

**UNION TECHNIQUE DE L'ELECTRICITE
ET DE LA COMMUNICATION**

INSTALLATIONS ELECTRIQUES A BASSE TENSION

GUIDE PRATIQUE

**Détermination des sections de conducteurs
et
choix des dispositifs de protection**

Méthodes pratiques

Determination of cross-sectional
area of conductors and selection
of protective devices

Practical methods

SOMMAIRE

1	DOMAINE D'APPLICATION	7
2	METHODES DE CALCUL DES COURANTS DE COURT-CIRCUIT ET DE DEFAUT.....	7
3	CHOIX DES DISPOSITIFS DE PROTECTION	8
A	DETERMINATION DU COURANT MAXIMAL D'EMPLOI	10
B	COURANTS ADMISSIBLES ET CHOIX DES DISPOSITIFS DE PROTECTION CONTRE LES SURCHARGES	14
B.1	Coordination entre les sections des conducteurs et les dispositifs de protection contre les surcharges (NF C 15-100, 433.1)	14
B.2	Canalisations non protégées contre les surcharges (NF C 15-100, 433.3 et 433.4)	16
B.3	Prise en compte du conducteur neutre et calcul de sa section	16
B.4	Exemples de calcul de section des conducteurs	17
B.5	Application des facteurs de correction pour groupement de câbles ou de circuits.....	22
B.6	Câbles en parallèle (NF C 15-100, 523.6).....	22
B.7	Courants admissibles dans les câbles souples	25
B.8	Emplacement des dispositifs de protection contre les surcharges (NF C 15-100, 433.2)..	26
C	COURANTS DE COURT-CIRCUIT (NF C 15-100, 434.1 et 533.3)	44
C.1	Généralités	44
C.2	Calcul des courants de court-circuit.....	44
C.3	Pouvoir de coupure	61
D	PROTECTION CONTRE LES CONTACTS INDIRECTS	64
D.1	Règle générale (NF C 15-100, 411.3.2)	64
D.2	Application au schéma TN.....	64
D.3	Application au schéma TT	68
D.4	Application au schéma IT	69
D.5	Prise en compte des câbles souples.....	70
D.6	Vérification de la résistance et de la continuité des conducteurs de protection	72
D.7	Longueurs de canalisations protégées contre les contacts indirects.....	74
E	VERIFICATION DES CONTRAINTES THERMIQUES DES CONDUCTEURS (NF C 15-100, Partie 5-54, annexe A)	84
E.1	Généralités	84
E.2	Conducteurs de protection	85
E.3	Conducteurs actifs	85
F	CHUTES DE TENSION DANS LES CANALISATIONS (NF C 15-100, 525).....	86
G	VALEURS DE RESISTIVITE ET DE REACTANCE DES CONDUCTEURS.....	90
G.1	Résistivité des conducteurs (UTE C 15-500, Tableau 4a)	90
G.2	Réactance linéique des conducteurs (UTE C 15-500, Tableau 4a).....	91

LISTE DES TABLEAUX

AA	Moteurs : facteur de puissance et rendement à charge nominale
AB	Eclairage : valeurs usuelles (à l'étude)
AC	Facteur de simultanéité
BA	Détermination des sections des conducteurs
BA1	Courants assignés I_n et valeurs de $k_3 I_n$ des coupe-circuit à fusible gG (en ampères)
BA2	Courants assignés des disjoncteurs domestiques (en ampères)
	Tableau de synthèse
BB	Conducteurs et câbles isolés (NF C 15-100, Tableau 52A)
BC	Détermination des courants admissibles en fonction des modes de pose (NF C 15-100, Tableaux 52C, 52G, 52H et 52J)
BD	Courants admissibles et protection contre les surcharges pour les méthodes de références B, C, E et F en l'absence de facteurs de correction (NF C 15-100, Tableau 52H)
BE	Courants admissibles (en ampères) dans les canalisations enterrées (méthode de référence D) (NF C 15-100, Tableau 52J)
BF1	Facteurs de correction pour des températures ambiantes différentes de 30 °C à appliquer aux valeurs de courants admissibles du tableau BC (NF C 15-100, Tableau 52K)
BF2	Facteurs de correction pour des températures du sol différentes de 20 °C à appliquer aux valeurs du tableau BD (NF C 15-100, Tableau 52L)
BG1	Facteurs de correction pour groupement de plusieurs circuits ou de plusieurs câbles multiconducteurs (NF C 15-100, Tableau 52N)
BG2	Facteurs de correction pour pose en plusieurs couches pour les références 2 à 5 du tableau BG1 (NF C 15-100, Tableau 52O)
BH	Facteurs de correction en fonction du nombre de conduits dans l'air et de leur disposition (NF C 15-100, Tableau 52P)
BJ	Facteurs de correction en fonction du nombre de conduits noyés dans le béton et de leur disposition (NF C 15-100, Tableau 52Q)
BK1	Facteurs de correction pour groupement de plusieurs câbles posés directement dans le sol. Câbles monoconducteurs ou multiconducteurs disposés horizontalement ou verticalement (NF C 15-100, Tableau 52R)
BK2	Facteurs de correction pour conduits enterrés disposés horizontalement ou verticalement à raison d'un câble ou d'un groupement de 3 câbles monoconducteurs par conduit (NF C 15-100, Tableau 52S)
BK3	Facteurs de correction dans le cas de plusieurs circuits ou câbles dans un même conduit enterré (NF C 15-100, Tableau 52T)

BL	Facteurs de correction pour les câbles enterrés en fonction de la résistivité thermique du sol (NF C 15-100, Tableau 52M)
CA	Facteur de crête (n) (NF EN 60439-2, 7.5.3)
CB	Valeurs des résistances et réactances du réseau haute tension
CC	Valeurs des tensions de court-circuit, des résistances et des réactances des transformateurs immergés dans un diélectrique liquide (NF C 52-112-X)
CD	Valeurs des tensions de court-circuit, des résistances et des réactances des transformateurs de type sec (NF C 52-115-X)
CE	Courant de court-circuit (en kA) en fonction des longueurs des canalisations
CE1	Valeurs du courant de court-circuit I_{k3} (kA) aux bornes aval des transformateurs immergés dans un diélectrique liquide
CE2	Valeurs du courant de court-circuit I_{k3} (kA) aux bornes aval des transformateurs de type sec
CF	Longueurs maximales (en mètres) de canalisations avec un conducteur neutre de même section que les conducteurs de phase sous tension de 230/400 V protégées contre les courts-circuits par des coupe-circuit à fusibles gG (pour les autres cas, voir C.2.3.7)
CG	Longueurs maximales (en mètres) de canalisations avec un conducteur neutre de même section que les conducteurs de phase sous tension de 230/400 V protégées contre les courts-circuits par des coupe-circuit à fusibles aM (pour les autres cas, voir C.2.3.7)
CH	Longueurs maximales (en mètres) de canalisations avec un conducteur neutre de même section que les conducteurs de phase sous une tension de 230/400 V protégées contre les courts-circuits par des disjoncteurs du type B (pour les autres cas, voir C.2.3.7)
CJ	Longueurs maximales (en mètres) de canalisations avec un conducteur neutre de même section que les conducteurs de phase sous une tension de 230/400 V protégées contre les courts-circuits par des disjoncteurs du type C (pour les autres cas, voir C.2.3.7)
CK	Longueurs maximales (en mètres) de canalisations avec un conducteur neutre de même section que les conducteurs de phase sous une tension de 230/400 V protégées contre les courts-circuits par des disjoncteurs du type D (pour les autres cas, voir C.2.3.7)
CL	Longueurs maximales (en mètres) de canalisations avec un conducteur neutre de même section que les conducteurs de phase sous une tension de 230/400 V protégées contre les courts-circuits par des disjoncteurs industriels (pour les autres cas, voir C.2.3.7)
DA	Temps de coupure (NF C 15-100, Tableau 41A)
DB	Courant maximal des DDR en fonction de la valeur de la prise de terre
DC	Valeurs maximales de la résistance des conducteurs de protection en schéma TN pour $U_0 = 230$ volts et un temps de coupure de 0,4 seconde
DD	Facteurs de correction de la résistance des conducteurs de protection

DE	Longueurs maximales (en mètres) des canalisations triphasées 230/400 V ou monophasées en schéma TN ($m = 1$) protégées contre les contacts indirects par des coupe-circuit à fusibles gG
DF	Longueurs maximales (en mètres) des canalisations triphasées 230/400 V ou monophasées en schéma TN ($m = 1$) protégées contre les contacts indirects par des coupe-circuit à fusibles aM
DG	Longueurs maximales (en mètres) de canalisations triphasées de 230/400 V ou monophasées en schéma TN ($m = 1$) protégées contre les contacts indirects par des disjoncteurs domestiques de type B
DH	Longueurs maximales (en mètres) de canalisations triphasées de 230/400 V ou monophasées en schéma TN ($m = 1$) protégées contre les contacts indirects par des disjoncteurs domestiques de type C
DJ	Longueurs maximales (en mètres) de canalisations triphasées de 230/400 V ou monophasées en schéma TN ($m = 1$) protégées contre les contacts indirects par des disjoncteurs domestiques de type D
DK	Longueurs maximales de canalisations triphasées 230/400 V ou monophasées protégées contre les contacts indirects (schéma TN) par des disjoncteurs industriels
EA	Valeurs du facteur k pour le calcul des contraintes thermiques des conducteurs (NF C 15-100, Tableaux A.54A à A.54F)
FA	Chutes de tension dans les installations
FB	Longueur de canalisation (conducteurs en cuivre) correspondant à une chute de tension de 1 % en monophasé 230 volts $\cos \varphi = 1$ (en mètres) (Valeurs moyennes issues des tableaux 2 et 4a du guide UTE C 15-500)
GA	Valeurs de la résistivité des conducteurs
GB	Réactance linéique des conducteurs

AVANT-PROPOS

Contenu du présent guide

Le présent guide regroupe de façon synthétique les différentes règles de la norme NF C 15-100 déterminant les sections des conducteurs des canalisations et le choix des dispositifs de protection et en précise les conditions pratiques d'application.

Cette détermination repose fondamentalement sur les cinq conditions suivantes :

- *limitation du courant admissible dans les conducteurs,*
- *protection contre les surcharges,*
- *protection contre les courts-circuits,*
- *protection contre les contacts indirects,*
- *limitation de la chute de tension.*

Suivant les schémas des liaisons à la terre (TT, TN ou IT) et les conditions prévues, seules certaines règles sont applicables.

Pour chaque condition, sont également rappelées les références des articles correspondants de la NF C 15-100 auxquels il est possible de se reporter pour connaître les règles complètes et les explications des Commentaires de la norme.

Articulation avec le guide UTE C 15-500

Le guide UTE C 15-500 est destiné à servir de base à la vérification des logiciels de calcul informatique, en vue de l'attribution d'un avis technique de l'UTE.

Le guide UTE C 15-105 décrit des méthodes pratiques ne faisant pas appel à l'utilisation d'un logiciel ; il présente :

- *2 méthodes approchées : la méthode de composition et la méthode conventionnelle ;*
- *1 méthode rigoureuse : la méthode des impédances.*

Par rapport au guide UTE C 15-500, des simplifications sont apportées dans le choix des paramètres, notamment pour le choix de la résistivité des conducteurs, afin de tenir compte :

- *pour la méthode de composition et la méthode conventionnelle, des hypothèses simplificatrices adoptées dans chacune de ces méthodes ;*
- *pour la méthode des impédances, de la considération du caractère pratique de cette méthode.*

Ce guide annule et remplace le guide UTE C 15-105 de juin 1999. Il a été approuvé par le Conseil d'administration de l'Union Technique de l'Electricité et de la Communication le 09 Juillet 2003.

Le présent guide ne traite pas toutes les situations, il examine les cas les plus courants.

Ce guide ne se substitue pas à la norme et aux textes réglementaires qui restent les textes de référence.

1 DOMAINE D'APPLICATION

Ce guide s'applique aux installations électriques à basse tension dont les canalisations sont constituées de conducteurs isolés ou de câbles.

Il ne s'applique pas aux circuits comportant des canalisations préfabriquées pour lesquelles le guide UTE C 15-107 donne les informations nécessaires et auquel il y a lieu de se reporter.

Les valeurs données dans les tableaux du présent guide sont valables pour des installations alimentées en courant alternatif monophasé 230 volts ou en courant alternatif triphasé 230/400 volts. Pour d'autres tensions, des facteurs de correction sont à appliquer aux valeurs des tableaux de longueurs de canalisations protégées contre les courts-circuits ou contre les contacts indirects ou correspondant à une chute de tension donnée.

Ces valeurs sont également valables pour un courant alternatif de fréquence 50 ou 60 Hz. Pour des fréquences supérieures, des facteurs de correction sont à appliquer notamment aux valeurs des courants admissibles. Le guide UTE C 15-421 donne des indications à ce sujet pour les fréquences de 100 à 400 Hz.

2 METHODES DE CALCUL DES COURANTS DE COURT-CIRCUIT ET DE DEFAUT

Le présent guide décrit un certain nombre de méthodes permettant de déterminer les caractéristiques de chaque circuit d'une installation et ses conditions de protection. Le choix de la méthode dépend :

- des courants dont la connaissance est nécessaire (courts-circuits maximaux, courts-circuits minimaux, courants de défaut),
- du degré de précision recherché,
- des caractéristiques connues de l'alimentation et des différents paramètres,
- de l'importance de l'installation,
- des moyens de calcul dont le concepteur ou l'installateur peut disposer.

Les indications qui suivent sont destinées à faciliter le choix de la méthode la mieux appropriée :

2.1 La méthode des impédances (C.2.1) permet de calculer avec une bonne précision tous les courants de court-circuit (maximaux, minimaux, triphasés, biphasés, monophasés) et les courants de défaut en tout point d'une installation.

Elle est utilisable lorsque toutes les caractéristiques des différents éléments de la boucle de défaut sont connues (sources, canalisations).

Elle consiste à totaliser séparément les différentes résistances et différentes réactances de la boucle de défaut depuis et y compris la source jusqu'au point considéré et à calculer l'impédance correspondante, ce qui permet de déterminer les courants de court-circuit et de défaut correspondants et les conditions de protection correspondantes contre les courts-circuits et contre les contacts indirects.

2.2 La méthode de composition (C.2.2) et la méthode conventionnelle (C.2.3) sont des méthodes permettant de déterminer avec une certaine approximation les courants de court-circuit à l'extrémité d'un circuit, d'après des caractéristiques estimées en amont du circuit.

2.2.1 La méthode de composition (C.2.2) est utilisable quand, bien que les caractéristiques de l'alimentation ne soient pas connues, l'estimation des courants de court-circuit à l'origine d'un circuit permet d'évaluer l'impédance amont de ce circuit.

Cette méthode néglige les différences de facteur de puissance ($\cos \varphi = R/X$) entre les différents circuits. Elle est utilisée dans le présent guide pour indiquer les valeurs de courant de court-circuit servant à déterminer les pouvoirs de coupure des dispositifs de protection.

2.2.2 La méthode conventionnelle (C.2.3) permet de calculer les courants de court-circuit minimaux et les courants de défaut à l'extrémité d'une canalisation, sans connaître les caractéristiques de la partie d'installation en amont du circuit considéré. Elle est basée sur l'hypothèse que la tension à l'origine du circuit est égale à 80 % de la tension nominale de l'installation pendant la durée du court-circuit ou du défaut.

Elle permet de déterminer les conditions de protection contre les contacts indirects dans les schémas TN et IT et de vérifier les contraintes thermiques des conducteurs.

Cette méthode est valable notamment pour les circuits terminaux dont l'origine est suffisamment éloignée de la source d'alimentation. Elle n'est pas applicable aux installations alimentées par des alternateurs. Elle est utilisée dans le présent guide pour l'établissement de tableaux donnant les longueurs maximales de canalisations protégées contre les courts-circuits ou contre les contacts indirects en fonction de la nature et des caractéristiques des dispositifs de protection, de la nature et de la section des conducteurs.

3 CHOIX DES DISPOSITIFS DE PROTECTION

Le présent guide détermine les conditions d'utilisation des différents dispositifs de protection pouvant être utilisés dans les installations électriques.

Ces dispositifs de protection font l'objet des normes qui sont citées dans les commentaires de la norme NF C 15-100, notamment à l'article 432 et au paragraphe 533.1 de la NF C 15-100.

En ce qui concerne les fusibles, leurs caractéristiques sont :

- soit du type gG pouvant assurer à la fois la protection contre les surcharges et la protection contre les courts-circuits,
- soit du type aM ne pouvant assurer que la protection contre les courts-circuits.

En ce qui concerne les disjoncteurs, deux catégories de disjoncteurs sont pris en considération :

- les disjoncteurs domestiques de courant assigné au plus égal à 125 A et dont les caractéristiques correspondent à l'un des types suivants et dont le courant de fonctionnement instantané I_m est compris entre les limites indiquées, seule la limite supérieure étant prise en considération dans l'établissement des tableaux du présent guide :

- type B : $3 I_n < I_m \leq 5 I_n$
 - type C : $5 I_n < I_m \leq 10 I_n$
 - type D : $10 I_n < I_m \leq 20 I_n$
- } Ces types font l'objet de la norme NF EN 60898 (C 61-410)

- les disjoncteurs industriels conformes à la norme NF EN 60947-2 (C 63-120). Les tableaux du présent guide sont fondés conventionnellement sur les valeurs du courant de fonctionnement instantané de ces disjoncteurs en prenant en compte leur tolérance (+ 20 %).

- A -

**DETERMINATION
DU COURANT MAXIMAL D'EMPLOI**

A DETERMINATION DU COURANT MAXIMAL D'EMPLOI

Le courant maximal d'emploi I_B dans les conducteurs de phase est déterminé en multipliant la puissance nominale P_n de chaque appareil d'utilisation ou groupe d'appareils par les cinq facteurs ci-après :

$$I_B = P_n \cdot a \cdot b \cdot c \cdot d \cdot e$$

I_B en ampères
 P_n en kW

En cas de présence d'harmoniques, il peut être nécessaire de déterminer le courant d'emploi dans le conducteur neutre (voir B.2.2).

a. Facteur tenant compte du facteur de puissance et du rendement

Le facteur a est égal à $\frac{1}{\eta \cos \varphi}$, η étant le rendement électrique de l'appareil.

Les valeurs indiquées dans les tableaux AA et AB sont des valeurs moyennes pouvant être utilisées en l'absence de données plus précises.

Tableau AA – Moteurs : facteur de puissance et rendement à charge nominale

PUISSANCE DES MOTEURS	COS φ	RENDEMENT η	a
jusqu'à 1000 W	0,5	0,5	4
de 1 à 4 kW	0,7	0,7	2
de 4 à 50 kW	0,8	0,8	1,5
plus de 50 kW	0,9	0,9	1,2

CHAUFFAGE (par résistance) : $a = 1$

AUTRES RECEPTEURS : a est à déterminer suivant les indications des constructeurs.

Tableau AB – Eclairage : valeurs usuelles (à l'étude)

b. Facteur d'utilisation des appareils

Pour les appareils d'éclairage et de chauffage, le facteur d'utilisation est toujours égal à 1.
Dans une installation industrielle, le facteur b peut varier entre 0,3 et 0,9.

En l'absence d'indications plus précises, un facteur d'utilisation de 0,75 peut généralement être adopté pour les appareils à moteur.

c. Facteur de simultanéité

La détermination des facteurs de simultanéité c nécessite la connaissance détaillée de l'installation considérée et l'expérience des conditions d'exploitation, notamment pour les moteurs et les prises de courant. Il n'est pratiquement pas possible de spécifier des valeurs du facteur c pour chaque type d'installation, mais, en l'absence d'indications plus précises, la valeur du facteur de simultanéité peut être prise dans le tableau suivant :

Tableau AC – Facteur de simultanéité

UTILISATION		FACTEUR DE SIMULTANEITE c	
Eclairage		1	
Chauffage et conditionnement de l'air		1	
Prises de courant		0,1 à 0,2 (*)	
Ascenseurs (**) et Monte charge	{ pour le moteur le plus puissant	1	
		pour le moteur suivant	0,75
		pour les autres	0,60
(*) Dans certains cas, notamment dans les installations industrielles, ce facteur peut être plus élevé.			
(**) Le courant à prendre en considération pour chaque moteur est égal à son courant nominal majoré du tiers de son courant de démarrage.			

d. Facteur tenant compte des prévisions d'extension

La valeur du facteur d doit être estimée suivant les conditions prévisibles d'évolution de l'installation; il est au moins égal à 1 et, pour les installations industrielles, une valeur d'au moins 1,2 est recommandée.

e. Facteur de conversion des puissances en intensités

Le facteur de conversion de la puissance exprimée en kVA, en intensité exprimée en ampères e , est égal à :

- en monophasé	127 V, $e = 8$	- en monophasé	230 V, $e = 4,35$
- en triphasé	230 V, $e = 2,5$	- en triphasé	400 V, $e = 1,44$

– B –

**COURANTS ADMISSIBLES ET CHOIX
DES DISPOSITIFS DE PROTECTION
CONTRE LES SURCHARGES**

B COURANTS ADMISSIBLES ET CHOIX DES DISPOSITIFS DE PROTECTION CONTRE LES SURCHARGES

B.1 Coordination entre les sections des conducteurs et les dispositifs de protection contre les surcharges (NF C 15-100, 433.1)

B.1.1 Trois conditions sont à respecter pour qu'un dispositif de protection assure la protection d'une canalisation contre les surcharges :

Condition 1a) $I_B \leq I_n$

Condition 1b) $I_n \leq I_z$

Condition 2) $I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$ qui peut s'écrire $k_2 \cdot I_n \leq 1,45 I_z$ ou $k_3 \cdot I_n \leq I_z$ ou $I_n \leq \frac{I_z}{k_3}$

I_B Courant d'emploi,

I_n Courant assigné du dispositif de protection ; pour les dispositifs de protection réglables, I_n est le courant de réglage choisi (I_r),

I_2 Courant de fonctionnement du dispositif de protection dans le temps conventionnel,

I_z Courant admissible dans la canalisation, compte tenu des facteurs de correction éventuels,

k_2 Rapport du courant I_2 assurant effectivement le fonctionnement du dispositif de protection à son courant nominal I_n ,

$k_3 = k_2/1,45$.

Or la valeur du rapport k_2 est différente suivant la nature du dispositif de protection :

- pour les fusibles gG, ce rapport est de 1,6 ou 1,9; il en résulte que la condition 2) est plus sévère que la condition 1b),
- pour les disjoncteurs, ce rapport est égal à 1,45 pour les disjoncteurs domestiques, et à 1,30 ou 1,25 pour les disjoncteurs industriels suivant leur courant assigné. Il en résulte que la condition 1b) est plus sévère que la condition 2).

En pratique, il suffit donc dans tous les cas de vérifier seulement deux conditions :

- pour les fusibles, les deux conditions à respecter sont les suivantes :

Condition 1a) $I_B \leq I_n$

Condition 2) $I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$ ou $I_n \leq \frac{I_z}{k_3}$ ou $k_3 I_n \leq I_z$

Le facteur k_3 ayant les valeurs suivantes :

Fusibles gG	}	$I_n < 16 \text{ A}, k_3 = 1,31$
		$I_n \geq 16 \text{ A}, k_3 = 1,10$

- pour les disjoncteurs, les deux conditions à respecter sont les suivantes :

Condition 1a) $I_B \leq I_n$

Condition 1b) $I_n \leq I_z$

B.1.2 Pour la détermination de la section des conducteurs, lorsque la protection contre les surcharges est assurée conformément aux règles du paragraphe 433.1 de la NF C 15-100, il y a lieu de procéder comme indiqué dans le tableau BA.

Tableau BA – Détermination des sections des conducteurs

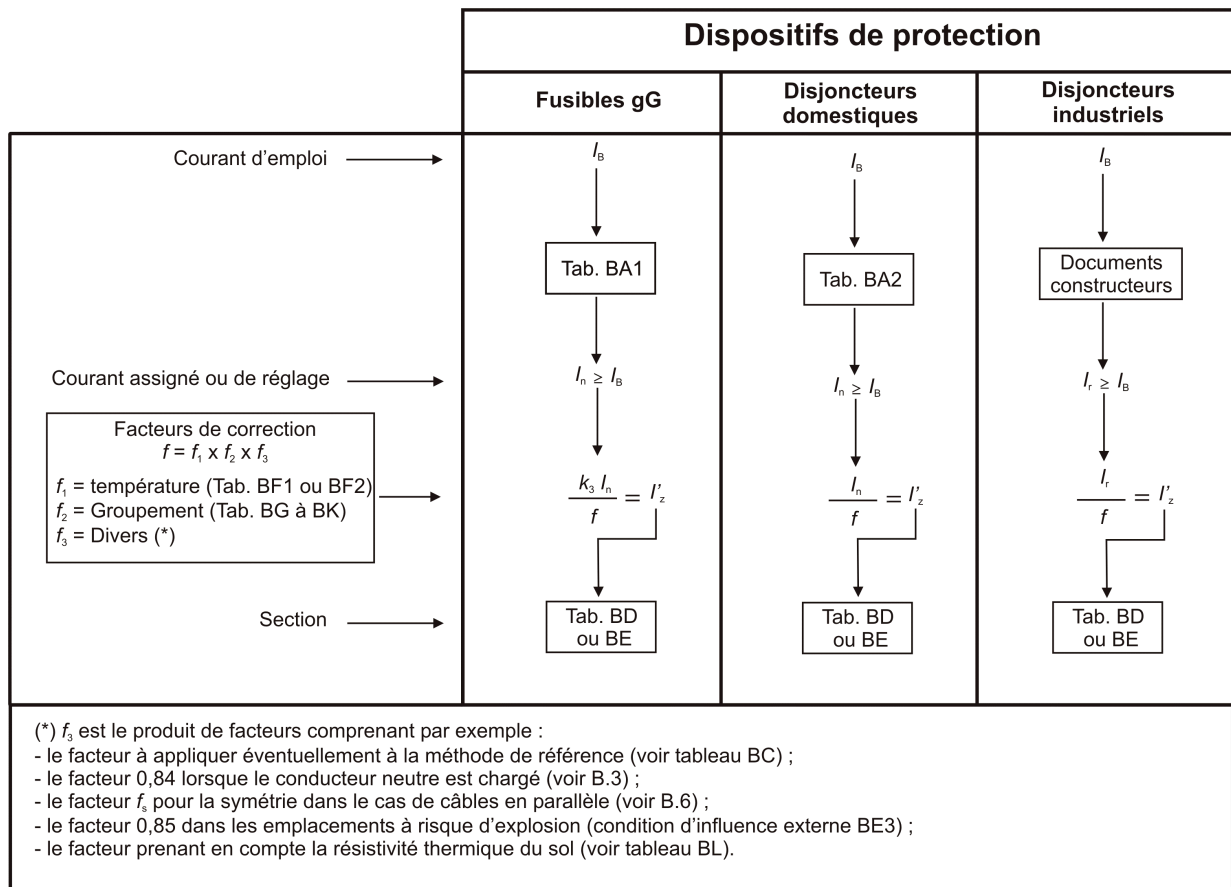


Tableau BA1 – Courants assignés I_n et valeurs de $k_3 I_n$ des coupe-circuit à fusible gG (en ampères)

I_n	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
$k_3 I_n$	13,1	17,6	22	27,5	35,2	44	55	69,3	88	110	137,5

I_n	160	200	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250
$k_3 I_n$	176	220	275	346,5	440	550	693	880	1 100	1 375

Tableau BA2 – Courants assignés des disjoncteurs domestiques (en ampères)

I_n	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
-------	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----

Une tolérance de 5 % est admise sur les valeurs de courants admissibles lors du choix de la section des conducteurs. Ainsi par exemple, si pour un courant d'emploi I_B de 100 A, le résultat des calculs donne une section de 26,7 mm², la section de 25 mm² est acceptable puisqu'elle admet un courant admissible de 96 A (colonne 2 du tableau BD), l'écart de courant admissible étant inférieur à 5 %.

B.2 Canalisations non protégées contre les surcharges (NF C 15-100, 433.3 et 433.4)

Lorsque la canalisation n'est pas protégée contre les surcharges, la section des conducteurs doit correspondre à un courant admissible au moins égal à :

$$I'_z = \frac{I_B}{f}$$

En outre, la section des conducteurs doit satisfaire à la règle du paragraphe 434.5.2 concernant le temps de coupure du courant de court-circuit et est déterminée suivant les indications du paragraphe 533.3 de la NF C 15-100 (voir chapitre C).

B.3 Prise en compte du conducteur neutre et calcul de sa section

B.3.1 Prise en compte du conducteur neutre

Le nombre de conducteurs à considérer dans un circuit est celui des conducteurs effectivement parcourus par le courant. Lorsque dans un circuit polyphasé les courants sont supposés équilibrés et le taux d'harmonique en courant de rang 3 et multiple de 3 ne dépasse pas 15 % dans les phases, il n'y a pas lieu de tenir compte du conducteur neutre correspondant.

Les valeurs de courants admissibles indiquées pour trois conducteurs chargés sont également valables dans un circuit triphasé équilibré avec neutre.

Lorsque le conducteur neutre transporte un courant sans réduction correspondante de la charge des conducteurs de phase, le conducteur neutre doit être pris en compte pour la détermination du nombre de conducteurs chargés.

Ce cas est rencontré lors de la présence de courants harmoniques dans le conducteur neutre des circuits triphasés, notamment pour un taux d'harmoniques en courant de rang 3 et multiple de 3 en courant, supérieur à 15 % dans les conducteurs de phase.

Lorsque le conducteur neutre est chargé, un facteur de réduction de 0,84 est à appliquer aux valeurs de courants admissibles pour les câbles et conducteurs PR 3 ou PVC 3 des tableaux BD et BE. Ce facteur de réduction est à inclure dans le facteur f_3 .

B.3.2 Calcul de la section du conducteur neutre

Le conducteur neutre peut avoir une section inférieure à celle des conducteurs de phase, sans descendre en dessous de la moitié,

- dans le seul cas de circuits polyphasés dont les conducteurs de phase ont une section supérieure à 16 mm² en cuivre ou 25 mm² en aluminium et si le taux d'harmoniques en courant de rang 3 et multiple de 3 ne dépasse pas 15 % dans le conducteur de phase.

Le conducteur neutre doit avoir la même section que les conducteurs de phase :

- dans les circuits monophasés à deux conducteurs, quelle que soit la section des conducteurs et quel que soit le taux d'harmoniques en courant de rang 3 et multiple de 3.
- dans les circuits polyphasés dont les conducteurs de phase ont une section au plus égale à 16 mm² en cuivre ou 25 mm² en aluminium si le taux d'harmoniques en courant de rang 3 et multiple de 3 ne dépasse pas 33 % dans le conducteur de phase. Si le taux d'harmoniques en courant dépasse 15 %, le conducteur neutre est considéré comme chargé et un facteur de réduction du courant admissible de 0,84 doit être pris en compte.

- dans les circuits polyphasés dont les conducteurs de phase ont une section supérieure à 16 mm² en cuivre ou 25 mm² en aluminium si le taux d'harmoniques en courant de rang 3 et multiple de 3 est compris entre 15 % et 33 % dans le conducteur de phase. Le conducteur neutre est considéré comme chargé et un facteur de réduction du courant admissible de 0,84 doit être pris en compte.
- dans les circuits polyphasés constitués de câbles multipolaires et lorsque le taux d'harmoniques en courant de rang 3 et multiple de 3 dépasse 33 %. La section déterminante est celle du conducteur neutre calculée pour un courant d'emploi pris égal à 1,45 fois le courant d'emploi dans la phase. Le conducteur neutre est considéré comme chargé et un facteur de réduction du courant admissible de 0,84 doit être pris en compte.

Le conducteur neutre doit avoir une section supérieure à celle des conducteurs de phase dans le cas de circuits polyphasés constitués de câbles unipolaires et lorsque le taux d'harmoniques en courant de rang 3 et multiple de 3 dépasse 33 %. La section déterminante est celle du conducteur neutre calculée pour un courant d'emploi pris égal à 1,45 fois le courant d'emploi dans la phase. Le conducteur neutre est considéré comme chargé et un facteur de réduction du courant admissible de 0,84 doit être pris en compte.

Tableau de synthèse

	0 < TH ≤ 15 %	15 % < TH ≤ 33 % ⁽¹⁾	TH > 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	$S_{\text{phase}} = S_{\text{neutre}}$ S_{neutre} déterminante $I_{\text{Bneutre}} = 1,45 \cdot I_{\text{Bphase}}$ 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	$S_{\text{phase}} = S_{\text{neutre}}$ S_{neutre} déterminante $I_{\text{Bneutre}} = 1,45 \cdot I_{\text{Bphase}}$ 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	$S_{\text{neutre}} > S_{\text{phase}}$ $I_{\text{Bneutre}} = 1,45 \cdot I_{\text{Bphase}}$ Facteur 0,84
(1) circuits d'éclairage alimentant des lampes à décharge dont les tubes fluorescents dans des bureaux, ateliers, grandes surfaces, etc.			
(2) circuits dédiés à la bureautique, l'informatique, appareils électroniques dans des immeubles de bureaux, centres de calcul, banques, salles de marché, magasins spécialisés, etc.			

Dans le cas de circuits triphasés avec neutre et lorsque le taux d'harmoniques en courant de rang 3 et multiple de 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 de la phase (facteur 0,84) ;
- protéger le conducteur neutre contre les surintensités ;
- ne pas utiliser de conducteur PEN.

B.4 Exemples de calcul de section des conducteurs

B.4.1 Taux d'harmoniques en courant de rang 3 et multiple de 3 ne dépassant pas 15 %

B.4.1.1 Exemple 1

Hypothèses :

- Circuit triphasé + neutre
- Courant d'emploi $I_B = 59 \text{ A}$
- Mode de pose : conducteurs isolés au PVC dans des conduits encastrés

{	⇒ mode de pose 5 (tableau BC)
	⇒ méthode de référence B (tableau BC)
- Température ambiante : 30 °C
- Protection par fusibles gG ou par disjoncteur domestique ou par disjoncteur industriel

Facteurs de correction :

- Température $\Rightarrow f_1 = 1$ (tableau BF1)
 - Groupement $\Rightarrow f_2 = 1$
 - Neutre non chargé $\Rightarrow f_3 = 1$
- (pas d'autres facteurs divers)
- $f = f_1 \times f_2 \times f_3 = 1 \times 1 \times 1 = 1$

a) protection par fusibles gG

Détermination du courant assigné du fusible :

- $I_n \geq I_B \Rightarrow I_n = 63 \text{ A} > 59 \text{ A}$ (tableau BA1)

Calcul de la section :

$$I'_z = \frac{k_3 I_n}{f} = \frac{69,3}{1} = 69,3 \text{ A} \quad (k_3 I_n \text{ donné par le tableau BA1})$$

Le tableau BD donne, dans la colonne 1 (méthode de référence B, colonne PVC3), **une section de :**

- **16 mm²** (courant admissible 68 A) ;
- **25 mm²** (courant admissible 89 A)

L'écart de courant admissible de la section de 16 mm² est de 1,3 A, soit inférieur à 5 % ; cette section peut être adoptée.

b) protection par disjoncteur domestique

Détermination du courant assigné du disjoncteur :

- $I_n \geq I_B \Rightarrow I_n = 63 \text{ A} > 59 \text{ A}$ (tableau BA2)

Calcul de la section :

$$I'_z = I_n = 63 \text{ A}$$

Le tableau BD donne, dans la colonne 1 (méthode de référence B, colonne PVC3), **une section de 16 mm²** (courant admissible 68 A).

c) protection par disjoncteur industriel

Réglage du disjoncteur :

- $I_r \geq I_B \Rightarrow$ par exemple $I_r = 63 \text{ A}$

Calcul de la section :

$$I'_z = I_r = 63 \text{ A} > 59 \text{ A}$$

Le tableau BD donne, dans la colonne 1 (méthode de référence B, colonne PVC3), **une section de 16 mm²** (courant admissible 68 A).

B.4.1.2 Exemple 2**Hypothèses :**

- Circuit triphasé + neutre
- Courant d'emploi $I_B = 77 \text{ A}$
- Mode de pose : chemin de câbles perforé \Rightarrow mode de pose 13 (tableau BC)
- Câble de type U1000R2V multiconducteurs \Rightarrow méthode de référence E (tableau BC)
- 8 circuits jointifs \Rightarrow référence 4 (tableau BG1)
- Température ambiante : 40 °C
- Protection par fusible gG ou par disjoncteur domestique

Facteurs de correction :

- Température $\Rightarrow f_1 = 0,91$ (tableau BF1)
 - Groupement $\Rightarrow f_2 = 0,72$ (tableau BG1, référence 4)
 - Neutre non chargé $\Rightarrow f_3 = 1$
- (pas d'autres facteurs divers)
- $f = f_1 \times f_2 \times f_3 = 0,91 \times 0,72 \times 1 = 0,65$

a) protection par fusibles gG

Détermination du courant assigné du fusible :

- $I_n \geq I_B \Rightarrow I_n = 80 \text{ A} > 77 \text{ A}$ (tableau BA1)

Calcul de la section :

$$I'_z = \frac{k_3 I_n}{f} = \frac{88}{0,65} = 135 \text{ A} \quad (k_3 I_n \text{ donné par le tableau BA1})$$

Le tableau BD donne, dans la colonne 6 (méthode de référence E, colonne PR3), **une section de 35 mm²** (courant admissible 158 A).

b) protection par disjoncteur domestique

Détermination du courant assigné du disjoncteur :

- $I_n \geq I_B \Rightarrow I_n = 80 \text{ A} > 77 \text{ A}$ (tableau BA2)

Calcul de la section :

$$I'_z = \frac{I_n}{f} = \frac{80}{0,65} = 123 \text{ A}$$

Le tableau BD donne, dans la colonne 6 (méthode de référence E, colonne PR3), **une section de 25 mm²** (courant admissible 127 A).

B.4.2 Taux d'harmoniques de rang 3 et multiple de 3 supérieur à 15 % et ne dépassant pas 33 %**Hypothèses :**

- Circuit triphasé + neutre
- Courant d'emploi $I_B = 136 \text{ A}$
- Mode de pose : chemin de câbles perforé \Rightarrow mode de pose 13 (tableau BC)
- Câble de type U 1000 R2V multiconducteurs \Rightarrow méthode de référence E (tableau BC)
- 7 circuits jointifs \Rightarrow référence 4 (tableau BG1)
- Température ambiante : 30 °C

Protection par disjoncteur industriel**Facteurs de correction :**

- Groupement : $\Rightarrow f_2 = 0,73$ (tableau BG1, référence 4)
- Neutre chargé : $\Rightarrow f_3 = 0,84$

Réglage du disjoncteur :

- $I_r \geq I_B \Rightarrow$ par exemple $I_r = 144 \text{ A}$ (relais thermique de courant assigné 160 A réglé à 0,9)

Calcul des sections :

$$I'_z = \frac{I_r}{f_2 \times f_3} = \frac{144}{0,73 \times 0,84} = 235 \text{ A}$$

Le tableau BD donne, dans la colonne 6, **une section de 70 mm²** (courant admissible 246 A).

Résultats :

Caractéristiques de la canalisation :

- Câble U1000 R2V multiconducteurs
- $S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}} = 70 \text{ mm}^2$

Caractéristiques du disjoncteur :

- $I_r = 144 \text{ A}$
- En schéma TT et TNS (NF C 15-100, 431.2.1) :
 - ⇒ Disjoncteur du type 4 pôles coupés : - 3 pôles protégés
 - pôle de neutre non protégé
- En schéma IT (NF C 15-100, 431.2.2) :
 - ⇒ Disjoncteur du type 4 pôles coupés : - 4 pôles protégés

B.4.3 Taux d'harmoniques en courant de rang 3 et multiple de 3 supérieur à 33 %**B.4.3.1 Le circuit est constitué d'un câble U 1000 R2V multiconducteurs****Hypothèses** identiques à celles de l'exemple précédent, c'est-à-dire :

- Circuit triphasé + neutre
- Courant d'emploi $I_B = 136 \text{ A}$
- Mode de pose : chemin de câbles perforé ⇒ mode de pose 13 (tableau BC)
- Câble de type U 1000 R2V multiconducteurs ⇒ méthode de référence E (tableau BC)
- 7 circuits jointifs ⇒ référence 4 (tableau BG1)
- Température ambiante : 30 °C
- Protection par disjoncteur industriel

Facteurs de correction :

- Groupement : ⇒ $f_2 = 0,73$ (tableau BG1, référence 4)
- Neutre chargé : ⇒ $f_3 = 0,84$

Calcul de la section du conducteur neutre :

Le calcul de la section est fait conformément à B.2.

- Taux d'harmoniques supérieur à 33 % ⇒ $I_{B\text{neutre}} = 1,45 I_{B\text{phase}} = 197 \text{ A}$

$$I_{z\text{neutre}} = \frac{I_{B\text{neutre}}}{f_2 \times f_3} = \frac{197}{0,73 \times 0,84} = 322 \text{ A}$$

Le tableau BD donne, dans la colonne 6, **une section de 120 mm²** (courant admissible $I_z = 346 \text{ A}$)**Détermination de la section des conducteurs de phase :**Dans ce cas de figure, $S_{\text{phase}} = S_{\text{neutre}} = 120 \text{ mm}^2$ **Caractéristiques du disjoncteur :**

- $I_n \geq I_{B\text{neutre}}$ ⇒ soit : $I_n \geq 197 \text{ A}$
 - Courant de réglage du relais thermique des phases :
 - $I_r \text{ mini} = I_{B\text{phase}}$
 - $I_r \text{ max} = I_z \times f_2 \times f_3 = 346 \times 0,73 \times 0,84 = 212 \text{ A}$
- } ⇒ soit : **136 A ≤ I_r ≤ 212 A**
- En schéma TT et TNS (NF C 15-100, 431.2.1) :
 - ⇒ Disjoncteur du type 4 pôles coupés : - 3 pôles protégés
 - pôle de neutre non protégé

- Par exemple :
- Disjoncteur 250 A
 - $I_n : 200 \text{ A}$
 - $I_r : 200 \times 0,8 = 160 \text{ A}$

- En schéma IT (NF C 15-100, 431.2.2) :
 - ⇒ Disjoncteur du type 4 pôles coupés : - 4 pôles protégés
 - Par exemple : - Disjoncteur 250 A
 - I_n : 200 A
- I_r : 1 x I_n (200 A)

B.4.3.2 Le circuit est constitué de câbles U 1000 R2V monoconducteurs

Hypothèses identiques à celles de l'exemple précédent, sauf pour les câbles (monoconducteurs au lieu de multiconducteurs), soit :

- Circuit triphasé + neutre
- Courant d'emploi $I_B = 136$ A
- Mode de pose : chemin de câbles perforé ⇒ mode de pose 13 (tableau BC)
- Câbles de type U 1000 R2V monoconducteurs ⇒ méthode de référence F (tableau BC)
- 7 circuits jointifs ⇒ référence 4 (tableau BG1)
- Température ambiante : 30 °C
- Protection par disjoncteur industriel

Facteurs de correction :

- Groupement : ⇒ $f_2 = 0,73$ (tableau BG1, référence 4)
- Neutre chargé : ⇒ $f_3 = 0,84$

Calcul de la section des conducteurs de phase :

Réglage du disjoncteur :

- $I_r \geq I_{B\text{phase}}$ ⇒ par exemple $I_r = 160$ A

$$I_{z\text{phase}} = \frac{I_r}{f_2 \times f_3} = \frac{160}{0,73 \times 0,84} = 261 \text{ A}$$

Le tableau BD donne, dans la colonne 7, **une section de 70 mm²** (courant admissible $I_z = 268$ A)

Calcul de la section du conducteur neutre :

Le calcul de la section est fait conformément à B.2.

- Taux d'harmoniques supérieur à 33 % ⇒ $I_{B\text{neutre}} = 1,45 \times I_{B\text{phase}} = 197$ A

$$I_{z\text{neutre}} = \frac{I_{B\text{neutre}}}{f_2 \times f_3} = \frac{197}{0,73 \times 0,84} = 322 \text{ A}$$

Le tableau BD donne, dans la colonne 7, **une section de 95 mm²** (courant admissible $I_z = 328$ A)

Résultats

Caractéristiques de la canalisation :

- Câble U1000 R2V monoconducteurs
- $S_{\text{phase}} = 70 \text{ mm}^2$
- $S_{\text{neutre}} = 95 \text{ mm}^2$

Caractéristiques du disjoncteur :

- $I_n \geq I_{B\text{neutre}}$ ⇒ soit : ≥ 197 A
 - $I_r \geq I_{B\text{phase}}$ ⇒ soit dans l'exemple : 160 A
 - En schéma TT et TNS (NF C 15-100, 431.2.1) :
 - ⇒ Disjoncteur du type 4 pôles coupés : - 3 pôles protégés
 - pôle de neutre non protégé
- Par exemple :
- Disjoncteur 250 A
 - I_n : 200 A
 - I_r : $200 \times 0,8 = 160$ A

- En schéma IT (NF C 15-100, 431.2.2) :

⇒ Disjoncteur du type 4 pôles coupés : - 4 pôles protégés

Par exemple : ⇒ Disjoncteur 250 A

⇒ I_n : 200 A

⇒ $I_{r\text{phase}}$: $200 \times 0,8 = 160$ A

⇒ $I_{r\text{ neutre}}$: 200 A

- $I_{r\text{mini}} = I_{B\text{neutre}}$

- $I_{r\text{max}} = I_{z\text{neutre}} \times f_2 \times f_3 = 328 \times 0,73 \times 0,84$

} ⇒ soit : **197 A** ≤ I_r ≤ **201 A**

B.5 Application des facteurs de correction pour groupement de câbles ou de circuits

B.5.1 Les indications du tableau BG1 s'appliquent à la pose en une seule couche disposée dans un plan horizontal ou vertical. En cas de pose en vrac en plusieurs couches, il faut multiplier les facteurs de réduction du tableau BG1 par les facteurs de réduction du tableau BG2 pour pose en plusieurs couches :

- ainsi, pour 18 câbles le facteur de réduction est égal à (réf.4) :

en deux couches $0,72 \times 0,80 = 0,576$

ou

en trois couches $0,73 \times 0,73 = 0,533$

Le nombre de câbles auquel se réfère le tableau BG1 doit s'entendre de la manière suivante lorsque les circuits comportent un seul conducteur par phase :

- lorsqu'il s'agit de câbles multiconducteurs, il s'agit effectivement du nombre de câbles,

- lorsqu'il s'agit de câbles monoconducteurs, il s'agit en fait du nombre de groupements de câbles, chaque groupement constituant un circuit.

B.5.2 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 pour les méthodes de référence B et D,

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

B.6 Câbles en parallèle (NF C 15-100, 523.6)

B.6.1 La détermination des courants admissibles dans plusieurs câbles en parallèle s'effectue de la manière suivante :

soit

I_B le courant d'emploi total de la canalisation,

n le nombre de câbles en parallèle,

f_2 le facteur de correction du tableau BG1 correspondant au nombre n .

f_s le facteur de symétrie (voir B.5.2). Ce facteur de réduction est à inclure dans le facteur f_3 .

Le courant admissible I_z dans chaque câble en parallèle, indiqué dans le tableau BD, est tel que :

$$I_z \geq \frac{I_B}{n.f_2.f_s}$$

Lorsque plusieurs conducteurs sont reliés en parallèle sur la même phase ou la même polarité, des mesures doivent être prises pour assurer que le courant se répartisse également entre eux.

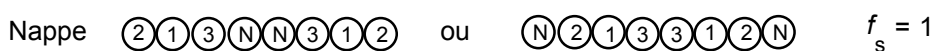
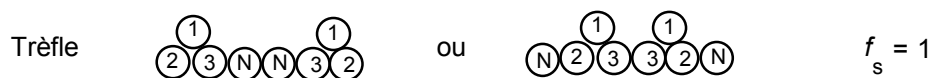
Dans tous les cas, les câbles doivent être de même nature, de même section, de longueur sensiblement égale et ne doivent comporter aucune dérivation sur leur parcours.

B.6.2 D'une manière générale, il est recommandé de mettre en œuvre le moins possible de câbles en parallèle. **Dans tous les cas, leur nombre ne doit pas dépasser quatre.** Au-delà, il y a lieu de préférer la mise en œuvre de canalisations préfabriquées. En effet, la mise en parallèle de nombreux câbles entraîne une mauvaise répartition du courant pouvant conduire à des échauffements anormaux.

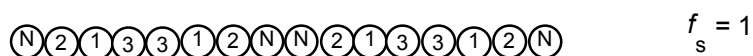
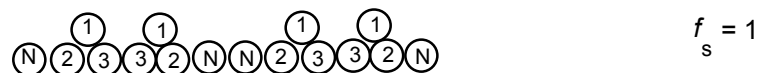
Un facteur supplémentaire dit de symétrie f_s , applicable aux courants admissibles, est introduit pour cette mise en œuvre.

Les dispositions symétriques recommandées sont les suivantes :

a) deux câbles par phase avec ou sans câble de neutre



b) 4 câbles par phase et câble de neutre



Le non respect des conditions de symétrie indiquées ci-dessus dans les cas de 2 et 4 câbles par phase ou l'utilisation de 3 câbles par phase impose l'utilisation d'un coefficient f_s égal à 0,8.

Dans le cas de câbles multipolaires, leur mise en parallèle implique un facteur de symétrie $f_s = 0,8$, quel que soit le nombre de câbles en parallèle.

EXEMPLE

Soit une intensité de 2000 A en triphasé

Mode de pose 13 : Câbles monoconducteurs U-1000 R2V (âmes en cuivre) posés sur chemins de câbles perforés.

Colonne 7 du tableau BD : (méthode F)

Suivant le nombre n de conducteurs en parallèle (Tableau BF1, Réf.4), on trouve les résultats suivants :

n	f_s	f_2	$I'z \frac{I_B}{n.f_2.f_s}$	I_z	S_2 (mm ²)	$n.f_2.f_s.I_z$
2	1	0,88	1 136	(*)	(*)	(*)
3	0,8	0,82	1 016	1 088	630	2 141
4	1	0,77	649	693	300	2 134

(*) Valeur supérieure aux limites du tableau BD.

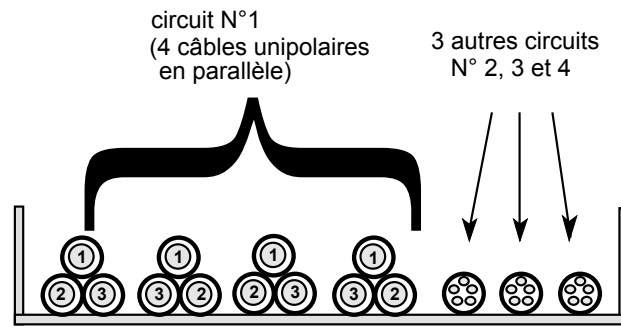
Du point de vue de la protection contre les surcharges, le courant d'emploi étant très supérieur à la limite supérieure des courants assignés des fusibles normalisés, la protection sera assurée par des disjoncteurs.

Conformément à la règle du paragraphe 434.4 et de la NF C 15-100, la protection commune de l'ensemble des conducteurs en parallèle sera assurée par un disjoncteur de courant de réglage égal à 2 000 A.

B.6.3 Cas des câbles unipolaires en parallèle dans des groupements de circuits

Lorsque dans un groupement de circuits, l'un d'entre eux comporte n câbles unipolaires en parallèle, le nombre de circuits à prendre en compte dans le tableau BG1 est égal au nombre n de câbles unipolaires en parallèle auquel on ajoute le nombre de circuits jointifs restant.

EXEMPLE

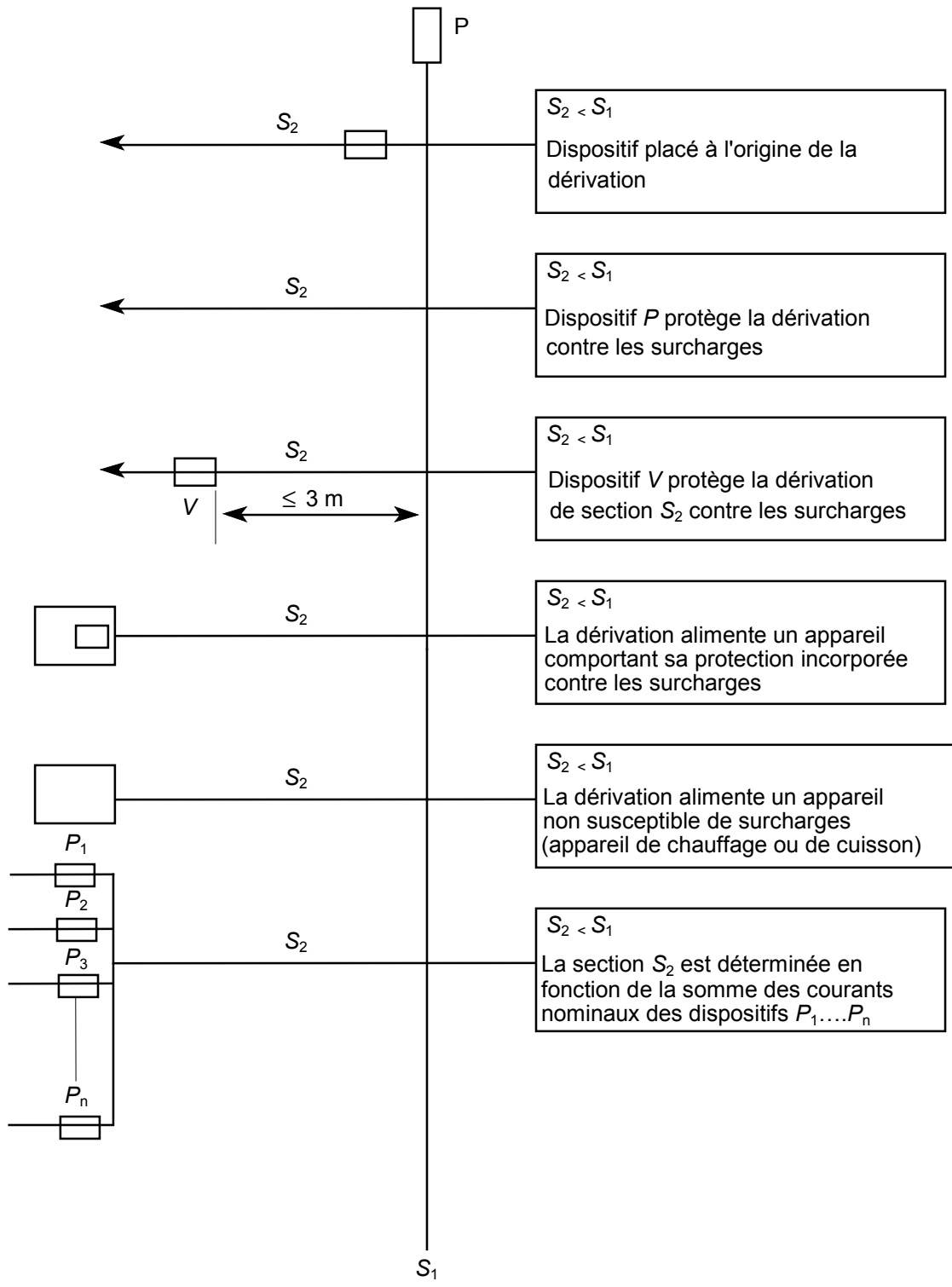


Le nombre total de circuits est égal à :
4 (nombre de câbles unipolaires en parallèle) + 3 (nombre de circuits restant) = 7

B.7 Courants admissibles dans les câbles souples

Les valeurs de courants admissibles indiquées dans le tableau BD sont applicables aux câbles souples dans la mesure où il s'agit de câbles utilisés dans les installations fixes.

B.8 Emplacement des dispositifs de protection contre les surcharges (NF C 15-100, 433.2)



NOTE – Les possibilités de déplacement ou de dispense de protection contre les surcharges ne sont pas applicables au schéma IT, à moins que les conditions de 433.3 de la NF C 15-100 soient satisfaites.

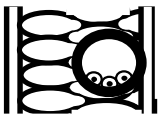

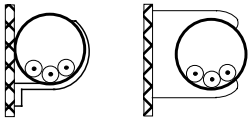
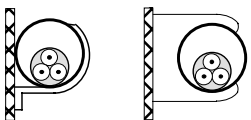
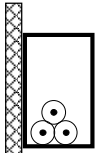
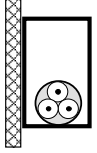
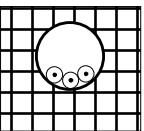
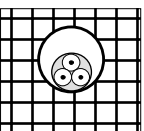
ANNEXES AU CHAPITRE B

TABLEAUX DE LA NF C 15-100

Tableau BB – Conducteurs et câbles isolés (NF C 15-100, Tableau 52A)

N°	Désignation	Normes NF C	Tension assignée	Souplesse	Revêtements	Classe	Feu		Fumées		Sections mm ²	Température sur âme °C
							Propagation 8	Résistance 9	opacité réduite 10	acidité faible 11		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
CÂBLES ISOLÉS AUX ÉLASTOMÈRES (famille PR)												
1	U 1000 R2V (6)	32-321	600/1000	R	T	II	C2	–	–	–	1,5 - 630	90
2	U 1000 RVFV (6)	32-322	600/1000	R	TAT		C2	–	–	–	1,5 - 300	90
3	U 1000 RGPV (6)	32-111	600/1000	R	PAT		C2	–	–	–	1,5 - 240	90
4	FR-N1 X1X2	32-323	600/1000	R	R	II	C1#	–	O	O	1,5 - 630	90
5	FR-N 1 X1G1	32-323	600/1000	R	T	II	C1#	–	O	O	1,5 - 630	90
6	FR-N 1 X1X2X4X2	32-323	600/1000	R	RAR		C1#	–	O	O	1,5 - 300	90
7	FR-N 1 X1G1Z4G1	32-323	600/1000	R	TAT		C1#	–	–	–	1,5 - 300	90
8	Torsades (6)	33-209	600/1000	R	R		C3	–	–	–	16 - 150	90
21	H 07 BB-F	32-102-12	450/750	S	R	II	C3	–	–	–	1,5 - 500	90
22	H 07 BN4-F	32-102-12	450/750	S	R	II	C2	–	–	–	1,5 - 500	90
23	H 07 BQ-F	32-102-10	450/750	S	R	II	C3	–	–	–	1,5 - 16	90
24	H 07 RN-F	32-102-4	450/750	S	R	II	C2	–	–	–	1,5 - 500	60 (1)
25	A 07 RN-F	32-120	450/750	S	R	II	C2	–	–	–	1,5 - 300	60 (1)
26	H 07 RN8-F	32-102-16	450/750	S	R	II	C2	–	–	–	1,5 - 500	60 (1)
27	FR-N 07 X4X5-F	32-131	450/750	S	R	II	C1	–	O	O	1,5 - 500	70
28	H 07 ZZ-F	32-102-13	450/750	S	R	II	C2#	–	O	O	1,5 - 500	70
51	H 05 BB-F	32-102-12	300/500	S	R	II	C3	–	–	–	1,5 - 6	90
52	H 05 GG-F	32-102-11	300/500	S	R	II	C3	–	–	–	1,5 - 6	110
53	H 05 RR-F	32-102-4	300/500	S	R	II	C3	–	–	–	1,5 - 6	60 (1)
54	A 05 RR-F	32-120	300/500	S	R	II	C3	–	–	–	1,5 - 6	60 (1)
CÂBLES ISOLÉS AU POLYCHLORURE DE VINYLE (famille PVC)												
101	H 07 VVD3H2-F	32-202	450/750	S	T		C2	–	–	–	1,5 - 16	70
102	H 07 VVH2-F	32-202	450/750	S	T	II	C2	–	–	–	1,5 - 16	70
111	FR-N 05 VV-U	32-207	300/500	R	T	II*	C2	–	–	–	1,5 - 10	70
112	FR-N 05 VV-R	32-207	300/500	R	T	II*	C2	–	–	–	1,5 - 35	70
113	FR-N 05 VL2V-U	32-207	300/500	R	PT		C2	–	–	–	1,5 - 10	70
114	FR-N 05 VL2V-R	32-207	300/500	R	PT		C2	–	–	–	1,5 - 25	70
121	H 05 VV-F	32-201-5	300/500	S	T	II*	C2	–	–	–	1,5 - 4	70
122	A 05 VV-F	32-220	300/500	S	T	II*	C2	–	–	–	1,5 - 4	70
123	H 05 V2V2-F	32-201-12	300/500	S	T	II*	C2	–	–	–	1,5 - 4	90 (2)
124	A 05 VV5-F	32-206	300/500	S	T	II*	C2	–	–	–	4 - 35	70
125	H 05 VV5-F	32-201-13	300/500	S	T	II*	C2	–	–	–	1,5 - 2,5	70
126	H 05 VVC4V5-K	32-201-13	300/500	S	TET		C2	–	–	–	1,5 - 2,5	70
CONDUCTEURS ISOLÉS AU POLYCHLORURE DE VINYLE (famille PVC)												
201	H 07 V-U	32-201-3	450/750	R	–		C2	–	–	–	1,5 - 10	70
202	H 07 V-R	32-201-3	450/750	R	–		C2	–	–	–	1,5 - 400	70
203	H 07 V-K	32-201-3	450/750	S	–		C2	–	–	–	1,5 - 240	70
204	H 07 V2-U	32-201-7	450/750	R	–		C2	–	–	–	1,5 - 2,5	90 (2)
205	H 07 V2-R	32-201-7	450/750	R	–		C2	–	–	–	1,5 - 35	90 (2)
206	H 07 V2-K	32-201-7	450/750	S	–		C2	–	–	–	1,5 - 35	90 (2)
207	H 07 V3-U	32-201-9	450/750	R	–		C2	–	–	–	1,5 - 10	70
208	H 07 V3-R	32-201-9	450/750	R	–		C2	–	–	–	1,5 - 400	70
209	H 07 V3-K	32-201-9	450/750	S	–		C2	–	–	–	1,5 - 240	70
CONDUCTEURS ISOLÉS AUX ÉLASTOMÈRES (famille PR)												
221	H 05 SJ-K	32-102-3	300/500	S	TV		C3	–	–	–	1,5 - 16	180
224	H 07 G-U	32-102-7	450/750	R	–		C3	–	–	–	1,5 - 10	110
225	H 07 G-R	32-102-7	450/750	R	–		C3	–	–	–	1,5 - 240	110
226	H 07 G-K	32-102-7	450/750	S	–		C3	–	–	–	1,5 - 240	110
227	H 07 Z-U	32-102-9	450/750	R	–		C2	–	O	O	1,5 - 10	90
228	H 07 Z-R	32-102-9	450/750	R	–		C2	–	O	O	1,5 - 400	90
229	H 07 Z-K	32-102-9	450/750	S	–		C2	–	O	O	1,5 - 240	90
CÂBLES RÉSISTANTS AU FEU À ISOLATION SYNTHÉTIQUE (famille PR ou famille PVC selon le cas)												
501	–	32-310	(5)	R	(3)	II*	C1	CR1	–	–	1,5 - 300	70 ou 90 (4)
502	–	32-310	(5)	R	(3) A (3)		C1	CR1	–	–	1,5 - 300	70 ou 90 (4)
503	–	32-310	(5)	R	(3)	II*	C1	CR1	O	O	1,5 - 300	70 ou 90 (4)
504	–	32-310	(5)	R	(3) A (3)		C1	CR1	O	O	1,5 - 300	70 ou 90 (4)
505	–											
506	–	32-310	(5)	R	(3)	II*	C2	CR1	–	–	1,5 - 300	70 ou 90 (4)
507	–	32-310	(5)	R	(3) A (3)		C2	CR1	–	–	1,5 - 300	70 ou 90 (4)
508	–	32-310	(5)	R	(3)	II	C2	CR1	O	O	1,5 - 300	70 ou 90 (4)
509	–	32-310	(5)	R	(3) A (3)		C2	CR1	O	O	1,5 - 300	70 ou 90 (4)
(1)	Les conducteurs ou câbles dont la température admissible sur âme est inférieure à 70 °C doivent être considérés du point de vue du courant admissible comme étant dans la "famille PVC"											
(2)	Les conducteurs ou câbles dont la température admissible sur âme est supérieure ou égale à 90 °C doivent être considérés du point de vue du courant admissible comme étant dans la "famille PR"											
(3)	Gaine en matière réticulée ou en matière thermoplastique											
(4)	En fonction des types de revêtement - voir le constructeur											
(5)	Existe dans les modèles de tensions suivantes : 300/500 V, 450/750 V, 600/1000 V - voir le constructeur											
(6)	Existe aussi âme en aluminium pour les sections supérieures ou égales à 10 mm ²											

**Tableau BC – Détermination des courants admissibles en fonction des modes de pose
(NF C 15-100, Tableaux 52C, 52G, 52H et 52J)**

Réf.	Exemple	Description	Méthode de référence	Référence des tableaux de facteurs de correction			
				(1)	(2)	(3)	
1		Conducteurs isolés dans des conduits encastrés dans les parois thermiquement isolantes.	$B \times 0,77$	BF1	BG1 Réf.1	BH	
2		Câbles multiconducteurs dans des conduits encastrés dans des parois thermiquement isolantes.	$B \times 0,70$				
3		Conducteurs isolés dans des conduits en montage apparent.	B				
3A		Câbles mono- ou multiconducteurs dans des conduits en montage apparent.	$B \times 0,90$				
4		Conducteurs isolés dans des conduits-profilés en montage apparent.	B				
4A		Câbles mono- ou multiconducteurs dans des conduits-profilés en montage apparent.	$B \times 0,90$				
5		Conducteurs isolés dans des conduits encastrés dans une paroi.	B				Tab BJ
5A		Câbles mono- ou multiconducteurs dans des conduits encastrés dans une paroi.	$B \times 0,90$				

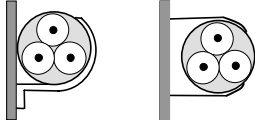
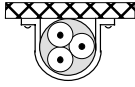
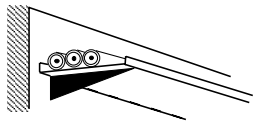
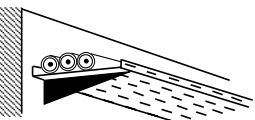
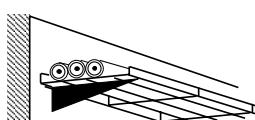
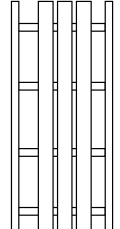
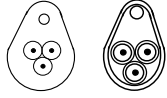

(1) Température

(2) Groupement de circuits

(3) Groupement de conduits

NOTE – D'autres facteurs sont à prendre éventuellement en compte, notamment f_s et 0,84 pour le conducteur neutre chargé.

Tableau BC – Exemples de modes de pose (suite)

Réf.	Exemple	Description	Méthode de référence		Référence des tableaux de facteurs de correction	
					(1)	(2)
11		Câbles mono- ou multiconducteurs avec ou sans armure : - fixés sur un mur,	C		BF1	BG1 Réf.2
11A		- fixés à un plafond,	C x 0,95			BG1 Réf.3
12		- sur des chemins de câbles ou tablettes non perforés, (*)	C Câbles			BG1 Réf.2
13		- sur des chemins de câbles ou tablettes perforés, en parcours horizontal ou vertical, (*)	multi conducteurs	mono conducteurs		BG1 Réf.4
14		- sur des treillis soudés ou sur des corbeaux,	E	F		BG1 Réf.5
16		- sur échelles à câbles.	E	F		
17		Câbles mono- ou multiconducteurs suspendus à un câble porteur ou autoporteurs.	E	F		
18		Conducteurs nus ou isolés sur isolateurs.	C x 1,21			

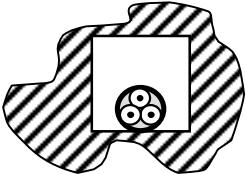




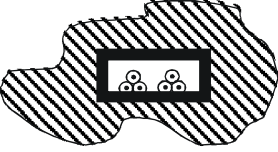
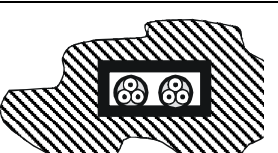
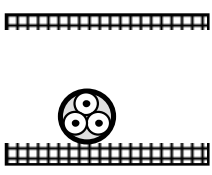
(*) Un chemin de câbles avec couvercle est considéré comme une goulotte (mode de pose 31A).

(1) Température ambiante.

(2) Groupement de câbles ou de circuits.

NOTE – D'autres facteurs sont à prendre éventuellement en compte, notamment f_s et 0,84 pour le conducteur neutre chargé.

Tableau BC – Exemples de modes de pose (suite)

Réf.	Exemple	Description	Méthode de référence	Référence des tableaux de facteurs de correction				
				(1)	(2)	(3)		
21		Câbles mono- ou multiconducteurs dans des vides de construction.	B x 0,95	BF1	BG1 Réf.1	BH		
22		Conducteurs isolés dans des conduits dans des vides de construction.	B x 0,95					
22A		Câbles mono- ou multiconducteurs dans des conduits dans des vides de construction.	B x 0,865					
23		Conducteurs isolés dans des conduits-profilés dans des vides de construction.	B x 0,95					
23A		Câbles mono- ou multiconducteurs dans des conduits-profilés dans des vides de construction.	B x 0,865					
24		Conducteurs isolés dans des conduits-profilés noyés dans la construction.	B x 0,95				BJ	
24A		Câbles mono- ou multiconducteurs dans des conduits-profilés noyés dans la construction.	B x 0,865					
25		Câbles mono- ou multiconducteurs : - dans l'espace entre plafond et faux plafond, - posés sur des faux plafonds suspendus non démontables. ⁽⁴⁾	B x 0,95					

(1) Température ambiante.

(2) Groupement de câbles ou de circuits.

(3) Groupement de conduits.

(4) La pose est interdite sur les parties des faux plafonds ou plafonds suspendus démontables.

NOTE – D'autres facteurs sont à prendre éventuellement en compte, notamment f_s et 0,84 pour le conducteur neutre chargé.

Tableau BC – Exemples de modes de pose (suite)

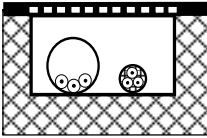
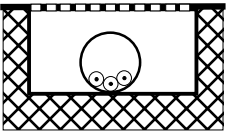
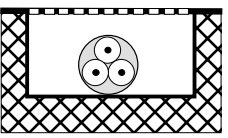
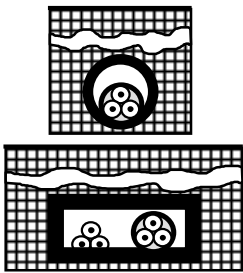
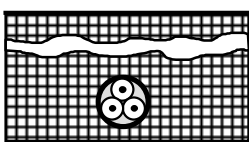
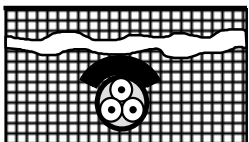
Réf.	Exemple	Description	Méthode de référence	Référence des tableaux de facteurs de correction	
				(1)	(2)
31 31A		Conducteurs isolés ou câbles mono- ou multiconducteurs dans des goulottes fixées aux parois. - en parcours horizontal,	B B x 0,90	BF1	BG1 Réf.1
32 32A		- en parcours vertical	B B x 0,90		
33		Conducteurs isolés dans des goulottes encastrées dans des parois ou planchers.	B		
33A		Câbles mono- ou multiconducteurs dans des goulottes encastrées dans des parois ou planchers.	B x 0,90		
34		Conducteurs isolés dans des goulottes suspendues.	B		
34A		Câbles mono- ou multiconducteurs dans des goulottes suspendues.	B x 0,90		

(1) Température ambiante

(2) Groupement de câbles ou de circuits

NOTE – D'autres facteurs sont à prendre éventuellement en compte, notamment f_s et 0,84 pour le conducteur neutre chargé.

Tableau BC – Exemples de modes de pose (suite)

Réf.	Exemple	Description	Méthode de référence	Référence des tableaux de facteurs de correction			
				(1)	(2)	(3)	(4)
41		Conducteurs isolés dans des conduits ou câbles mono- ou multiconducteurs dans des caniveaux fermés, en parcours horizontal ou vertical.	B x 0,95	(1)	(2)	(3)	(4)
42		Conducteurs isolés dans des conduits dans des caniveaux ventilés.	B				
43		Câbles mono- ou multiconducteurs dans des caniveaux ouverts ou ventilés.	B				
61		Câbles mono- ou multiconducteurs dans des conduits, des fourreaux ou des conduits-profilés enterrés.	D x 0,80	BF2	BL	BK3	BK2
62		Câbles mono- ou multiconducteurs enterrés sans protection mécanique complémentaire.	D	BF2	BL	BK1	
63		Câbles mono- ou multiconducteurs enterrés avec protection mécanique complémentaire.	D				

(1) Température

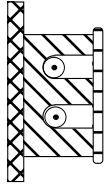
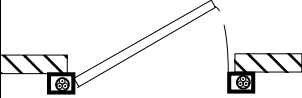
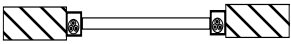
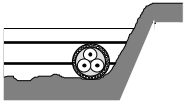
(2) Résistivité thermique du sol

(3) Groupement de câbles ou de circuits

(4) Groupement de conduits

NOTE – D'autres facteurs sont à prendre éventuellement en compte, notamment f_s et 0,84 pour le conducteur neutre chargé.

Tableau BC – Exemples de modes de pose (suite)

Réf.	Exemple	Description	Méthode de référence	Référence des tableaux de facteurs de correction (1)
71		Conducteurs isolés dans des plinthes ou des moulures en bois.	B	BF1
73		Conducteurs isolés dans des conduits dans des chambranles.	B	
73A		Câbles multiconducteurs dans des chambranles.	B x 0,90	
74		Conducteurs isolés dans des conduits dans des huisseries.	B	
74A		Câbles multiconducteurs dans des huisseries.	B x 0,90	
81		Câbles immergés dans l'eau.	A l'étude	

(1) Température ambiante

NOTE – D'autres facteurs sont à prendre éventuellement en compte, notamment f_s et 0,84 pour le conducteur neutre chargé.

**Tableau BD – Courants admissibles et protection contre les surcharges
pour les méthodes de références B, C, E et F en l'absence de facteurs de correction
(NF C 15-100, Tableau 52H)**

MÉTHODE DE RÉFÉRENCE	ISOLANT ET NOMBRE DE CONDUCTEURS CHARGÉS								
	B	PVC 3	PVC 2		PR 3		PR 2		
C		PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2		
E			PVC 3		PVC 2	PR 3		PR2	
F				PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2
S (mm²)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CUIVRE									
1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
2,5	21	24	25	27	30	31	33	36	
4	28	32	34	36	40	42	45	49	
6	36	41	43	48	51	54	58	63	
10	50	57	60	63	70	75	80	86	
16	68	76	80	85	94	100	107	115	
25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
150		299	319	344	371	395	441	473	504
185		341	364	392	424	450	506	542	575
240		403	430	461	500	538	599	641	679
300		464	497	530	576	621	693	741	783
400					656	754	825		940
500					749	868	946		1083
630					855	1005	1088		1254
ALUMINIUM									
10	39	44	46	49	54	58	62	67	
16	53	59	61	66	73	77	84	91	
25	70	73	78	83	90	97	101	108	121
35	86	90	96	103	112	120	126	135	150
50	104	110	117	125	136	146	154	164	184
70	133	140	150	160	174	187	198	211	237
95	161	170	183	195	211	227	241	257	289
120	186	197	212	226	245	263	280	300	337
150		227	245	261	283	304	324	346	389
185		259	280	298	323	347	371	397	447
240		305	330	352	382	409	439	470	530
300		351	381	406	440	471	508	543	613
400					526	600	663		740
500					610	694	770		856
630					711	808	899		996

NOTES –
 1 - les valeurs des courants admissibles indiquées dans ce tableau sont applicables aux câbles souples utilisés dans les installations fixes.
 2 - les conducteurs et câbles dont la température admissible sur âme est inférieure à 70 °C (par exemple HO7RN-F, voir tableau 52A) doivent être considérés du point de vue du courant admissible comme étant de la "famille PVC".

Le chiffre 2 après PR (polyéthylène réticulé) ou PVC (polychlorure de vinyle) est relatif à un circuit monophasé.

Le chiffre 3 après PR ou PVC est relatif à un circuit triphasé.

**Tableau BE – Courants admissibles (en ampères) dans les canalisations enterrées
(méthode de référence D)
(NF C 15-100, Tableau 52J)**

SECTION DES CONDUCTEURS (mm ²)	ISOLANT ET NOMBRE DE CONDUCTEURS CHARGES			
	PVC 3	PVC 2	PR 3	PR 2
CUIVRE				
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
ALUMINIUM				
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

Tableau BF1 – Facteurs de correction pour des températures ambiantes différentes de 30 °C à appliquer aux valeurs de courants admissibles du tableau BC (NF C 15-100, Tableau 52K)

Température Ambiante (°C)	Isolation		
	Élastomère (Caoutchouc)	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

Pour les coefficients non indiqués, consulter le fabricant.

Tableau BF2 – Facteurs de correction pour des températures du sol différentes de 20 °C à appliquer aux valeurs du tableau BD (NF C 15-100, Tableau 52L)

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	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	-	0,60
70	-	0,53
75	-	0,46
80	-	0,38

**Tableau BG1 – Facteurs de correction pour groupement de plusieurs circuits
ou de plusieurs câbles multiconducteurs
(NF C 15-100, Tableau 52N)**

A appliquer aux valeurs de référence des tableaux BD ou BE.

REF	DISPOSITION DE CIRCUITS OU DE CABLES JOINTIFS	FACTEURS DE CORRECTION												METHODES DE REFERENCE	MODES DE POSE
		Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20		
1	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
2	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		
3	Simple couche au plafond	1,00	0,85	0,76	0,72	0,69	0,67	0,66	0,65	0,64			11A		
4	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	
5	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	14, 16, 17				
6	Posés directement dans le sol	Voir tableau BK1												D	62, 63
7	Posés dans des conduits enterrés	Conduits à raison d'un câble ou d'un circuit par conduit : voir tableau BK2 Plusieurs circuits ou câbles dans un conduit : voir tableau BK3												D	61

**Tableau BG2 – Facteurs de correction pour pose en plusieurs couches
pour les références 2 à 5 du tableau BG1
(NF C 15-100, Tableau 52O)**

Lorsque les câbles sont disposés en plusieurs couches, les facteurs de correction suivants doivent être appliqués aux valeurs de courants admissibles:

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

Ces facteurs de correction sont éventuellement à multiplier par ceux du tableau BG1.

**Tableau BH – Facteurs de correction en fonction du nombre de conduits
dans l'air et de leur disposition
(NF C 15-100, Tableau 52P)**

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

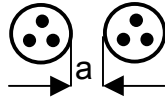
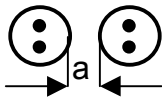
**Tableau BJ – Facteurs de correction en fonction du nombre de conduits
noyés dans le béton et de leur disposition
(NF C 15-100, Tableau 52Q)**

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

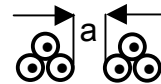
Tableau BK1 – Facteurs de correction pour groupement de plusieurs câbles posés directement dans le sol. Câbles monoconducteurs ou multiconducteurs disposés horizontalement ou verticalement (NF C 15-100, Tableau 52R)

Distance entre câbles multiconducteurs ou groupements de 3 câbles monoconducteurs (a)							
Nombre de câbles ou de circuits	Nulle (câbles jointifs)	Un diamètre de câble	0,25 m	0,5 m	1,0 m	Méthode de référence	Modes de pose
2	0,76	0,79	0,84	0,88	0,92	D	62, 63
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 :

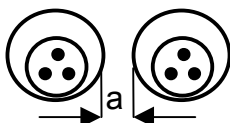


La prise en compte de valeurs moyennes pour la gamme de sections et de types de câbles considérés et l'arrondissement des valeurs peuvent conduire dans certains cas, à des erreurs de $\pm 10 \%$. Lorsque des valeurs plus précises sont nécessaires, elles peuvent être calculées par les méthodes de Publication 287 de la CEI.

Tableau BK2 – Facteurs de correction pour conduits enterrés disposés horizontalement ou verticalement à raison d'un câble ou d'un groupement de 3 câbles monoconducteurs par conduit (NF C 15-100, Tableau 52S)

Distance entre conduits (a)						
Nombre de conduits	Nullé (Conduits jointifs)	0,25 m	0,5 m	1,0 m	Méthode de référence	Mode de pose
2	0,87	0,93	0,95	0,97	D	61
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		

Câbles multiconducteurs :



Câbles monoconducteurs :

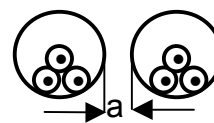


Tableau BK3 – Facteurs de correction dans le cas de plusieurs circuits ou câbles dans un même conduit enterré (NF C 15-100, Tableau 52T)

Dispositif de circuit ou de câbles jointifs	Facteurs de correction												Méthode de référence	Mode de pose
	Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20		
Posés dans un circuit enterré	1	0,71	0,58	0,5	0,45	0,41	0,38	0,35	0,33	0,29	0,25	0,22	D	61

Ce tableau est applicable à des groupements de câbles de sections différentes mais ayant la même température maximale admissible.

**Tableau BL – Facteurs de correction pour les câbles enterrés en fonction
de la résistivité thermique du sol
(NF C 15-100, Tableau 52M)**

Résistivité thermique du terrain (K.m/W)	Facteur de correction	Observations		
		Humidité	Nature du terrain	
0,40	1,25	Pose immergée	Marécage s	
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			
1,50	0,86	Terrain très sec		Cendres et mâchefer
2,00	0,76			
2,50	0,70			
3,00	0,65			

– C –

COURANTS DE COURT-CIRCUIT

C COURANTS DE COURT-CIRCUIT (NF C 15-100, 434.1 et 533.3)

C.1 Généralités

Il est nécessaire de déterminer pour chaque circuit, le courant de court-circuit maximal présumé à l'origine du circuit et le courant de court-circuit minimal présumé à l'extrémité du circuit.

Le courant de court-circuit maximal présumé est utilisé pour :

- la vérification du pouvoir de coupure du dispositif de protection,
- la vérification des contraintes thermiques des conducteurs lorsque le dispositif de protection est un disjoncteur.

Le courant de court-circuit minimal présumé est utilisé pour :

- la vérification des conditions de coupure en cas de court-circuit ou de défaut lorsque le dispositif de protection est un disjoncteur,
- la vérification des contraintes thermiques des conducteurs lorsque le dispositif de protection est un fusible.

Toutefois, la vérification des contraintes thermiques des conducteurs n'est nécessaire que lorsque le circuit n'est pas protégé contre les surcharges,

Pour la vérification des contraintes thermiques des conducteurs, voir le Chapitre E.

C.2 Calcul des courants de court-circuit

Le présent Guide présente trois méthodes de calcul des courants de court-circuit :

- a) La méthode des impédances qui est utilisable lorsque toutes les caractéristiques de la boucle de défaut sont connues, y compris celles de la source d'alimentation. Elle permet de calculer les valeurs maximales et minimales des courants de court-circuit.
- b) La méthode de composition qui est utilisable lorsque l'on connaît le courant de court-circuit à l'origine du circuit et que l'on ne connaît pas les caractéristiques en amont. Elle permet de déterminer les courants de court-circuit maximaux.
- c) La méthode conventionnelle qui est utilisable lorsque l'on connaît ni le courant de court-circuit à l'origine du circuit, ni les caractéristiques de l'alimentation en amont. Elle permet de déterminer les courants de court-circuit minimaux.

Dans le cas de canalisations préfabriquées, il y a eu lieu de prendre en compte la valeur crête du courant de court-circuit présumé égale à la valeur efficace du courant de court-circuit I_{k3} à l'origine de la canalisation préfabriquée multipliée par le facteur crête (n) ayant la valeur suivante :

**Tableau CA - Facteur de crête (n)
(NF EN 60439-2, 7.5.3)**

Courant de court-circuit efficace	n
$I \leq 5 \text{ kA}$	1,5
$5 \text{ kA} < I \leq 10 \text{ kA}$	1,7
$10 \text{ kA} < I \leq 20 \text{ kA}$	2
$20 \text{ kA} < I \leq 50 \text{ kA}$	2,1
$50 \text{ kA} < I$	2,2

C.2.1 Méthode des impédances

Définition des impédances

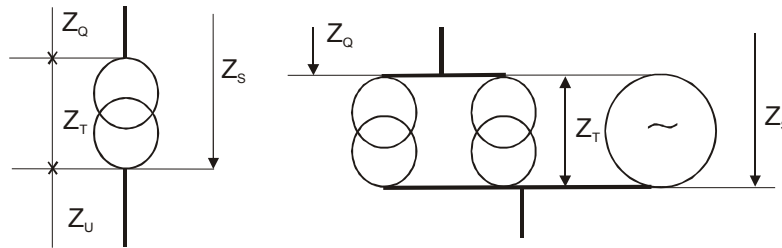


Figure CA – Exemples d'impédances

Z_Q Impédance en amont de la source

Z_T Impédance de la source

Z_S $Z_S = Z_Q + Z_T$

Z_U Impédance des canalisations en amont du circuit considéré

C.2.1.1 Dans cette méthode, le courant de court-circuit est égal à :

$$I_k = \frac{c.m.U_0}{Z} = \frac{c.m.U_0}{\sqrt{\sum R^2 + \sum X^2}}$$

c facteur de tension pris égal à :

- $c_{\max} = 1,05$ pour les courants maximaux
- $c_{\min} = 0,95$ pour les courants minimaux

m facteur de charge pris égal à 1,05, quelle que soit la source (transformateur ou générateur)

U_0 étant la tension nominale de l'installation entre phase et neutre

Z étant l'impédance de la boucle de défaut.

En pratique, les différents courants de court-circuit peuvent être calculés à l'aide des formules suivantes :

CALCUL DES COURANTS DE COURT-CIRCUIT

Courants maximaux

I_{k3max} Courant de court circuit triphasé symétrique

$$I_{k3max} = \frac{c_{max} \cdot m \cdot U_0}{\sqrt{\left[R_Q + R_T + R_{Uph} + \rho_0 \frac{L}{S n_{ph}} \right]^2 + \left[X_Q + X_T + X_{Uph} + \lambda \frac{L}{n_{ph}} \right]^2}}$$

R_Q, X_Q Résistance et réactance en amont de la source

R_{Uph}, X_{Uph} Résistance et réactance d'un conducteur de phase depuis la source jusqu'à l'origine du circuit considéré

R_T, X_T Résistance et réactance de la source

L Longueur simple de la canalisation (en mètres)

S Section des conducteurs de phase du circuit considéré

n_{ph} Nombre de conducteurs en parallèle par phase

ρ_0 Résistivité des conducteurs à 20 °C (voir chapitre G)

λ Réactance linéique des conducteurs (voir chapitre G)

U_0 Tension nominale entre phase et neutre (en volts)

I_{k2max} Courant de court-circuit biphasé

$$I_{k2max} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{k3max} = 0,86 I_{k3max}$$

I_{k1max} Courant de court-circuit monophasé phase-neutre

$$I_{k1max} = \frac{c_{max} \cdot m \cdot U_0}{\sqrt{\left[R_Q + R_T + R_{Uph} + R_{UN} + \rho_0 L \left(\frac{1}{S n_{ph}} + \frac{1}{S_N n_N} \right) \right]^2 + \left[X_Q + X_T + X_{Uph} + X_{UN} + \lambda L \left(\frac{1}{n_{ph}} + \frac{1}{n_N} \right) \right]^2}}$$

R_{UN}, X_{UN} Résistance et réactance d'un conducteur neutre depuis l'origine de l'installation jusqu'à l'origine du circuit considéré

S_N Section du conducteur neutre du circuit considéré

n_N Nombre de conducteurs en parallèle pour le conducteur neutre

Courants minimaux

- Dans un circuit triphasé sans neutre, le courant de court-circuit minimal est calculé par la même formule que I_{k2max} , mais dans laquelle la résistivité des conducteurs ρ_0 est remplacée par la résistivité ρ_1 pour un disjoncteur et par ρ_2 pour un fusible, c_{max} étant remplacé par c_{min} .

- Dans un circuit triphasé avec neutre ou monophasé phase neutre, le courant de court-circuit minimal est calculé par la même formule que I_{k1max} mais dans laquelle la résistivité des conducteurs ρ_0 est remplacée par la résistivité ρ_1 pour un disjoncteur et par ρ_2 pour un fusible, c_{max} étant remplacé par c_{min} .

C.2.1.2 Valeurs des différentes impédances

C.2.1.2.1 Résistance des conducteurs, voir chapitre G1, tableau GA

C.2.1.2.2 Réactance des conducteurs, voir chapitre G1, tableau GB

C.2.1.2.3 Alimentation de l'installation par transformateur HT/BT

Lorsque l'installation est alimentée à partir d'un réseau de distribution publique à haute tension par l'intermédiaire d'un ou plusieurs transformateurs, les impédances à prendre en considération sont les suivantes :

a) Impédance d'un réseau à haute tension

Lorsque l'installation est alimentée par un réseau à haute tension, les impédances du réseau HT et du transformateur HT/BT doivent être prises en compte pour le calcul des courants de défaut et de court-circuit.

L'impédance du réseau HT, vue du réseau BT, peut être obtenue auprès du distributeur, mesurée ou calculée comme suit :

$$Z_Q = \frac{(m \cdot U_n)^2}{S_{kQ}} \quad \text{m}\Omega$$

U_n Tension composée basse tension égale à $U_0 \sqrt{3}$

S_{kQ} : Puissance de court-circuit du réseau haute tension, [kVA]

$R_Q = 0,100 X_Q$

$X_Q = 0,995 Z_Q$ selon la NF EN 60909-0 (C 10-120) en l'absence d'informations plus précises du distributeur

En pratique, les composantes de l'impédance du réseau à haute tension, peuvent être prises, au niveau de la basse tension en 230/400 volts (420 V à vide) égales à :

Tableau CB – Valeurs des résistances et réactances du réseau haute tension

S_{kQ} (MVA)	R_Q (m Ω)	X_Q (m Ω)
125	0,14	1,4
250	0,07	0,7
500	0,04	0,35

b) Impédance d'un transformateur

$$Z_T = \frac{(m \cdot U_n)^2}{S_{rT}} \cdot \frac{u_{kr}}{100} \quad \text{m}\Omega$$

S_{rT} : Puissance assignée du transformateur, [kVA].

u_{kr} : Tension de court-circuit [%], conformément au HD398.

NOTE – Cette formule est aussi applicable à un transformateur BT/BT qui peut, par exemple, être utilisé pour changer le régime de neutre.

Dans le cas de plusieurs transformateurs en parallèle ayant la même tension assignée de court-circuit et de préférence la même puissance, les calculs de courants de court-circuit maximaux sont effectués en prenant en compte tous les transformateurs fonctionnant simultanément.

La résistance et la réactance des transformateurs peuvent être données par le constructeur.

En l'absence d'informations plus précises, on prendra les valeurs suivantes : $R_T = 0,31 Z_T$
 $X_T = 0,95 Z_T$

Les tableaux ci-après donnent les valeurs des résistances et des réactances des transformateurs.

Tableau CC – Valeurs des tensions de court-circuit, des résistances et des réactances des transformateurs immergés dans un diélectrique liquide (NF C 52-112-X)

P (kVA)	50	100	160	250	400	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
U_{cc}	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6
R_t (mΩ)	43,7	21,9	13,7	8,7	5,5	3,5	4,1	3,3	2,6	2,1	1,6	1,3
X_t (mΩ)	134,1	67,0	41,9	26,8	16,8	10,6	12,6	10,0	8,1	6,3	5,0	4,0

Tableau CD – Valeurs des tensions de court-circuit, des résistances et des réactances des transformateurs de type sec (NF C 52-115-X)

P (kVA)	100	160	250	400	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
U_{cc}	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
R_t (mΩ)	32,8	20,5	13,1	8,2	5,2	4,1	3,3	2,6	2,0	1,6	1,3
X_t (mΩ)	100,6	62,8	40,2	25,1	16	12,6	10,0	8,1	6,3	5,0	4,0

C.2.1.2.4 Alimentation de l'installation par un réseau de distribution publique à basse tension

La méthode de C.2.1.2.3 est applicable. En l'absence d'informations précises par le service local de distribution, on choisira les valeurs manquantes parmi les valeurs enveloppes suivantes (voir NF C 14-100, 3.4.7) :

$P = 1000$ kVA

$u_{cc} = 6$ %

$S_{ph} = 240$ mm² Alu

$L = 15$ m

C.2.1.2.5 Alimentation de l'installation par un alternateur

a) Réactance transitoire X'_d

$$X'_d = \frac{(U_n)^2}{S_{rG}} \cdot \frac{X'_d}{100} \quad \text{m}\Omega$$

S_{rG} Puissance assignée d'un générateur, [kVA].

X'_d Réactance transitoire, [%].

b) Réactance homopolaire X_0

$$X_0 = \frac{(U_n)^2}{S_{rG}} \cdot \frac{X_0}{100} \quad \text{m}\Omega$$

X_0 Réactance homopolaire, [%].

Les réactances indiquées ci-dessus peuvent être obtenues auprès du constructeur.

En l'absence d'informations plus précises, ces réactances peuvent être prises égales à :

30 % pour X'_d

6 % pour X_0

Les courants de court-circuit aux bornes d'un alternateur sont égaux à :

- Courant de court-circuit triphasé :

$$I_{k3} = \frac{c \cdot m \cdot U_0}{X'_d}$$

- Courant de court-circuit biphasé :

$$I_{k2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{k3}$$

- Courant de court-circuit monophasé phase neutre :

$$I_{k1} = \frac{3 \cdot c \cdot m \cdot U_0}{2 X'_d + X_0}$$

Pour les définitions de c, m et U_0 , voir C.2.1.1.

C.2.2 Méthode de composition

Cette méthode s'applique à des installations alimentées par un transformateur dont la puissance ne dépasse pas 1 000 kVA ou par le réseau de distribution publique.

C.2.2.1 Cette méthode permet de déterminer le courant de court-circuit maximal à l'extrémité d'une canalisation I_{kB} en connaissant :

- le courant de court-circuit à l'origine de la canalisation I_{kA} ,
- l'impédance Z_c de la canalisation.

Le courant I_{kB} est ainsi égal à :

$$I_{kB} = I_{kA} \frac{U_0}{U_0 + Z_c I_{kA}} = \frac{I_{kA} \times I_k}{I_{kA} + I_k}$$

avec $I_k = \frac{U_0}{Z_c}$

On en déduit que la longueur L de la canalisation est égale à :

$$L = \frac{U_0 S (I_{kA} - I_{kB})}{k_p (I_{kA} \times I_{kB})}$$

k étant un facteur tenant compte de la réactance des conducteurs pour les sections au moins égales à 150 mm² (voir C.2.3.2).

Cette méthode est une méthode approchée du calcul des courants de court-circuit : la principale approximation sur laquelle repose cette méthode consiste à admettre que les impédances élémentaires de deux tronçons successifs de l'installation possèdent des arguments suffisamment voisins pour justifier le remplacement des additions vectorielles par des additions algébriques des impédances. Cette approximation permet d'obtenir la valeur du module des impédances et, par conséquent, des courants de court-circuit, avec une précision suffisante pour résoudre en général les problèmes pratiques.

C'est avec cette méthode qu'ont été déterminées les valeurs des tableaux CE3 et CE4 pour la tension de 230/400 volts.

C.2.2.2 Evaluation du courant de court circuit maximal présumé

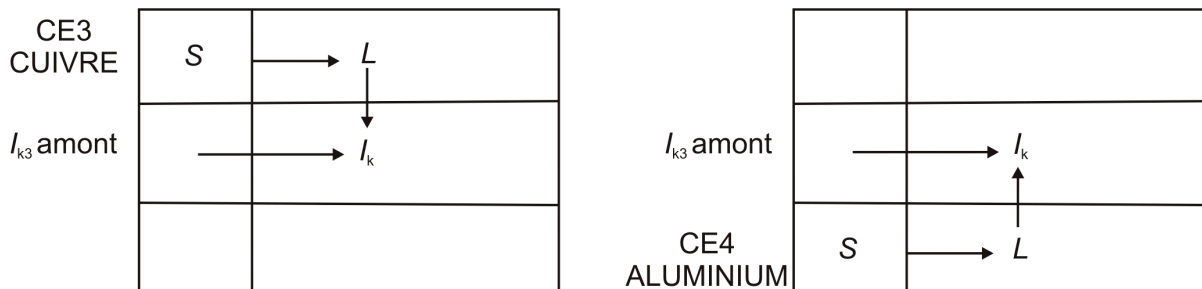
Connaissant le courant de court-circuit triphasé I_{k3} à l'origine de l'installation, les tableaux CE3 et CE4 permettent de connaître le courant de court-circuit triphasé I_{k3} à l'extrémité d'une canalisation de section et de longueur données.

Si l'installation est alimentée par plusieurs transformateurs pouvant fonctionner en parallèle, le courant de court-circuit est pris égal à la somme des courants de court-circuit de chaque transformateur.

L'impédance amont du transformateur est considérée comme infinie.

Mode d'emploi du tableau CE

Dans le tableau CE3 ou dans le tableau CE4 : lire dans la colonne "Section" la valeur appropriée, chercher horizontalement la longueur immédiatement inférieure ou égale à la valeur réelle et descendre (CE3) ou monter (CE4) verticalement dans la partie centrale du tableau, jusqu'à la ligne correspondant au moins à la valeur du courant de court-circuit I_{k3} amont à l'origine du circuit considéré.



Les courants de court-circuit aux bornes aval des transformateurs sont ceux indiqués dans les tableaux CE1 et CE2, l'impédance du réseau HT étant négligée.

C.2.3 Méthode conventionnelle

Cette méthode est valable notamment pour les circuits terminaux situés suffisamment loin de la source d'alimentation.

Elle n'est pas applicable dans les installations alimentées par un alternateur.

C.2.3.1 Dans cette méthode, le courant de court-circuit minimal à l'extrémité d'une canalisation est calculé par la formule :

$$I_k = \frac{0,8 U_0}{2\rho \frac{L}{S}}$$

U étant la tension, en volts, en service normal à l'endroit où est installé le dispositif de protection,

L étant la longueur, en mètres, des conducteurs de la canalisation,

ρ étant la résistivité du métal constituant l'âme du conducteur (voir chapitre G),

S étant la section des conducteurs, en mm².

Cette méthode suppose qu'en cas de court-circuit, la tension à l'origine du circuit est égale à 80 % de la tension assignée. Autrement dit, elle suppose que la partie de la boucle de défaut en amont représente 20 % de l'impédance totale de la boucle de défaut.

C.2.3.2 L'influence de la réactance des conducteurs est négligée pour les sections inférieures à 150 mm².

Il est tenu compte de l'influence des réactances des conducteurs pour les fortes sections, en augmentant la résistance de 15 % pour la section de 150 mm², de 20 % pour la section de 185 mm², de 25 % pour la section de 240 mm² et de 30 % pour la section de 300 mm².

C.2.3.3 Le court-circuit est supposé franc, c'est-à-dire qu'il n'est pas tenu compte des résistances d'arc, des résistances de contact et analogues.

C.2.3.4 L'utilisation de la formule donnée, en combinaison avec celle d'échauffement adiabatique du paragraphe 434.5.2 de la NF C 15-100, permet de tracer des abaques donnant respectivement :

- le temps maximal de coupure du courant de court-circuit minimal en fonction de la longueur de la canalisation pour chaque section,
- la valeur du courant de court-circuit minimal suivant la longueur de la canalisation pour chaque section.

Ces courbes permettent de connaître, pour une section donnée des conducteurs et une longueur déterminée de la canalisation, la valeur du courant de court-circuit minimal et le temps de coupure maximal de ce courant par le dispositif assurant la protection contre les courts-circuits. Il suffit alors de vérifier que la caractéristique de fonctionnement du dispositif de protection est telle que le courant de court-circuit ainsi déterminé est coupé en un temps au plus égal au temps de coupure maximal indiqué.

C.2.3.5 Les différents tableaux indiquent les longueurs maximales de canalisations de sections données protégées contre les courts-circuits dans les hypothèses énoncées ci-après :

- a) les caractéristiques de fonctionnement sont conformes aux normes en vigueur,
- b) le temps de fonctionnement du dispositif de protection ne doit en aucun cas être supérieur à 5 secondes.

C.2.3.6 Les tableaux CF à CL donnent les longueurs maximales de canalisations avec conducteur neutre (conducteurs en cuivre) dans une installation 230/400 V, déterminées suivant la méthode conventionnelle lorsque la protection est assurée par les dispositifs de protection des types suivants :

Fusibles		Disjoncteurs domestiques	Disjoncteurs industriels
gG	Tableau CF	Type B : Tableau CH	Tableau CL
aM	Tableau CG	Type C : Tableau CJ	
		Type D : Tableau CK	

Lorsque deux valeurs sont indiquées pour une même section de conducteurs et pour un même courant assigné de fusibles, la première concerne les conducteurs isolés au polychlorure de vinyle (PVC), la seconde concerne les isolations au caoutchouc ordinaire, au butyle, au polyéthylène réticulé ou à l'éthylène-propylène (PR).

C.2.3.7 Ces longueurs sont valables pour des circuits avec neutre de même section que la phase sous une tension nominale de 230/400 V.

Si le conducteur neutre a une section moitié de celle des conducteurs de phase, l'entrée dans les tableaux CF à CL se fait à partir de la section du conducteur neutre et un coefficient multiplicateur de 1,33 est appliqué à la longueur lue.

Pour des circuits triphasés sans neutre 400 V, les longueurs des tableaux CF à CL sont multipliées par un coefficient égal à 1,73.

C.2.3.8 Pour les conducteurs en aluminium, les longueurs indiquées dans les tableaux doivent être multipliées par le coefficient 0,42 lorsque le dispositif de protection est un fusible et par le coefficient 0,63 lorsque le dispositif de protection est un disjoncteur.

C.2.3.9 Lorsque les tableaux n'indiquent pas de longueur (partie inférieure gauche des tableaux), les canalisations correspondantes sont toujours protégées contre les surcharges par le dispositif de protection correspondant. C'est pourquoi, dans ces cas, il n'y a pas lieu de vérifier les conditions de protection contre les courts-circuits, conformément à la règle de l'article 435.1 de la NF C 15-100.

C.2.3.10 Pour l'application de la méthode du triangle (NF C 15-100, 434.2.2.2), il y a lieu de considérer la longueur théorique L de canalisation protégée contre les courts-circuits par le dispositif, en appliquant la formule :

$$L = \frac{0,8 U_0 S}{2\rho I_a}$$

I_a étant le courant assurant le fonctionnement du dispositif de protection dans le temps correspondant à la contrainte thermique maximale admissible par la canalisation pour les fusibles et la valeur du courant instantané pour les disjoncteurs (en ampères)

U_0 étant la tension nominale entre phase et neutre (en volts)

S étant la section des conducteurs (en millimètres carrés)

ρ étant prise égale à ρ_1 pour les disjoncteurs et ρ_2 pour les fusibles.

La longueur de la canalisation située en aval, de section S_2 , ne doit pas être supérieure à celle qui est déterminée par le diagramme de la figure CB en forme de triangle rectangle.

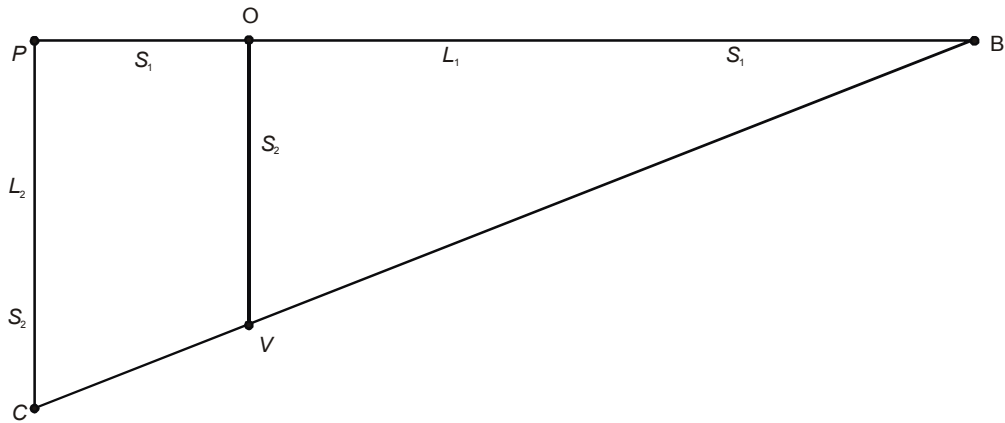


Figure CB – Règle du triangle

$L_1 = PB$ étant la longueur maximale de canalisation de section S_1 protégée contre les courts-circuits par le dispositif de protection placé en P .

$L_2 = PC$ étant la longueur maximale de canalisation de section S_2 protégée contre les courts-circuits par le dispositif de protection placé en P .

La longueur maximale de canalisation dérivée en O , de section S_2 protégée contre les courts-circuits par le dispositif placé en P , est donnée par la longueur OV .

Lorsque, pour la section S_2 les tableaux de longueurs de canalisations donnent deux valeurs de longueurs suivant la nature de l'isolation, la méthode est applicable en prenant pour longueur :

$$PB = L_2 \frac{S_1}{S_2}$$

Lorsque, pour la section S_2 les tableaux de longueurs de canalisations donnent une seule valeur de longueur quelle que soit la nature de l'isolation, la méthode est applicable en prenant pour longueur :

$$PB = L_1$$

La longueur maximale de canalisation dérivée en O , de section S_2 , protégée contre les courts-circuits par le dispositif placé en P , est donnée par la longueur OV .

Cette méthode peut également s'appliquer au cas de plusieurs canalisations successives de sections différentes.

EXEMPLE :

Soit une section S_1 de 16 mm^2 protégée par disjoncteur de type C de 100 A. Un départ sans protection de section 6 mm^2 est prévu à 40 m du dispositif de protection. Quelle est la longueur protégée contre les courts-circuits ?

La longueur protégée PB est lue dans le tableau CJ : $L_1 = 64 \text{ m}$.

La longueur protégée PC est lue dans le tableau CJ : $L_2 = 24 \text{ m}$.

PO est égal à 40 m.

Il s'en suit OV (longueur protégée) = 9 m.

Tableau CF – Longueurs maximales (en mètres) de canalisations avec un conducteur neutre de même section que les conducteurs de phase sous tension de 230/400 V protégées contre les courts-circuits par des coupe-circuit à fusibles gG (pour les autres cas, voir C.2.3.7)

Section nominale des conducteurs (mm ²)	Courant assigné des coupe-circuit à fusibles gG (en ampères) [PVC/PR]																				
	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	
1,5	82	59/61	38/47	18/22	13/16	6/7															
2,5		102	82	49/56	35/43	16/20	12/15	5/7													
4			131	89	76	42/52	31/39	14/17	8/10	4/5											
6				134	113	78	67/74	31/39	18/23	10/12	7/9										
10					189	129	112	74	51/57	27/34	19/24	9/12	7/9	3/4							
16							179	119	91	67	49/56	24/30	18/23	9/11	5/7	3/4					
25								186	143	104	88	59/61	45/53	22/27	13/16	7/9	4/5				
35									200	146	123	86	75	43/52	25/36	14/18	8/11	4/5			
50										198	167	117	101	71	45/54	26/33	16/22	8/11	5/7		
70											246	172	150	104	80	57/60	34/42	17/22	11/14		
95												233	203	141	109	82	62	32/40	20/25	9/11	
120													256	179	137	103	80	51/57	32/40	14/18	
150													272	190	145	110	85	61	42/48	20/24	
185														220	169	127	98	70	56	27/34	
240															205	155	119	85	68	43/46	

Lorsque deux valeurs sont indiquées pour une même section de conducteurs et pour un même courant assigné de fusibles, la première concerne les conducteurs isolés au polychlorure de vinyle (PVC), la seconde concerne les isolations au caoutchouc ordinaire, au butyle, au polyéthylène réticulé ou à l'éthylène-propylène (PR).

Tableau CG – Longueurs maximales (en mètres) de canalisations avec un conducteur neutre de même section que les conducteurs de phase sous tension de 230/400 V protégées contre les courts-circuits par des coupe-circuit à fusibles aM (pour les autres cas, voir C.2.3.7)

Section nominale des conducteurs (mm ²)	Courant assigné des coupe-circuit à fusibles aM (en ampères) [PVC/PR]																				
	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	
1,5	28/33	19/23	13/15	8/10	6/7																
2,5	67	47/54	32/38	20/24	14/16	9/11	6/7														
4	108	86	69	47/54	32/38	22/25	14/17	9/11	6/7												
6	161	129	104	81	65/66	45/52	29/34	19/23	13/15	9/10	6/7										
10				135	108	88	68	47/54	32/38	21/25	14/16	9/11	6/7								
16						140	109	86	69	49/55	32/38	21/25	14/17	9/11	6/7						
25								135	108	86	67	47/54	32/38	21/25	14/16	9/11					
35									151	121	94	75	58/60	38/45	25/30	17/20	11/13	7/9			
50											128	102	82	65	43/51	29/36	19/24	13/15	8/10		
70												151	121	96	75	58/60	38/45	25/30	17/20	11/13	
95												205	164	130	102	82	65	43/51	29/34	19/23	
120														164	129	104	82	65	44/52	29/35	
150															138	110	88	69	55	37/44	
185																128	102	80	64	51	
240																	123	97	78	62	

Lorsque deux valeurs sont indiquées pour une même section de conducteurs et pour un même courant assigné de fusibles, la première concerne les conducteurs isolés au polychlorure de vinyle (PVC), la seconde concerne les isolations au caoutchouc ordinaire, au butyle, au polyéthylène réticulé ou à l'éthylène-propylène (PR).

Tableau CH – Longueurs maximales (en mètres) de canalisations avec un conducteur neutre de même section que les conducteurs de phase sous une tension de 230/400 V protégées contre les courts-circuits par des disjoncteurs du type B (pour les autres cas, voir C.2.3.7)

SECTION NOMINALE DES CONDUCTEURS (mm ²)	COURANT ASSIGNE DES DISJONCTEURS TYPE B (en ampères)											
	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	200	120	75	60	48	37	30	24	19	15	12	10
2,5	333	200	125	100	80	62	50	40	32	25	20	16
4	533	320	200	160	128	100	80	64	51	40	32	26
6	800	480	300	240	192	150	120	96	76	60	48	38
10	-	800	500	400	320	250	200	160	127	100	80	64
16	-	-	800	640	512	400	320	256	203	160	128	102
25	-	-	-	-	800	625	500	400	317	250	200	160
35	-	-	-	-	-	875	700	560	444	350	280	224
50	-	-	-	-	-	-	-	760	603	475	380	304

Tableau CJ – Longueurs maximales (en mètres) de canalisations avec un conducteur neutre de même section que les conducteurs de phase sous une tension de 230/400 V protégées contre les courts-circuits par des disjoncteurs du type C (pour les autres cas, voir C.2.3.7)

SECTION NOMINALE DES CONDUCTEURS (mm ²)	COURANT ASSIGNE DES DISJONCTEURS TYPE C (en ampères)											
	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	100	60	37	30	24	18	15	12	9	7	6	5
2,5	167	100	62	50	40	31	25	20	16	12	10	8
4	267	160	100	80	64	50	40	32	25	20	16	13
6	400	240	150	120	96	75	60	48	38	30	24	19
10	667	400	250	200	160	125	100	80	63	50	40	32
16	-	640	400	320	256	200	160	128	101	80	64	51
25	-	-	625	500	400	312	250	200	159	125	100	80
35	-	-	875	700	560	437	350	280	222	175	140	112
50	-	-	-	-	760	594	475	380	301	237	190	152

**Tableau CK – Longueurs maximales (en mètres) de canalisations avec un conducteur neutre
de même section que les conducteurs de phase
sous une tension de 230/400 V
protégées contre les courts-circuits par des disjoncteurs du type D
(pour les autres cas, voir C.2.3.7)**

SECTION NOMINALE DES CONDUCTEURS (mm ²)	COURANT ASSIGNE DES DISJONCTEURS TYPE D (en ampères)											
	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	50	30	18	15	12	9	7	6	5	4	3	2
2,5	83	50	31	25	20	16	12	10	8	6	5	4
4	133	80	50	40	32	25	20	16	13	10	8	6
6	200	120	75	60	48	37	30	24	19	15	12	10
10	333	200	125	100	80	62	50	40	32	25	20	16
16	533	320	200	160	128	100	80	64	51	40	32	26
25	833	500	312	250	200	156	125	100	79	62	50	40
35	-	700	437	350	280	219	175	140	111	87	70	56
50	-	-	594	475	380	297	237	190	151	119	95	76

Tableau CL – Longueurs maximales (en mètres) de canalisations avec un conducteur neutre de même section que les conducteurs de phase sous une tension de 230/400 V protégées contre les courts-circuits par des disjoncteurs industriels (pour les autres cas, voir C.2.3.7)

Section nominale des conducteurs (mm ²)	Courant de réglage du fonctionnement instantané de disjoncteur I _m (en ampères)														
	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500	560	630	700	800
1,5	100	79	63	50	40	31	25	20	16	13	10	9	8	7	6
2,5	167	133	104	83	67	52	42	33	26	21	17	15	13	12	10
4	267	212	167	133	107	83	67	53	42	33	27	24	21	19	17
6	400	317	250	200	160	125	100	80	63	50	40	36	32	29	25
10			417	333	267	208	167	133	104	83	67	60	53	48	42
16					427	333	267	213	167	133	107	95	85	76	67
25							417	333	260	208	167	149	132	119	104
35								467	365	292	233	208	185	167	146
50									495	396	317	283	251	226	198
70												417	370	333	292
95														452	396
120															
150															
185															
240															

NOTE - Les longueurs maximales ont été calculées en tenant compte de la tolérance de 20 % pour le courant maximal de fonctionnement instantané, admise par la NF EN 60947-2 (C 63-120).

Tableau CL - (suite)

Section nominale des conducteurs (mm ²)	Courant de réglage du fonctionnement instantané de disjoncteur I _m (en ampères)													
	875	1000	1120	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	6300	8000	10000	12500
1,5	6	5	4	4										
2,5	10	8	7	7	5	4								
4	15	13	12	11	8	7	5	4						
6	23	20	18	16	13	10	8	6	5	4				
10	38	33	30	27	21	17	13	10	8	7	5	4		
16	61	53	48	43	33	27	21	17	13	11	8	7	5	4
25	95	83	74	67	52	42	33	26	21	17	13	10	8	7
35	133	117	104	93	73	58	47	36	29	23	19	15	12	9
50	181	158	141	127	99	79	63	49	40	32	25	20	16	13
70	267	233	208	187	146	117	93	73	58	47	37	29	23	19
95	362	317	283	253	198	158	127	99	79	63	50	40	32	25
120	457	400	357	320	250	200	160	125	100	80	63	50	40	32
150		435	388	348	272	217	174	136	109	87	69	54	43	35
185			459	411	321	257	206	161	128	103	82	64	51	41
240					400	320	256	200	160	128	102	80	64	51

NOTE - Les longueurs maximales ont été calculées en tenant compte de la tolérance de 20 % pour le courant maximal de fonctionnement instantané, admise par la NF EN 60947-2 (C 63-120).

C.3 Pouvoir de coupure

C.3.1 Vérification du pouvoir de coupure (NF C 15-100, 434.5.1)

Le pouvoir de coupure d'un dispositif de protection doit être au moins égal au courant de court-circuit présumé à son point d'installation.

Les valeurs du tableau CE - déterminées suivant la méthode de composition - permettent de déterminer avec une approximation suffisante les courants de court-circuit présumés en fonction du courant de court-circuit en amont et des caractéristiques de la canalisation en amont.

Pour tous les dispositifs de protection contre les courts-circuits, le courant maximal présumé au point d'installation du dispositif de protection doit être inférieur au pouvoir de coupure de ce dispositif.

Les normes relatives aux disjoncteurs spécifient un pouvoir de coupure (ultime I_{cu} pour les disjoncteurs industriels et assigné I_{cn} pour les disjoncteurs domestiques) qui doit être au moins égal au courant maximal présumé de court-circuit à l'endroit où le disjoncteur est installé.

Ces normes prévoient en outre un pouvoir de coupure de service (I_{cs}). Les conditions de fonctionnement de l'installation peuvent justifier le choix du dispositif de protection d'après le pouvoir de coupure de service, par exemple lorsque le disjoncteur est placé à l'origine de l'installation.

C.3.2 Pouvoir de coupure en schéma IT (NF C 15-100, 533.3.1)

Lorsque l'installation est réalisée suivant le schéma IT, les dispositifs de protection doivent de plus pouvoir couper sur un pôle, sous la tension entre phases, le courant de double défaut.

Ces dispositifs peuvent être :

- soit des appareils dont le pouvoir de coupure sur un pôle sous la tension composée est au moins égale à :
 - 0,15 fois le courant de court-circuit triphasé au point considéré si ce dernier est inférieur ou égal à 10 000 A,
 - 0,25 fois le courant de court-circuit triphasé au point considéré si ce dernier est supérieur à 10 000 A.

En l'absence d'informations plus précises, on peut admettre que le pouvoir de coupure sur un seul pôle sous la tension entre phases des appareils tripolaires et tétrapolaires est au moins égal au pouvoir de coupure ultime triphasé sous une tension égale à $\sqrt{3}$ fois celle de la tension nominale du circuit concerné.

Pour les dispositifs de protection unipolaires (petits disjoncteurs, fusibles), le pouvoir de coupure à prendre en considération est celui indiqué pour la tension entre phases, soit par exemple 400 V dans une installation 230/400V.

Considérons par exemple dans une installation 230/400 V un disjoncteur pour lequel le constructeur déclare les valeurs suivantes de pouvoir de coupure :

- 30 000 A sous la tension triphasée de 400 V,
- 10 000 A sous la tension triphasée de 690 V.

On peut admettre que ce disjoncteur possède un pouvoir de coupure d'au moins 10 000 A sur un seul pôle sous la tension entre phases de 400 V.

- soit des appareils de calibre maximal supérieur ou égal à 100 A et pour lesquels cette capacité est explicitement reconnue dans les normes les concernant ; c'est le cas des disjoncteurs industriels conformes à l'annexe H de la norme (1).

(1) NF EN 60947-2 (C 63-120)

C.3.3 Pouvoir de coupure dans les installations alimentées par le réseau BT

Dans le cas d'un branchement à puissance limitée (tarif bleu), compte tenu des protections amont (présence de fusibles AD), un pouvoir de coupure de 3 kA est suffisant (voir NF C 14-100, 3.9.2).

Dans le cas d'un branchement à puissance surveillée (tarif jaune), il convient d'effectuer le calcul du courant de court-circuit maximal I_k en prenant en compte les indications fournies par la NF C 14-100, 3.4.7 et reprises en C.2.1.2.4 du présent guide.

- D -

**PROTECTION
CONTRE LES CONTACTS INDIRECTS**

D PROTECTION CONTRE LES CONTACTS INDIRECTS

D.1 Règle générale (NF C 15-100, 411.3.2)

Le courant de défaut entre phase et masse - ou entre un conducteur de phase et le conducteur de protection – doit être éliminé dans un temps compatible avec la sécurité des personnes.

Ce temps est déterminé par une courbe en fonction de la tension de contact présumée, basé sur les effets physiologiques du courant électrique sur le corps humain tels qu'ils sont indiqués dans le guide UTE C 15-110.

Par mesure de simplification, à partir de cette courbe, il est possible de déterminer un temps de coupure moyen en fonction de la tension nominale de l'installation. Ce temps de coupure est donné de façon générale (tension limite conventionnelle $U_L = 50$ volts) par le tableau DA ci-après.

Il est maintenant admis que le claquage de la peau ait lieu pour environ 100 V. En schéma TN, les tensions de contact sont de l'ordre de grandeur ou excèdent cette valeur. Pour cette tension, la peau est claquée, ce qui fait que les conditions d'humidité sont sans influence et qu'il n'y a pas lieu de tenir compte de l'humidité des locaux. Ainsi, pour des raisons pratiques, la tension limite conventionnelle utilisée dans le présent guide est de 50 V.

En application de la règle générale, les temps de coupure dans les divers schémas des liaisons à la terre ne doivent pas être supérieurs aux valeurs du tableau DA ci-après :

**Tableau DA – Temps de coupure
(NF C 15-100, Tableau 41A)**

	50 V < $U_0 \leq 120$ V	120 V < $U_0 \leq 230$ V	230 V < $U_0 \leq 400$ V	$U_0 > 400$ V
Temps de coupure (s)	alternatif	alternatif	alternatif	alternatif
Schéma TN ou IT	0,8	0,4	0,2	0,1
Schéma TT	0,3	0,2	0,07	0,04

Toutefois, conformément à la règle du paragraphe 411.3.2.3 de la NF C 15-100, un temps supérieur à la valeur appropriée du tableau DA mais non supérieur à 5 secondes est admis dans les circuits de distribution.

D.2 Application au schéma TN

D.2.1 Règle

Le courant de défaut I_f est égal à :

$$I_f = \frac{U_0}{Z_s}$$

U_0 étant la tension nominale de l'installation entre phase et neutre,

Z_s étant l'impédance de la boucle de défaut.

Le paragraphe D.2.5 comporte des méthodes de calcul du courant de défaut I_f .

Les conditions de protection dépendent de la nature du dispositif de protection ; en pratique, les temps de coupure ne sont à prendre en considération que si le dispositif de coupure est un fusible.

D.2.2 Protection par fusibles (Figure D1)

La règle de protection consiste alors à s'assurer que le courant de défaut I_f provoque certainement la fusion du fusible dans le temps prescrit, en vérifiant que le point correspondant du graphique de fonctionnement des fusibles $I(t)$ se trouve au-dessus de la caractéristique supérieure de la zone de fusion du fusible (figure D1).

Soit en pratique :

t_1 le temps de fusion du fusible pour le courant de défaut I_f .

t_0 le temps de coupure prescrit en fonction de la tension nominale de l'installation (tableau DA).

Si t_1 est inférieur ou égal à t_0 , la protection est assurée.

Si t_1 est supérieur à t_0 mais inférieur à 5 secondes, la protection n'est assurée que si le circuit protégé est un circuit de distribution.

Si t_1 est supérieur au temps prescrit, il y a alors lieu de prévoir :

- soit des liaisons équipotentielles supplémentaires satisfaisant à la condition du paragraphe 415.2 de la NF C 15-100 telles que la résistance R entre toute masse du circuit et tout élément conducteur simultanément accessibles soit telle que :

$$R \leq \frac{50}{I_5}$$

I_5 étant le courant assurant la fusion du fusible en 5 secondes,

- soit une protection par des dispositifs à courant différentiel-résiduel de courant différentiel assigné $I_{\Delta n} \leq I_f$

D.2.3 Protection par disjoncteurs (Figure D2)

Lorsque le dispositif de protection est un disjoncteur, il suffit de s'assurer que le courant de défaut I_f est au moins égal au plus petit courant I_m assurant le fonctionnement instantané ou de court-retard du disjoncteur ; en effet, les temps de fonctionnement des disjoncteurs sont généralement inférieurs aux temps prescrits.

Si I_f est supérieur ou égal à I_m , la protection est assurée.

Si I_f est inférieur à I_m , il y a alors lieu, soit de diminuer le courant de fonctionnement instantané I_m ou de court retard du disjoncteur si cela est possible, soit de réaliser des liaisons équipotentielles supplémentaires satisfaisant à la condition du paragraphe 415.2 de la NF C 15-100 telles que la résistance R entre toute masse et tout élément conducteur simultanément accessibles soit telle que :

$$R \leq \frac{50}{I_m}$$

- soit d'assurer une protection par des dispositifs à courant différentiel-résiduel de courant différentiel-résiduel assigné $I_{\Delta n} \leq I_f$.

Des disjoncteurs sélectifs peuvent être utilisés dans les circuits de distribution.

D.2.4 La réalisation de liaisons équipotentielles supplémentaires satisfaisant à la condition des paragraphes D.2.2 ou D.2.3 ci-dessus suivant la nature du dispositif de protection, dispense de la vérification du temps de coupure sous réserve que soient respectées les contraintes thermiques des conducteurs (voir chapitre E).

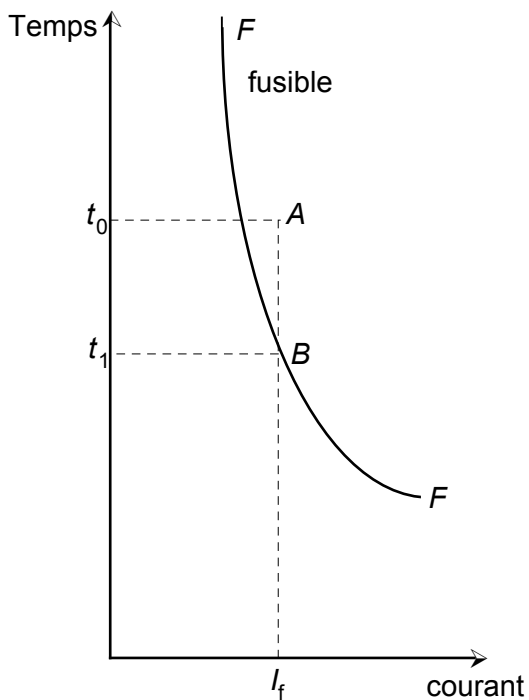


Figure D1 – Protection par fusible

Le point A correspondant au temps t_0 prescrit pour le courant de défaut I_f doit se trouver au-dessus de la limite supérieure de la zone de fonctionnement du fusible (FF). t_1 est le temps réel de fusion du fusible résultant du courant de défaut I_f .

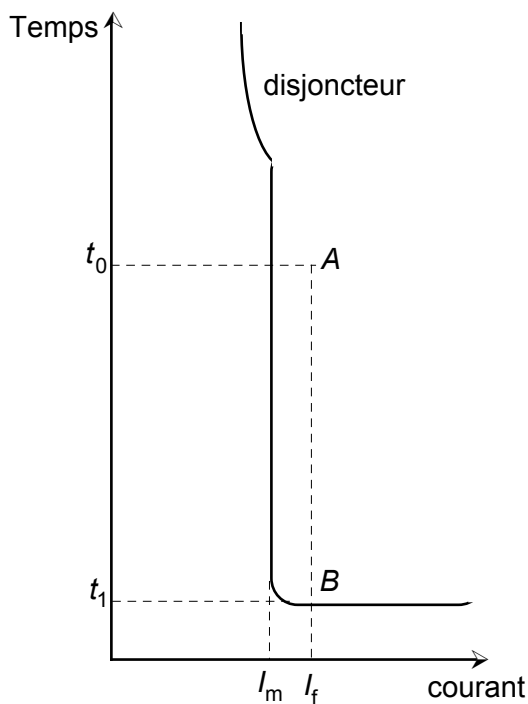


Figure D2 – Protection par disjoncteur

Si le courant de défaut I_f est supérieur au plus petit courant assurant le fonctionnement instantané du disjoncteur I_m , le temps de fonctionnement instantané ou de court-retard t_1 du disjoncteur est nettement inférieur au temps t_0 prescrit.

D.2.5 Méthodes de calcul

D.2.5.1 Calcul, par la méthode des impédances

Le courant de défaut phase-masse est égal à :

$$I_f = \frac{C_{\min} \cdot m \cdot \alpha \cdot U_0}{\sqrt{\left[R_Q + R_T + R_{PE} + R_{Uph} + \rho_1 L \left(\frac{1}{S n_{ph}} + \frac{1}{S_{PE} n_{PE}} \right) \right]^2 + \left[X_Q + X_T + X_{PE} + X_{Uph} + \lambda L \left(\frac{1}{n_{ph}} + \frac{1}{n_{PE}} \right) \right]^2}}$$

R_{PE}, X_{PE} Résistance et réactance du conducteur de protection depuis la liaison équipotentielle principale ou locale jusqu'à l'origine du circuit considéré.

C_{\min} 0,95.

S_{PE} Section du conducteur de protection du circuit considéré.

m 1,05

n_{PE} Nombre de conducteurs en parallèle pour le conducteur de protection.

R_T, X_T Résistance et réactance de la source.

R_{Uph}, X_{Uph} Résistance et réactance d'un conducteur de phase depuis la source jusqu'à l'origine du circuit considéré.

R_Q, X_Q Résistance et réactance du circuit considéré en amont de la source.

S Section des conducteurs de phase.

n_{ph} Nombre de conducteurs en parallèle par phase.

Pour les valeurs des différentes impédances, voir le chapitre C (C.2.1), le courant de défaut étant un courant de court-circuit phase neutre.

α = 1 en schéma TN, 0,86 en IT sans neutre et 0,50 en IT avec neutre

Lorsque n_{ph} et n_{PE} sont égaux à 1 (un conducteur par phase et un conducteur de protection), la formule devient :

$$I_f = \frac{C_{\min} \cdot m \cdot \alpha \cdot U_0}{\sqrt{\left[R_Q + R_T + R_{PE} + R_{Uph} + \rho_1 L \left(\frac{1}{S} + \frac{1}{S_{PE}} \right) \right]^2 + \left[X_T + X_Q + X_{PE} + X_{Uph} + 2\lambda L \right]^2}}$$

NOTE – Dans le calcul de R_{PE} et X_{PE} , il n'y a pas lieu de tenir compte de la liaison entre les transformateurs et le tableau général Basse Tension au niveau duquel est réalisée la liaison équipotentielle.

Le calcul n'est en fait pratiquement possible que si le conducteur de protection (PEN dans le schéma TN-C et PE dans le schéma TN-S) se trouve, dans toute l'installation, disposé à proximité immédiate des conducteurs actifs du circuit correspondant sans interposition d'éléments ferromagnétiques. Il en est ainsi, par exemple, si le conducteur de protection est l'un des conducteurs du même câble multiconducteur est posé dans le même conduit ou est disposé à proximité immédiate du câble multiconducteur, contenant les conducteurs actifs à condition que ce câble ne comporte aucun revêtement métallique.

D.2.5.2 Calcul par la méthode conventionnelle

Cette méthode est notamment valable pour les circuits terminaux situés suffisamment loin de la source d'alimentation.

Elle n'est applicable que dans les installations alimentées par un transformateur à couplage triangle étoile ou à couplage étoile zigzag.

Le courant de défaut phase-masse peut être pris égal, en négligeant les réactances des conducteurs, à :

$$I_f = 0,8 \frac{U_0}{R_a + R_{PE}}$$

U_0 étant la tension simple phase-neutre,

R_a étant la résistance d'un conducteur de phase du circuit,

R_{PE} étant la résistance du conducteur de protection du circuit,

Cette méthode suppose qu'en cas de défaut, la tension à l'origine du circuit est égale à 80 % de la tension nominale de l'installation. Autrement dit, elle suppose que la partie de la boucle de défaut en amont du circuit représente 20 % de l'impédance totale de la boucle de défaut.

Les tableaux DE à DK donnent des longueurs de canalisations protégées contre les contacts indirects, déterminées suivant la méthode de calcul conventionnelle.

D.3 Application au schéma TT

Dans le schéma TT, l'application de la règle du paragraphe 411.5.3 de la NF C 15-100 est effectuée en pratique de la manière suivante :

La protection est assurée par des dispositifs à courant différentiel dont le courant différentiel-résiduel assigné est approprié à la résistance de la prise de terre des masses suivant les indications conformes au tableau 53 GD de la NF C 15-100 :

Tableau DB – Courant maximal des DDR en fonction de la valeur de la prise de terre

Valeur maximale de la résistance de la prise de terre des masses (ohms)	Courant maximal différentiel-résiduel assigné du dispositif DR ($I_{\Delta n}$)
2,5	20 A
5	10 A
10	5 A
17	3 A
50	1 A
100	500 mA
167	300 mA
500	100 mA
> 500	≤ 30 mA

Si une sélectivité est jugée nécessaire, un temps de fonctionnement au plus égal à 5s est admis dans les circuits de distribution sans tenir compte de la tension de contact (411.3.2.3).

D.4 Application au schéma IT

D.4.1 Non-coupure au premier défaut

Afin de respecter la règle du paragraphe 411.6.4 de la NF C 15-100 permettant de ne pas couper lors d'un premier défaut, le point neutre de l'installation est soit isolé, soit relié à la terre par l'intermédiaire d'une impédance dont la valeur en ohms est égale à 5 à 6 fois la tension simple de l'installation, soit par exemple de l'ordre de 1 000 ohms pour une installation 230/400 V.

Cette impédance limite le courant de premier défaut de telle manière que la tension de défaut entre la masse en défaut et tout élément conducteur soit inférieure à la tension limite conventionnelle de 50 V.

La résistance de la prise de terre des masses doit être inférieure à :

$$R_A \leq \frac{50}{I_f}$$

Comme :

$$I_f = \frac{U_0}{Z} \quad R_A \leq \frac{50}{U_0} Z$$

soit en pratique pour $U_0 = 230$ volts, $R_A \leq 217$ ohms.

L'impédance Z limite également les surtensions et les oscillations de potentiel de l'installation.

Il n'y a pas lieu de tenir compte de cette condition lorsque les prises de terre du neutre et des masses sont confondues.

D.4.2 Après l'apparition d'un premier défaut, les conditions de protection, si un deuxième défaut survient, sont les suivantes :

- lorsque les masses sont mises à la terre par groupes ou individuellement, les conditions sont celles du schéma TT telles qu'elles sont indiquées ci-dessus en D.3.
- lorsque les masses sont interconnectées, les conditions sont celles du schéma TN telles qu'elles sont indiquées ci-dessus en D.2, compte tenu des précisions suivantes :

- le courant de défaut I_f est égal à :

$$I_f = 0,5 \frac{U'}{Z_s}$$

U' étant la tension entre phases si le neutre n'est pas distribué ou la tension entre phase et neutre si le neutre est distribué.

Les temps de coupure sont ceux définis dans le tableau DA.

D.4.3 Parmi les groupes de masses (D.4.2 a), il y a lieu de considérer les masses BT du poste de transformation, ce qui implique, lorsque les masses du poste ne sont pas reliées aux autres masses de l'installation, la mise en place d'un dispositif à courant différentiel-résiduel à l'origine de l'installation.

Il en est de même lorsque la prise de terre du limiteur de surtension n'est pas reliée à l'ensemble interconnecté des masses (voir NF C 15-100, 534.2.5).

D.4.4 Méthodes de calcul

D.4.4.1 Calcul par la méthode des impédances

Les courants de défaut sont calculés par les formules données en D.2.5.1, le facteur α étant égal à :

- 0,86 si le conducteur neutre n'est pas distribué,
- 0,50 si le conducteur neutre est distribué.

D.4.4.2 Calcul par la méthode conventionnelle

En pratique, si les réactances peuvent être négligées, le courant de double défaut I_{df} , est pris égal à :

$$I_{df} = 0,8 \frac{0,5 U'}{R_a + R_{PE}}$$

0,8 étant un facteur conventionnel tenant compte de l'impédance de la partie de la boucle de défaut située en amont du circuit considéré,

R_a étant la résistance du conducteur actif du circuit considéré,

R_{PE} étant la résistance du conducteur de protection du circuit considéré,

U' étant la tension entre phases si le neutre n'est pas distribué ou la tension entre phase et neutre si le neutre est distribué.

Les tableaux DE à DK donnent des longueurs de canalisation protégées contre les contacts indirects déterminées suivant la méthode de calcul conventionnelle, compte tenu des facteurs de correction du tableau DD.

Dispositions communes aux schémas TN et IT

Si le conducteur de protection ne se trouve pas à proximité immédiate des conducteurs actifs du circuit correspondant, il n'est pratiquement pas possible de déterminer l'impédance de la boucle de défaut et sa valeur ne peut être connue que par des mesures effectuées après réalisation de l'installation. En effet, l'éloignement du conducteur de protection augmente sensiblement la valeur de l'impédance de la boucle de défaut, notamment si des éléments métalliques se trouvent à l'intérieur de cette boucle : il en est notamment ainsi si le parcours du courant de défaut est seulement constitué de charpentes métalliques.

D.5 Prise en compte des câbles souples

La partie 4-41 de la norme NF C 15-100 prescrit que l'impédance de la boucle de défaut doit permettre le fonctionnement du dispositif de protection dans le temps prescrit.

Or, si la valeur de l'impédance de la boucle de défaut peut être déterminée dans les canalisations fixes, il n'est pas possible d'en connaître la valeur lorsque la boucle de défaut comporte des câbles souples raccordés à des prises de courant. En effet, la section et la longueur de ces câbles souples ne sont pas connues et peuvent varier dans des proportions importantes.

Il est possible de tenir compte à priori de la section et de la longueur des câbles souples raccordés à des prises de courant dans la détermination des conditions de protection en évaluant de façon forfaitaire les caractéristiques du câble souple ainsi raccordé.

Ainsi, dans la détermination des longueurs de canalisations protégées dans les conditions définies en D2 et D4 et indiquées dans les tableaux DE à DK, en l'absence d'indications plus précises, il peut être tenu compte d'une longueur supplémentaire de 10 mètres réalisée en conducteurs d'une section appropriée au courant assigné au socle de prise de courant, section déterminée conformément aux règles de 523 de la NF C 15-100.

Les sections à prendre en considération sont les suivantes (en cuivre) :

- 6 mm² pour une prise de courant 40 A ou 50 A,
- 10 mm² pour une prise de courant 63 A,
- 16 mm² pour une prise de courant 80 A ou 100 A,
- 25 mm² pour une prise de courant 125 A.

Lorsque la longueur des câbles souples peut être supérieure à 10 mètres, ou si leur section peut être inférieure à celle indiquée ci-dessus, il y a lieu de disposer à l'origine du câble souple ou en amont du câble souple, un dispositif de protection à courant différentiel-résiduel, ce dispositif étant de préférence à haute sensibilité ($I_{\Delta n} \leq 30$ mA). Il est rappelé qu'un dispositif à haute sensibilité assure une protection complémentaire contre les contacts directs.

Pour les prises de courant de courant assigné au plus égal à 32 A, il n'y a pas lieu de tenir compte de la longueur des câbles souples du fait que la NF C 15-100 impose la protection de ces prises par des dispositifs à courant différentiel-résiduel assigné au plus égal à 30 mA.

D.6 Vérification de la résistance et de la continuité des conducteurs de protection

D.6.1 Dans les schémas TN et IT, la vérification des conditions de protection contre les contacts indirects peut être effectuée, conformément à la règle du paragraphe 612.6.4.1 de la NF C 15-100, en mesurant la résistance des conducteurs de protection entre toute masse et le point le plus proche de la liaison équipotentielle principale.

La valeur de la résistance des conducteurs de protection ne doit pas être supérieure à la valeur appropriée du tableau DC, pour la tension nominale entre phase et neutre U_0 de 230 volts en schéma TN.

Tableau DC – Valeurs maximales de la résistance des conducteurs de protection en schéma TN pour $U_0 = 230$ volts et un temps de coupure de 0,4 seconde

Courant assigné du dispositif de protection I_n (A)	Résistance R_0 des conducteurs de protection en ohms					
	Fusibles gG	Fusibles aM	Disjoncteurs industriels (*)	Disjoncteurs domestiques		
				Type B	Type C	Type D
10	1,37	0,89	1,15	2,3	1,15	0,57
16	1,01	0,55	0,72	1,44	0,72	0,36
20	0,76	0,44	0,58	1,15	0,58	0,29
25	0,61	0,35	0,46	0,92	0,46	0,23
32	0,41	0,28	0,36	0,72	0,36	0,18
40	0,35	0,22	0,29	0,57	0,29	0,14
50	0,24	0,18	0,23	0,46	0,23	0,115
63	0,21	0,14	0,18	0,36	0,18	0,092
80	0,14	0,11	0,14	0,29	0,14	0,072
100	0,11	0,089	0,115	0,23	0,115	0,057
125	0,080	0,071	0,092	0,18	0,092	0,046
160	0,070	0,055	0,072	-	-	-
200	0,050	0,044	0,058	-	-	-
250	0,039	0,035	0,046	-	-	-
315	0,028	0,028	0,036	-	-	-
400	0,022	0,022	0,029	-	-	-
500	0,017	0,018	0,023	-	-	-
630	0,012	0,014	0,019	-	-	-
800	0,009	0,011	0,015	-	-	-
1000	0,007	0,009	0,012	-	-	-

(*) valeurs calculées pour un courant de fonctionnement instantané égal à $10 I_n$

Lorsqu'un temps de coupure de 5 secondes est admis (voir D.2.2), les valeurs du tableau DC peuvent être multipliées par :

- 1,88 lorsque le dispositif de protection est un fusible gG,
- 1,53 lorsque le dispositif de protection est un fusible aM.

Les valeurs de la résistance R_0 du tableau DC sont à multiplier, en fonction de la tension nominale U_0 et du schéma des liaisons à la terre, par un facteur k_1 dont la valeur est donnée dans le tableau DD.

Tableau DD – Facteurs de correction de la résistance des conducteurs de protection

Tension nominale de l'installation (V)	Fusibles	Disjoncteurs
SCHEMA TN U_0 = 127 230 400 580	0,55 1,00 1,45 1,78	0,55 1,00 1,73 2,52
SCHEMA IT SANS NEUTRE U = 220 400 690 1 000	0,47 0,86 1,25 1,53	0,47 0,86 1,50 2,17
SCHEMA IT AVEC NEUTRE U_0 / U = 127/220 230/400 400/690 580/1 000	0,28 0,50 0,73 0,89	0,28 0,50 0,86 1,26

En outre, lorsque la section du conducteur de protection est inférieure à celle des conducteurs de phase, la valeur de la résistance R_0 , si elle est plus élevée que celle obtenue par les tableaux DC et DD, est multipliée par le facteur k_2 en fonction du rapport m égal à S_{ph}/S_{PE} ou S_n/S_{PE} (IT avec neutre).

Si $m = 2$, $k_2 = 1,33$

Si $m = 3$, $k_2 = 1,50$

D.6.2 Dans les schémas TN et IT, une simple vérification de la continuité des conducteurs de protection pourra être faite, si le respect des conditions de protection contre les contacts indirects a déjà pu être vérifié par l'une des méthodes suivantes :

- les notes de calcul de conception ont elles-mêmes été vérifiées,
- les calculs ont été faits avec un logiciel ayant reçu un avis technique de l'UTE,
- une vérification antérieure a été faite conformément au paragraphe D.6.1.

La continuité sera considérée comme satisfaisante si la résistance R mesurée entre toute masse et le point le plus proche de la liaison équipotentielle principale n'est pas supérieure à 2 ohms, pour une installation 230/400 V, quel que soit le dispositif de protection et quelle que soit la constitution du circuit.

D.6.3 Dans le schéma TT, quelle que soit la nature de la vérification, à la mise en service ou périodique, la vérification de la continuité des conducteurs de protection telle que définie au paragraphe précédent est suffisante.

D.7 Longueurs de canalisations protégées contre les contacts indirects

(Méthode de calcul conventionnelle)

D.7.1 Les tableaux DE à DK indiquent les longueurs maximales de canalisations telles que les dispositifs de protection contre les surintensités assurent également la protection contre les contacts indirects dans les conditions prescrites par la NF C 15-100, 411.3.

Ces longueurs sont calculées suivant la méthode conventionnelle (D.2.7.2 et D.4.4.2)

Les tableaux DE à DK donnent les longueurs maximales de canalisations pour le schéma TN avec $m = 1$:

- | | |
|---------------------------------------|---|
| - pour les fusibles : | type gG : tableau DE
type aM : tableau DF |
| - pour les disjoncteurs domestiques : | type B : tableau DG
type C : tableau DH
type D : tableau DJ |
| - pour les disjoncteurs industriels | : tableau DK |

D.7.2 Pour les installations alimentées sous une tension autre que 230/400 V, les longueurs des tableaux DE à DK doivent être multipliées par les facteurs de correction appropriés du tableau DD.

Pour $m = 2$, les longueurs sont multipliées par 0,67 et pour $m = 3$ par 0,50.

D.7.3 Pour le schéma IT, les longueurs des tableaux DE à DK doivent être multipliées par les facteurs de correction appropriés du tableau DD, suivant la nature du schéma (avec ou sans neutre), la tension nominale de l'installation et la nature du dispositif de protection.

Dans le schéma IT, lorsque le conducteur neutre est distribué et que sa section est inférieure à celle des conducteurs de phase, les longueurs de canalisations protégées sont déterminées en utilisant les valeurs des tableaux DE à DK, la section nominale à considérer étant la section (réduite) du conducteur neutre.

En effet, il y a lieu de tenir compte du défaut neutre-masse qui correspond à l'impédance de défaut la plus grande, et il est nécessaire que les conditions de protection soient respectées dans ce cas.

D.7.4 Lorsqu'un temps de coupure supérieur à celui défini dans le tableau DA est admis, mais non supérieur à 5 secondes (voir D.2.2), les longueurs des tableaux DE et DF peuvent être multipliées respectivement par 1,88 (protection par fusibles gG) et par 1,53 (protection par fusibles aM).

D.7.5 Les indications qui précèdent sont valables lorsque les conducteurs de protection sont de même nature que les conducteurs actifs correspondants, les valeurs indiquées dans les tableaux DE à DK étant établies pour des conducteurs en cuivre.

Lorsque les conducteurs de protection sont constitués d'un métal différent de celui des conducteurs actifs du circuit correspondant, les valeurs indiquées sont valables en tenant compte de la conductibilité équivalente à celle de cuivre pour le conducteur de protection.

D.7.6 Lorsque les conducteurs sont en aluminium, les longueurs indiquées doivent être multipliées par 0,63.

D.7.7 Les indications de ces tableaux ne sont valables que si le conducteur de protection fait partie de la même canalisation que les conducteurs actifs du circuit correspondant, ou est placé à proximité immédiate (même câble multiconducteur ou pose dans un même conduit) sans interposition d'éléments ferromagnétiques.

D.7.8 La méthode du triangle décrite au paragraphe 434.2.2.2 de la NF C 15-100 s'applique de la manière suivante à la détermination des longueurs de canalisations telles que les dispositifs de protection contre les surintensités assurent la protection contre les contacts indirects.

Le point P est le point de référence où le conducteur de protection est relié à la liaison équipotentielle principale.

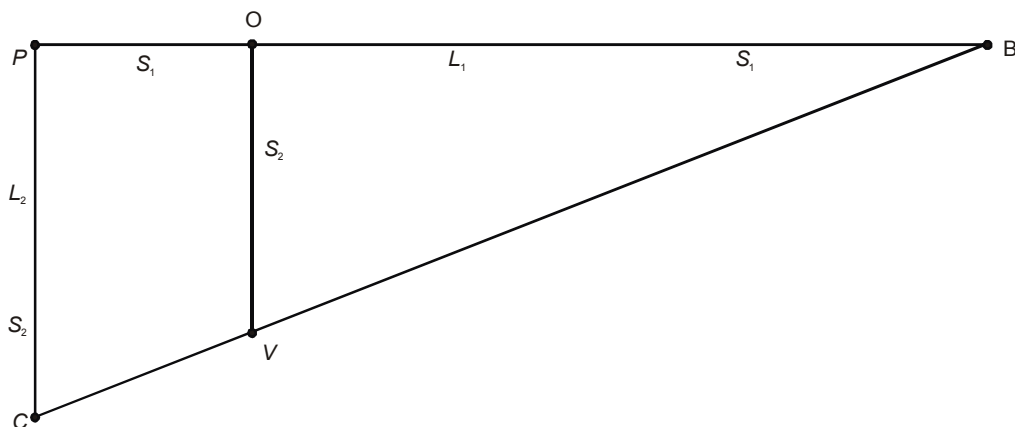


Figure D3 – Règle du triangle

$L_1 = PB$ étant la longueur maximale de canalisation de section S_1 protégée contre les courts-circuits par le dispositif de protection placé en P .

$L_2 = PC$ étant la longueur maximale de canalisation de section S_2 protégée contre les courts-circuits par le dispositif de protection placé en P .

La longueur maximale de canalisation dérivée en O , de section S_2 protégée contre les courts-circuits par le dispositif placé en P , est donnée par la longueur OV .

D.7.9 Les longueurs de canalisations des tableaux DE à DK sont calculées par la formule :

$$L = \frac{0,8 U_0 S}{2\rho_1 I}$$

L longueur de la canalisation (en mètres),

S section des conducteurs de phase de la canalisation (en mm²),

U_0 tension entre phase et neutre de l'installation (en volts), soit $U_0 = 230$ V,

ρ_1 résistivité des conducteurs en cuivre à la température en service normal (voir chapitre G)

I intensité du courant assurant le fonctionnement du dispositif de protection dans le temps t prescrit par le tableau 41 A, soit 0,4 s.

D.7.10 Lorsque la protection d'un circuit est assurée par un disjoncteur dont le pouvoir de coupure est inférieur au courant de court-circuit présumé à son point d'installation, un autre dispositif de protection ayant le pouvoir de coupure nécessaire est prévu en amont du disjoncteur (NF C 15-100, 535.2).

Pour la détermination et la vérification des conditions de protection contre les contacts indirects dans les schémas TN et IT, les conditions de protection contre les contacts indirects correspondent non au courant de court-circuit présumé à l'origine du circuit, mais au courant de défaut à l'extrémité du circuit : il en résulte que c'est le dispositif ayant le plus faible seuil de fonctionnement - le disjoncteur - qui assure cette protection.

En conséquence, les longueurs maximales de canalisations protégées contre les contacts indirects sont déterminées d'après les caractéristiques de fonctionnement du disjoncteur, c'est-à-dire en pratique en fonction du courant minimal assurant le fonctionnement instantané du disjoncteur.

Tableau DE – Longueurs maximales (en mètres) des canalisations triphasées 230/400 V ou monophasées en schéma TN (m =1) protégées contre les contacts indirects par des coupe-circuit à fusibles gG

Section nominale des conducteurs (mm ²)	Courant assigné des coupe-circuit à fusibles gG (en ampères)																				
	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	
1,5	53	40	32	22	18	13	11	7	6	4	3										
2,5	88	66	53	36	31	21	18	12	9	7	6	4									
4	141	106	85	58	49	33	29	19	15	11	9	6	6	4							
6	212	159	127	87	73	50	43	29	22	16	14	10	8	6	4						
10	353	265	212	145	122	84	72	48	37	27	23	16	14	10	7	6	4				
16	566	424	339	231	196	134	116	77	59	43	36	25	22	15	12	9	7	5	4		
25	884	663	530	361	306	209	181	120	92	67	57	40	35	24	18	14	11	8	6	4	
35		928	742	506	428	293	253	169	129	94	80	56	48	34	26	20	15	11	9	6	
50				687	581	398	343	229	176	128	108	76	66	46	35	27	20	15	12	8	
70					856	586	506	337	259	189	159	111	97	67	52	39	30	22	17	11	
95						795	687	458	351	256	216	151	131	92	70	53	41	29	23	16	
120							868	578	444	323	273	191	166	116	89	67	52	37	29	20	
150								615	472	343	290	203	178	123	94	71	54	39	31	21	
185								714	547	399	336	235	205	142	110	82	64	46	36	24	
240									666	485	409	286	249	173	133	100	77	55	44	29	
300										566	477	334	290	202	155	117	90	65	51	34	

Tableau DF – Longueurs maximales (en mètres) des canalisations triphasées 230/400 V ou monophasées en schéma TN (m =1) protégées contre les contacts indirects par des coupe-circuit à fusibles aM

Section nominale des conducteurs (mm ²)	Courant assigné des coupe-circuit à fusibles aM (en ampères)																				
	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	
1,5	28	23	18	14	11	9	7	6	5	4											
2,5	47	38	30	24	19	15	12	9	8	6	5										
4	75	60	48	38	30	24	19	15	12	10	8	6	5	4							
6	113	90	72	57	45	36	29	23	18	14	11	9	7	6	5	4					
10	188	151	121	94	75	60	48	38	30	24	19	15	12	10	8	6	5	4			
16	301	241	193	151	121	96	77	60	48	39	30	24	19	15	12	10	8	6	5	4	
25	470	377	302	236	188	151	120	94	75	60	47	38	30	24	19	15	12	9	8	6	
35	658	527	422	330	264	211	167	132	105	84	66	53	42	33	26	21	17	13	11	8	
50	891	714	572	447	357	285	227	179	144	115	90	72	57	46	36	29	23	18	14	11	
70			845	660	527	422	335	264	211	169	132	105	84	67	53	42	33	26	21	17	
95				895	716	572	454	358	286	229	179	143	115	91	72	57	45	36	29	23	
120					904	723	574	452	362	289	226	181	145	115	90	72	57	45	36	29	
150						794	630	496	397	317	248	198	159	126	99	79	63	50	40	32	
185							744	586	469	375	293	234	188	149	117	94	74	59	47	38	
240								730	584	467	365	292	234	185	146	117	93	73	58	47	
300									702	562	439	351	281	223	175	140	111	88	70	56	

Tableau DG – Longueurs maximales (en mètres) de canalisations triphasées de 230/400 V ou monophasées en schéma TN (m = 1) protégées contre les contacts indirects par des disjoncteurs domestiques de type B

SECTION NOMINALE DES CONDUCTEURS (mm ²)	COURANT ASSIGNE DES DISJONCTEURS TYPE B (en ampères)											
	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	200	120	75	60	48	37	30	24	19	15	12	10
2,5	333	200	125	100	80	62	50	40	32	25	20	16
4	533	320	200	160	128	100	80	64	51	40	32	26
6	800	480	300	240	192	150	120	96	76	60	48	38
10	-	800	500	400	320	250	200	160	127	100	80	64
16	-	-	800	640	512	400	320	256	203	160	128	102
25	-	-	-	-	800	625	500	400	317	250	200	160
35	-	-	-	-	-	875	700	560	444	350	280	224
50	-	-	-	-	-	-	-	760	603	475	380	304

Tableau DH – Longueurs maximales (en mètres) de canalisations triphasées de 230/400 V ou monophasées en schéma TN (m = 1) protégées contre les contacts indirects par des disjoncteurs domestiques de type C

SECTION NOMINALE DES CONDUCTEURS (mm ²)	COURANT ASSIGNE DES DISJONCTEURS TYPE C (en ampères)											
	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	100	60	37	30	24	18	15	12	9	7	6	5
2,5	167	100	62	50	40	31	25	20	16	12	10	8
4	267	160	100	80	64	50	40	32	25	20	16	13
6	400	240	150	120	96	75	60	48	38	30	24	19
10	667	400	250	200	160	125	100	80	63	50	40	32
16	-	640	400	320	256	200	160	128	101	80	64	51
25	-	-	625	500	400	312	250	200	159	125	100	80
35	-	-	875	700	560	437	350	280	222	175	140	112
50	-	-	-	-	760	594	475	380	301	237	190	152

Tableau DJ – Longueurs maximales (en mètres) de canalisations triphasées de 230/400 V ou monophasées en schéma TN (m = 1) protégées contre les contacts indirects par des disjoncteurs domestiques de type D

SECTION NOMINALE DES CONDUCTEURS (mm ²)	COURANT ASSIGNE DES DISJONCTEURS TYPE D (en ampères)											
	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	50	30	18	15	12	9	7	6	5	4	3	2
2,5	83	50	31	25	20	16	12	10	8	6	5	4
4	133	80	50	40	32	25	20	16	13	10	8	6
6	200	120	75	60	48	37	30	24	19	15	12	10
10	333	200	125	100	80	62	50	40	32	25	20	16
16	533	320	200	160	128	100	80	64	51	40	32	26
25	833	500	312	250	200	156	125	100	79	62	50	40
35	-	700	437	350	280	219	175	140	111	87	70	56
50	-	-	594	475	380	297	237	190	151	119	95	76

Tableau DK – Longueurs maximales de canalisations triphasées 230/400 V ou monophasées protégées contre les contacts indirects (schéma TN) par des disjoncteurs industriels

Section nominale des conducteurs (mm ²)	Courant de réglage du fonctionnement instantané de disjoncteur I _m (en ampères)														
	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500	560	630	700	800
1,5	100	79	63	50	40	31	25	20	16	13	10	9	8	7	6
2,5	167	133	104	83	67	52	42	33	26	21	17	15	13	12	10
4	267	212	167	133	107	83	67	53	42	33	27	24	21	19	17
6	400	317	250	200	160	125	100	80	63	50	40	36	32	29	25
10			417	333	267	208	167	133	104	83	67	60	53	48	42
16					427	333	267	213	167	133	107	95	85	76	67
25							417	333	260	208	167	149	132	119	104
35								467	365	292	233	208	185	167	146
50									495	396	317	283	251	226	198
70												417	370	333	292
95														452	396
120															
150															
185															
240															

NOTE - Les longueurs maximales ont été calculées en tenant compte de la tolérance de 20 % pour le courant maximal de fonctionnement instantané, admise par la NF EN 60947-2 (C 63-120).

Tableau DK - (suite)

Section nominale des conducteurs (mm ²)	Courant de réglage du fonctionnement instantané de disjoncteur I_m (en ampères)														
	875	1000	1120	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	6300	8000	10000	12500	
1,5	6	5	4	4											
2,5	10	8	7	7	5	4									
4	15	13	12	11	8	7	5	4							
6	23	20	18	16	13	10	8	6	5	4					
10	38	33	30	27	21	17	13	10	8	7	5	4			
16	61	53	48	43	33	27	21	17	13	11	8	7	5	4	
25	95	83	74	67	52	42	33	26	21	17	13	10	8	7	
35	133	117	104	93	73	58	47	36	29	23	19	15	12	9	
50	181	158	141	127	99	79	63	49	40	32	25	20	16	13	
70	267	233	208	187	146	117	93	73	58	47	37	29	23	19	
95	362	317	283	253	198	158	127	99	79	63	50	40	32	25	
120	457	400	357	320	250	200	160	125	100	80	63	50	40	32	
150		435	388	348	272	217	174	136	109	87	69	54	43	35	
185			459	411	321	257	206	161	128	103	82	64	51	41	
240					400	320	256	200	160	128	102	80	64	51	

NOTE - Les longueurs maximales ont été calculées en tenant compte de la tolérance de 20 % pour le courant maximal de fonctionnement instantané, admise par la NF EN 60947-2 (C 63-120).

- E -

**VERIFICATION
DES CONTRAINTES THERMIQUES
DES CONDUCTEURS**

- F -

**CHUTES DE TENSION
DANS LES CANALISATIONS**

- G -

**VALEURS DE RESISTIVITE
ET DE REACTANCE DES CONDUCTEURS**

E VERIFICATION DES CONTRAINTES THERMIQUES DES CONDUCTEURS (NF C 15-100, Partie 5-54, annexe A)

E.1 Généralités

La vérification des contraintes thermiques des conducteurs consiste à s'assurer que le temps de fonctionnement du dispositif de protection (le temps de fusion des fusibles) n'est pas supérieur au temps t égal :

$$t = \frac{(I^2 t)}{I_{cc}^2}$$

t en seconde
 S en mm²
 I en ampères

$(I^2 t)$ étant la contrainte thermique admissible dans les conducteurs, soit :

$(I^2 t) = k^2 S^2$ pour les conducteurs et les câbles.

Le facteur k est donné dans le tableau EA ci-dessous :

**Tableau EA – Valeurs du facteur k pour le calcul des contraintes thermiques des conducteurs
(NF C 15-100, Tableaux A.54B à A.54F)**

	Nature des conducteurs	
	Cuivre	Aluminium
Conducteurs actifs et conducteurs de protection faisant partie de la même canalisation :		
- isolés au PVC à 70 °C ≤ 300 mm ²	115	76
> 300 mm ²	103	68
- isolés au PRC ou à l'EPR à 90 °C	143	94
- isolés au caoutchouc à 60°C	141	93
- isolés au caoutchouc à 85°C	134	89
Conducteurs de protection séparés :		
Isolés au PVC à 70 °C ≤ 300 mm ²	143	95
> 300 mm ²	133	88
- isolés au PRC ou à l'EPR à 90 °C	176	116
- isolés au caoutchouc à 60°C	159	105
- isolés au caoutchouc à 85°C	166	110
- nus en l'absence de risque d'incendie et d'explosion	159	105
- nus en présence de risque d'incendie ou d'explosion	138	91

NOTES –

1 - Un courant de défaut élevé peut entraîner des contraintes mécaniques excessives dans les conducteurs isolés et les câbles.

2 - Les valeurs de k pour d'autres types d'isolation peuvent se déduire de la CEI 60724.

Le facteur 0,85 doit être pris pour les calculs des courants admissibles dans des emplacements à risque d'explosion (condition d'influence externe BE3).

E.2 Conducteurs de protection

Pour la vérification des contraintes thermiques des conducteurs de protection, le courant à prendre en considération est le courant minimal de défaut I_f entre un conducteur actif et la masse à l'extrémité du circuit considéré, quel que soit le type de dispositif de protection.

Le courant de défaut I_f est calculé comme indiqué en D.2.7.

La vérification n'est pas nécessaire si les sections des conducteurs de protection sont conformes au tableau 54C de la NF C 15-100.

E.3 Conducteurs actifs

La vérification des contraintes thermiques des conducteurs actifs n'est à effectuer que dans les cas suivants :

- la canalisation ne comporte pas de dispositif de protection contre les surcharges à son origine, conformément aux dispositions des paragraphes 433.3 et 433.4 de la NF C 15-100.
- la section du conducteur neutre est inférieure à celle des conducteurs de phase, conformément aux dispositions des paragraphes 431.2 et 524.2 de la NF C 15-100.

La contrainte thermique que laisse passer le disjoncteur ne doit pas être supérieure à $k^2 S^2$.

La vérification dépend de la nature du dispositif de protection :

E.3.1 Lorsque la protection est assurée par des disjoncteurs, le courant à prendre en considération est le courant maximal de court-circuit à l'origine de la canalisation considérée, soit :

- le courant de court-circuit triphasé I_{k3} dans les circuits triphasés,
- le courant de court-circuit biphasé I_{k2} dans les circuits monophasés entre phases,
- le courant de court-circuit monophasé I_{k1} dans les circuits monophasés entre phase et neutre.

Lorsque le disjoncteur n'est pas volontairement retardé, il n'est généralement pas nécessaire de vérifier la contrainte thermique des conducteurs actifs.

Les valeurs de courant indiquées sont utilisées pour la vérification du pouvoir de coupure du dispositif de protection et il suffit de s'assurer que le courant de court-circuit minimal est au moins égal au courant de fonctionnement instantané du disjoncteur.

E.3.2 Lorsque la protection est assurée par fusibles, le temps de fusion du fusible t correspondant au courant de court-circuit minimal à l'extrémité de la canalisation doit satisfaire à la condition du paragraphe E.1.

Le courant à prendre en considération est :

- le courant de court-circuit I_{k1} dans les circuits avec neutre,
- le courant de court-circuit biphasé I_{k2} dans les circuits sans neutre.

Dans tous les cas, les courants de court-circuit sont calculés comme indiqué en C2.

Dans le cas de conducteurs en parallèle, la contrainte thermique admissible est vérifiée pour la section d'un seul conducteur.

NOTE – Dans tous les cas, les valeurs de courant inférieures au courant de court-circuit minimal à l'extrémité de la canalisation ne sont pas prises en considération ; de tels courants seraient en effet dus à des défauts non francs dont l'expérience montre que de tels défauts non francs évoluent très rapidement soit vers le défaut franc, soit vers la coupure.

Il suffit de s'assurer que le courant minimal, calculé comme indiqué en C2 pour les courts-circuits et en D2 pour les courants de défaut, assurent effectivement le fonctionnement du dispositif de protection dans le temps compatible avec les contraintes thermiques des conducteurs ou, si le dispositif assure la protection contre les contacts indirects, dans le temps prescrit à ce sujet (NF C 15-100, Tableau 41A, voir D2 et D4).

F CHUTES DE TENSION DANS LES CANALISATIONS (NF C 15-100, 525)

Les chutes de tension sont calculées à l'aide de la formule :

$$u = b \left(\rho_1 \frac{L}{S} \cos \varphi + \lambda L \sin \varphi \right) I_B$$

u étant la chute de tension, en volts,

b étant un coefficient égal à 1 pour les circuits triphasés, et égal à 2 pour les circuits monophasés,

NOTE – les circuits triphasés avec neutre complètement déséquilibrés (une seule phase chargée) sont considérés comme des circuits monophasés.

ρ_1 étant la résistivité des conducteurs en service normal, (voir chapitre G),

L étant la longueur simple de la canalisation, en mètres,

S étant la section des conducteurs, en mm²,

$\cos \varphi$ étant le facteur de puissance : en l'absence d'indications précises, le facteur de puissance est pris égal à 0,8 ($\sin \varphi = 0,6$),

λ étant la réactance linéique des conducteurs (voir chapitre G),

I_B étant le courant d'emploi, en ampères.

La chute de tension relative (en pour-cent) est égale à :

$$\Delta u = 100 \frac{u}{U_0}$$

U_0 étant la tension entre phase et neutre, en volts.

EXEMPLE

Soit un circuit triphasé de longueur 110 m et de section 35 mm² parcouru par un courant d'emploi de 140 A.

$b = 1$	$S = 35 \text{ mm}^2$
$\rho_1 = 23$	$I_B = 140 \text{ A}$
$L = 110 \text{ m}$	$\cos \varphi = 0,8$
$\sin \varphi = 0,6$	$\lambda = 0,08$

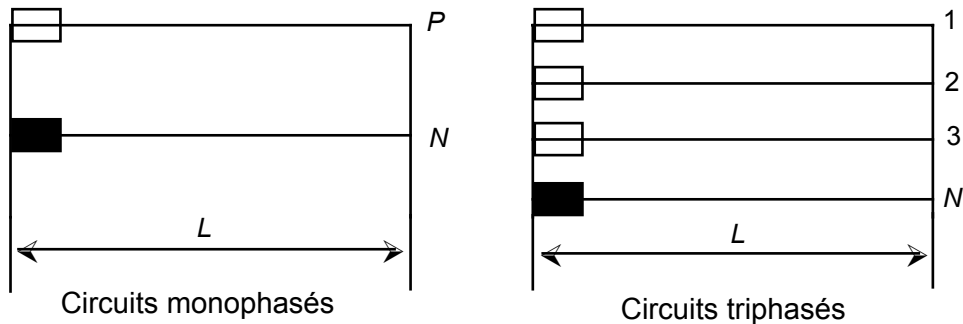
$$u = \left[23 \times \frac{110}{35} \times 0,8 + 0,08 \times 110 \times 0,6 \right] 140 = 8\,834 \text{ mV} = 8,834 \text{ V}$$

$$\Delta u = 100 \times \frac{u}{U_0}$$

$$\Delta u = 100 \times \frac{8,834}{230} = 3,84 \%$$

Il est rappelé que la longueur de la canalisation est la longueur d'un seul conducteur de la canalisation.

Exemples :



Le tableau FB donne les longueurs de canalisations avec des conducteurs en cuivre correspondant à une chute de tension de 1 % en monophasé 230 volts et pour $\cos \varphi = 1$ (pour des conducteurs en aluminium, ces longueurs sont à multiplier par 0,625).

Pour un circuit triphasé 230/400 V, ces longueurs sont à multiplier par 2.

Pour une chute de tension de N %, ces longueurs sont à multiplier par N .

Tableau FA – Chutes de tension dans les installations

	Eclairage	Autres usages
Type A - Installations alimentées directement par un branchement à basse tension, à partir d'un réseau de distribution publique à basse tension	3 %	5 %
Type B - Installations alimentées par un poste de livraison ou par un poste de transformation à partir d'une installation à haute tension et installations de type A dont le point de livraison se situe dans le tableau général BT d'un poste de distribution publique.	6 %	8 %
Lorsque les canalisations principales de l'installation ont une longueur supérieure à 100 m, ces chutes de tension peuvent être augmentées de 0,005 % par mètre de canalisation au-delà de 100 m, sans toutefois que ce supplément soit supérieur à 0,5 %.		
Les chutes de tension sont déterminées d'après les puissances absorbées par les appareils d'utilisation, en appliquant le cas échéant des facteurs de simultanéité, ou, à défaut, d'après les valeurs des courants d'emploi des circuits.		

NOTES –

- 1 - Une chute de tension plus grande peut être acceptée :
 - pour les moteurs, pendant les périodes de démarrage ;
 - pour les autres matériels ayant des appels de courant importants, pourvu qu'il soit assuré que les variations de tension demeurent dans les limites spécifiées par la norme correspondante.
- 2 - Il n'est pas tenu compte des conditions temporaires suivantes :
 - surtensions transitoires ;
 - variations de tension dues à un fonctionnement anormal.

Circuits alimentant des moteurs

Lorsque l'installation alimente des moteurs, il peut être nécessaire de vérifier que la chute de tension due aux courants de démarrage de ces moteurs est compatible avec les conditions de démarrage.

La chute de tension est alors calculée en remplaçant dans le calcul du courant d'emploi I_B , le courant déduit de la puissance des moteurs (voir chapitre A) par le courant de démarrage.

En l'absence d'indications précises, le courant de démarrage peut être pris égal à $6 I_n$ et la chute de tension, en tenant compte de tous les moteurs pouvant démarrer simultanément, ne doit pas être supérieure à 15 %.

Il y a lieu de s'assurer que la puissance appelée pendant le démarrage des moteurs n'est pas supérieure à la puissance de la ou des sources ; sinon il y a lieu de tenir compte de la chute de tension interne de la source.

**Tableau FB – Longueur de canalisation (conducteurs en cuivre)
correspondant à une chute de tension de 1 % en monophasé 230 volts
cos φ = 1 (en mètres)
(Valeurs moyennes issues des tableaux 2 et 4a du guide UTE C 15-500)**

Section nominale des conducteurs (mm ²)	Courant d'emploi I _B (en ampères)																
	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500
1,5	7,7	4,8	3,6	3,1	2,4	1,9	1,5	1,2	0,96	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,24	0,2	0,15
2,5	13	8	6,4	5,1	4	3,2	2,5	2,0	1,6	1,3	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,25
4	20	13	10	8	6,4	5,1	4	3,2	2,5	2,0	1,6	1,3	1,0	0,8	0,65	0,5	0,4
6	31	19	15	13	10	8	6	4,9	3,6	3,1	2,5	1,9	1,5	1,3	1,0	0,8	0,6
10	51	32	25	20	16	13	10	8	6,4	5,1	4,0	3,2	2,5	2,0	1,6	1,3	1,0
16	82	51	41	33	25	20	16	13	10	8	6,5	5,1	4,1	3,3	2,6	2,0	1,6
25	128	80	64	51	40	32	25	20	16	13	10	8	6,4	5,1	4,0	3,2	2,5
35	179	112	89	71	56	45	36	26	22	18	14	11	9	7,1	5,7	4,5	3,6
50	242	152	122	97	76	61	48	39	30	24	19	15	12	9,5	8	6	5
70	358	224	179	143	112	89	72	57	45	36	29	22	18	14	11	9	7,5
95	485	303	243	194	152	121	97	77	61	48	39	30	24	19	15	12	10
120	613	383	307	245	192	153	123	97	77	61	49	38	31	24	19	15	12
150	767	479	383	307	240	192	153	128	96	77	61	48	38	31	24	19	15
185	945	590	473	378	296	236	189	150	118	94	76	59	47	38	30	24	19
240	1226	767	613	490	383	307	245	195	153	123	96	77	61	49	39	31	24

G VALEURS DE RESISTIVITE ET DE REACTANCE DES CONDUCTEURS

G.1 Résistivité des conducteurs (UTE C 15-500, Tableau 4a)

Les valeurs de résistivité à prendre en considération dans les différents cas sont indiquées dans le tableau GA. Ces valeurs sont dérivées du guide UTE C 15-500.

Tableau GA – Valeurs de la résistivité des conducteurs

Règle	Résistivité	Valeur de la résistivité ($\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$)		Conducteurs concernés	Références (articles de UTE C 15-105)
		Cuivre	Aluminium		
Courant de court-circuit maximal	$\rho_0 = \rho$	0,01851	0,0294	PH-N	C.2.1 – C.2.2
Courant de court-circuit minimal	fusible $\rho_2 = 1,5 \rho_0$	0,028	0,044	PH-N	C.2.1 – C.2.3
	disjoncteur $\rho_1 = 1,25 \rho_0$	0,023	0,037	PH-N	C.2.1 – C.2.3
Courant de défaut dans les schémas TN et IT	$\rho_1 = 1,25 \rho_0$	0,023	0,037	PH-N (*) PE-PEN	D.2.5
Chute de tension	$\rho_1 = 1,25 \rho_0$	0,023	0,037	PH-N	F
Courant de surintensité pour la vérification des contraintes thermiques des conducteurs de protection	$\rho_1 = 1,25 \rho_0$	0,023	0,037	Phase PE et PEN	E2
(*) N si la section du conducteur neutre est inférieure à celle des conducteurs de phase ; ρ_0 Résistivité des conducteurs à 20 °C = 0,01851 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ pour le cuivre et 0,02941 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ pour l'aluminium ; ⇒ Dans les différents calculs, la section de 50 mm^2 doit être remplacée par sa valeur réelle égale à 47,5 mm^2 .					

G.2 Réactance linéique des conducteurs (UTE C 15-500, Tableau 4a)

Tableau GB – Réactance linéique des conducteurs

	λ m Ω / m
Câbles multiconducteurs ou Câbles monoconducteurs en trèfle	0,08
Câbles monoconducteurs jointifs en nappe	0,09
Câbles monoconducteurs espacés	0,13

NOTES –

1 - Les valeurs pour les câbles armés devront être obtenues auprès du constructeur.

2 - Les valeurs de réactances sont données pour des circuits monophasés ; elles peuvent être utilisées comme valeurs moyennes pour des circuits triphasés.

3 - Pour les câbles monoconducteurs espacés, l'espacement est d'un diamètre de câble.
