16	74	88	87	104
	25	94	114	111	133
	35	114	137	134	160
	50	134	161	160	188
	70	167	200	197	233
	95	197	237	234	275
	120	224	270	266	314
	150	254	304	300	359
	185	285	343	337	398
	240	328	396	388	458
300	371	447	440	520	

Fig. Gf21 : Cas d'une canalisation enterrée - Détermination de la section minimale en fonction de la lettre de sélection, du type de conducteur et de l'intensité admissible fictive I'z (d'après le tableau 52J de la norme NF C 15-100)

Exemple 4

A partir de l'exemple 3 : le circuit considéré (monophasé), protégé par un disjoncteur, alimente 5 kW d'éclairage en 230 V.

Le courant d'emploi I_B du circuit est :

$$I_B = 5000 / 230 = 22 \text{ A}$$

■ Calcul du courant admissible I'z :

Le courant I_n juste supérieur est I_n = 25 A, d'où le courant admissible I_z = 25 A,

Le courant admissible fictif est déduit de I_z et du facteur K précédemment calculé (K = 0,36) soit :

$$I'z = 25 / 0,36 = 69,4 \text{ A}$$

■ Section de la canalisation (tableau de la Figure Gf21) :

Le choix de la colonne se fait à partir des caractéristiques de la canalisation : PVC, 2 conducteurs (PV2).

La section est déterminée par la valeur de courant dans la colonne ≥ 69,4 A :

- 90 A pour des conducteurs en cuivre d'où une section de 10 mm² (lue dans la ligne),

- 88 A pour des conducteurs en aluminium d'où une section de 16 mm² (lue dans la ligne).

Note : les valeurs 67 pour les conducteurs en cuivre et 68 pour les conducteurs en aluminium, bien que plus faibles, peuvent être retenues car la différence des valeurs est < 5%.

G60

8 Calcul d'une installation suivant la norme française (NF C 15-100 partie 5-52 et guide UTE C 15-105)

8.5 Câbles en parallèle

Les conducteurs de même section, de même longueur et de même type peuvent être utilisés en parallèle. Leur nombre ne doit pas dépasser quatre. Au delà, les canalisations préfabriquées doivent être mise en œuvre. Deux facteurs de correction doivent être pris en compte.

Facteur de symétrie : f_s

Les dispositions symétriques recommandées sont représentées dans la **Figure Gf22** pour deux câbles et quatre câbles en parallèle :

- dans ces deux cas, le facteur de symétrie est $f_s = 1$,
- dans les autres cas, le facteur de symétrie est $f_s = 0,8$.

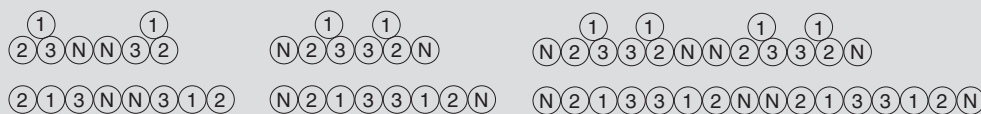


Fig. Gf22 : Dispositions symétriques pour deux câbles et quatre câbles par phase (avec ou sans câble neutre)

G61

Facteur lié au nombre de câbles en parallèle

En fait il s'agit du facteur de groupement (K2 ou K5) : l'application du coefficient de symétrie f_s ne dispense pas de la prise en compte du groupement. Ainsi, lorsqu'un circuit est constitué de plusieurs câbles monoconducteurs par phase, il y a lieu de prendre en compte autant de circuits que de câbles par phase.

Détermination de la section

Le courant maximum admissible fictif $I'z$ de chaque conducteur est obtenu à partir du courant d'emploi de la canalisation Iz en tenant compte du facteur de symétrie et du facteur de groupement soit :

$$I'z \geq \frac{Iz}{n \cdot f \cdot f_s}$$

avec

n = nombre de câbles en parallèle,

f = effets d'échauffement,

f_s = facteur de symétrie.

Détermination de la protection des câbles

La protection contre les courants de surcharge et de court-circuit est identique à celle à réaliser pour un circuit à seul câble parcouru par la même intensité Iz

Les précautions suivantes doivent être prises pour éviter le risque de court-circuit entre des câbles en parallèle :

- le renforcement de la protection mécanique et de celle contre l'humidité,
- le cheminement des câbles doit être tel que les câbles ne soient jamais à proximité de matériaux combustibles.

8.6 Détermination de la section dans le cas d'un conducteur neutre chargé

La considération d'un conducteur neutre chargé est liée à la circulation de courants harmoniques de rang 3. L'étude détaillée des effets de ces courants et de l'impact sur le conducteur neutre est réalisée au paragraphe 7.6.

Un facteur de correction k_n est égal à 0,84 est à appliquer à partir d'un taux de courant harmonique de rang 3 en courant (TH 3) > 15 %.

8 Calcul d'une installation suivant la norme française

(NF C 15-100 partie 5-52 et guide UTE C 15-105)

8.7 Informations complémentaires

Conditions normales d'exploitation

Le courant transporté par tout conducteur pendant des périodes prolongées en fonctionnement normal doit être tel que la température maximale de fonctionnement ne soit pas supérieure à la valeur appropriée spécifiée dans le tableau de la **Figure Gf23**.

Note : le courant admissible fictif calculé avec les facteurs de correction permet de respecter cette condition.

Type d'isolation	Température maximale de fonctionnement des conducteurs (sources : normes NF C 32-300 et NF C 32-301)
Polychlorure de vinyle (PVC)	70 °C
Polyéthylène réticulé (PR) et éthylène-propylène (EPR)	90 °C

Fig. Gf23 : Températures maximales de fonctionnement pour les isolations (d'après le tableau 52F de la norme NF C 15-100)

Facteurs de correction supplémentaires

Risque d'explosion

Un facteur de correction supplémentaire de 0,85 est à appliquer dans les emplacements à risque d'explosion classés dans les conditions d'influence externe BE3 : présence de matière explosive ou ayant un point d'éclair bas y compris les poussières explosives. Les emplacements concernés sont, par exemples, les raffineries, les sites de stockage d'hydrocarbure, les silos à grains.

Température ambiante

Les facteurs de correction du tableau de la Figure Gf10 ne tiennent pas compte de l'augmentation éventuelle de température due au rayonnement solaire.

Un facteur de correction de 0,85 est à appliquer lorsque les câbles ou conducteurs sont soumis à un tel rayonnement.

Note : lorsque des canalisations électriques sont encastrées dans des parois comportant des éléments chauffants, il est généralement nécessaire de réduire les courants admissibles en appliquant les facteurs de correction du tableau de la Figure Gf10.

Tolérance sur la détermination de la section des conducteurs

Une tolérance de 5 % est admise sur les valeurs de courants admissibles lors du choix de la section des conducteurs.

Par exemple, dans l'exemple 3 page G59, si la température du sol est de 25 °C, le courant admissible fictif devient 54,9 A. La section de 4 mm² est acceptable puisqu'elle admet un courant admissible de 54 A (écart de courant admissible < 5 %).

Conducteurs faiblement chargés

Canalisation non enterrée :

Pour l'application du tableau de la Figure Gf8, il n'y a pas lieu de tenir compte des circuits dont le courant d'emploi n'est pas supérieur à :

- 30 % du courant admissible dans les conditions de pose pour les méthodes de référence B,
- 70 % du courant admissible dans les conditions de pose pour les méthodes de référence C, E et F.

Canalisation enterrée (méthode de référence D) :

Pour l'application du tableau de la Figure Gf15, il n'y a pas lieu de tenir compte des circuits dont le courant d'emploi n'est pas supérieur à 30 % du courant admissible. Il en est ainsi par exemple des conducteurs prévus pour transporter un courant nettement inférieur au courant admissible pour des raisons de chute de tension ou de protection contre les contacts indirects.

De même, il n'est pas tenu compte des conducteurs utilisés pour des circuits de commande, de signalisation ou analogues.

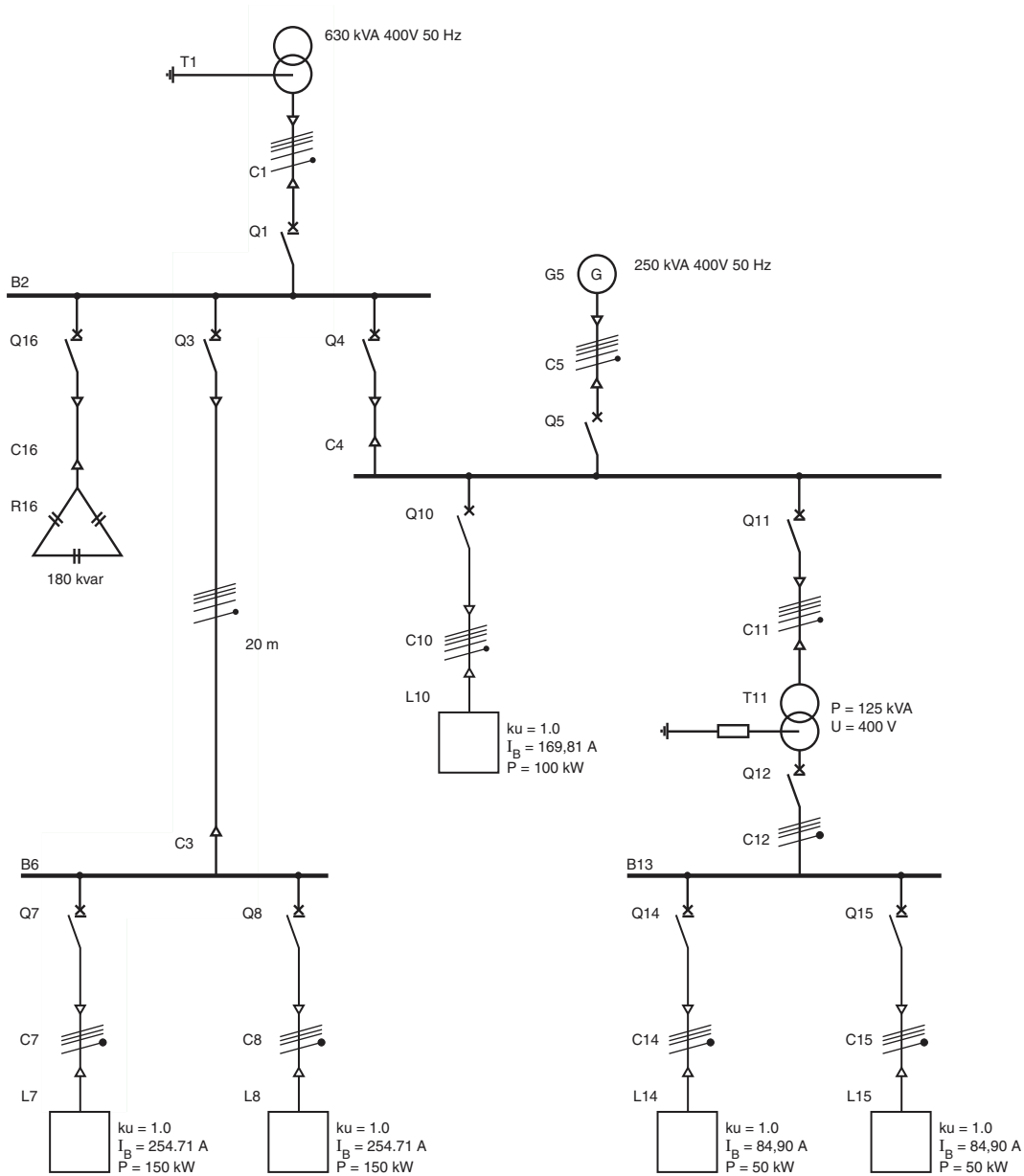
9 Exemple de calcul d'une installation

Présentation de l'installation (cf. Fig. G64)

L'installation est alimentée par un transformateur de 630 kVA. Le process exige un haut niveau de continuité d'alimentation en énergie et une partie de l'installation peut être alimentée par un groupe de remplacement de 250 kVA. L'exploitation est en schéma TN-S, exceptée pour les charges les plus critiques qui sont alimentées via un transformateur d'isolement et une configuration aval en schéma IT.

La **figure G64** ci-dessous représente le schéma de principe de cette installation. Le tableau de la **figure G65** donne les résultats des calculs pour le circuit à partir du transformateur T1 jusqu'au câble C7. Cette étude a été réalisée à l'aide du logiciel Ecodial 3.4. Ecodial est un produit Schneider-Electric.

L'exemple est suivi du même calcul réalisé par la méthode simplifiée décrite dans ce guide.



G63

Fig. G64 : Schéma unifilaire de l'application

9.1 Calcul de l'installation en utilisant le logiciel Ecodial 3.4

Caractéristiques générales du réseau			
Schéma de terre	TN-S	Nombre de pôles et de pôles protégés	4P4d
Neutre distribué	Non	Déclencheur	Micrologic 2,3
Tension (V)	400	Seuil de déclenchement long retard (A)	510
Fréquence (Hz)	50	Seuil de déclenchement court retard (A)	5100
Puissance de court-circuit amont (MVA)	500	Cable C3	
Résistance réseau MT (mΩ)	0,0351	Longueur	20
Réactance réseau MT (mΩ)	0,351	Courant de charge maximum (A)	509
Transformateur 1		Type d'isolant	PVC
Puissance (kVA)	630	Température ambiante (°C)	30
Tension de court-circuit (%)	4	Nature du conducteur	Cuivre
Résistance transformateur RT (mΩ)	3,472	Monoconducteur ou multiconducteur	Mono
Réactance du transformateur XT (mΩ)	10,64	Méthode de référence	F
Courant de court-circuit triphasé Ik ₃ (kA)	21,54	Section phase sélectionnée csa (mm ²)	2 x 95
Câble C1		Section neutre sélectionnée csa (mm ²)	2 x 95
Longueur (m)	5	Conducteur de protection sélectionnée csa (mm ²)	1 x 95
Courant de charge maximum (A)	860	Chute de tension ΔU (%)	0,53
Type d'isolant	PVC	Chute totale de tension ΔU (%)	0,65
Température ambiante (°C)	30	Courant de court circuit triphasé Ik ₃ (kA)	19,1
Nature du conducteur	Cuivre	Courant de défaut phase-terre Id (kA)	11,5
Monoconducteur ou multiconducteur	Mono	Jeu de barre B6	
Méthode de référence	F	Référence	Linergy 800
Nombre de circuits à proximité	1	Courant de charge (A)	750
Section phase sélectionnée csa (mm ²)	2 x 240	Disjoncteur Q7	
Section neutre sélectionnée csa (mm ²)	2 x 240	Courant de charge (A)	255
Conducteur de protection sélectionnée csa (mm ²)	1 x 120	Type	Compact
Chute de tension ΔU (%)	0,122	Référence	NSX400F
Courant de court-circuit triphasé Ik ₃ (kA)	21,5	Courant nominal (A)	400
Courant de défaut phase-terre Id (kA)	15,9	Nombre de pôles et de pôles protégés	3P3d
Disjoncteur Q1		Déclencheur	Micrologic 2.3
Courant de charge (A)	860	Seuil de déclenchement long retard (A)	258
Type	Compact	Seuil de déclenchement court retard (A)	2576
Référence	NS 1000N	Cable C7	
Courant nominal (A)	1000	Longueur (m)	5
Nombre de pôles et de pôles protégés	4P4d	Courant de charge maximum (A)	255
Déclencheur	Micrologic 5.0	Type d'isolant	PVC
Seuil de déclenchement long retard (A)	900	Température ambiante (°C)	30
Seuil de déclenchement court retard (A)	9000	Nature du conducteur	Cuivre
Temps de déclenchement (ms)	50	Monoconducteur ou multiconducteur	Mono
Jeu de barre B2		Méthode de référence	F
Référence	Linergy 1250	Section phase sélectionnée csa (mm ²)	1 x 95
Courant de charge (A)	1050	Section neutre sélectionnée csa (mm ²)	-
Disjoncteur Q3		Conducteur de protection sélectionnée csa (mm ²)	1 x 50
Courant de charge (A)	509	Chute de tension ΔU (%)	0,14
Type	Compact	Chute totale de tension ΔU (%)	0,79
Référence	NSX630F	Courant de court circuit triphasé Ik ₃ (kA)	18,0
Courant nominal (A)	630	Courant de défaut phase-terre Id (kA)	10,0

Fig. G65 : Résultats partiels des calculs de l'installation réalisée par le logiciel Ecodial 3.4 (Schneider Electric)

9.2 Calcul de l'installation en utilisant la méthode simplifiée recommandée dans ce guide

■ Dimensionnement du circuit C1

Le transformateur MT/BT a une tension à vide nominale de 420 V. Le courant maximale dans le circuit C1 est de ce fait égal à :

$$I_B = \frac{630 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 420} = 866 \text{ A par phase}$$

9 Exemple de calcul d'une installation

Deux câbles monoconducteurs en cuivre isolé au PVC en parallèle sont utilisés pour chaque phase. Ces câbles sont placés sur des tablettes perforées suivant la méthode de référence F.

Chaque conducteur a un courant de 433 A. Le tableau de la figure G21a indique que pour 3 conducteurs chargés, le c.s.a requis est 240mm².

La résistance et la réactance, pour 2 les conducteurs en parallèle, pour une longueur de 5 mètres sont :

$$R = \frac{22,5 \times 5}{240 \times 2} = 0,23 \text{ m}\Omega \text{ (la résistance linéique des câbles est : } 22,5 \text{ m}\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m})$$

$$X = 0,08 \times 5 = 0,4 \text{ m}\Omega \text{ (la réactance linéique des câbles est : } 0,08 \text{ m}\Omega/\text{m})$$

■ Dimensionnement du circuit C3

Le circuit C3 alimente 2 charges de 150W d'un cos $\varphi = 0,85$, le courant total est donc de :

$$I_B = \frac{300 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,85} = 509 \text{ A}$$

Deux câbles monoconducteurs en cuivre isolé au PVC en parallèle sont utilisés pour chaque phase. Ces câbles sont placés sur des tablettes perforées suivant la méthode de référence F.

Chaque conducteur a un courant de 255 A. Le tableau de la figure G21a indiqué que pour 3 conducteurs chargés, le c.s.a requis est 95mm².

La résistance et la réactance, pour les 2 conducteurs en parallèle, pour une longueur de 20 mètres sont :

$$R = \frac{22,5 \times 20}{95 \times 2} = 2,37 \text{ m}\Omega \text{ (la résistance linéique des câbles est : } 22,5 \text{ m}\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m})$$

$$X = 0,08 \times 20 = 1,6 \text{ m}\Omega \text{ (la réactance linéique des câbles est : } 0,08 \text{ m}\Omega/\text{m})$$

■ Dimensionnement du circuit C7

Le circuit C7 alimente une charge de 150 kW avec un cos $\varphi = 0,85$, le courant total est donc de :

$$I_B = \frac{150 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,85} = 255 \text{ A}$$

Un câble monoconducteur en cuivre isolé au PVC est utilisé pour chaque phase. Ces câbles sont placés sur des tablettes perforées suivant la méthode de référence F.

Chaque conducteur a un courant de 255 A. Le tableau de la figure G21a indique que pour 3 conducteurs chargés, le c.s.a requis est 95mm².

La résistance et la réactance pour une longueur de 20 mètres sont :

$$R = \frac{22,5 \times 5}{95} = 1,18 \text{ m}\Omega \text{ (la résistance linéique des câbles est : } 22,5 \text{ m}\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m})$$

$$X = 0,08 \times 5 = 0,4 \text{ m}\Omega \text{ (la réactance linéique des câbles est : } 0,08 \text{ m}\Omega/\text{m})$$

■ Calcul des courants de court-circuit pour le choix des disjoncteurs Q1,Q3,Q7 (voir Fig G66)

Composants	R (mΩ)	X (mΩ)	Z (mΩ)	Ikmax (kA)
Réseau amont Puissance de court-circuit 500 MVA	0,035	0,351		
Transformateur 630 kVA 4%	2,9	10,8		
Câble C1	0,23	0,4		
Sous-total	3,16	11,55	11,97	20,2
Câble C3	2,37	1,6		
Sous-total	5,53	13,15	14,26	17
Câble C7	1,18	0,4		
Sous-total	6,71	13,55	15,12	16

Fig. G66 : Exemple d'évaluation des courants de court-circuit

G65

9 Exemple de calcul d'une installation

■ Conducteur de protection PE

En utilisant la méthode adiabatique, le minimum c.s.a pour le conducteur de protection PE peut être calculé en utilisant la formule donnée dans le tableau de la figure G58 :

$$S_{PE} = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{k}$$

Pour le circuit C1, $I = 20.2$ kA et $k = 143$.

t est le temps maximum pour la protection MT, e.g 0.5 s

cela donne :

$$S_{PE} = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{k} = \frac{20200 \times \sqrt{0.5}}{143} = 100 \text{ mm}^2$$

Un conducteur unique dimensionné à 120 mm² pour d'autres raisons (protections des personnes contre les contacts indirects) est largement suffisant.

En général, pour des circuits avec des conducteurs de phase dont le c.s.a $S_{ph} \geq 50$ mm², le c.s.a. minimum pour le conducteur de protection PE sera de $S_{ph} / 2$. Donc pour le circuit C3, le conducteur de protection sera de 95mm² et pour le circuit C7, il sera de 50mm².

■ Protection contre les contacts indirects

Pour le circuit C3 (Fig. G64), la formule indiquée dans le chapitre F peut être utilisée :

La longueur maxi est :

$$L_{\max} = \frac{0.8 \times U_0 \times S_{ph}}{\rho \times (1 + m) \times I_a}$$

$$L_{\max} = \frac{0.8 \times 230 \times 2 \times 95}{22.5 \times 10^{-3} \times (1+2) \times 630 \times 11} = 75 \text{ m}$$

(The value in the denominator 630 x 11 is the maximum current level at which the instantaneous short-circuit magnetic trip of the 630 A circuit-breaker operates).

■ Chute de tension

La chute de tension est calculée en utilisant les données de la Figure G28. Pour un circuit triphasé équilibré en service normal ($\cos\phi = 0.8$)

Les résultats sont résumés dans la **figure G67** :

	C1	C3	C7
c.s.a.	2 x 240mm ²	2 x 95mm ²	1 x 95mm ²
ΔU par conducteur (V/A/km) voir Fig. G28	0.21	0.42	0.42
Courant de charge (A)	866	509	255
Longueur (m)	5	20	5
Chute de tension (V)	0.45	2.1	0.53
Chute de tension (%)	0.11	0.53	0.13

Fig. G67 : Chute de tension introduite par les différents câbles

La chute totale de tension à l'extrémité du câble C7 est de 0.77%

G66