

Chapitre G

La protection des circuits

Sommaire

1	Généralités	G2
	1.1 Méthodologie et définitions	G2
	1.2 Principe de la protection des circuits contre les surintensités	G4
	1.3 Détermination de la protection	G4
	1.4 Emplacement des protections	G6
	1.5 Conducteurs en parallèle	G7
2	Détermination pratique de la section minimale d'une canalisation	G8
	2.1 Généralités	G8
	2.2 Méthode générale	G8
	2.3 Approche simplifiée du choix des canalisations	G17
	2.4 Canalisations préfabriquées	G19
3	Détermination de la chute de tension	G21
	3.1 Limite maximale de la chute de tension	G21
	3.2 Calcul de la chute de tension en ligne en régime permanent	G22
4	Courant de court-circuit	G25
	4.1 Courant de court-circuit triphasé au secondaire d'un transformateur MT/BT	G25
	4.2 Courant de court-circuit triphasé en tout point d'une installation BT	G26
	4.3 Tableaux simplifiés du calcul de l'I _{cc} en aval d'une canalisation	G30
	4.4 Courant de court-circuit d'un générateur ou d'une ASI	G30
5	Cas particuliers relatifs aux courants de court-circuit	G32
	5.1 Calcul du courant de court-circuit minimal présumé	G32
	5.2 Vérification de la tenue des conducteurs aux contraintes correspondant à l'I _{cc}	G37
6	Les conducteurs de protection (PE)	G39
	6.1 Raccordement et choix	G39
	6.2 Section des conducteurs	G40
	6.3 Conducteur de protection entre le transformateur MT/BT et le TGBT	G42
	6.4 Conducteur d'équipotentialité	G43
7	Le conducteur neutre	G44
	7.1 Dimensionnement du conducteur neutre	G44
	7.2 Protection du conducteur neutre	G45
	7.3 Coupure du conducteur neutre	G45
	7.4 Sectionnement du conducteur neutre	G45
	7.5 Influence des courants harmoniques	G47
	7.6 Le conducteur neutre suivant la norme française d'installation	G49
8	Calcul d'une installation suivant la norme française	G52
	8.1 Généralités	G52
	8.2 Choix des canalisations	G52
	8.3 Détermination de la section des canalisations non enterrées	G52
	8.4 Détermination de la section des canalisations enterrées	G57
	8.5 Câbles en parallèle	G61
	8.6 Détermination de la section dans le cas d'un conducteur neutre chargé	G61
	8.7 Informations complémentaires	G62
	9	Exemple de calcul d'une installation
9.1 Calcul de l'installation en utilisant le logiciel Ecodial 3.4		G64
9.2 Calcul de l'installation en utilisant la méthode simplifiée		G64

Nota :

Les spécificités des normes et réglementations françaises sont présentées sur un fond gris.

G1

1 Généralités

L'ensemble d'un circuit électrique et de sa protection est déterminé de manière à satisfaire à toutes les contraintes de fonctionnement.

1.1 Méthodologie et définitions

Ce chapitre présente une étude suivant les normes CEI 60364 (série), principalement les normes CEI 60364- 4- 43 et -5-52. Les normes d'installation nationales peuvent différer, adapter ou compléter cette norme internationale.

Pour la France, une étude complète suivant la norme NF C 15-100 et le guide NF C15-105 est présentée au sous chapitre G8.

Méthodologie (cf. Fig. G1)

Après une analyse préliminaire des besoins en énergie électrique de l'installation, comme décrite au chapitre A sous chapitre 4, une étude des canalisations⁽¹⁾ de chacun des circuits et de sa protection électrique est à entreprendre, en commençant à l'origine de l'installation pour aboutir aux circuits terminaux.

Chaque association canalisation-protection doit répondre simultanément à plusieurs conditions qui assurent la sûreté de l'installation :

- véhiculer le courant d'emploi permanent et ses pointes transitoires normales ;
- ne pas générer de chutes de tension susceptibles de nuire au fonctionnement de certains récepteurs, comme par exemple les moteurs en période de démarrage.

En outre, la protection, disjoncteur ou fusible, doit :

- protéger la canalisation ou le jeu de barres pour toutes les surintensités jusqu'au courant de court-circuit ;
- assurer la protection des personnes contre les contacts indirects, en particulier dans les schémas TN et IT, où la longueur des circuits peut limiter le niveau des courants de court-circuit rendant ainsi possible le risque d'une coupure automatique non instantanée.

Note : en schéma TT, cette condition est naturellement satisfaite par l'installation obligatoire d'un DDR de sensibilité 300 mA placé à l'origine de l'installation.

La section des conducteurs est définie par la méthode générale décrite ci-après (cf. sous-chapitre 2). Des récepteurs particuliers (cf. chapitre N) peuvent nécessiter de surdimensionner le câble d'alimentation et sa protection.

G2

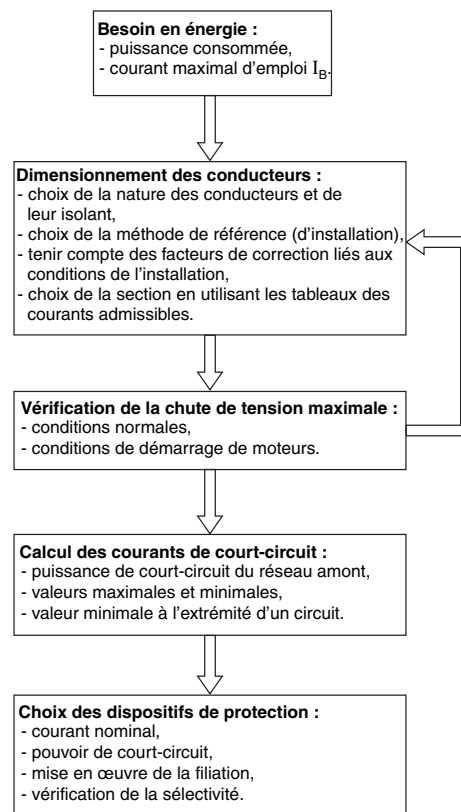


Fig. G1 : Logigramme pour le choix d'une canalisation et de son dispositif de protection pour un circuit

(1) Le terme canalisation dans ce chapitre désigne les canalisations constituées de conducteurs isolés ou de câbles à l'exception des canalisations préfabriquées étudiées spécifiquement au sous chapitre 2.4.

1 Généralités

Définitions

Courant d'emploi : I_B

■ Au niveau des circuits terminaux, c'est le courant qui correspond à la puissance apparente des récepteurs. Dans le cas de démarrage ou de mise en service fréquente (ex : moteur d'ascenseur, poste de soudure par points), il faut tenir compte des appels de courant lorsque leurs effets thermiques se cumulent et affectent les câbles et les relais thermiques.

■ Au niveau des circuits de distribution (principaux, secondaires), c'est le courant correspondant à la puissance d'utilisation, laquelle tient compte des coefficients de simultanéité et d'utilisation, respectivement k_s et k_u comme décrit en **Figure G2** (voir aussi le Chapitre A paragraphe 4.3).

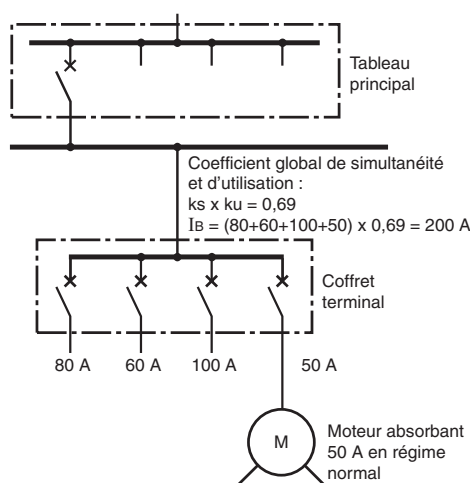


Fig. G2 : Exemple de calcul du courant d'emploi I_B dans un circuit

Courant admissible : I_z

C'est le courant maximal que la canalisation peut véhiculer en permanence sans préjudice pour sa durée de vie.

Ce courant dépend, pour une section donnée, de plusieurs paramètres :

- constitution du câble ou de la canalisation (en cuivre ou en aluminium, isolation PVC ou PR, nombre de conducteurs actifs),
- température ambiante,
- mode de pose,
- influence des circuits voisins (appelé effet de proximité).

Surintensité

Il y a surintensité chaque fois que le courant traversant un circuit est supérieur à son courant d'emploi I_B .

Ce courant doit être coupé dans un temps dépendant de son intensité, de telle sorte qu'une dégradation irréversible de la canalisation, ou d'un récepteur suite à un défaut interne, puisse être évitée.

Des surintensités de faible durée peuvent cependant se produire dans des conditions normales d'exploitation. On distingue 2 types de surintensités :

■ Les surcharges

Ce sont les surintensités se produisant dans un circuit électriquement sain, par exemple à cause de la mise en fonctionnement simultanée de charges même durant de faible durée : démarrage de plusieurs moteurs, etc. Cependant, si ces conditions durent au delà d'une période supportable (dépendant du réglage de la protection thermique ou du calibre des fusibles), le circuit est automatiquement coupé.

■ Les courants de court-circuit

Ils sont consécutifs à un défaut, dans un circuit, entre plusieurs conducteurs et/ou entre un des conducteurs actifs et la terre (dans les schémas TN du fait de la très faible impédance entre le conducteur neutre et la terre) selon les combinaisons suivantes :

- court-circuit triphasé (3 conducteurs de phase sont en court-circuit),
- court-circuit biphasé (2 conducteurs de phase sont en court-circuit),
- court-circuit monophasé (1 conducteur de phase et le neutre sont en court-circuit).

G3

1.2 Principe de la protection des circuits contre les surintensités

Le principe consiste à disposer à l'origine du circuit un appareil de protection (cf. Fig. G3 et Fig. G4).

- agissant en cas de surintensité en un temps inférieur à la caractéristique I^2t du câble ;
- mais pouvant laisser passer en permanence le courant d'emploi I_B de ce circuit.

Pour les courts-circuits de durée inférieure à 5 secondes, la caractéristique du conducteur isolé peut être approchée à l'aide de la formule :

$I^2t = k^2 S^2$ qui exprime que la chaleur dégagée admissible est proportionnelle au carré de la section du conducteur isolé, avec :

t : Durée du court-circuit en secondes

S : Section du conducteur isolé en mm^2

I : Courant de court-circuit effectif en A, exprimé en valeur efficace

k : Constante caractéristique du conducteur isolé (les valeurs de k^2 sont indiquées Figure G52).

Pour un même conducteur isolé, l'intensité admissible varie selon l'environnement. Par exemple, pour une température θ ambiante élevée ($\theta_{a1} > \theta_{a2}$), I_{z1} est inférieur à I_{z2} (cf. Fig. G5).

Note :

- I_{cc} : courant de court-circuit triphasé
- I_{cu} ou I_{cn} : pouvoir de coupure assigné du disjoncteur
- I_r (ou $I_{rth}^{(1)}$) : courant de réglage de la protection thermique ou Long retard du disjoncteur.

Note : un disjoncteur de calibre nominal 50 A pour assurer une protection contre les surcharges à 30 A peut avoir :

- soit une plage de réglage de la protection permettant le réglage à 30 A,
- soit un réglage fixe de protection contre les surintensités équivalent à un disjoncteur de 30 A (courant assigné).

1.3 Détermination de la protection

Les méthodes suivantes sont basées sur des règles définies dans la norme CEI 60364-4-43 § 433 et § 434 et sont conformes aux règles de l'art pratiquées dans de nombreux pays.

Règle générale

Un dispositif de protection (disjoncteur ou fusible), assure correctement sa fonction si :

- son courant nominal ou de réglage I_n est situé entre le courant d'emploi et le courant admissible de la canalisation, soit :

$I_B \leq I_n \leq I_z$ ce qui correspond à la zone a de la Figure G6.

G4

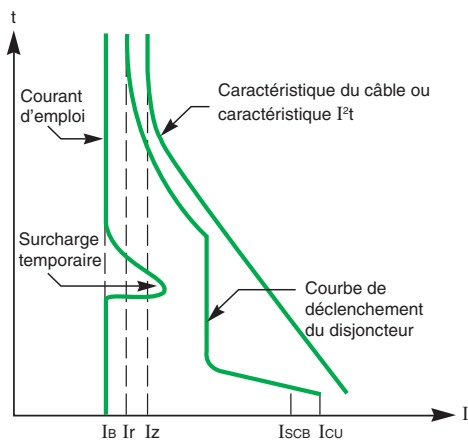


Fig. G3 : Principe de la protection d'un circuit : cas du disjoncteur

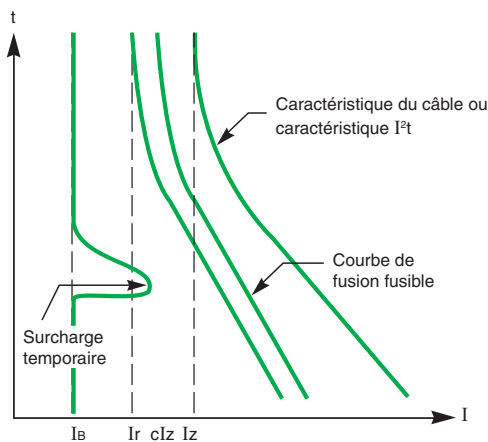


Fig. G4 : Principe de la protection d'un circuit : cas du fusible

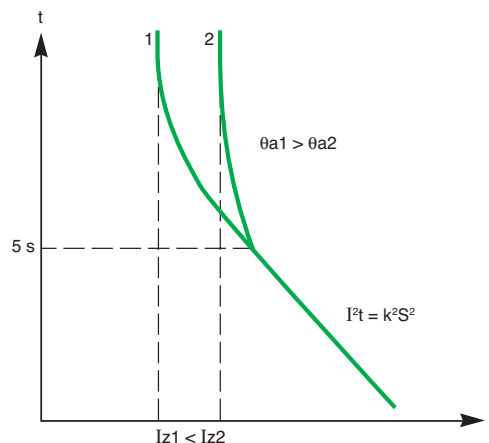


Fig. G5 : Caractéristiques I^2t d'un conducteur en fonction de la température ambiante

(1) Les deux désignations sont couramment employées dans les normes.

1 Généralités

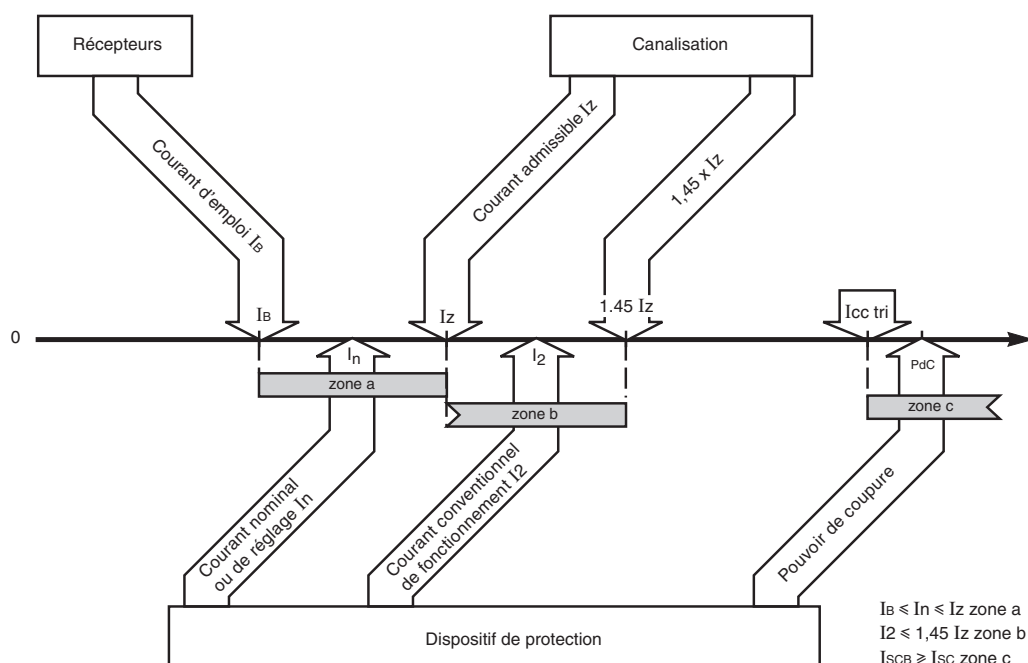


Fig. G6 : Courants du circuit nécessaires à la détermination du calibre de la protection (fusible ou disjoncteur) (selon NF C 15-100)

- son courant conventionnel de déclenchement I_2 est inférieur à $1,45 I_z$, ce qui correspond à la zone b de la Figure G6.
- son pouvoir de coupure (PdC) est supérieur à l'intensité de court-circuit maximale triphasée ($I_{cc tri}$) en son point d'installation, soit :
 $PdC \geq I_{cc tri}$, ce qui correspond à la zone c de la Figure G6.

Applications

■ Protection par disjoncteur

De par sa plus grande précision, le courant I_2 est toujours inférieur à $1,45 I_n$ (ou $1,45 I_r$) et la deuxième condition (zone b) est automatiquement respectée.

□ Cas particulier

Si le disjoncteur n'assure pas lui-même la protection contre les surcharges, il est nécessaire de s'assurer que le court-circuit le plus faible entraîne l'ouverture du dispositif de protection. Ce cas particulier est examiné au paragraphe 5.1.

■ Protection par fusible

Au contraire, la condition $I_2 \leq 1,45 I_z$ est la plus contraignante, où I_2 est le courant de fusion du fusible qui vaut k_2 fois I_n (k_2 va de 1,6 à 1,9 selon les fusibles). Le courant nominal I_n du fusible est déterminé par : $I_2 = k_2 \times I_n$

Un commentaire à la NF C 15-100 introduit le coefficient :

$$K_3 = K_2 / 1,45$$

et la condition :

$$I_2 \leq 1,45 I_z \text{ est respectée si :}$$

Pour les fusibles gl

$$I_n \leq 10 \text{ A} \quad K_3 = 1,31$$

$$10 \text{ A} < I_n \leq 25 \text{ A} \quad K_3 = 1,21$$

$$I_n > 25 \text{ A} \quad K_3 = 1,10$$

Il faut d'autre part s'assurer que le pouvoir de coupure est supérieur à $I_{cc tri}$.
 $PdC \geq I_{cc tri}$

Critère de choix d'un disjoncteur :
 $I_B \leq I_n \leq I_z$ et $PdC \geq I_{cc tri}$.

Critère de choix d'un fusible :
 $I_B \leq I_n \leq I_z / k_3$ et $PdC \geq I_{cc tri}$.

G5

■ Association de dispositifs de protection

L'utilisation d'un appareil de protection possédant un pouvoir de coupure inférieur au courant de court-circuit au point où il est installé est autorisée par la norme CEI 60364 et par la norme NF C 15-100 aux conditions suivantes :

- il existe en amont un autre dispositif ayant au moins le pouvoir de coupure nécessaire,
- l'énergie que laisse passer le dispositif placé en amont est inférieure à celle que peut supporter sans dommage l'appareil aval et les canalisations protégées par ces dispositifs.

Cette possibilité est mise en œuvre :

- dans les associations disjoncteurs/fusibles,
- dans la technique de filiation, qui utilise le fort pouvoir de limitation de certains disjoncteurs.

Les associations possibles, résultant d'essais réels effectués en laboratoire, sont données dans les catalogues des constructeurs (voir Chapitre H paragraphe 4.5).

1.4 Emplacement des protections

Règle générale (cf. Fig. G7a)

Un appareil de protection doit être installé à l'origine de chaque dérivation avec diminution de l'intensité admissible (changement de section, des conditions de pose, d'environnement).

Un appareil de protection doit, en général, être installé à l'origine de chaque dérivation.

G6

Dérogation pour déplacement du dispositif de protection (cf. Fig. G7b)

Le dispositif de protection peut être placé sur le parcours de la dérivation :

- si AB n'est pas à proximité de matériau combustible,
- et si aucune dérivation ni prise de courant n'est placée sur AB.

Trois cas pratiques :

- soit (cas 1)
 - $AB \leq 3$ m et,
 - AB renforcé pour réduire au minimum les risques de court-circuit (pose sous conduit par exemple).
- soit (cas 2)
 - le dispositif P1 en amont protège contre les courts-circuits la longueur AB conformément au paragraphe 5.1.
- soit (cas 3)
 - la protection de surcharge (S) est incorporée ou placée à proximité du récepteur. Cette disposition peut être notamment utilisée pour les départs moteurs : le dispositif (S) constitue l'organe de commande et protection de surcharge du moteur ; le dispositif (CC) est : soit un fusible aM, soit un disjoncteur (spécial pour départ moteur).
 - la protection de court-circuit (CC) placée à l'origine de la dérivation assure cette protection jusqu'au récepteur conformément au paragraphe 5.1.

Dispense totale de dispositif de protection (cf. Fig. G7c)

- Soit le dispositif de protection amont P1 est calibré pour protéger contre les surcharges et les courts-circuits, un câble de section S2.
- Soit la coupure d'un circuit présente un risque important :
 - circuits d'excitation des machines tournantes,
 - induits des machines à courant alternatif,
 - alimentation d'électro-aimant de levage ou de manutention,
 - secondaire des transformateurs de courant.

Nombre de conducteurs chargés dans un circuit

De manière générale le nombre de conducteurs chargés dans un circuit est de trois (cf. norme CEI 60364-5-52 § 523.6.1). En présence de taux en courant harmonique de rang 3 élevé (>15 %) sur le réseau, le conducteur neutre peut être considéré comme chargé et des facteurs de correction sont à appliquer aux canalisations. L'étude détaillée du dimensionnement des circuits en présence de courants harmoniques de rang 3 est réalisée :

- au paragraphe 7.5 suivant la norme CEI 60364-5-52,
- au paragraphe 7.6 suivant la norme NF C 15-100.

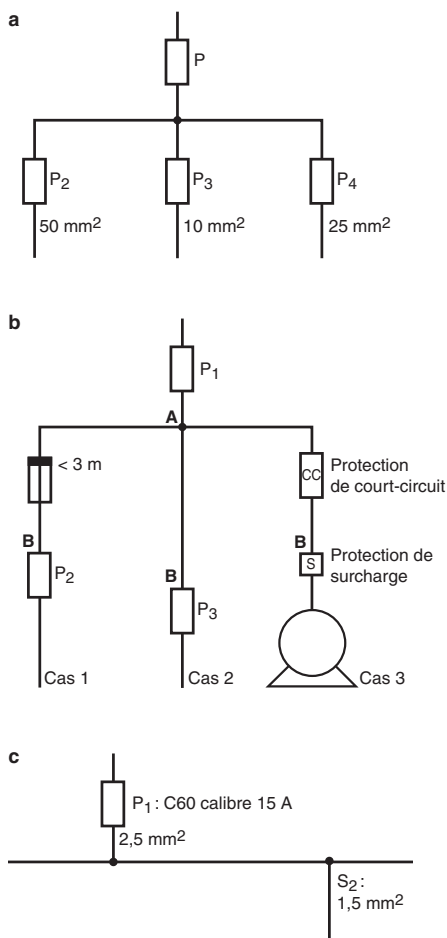


Fig. G7 : Emplacement des protections

1 Généralités

1.5 Conducteurs en parallèle

Des conducteurs de même section, de même longueur et de même nature peuvent être connectés en parallèle.

Le courant maximum admissible I_z de chaque conducteur est obtenu à partir du courant d'emploi de la canalisation I_B en tenant compte des effets d'échauffement mutuel, de la symétrie, de la méthode d'installation, etc, soit :

$$I_z \geq \frac{I_B}{n \cdot f \cdot fs} \quad \text{avec}$$

n = nombre de câbles en parallèle,

f = effets d'échauffement,

fs = facteur de symétrie.

Note : le nombre de câbles en parallèle ne doit pas dépasser quatre. Au-delà, il y a lieu de préférer la mise en œuvre de canalisations préfabriquées.

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

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

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

G7

2 Détermination pratique de la section minimale d'une canalisation

2.1 Généralités

La norme internationale de référence pour l'étude des canalisations est la norme CEI 60364-5-52 : « Installations électriques des bâtiments – Partie 5-52 : Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Canalisations »

Un résumé de cette norme est présenté ci-après, avec des exemples des méthodes de calcul des installations les plus couramment utilisées. Les courants admissibles des conducteurs sont donnés en annexe A de la norme. Une méthode simplifiée de l'utilisation des tableaux de l'annexe A est proposée dans l'annexe informative B de la norme.

2.2 Méthode générale suivant la norme CEI 60364 Partie 5-52

Mode de pose en fonction des différents types de câbles ou de canalisations

Les différents modes de pose possibles sont indiqués dans le tableau de la **Figure G8** en fonction des différents types de conducteurs ou de câbles.

G8

Conducteurs et câbles		Mode de pose							
		Sans fixation	Fixation directe	Conduits	Goulottes (y compris plinthes et profilés au niveau du sol)	Conduits profilés	Echelles, Chemin de câbles, Tablettes, Corbeaux	Sur isolateurs	Câble porteur
Conducteurs nus		-	-	-	-	-	-	+	-
Conducteurs isolés		-	-	+	+	+	-	+	-
Câbles sous gaine (y compris câbles armés et conducteur à isolant minéral)	Multi-conducteur	+	+	+	+	+	+	0	+
	Mono-conducteur	0	+	+	+	+	+	0	+

+ Admis.

- Non admis.

0 Non applicable, ou non utilisé en pratique.

Fig. G8 : Choix des canalisations (tableau 52-1 de la norme CEI 60364-5-52)

2 Détermination pratique de la section minimale d'une canalisation

Mode de pose en fonction des différentes situations

Différents modes de pose peuvent être mis en œuvre dans différentes situations. Les combinaisons admises sont indiquées dans le tableau de la **Figure G9**. Les nombres présents dans les cases sont des numéros de référence du mode de pose (voir le tableau de la **Figure G10** en page suivante).

Situations	Mode de pose							
	Sans fixation	Fixation directe	Conduits	Goulottes (y compris plinthes et profilés au niveau du sol)	Conduits profilés	Echelles, Chemin de câbles, Tablettes Corbeaux	Sur isolateurs	Câble porteur
Vide de construction	40, 46, 15, 16	0	15, 16, 41, 42	–	43	30, 31, 32, 33, 34	–	–
Caniveau	56	56	54, 55	0	44, 45	30, 31, 32, 33, 34	–	–
Enterré	72, 73	0	70, 71	–	–	70, 71	0	–
Encastré dans les structures	57, 58	3	1, 2, 59, 60	50, 51, 52, 53	44, 45	0	–	–
Apparent	–	20, 21	4, 5	6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 22, 23	6, 7, 8, 9	30, 31, 32, 33, 34	36	–
Aérien	–	–	0	10, 11	–	30, 31, 32, 33, 34	36	35
Immergé	80	80	0	–	0	0	–	–

– Non admis.

0 Non applicable, ou non utilisé en pratique.

G9

Fig. G9 : Mise en œuvre des canalisations (d'après le tableau 52-2 de la norme CEI 60364-5-52)

Exemples de modes de pose de canalisations et leur méthode de référence

Le tableau de la **Figure G10** illustre quelques modes de pose des différents types de canalisations parmi les nombreux modes qui existent.

Les modes de pose sont regroupés par référence (un code lettre de A à G) : pour les modes de pose qui ont les mêmes caractéristiques pour le calcul des courants admissibles des canalisations, la même méthode de calcul est utilisée.

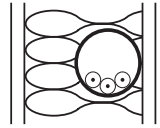
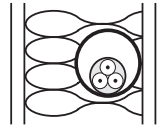
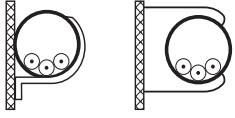
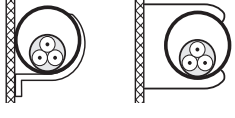

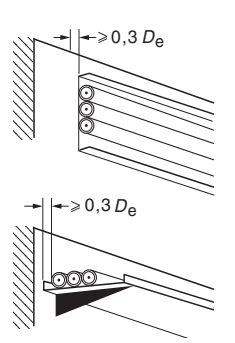
Repère	Mode de pose	Description	Référence du mode de pose à utiliser pour les courants admissibles (méthode de référence)
1	 Pièce	Conducteurs isolés ou câbles monoconducteurs dans des conduits encastrés dans une paroi thermiquement isolante	A1
2	 Pièce	Câbles multiconducteurs dans des conduits encastrés dans une paroi thermiquement isolante	A2
4		Conducteurs isolés ou câbles monoconducteurs dans des conduits sur une paroi en bois ou en maçonnerie et espacés d'une distance inférieure à 0,3 fois le diamètre du conduit	B1
5		Câbles multiconducteurs dans des conduits sur une paroi en bois ou en maçonnerie et espacés d'une distance inférieure à 0,3 fois le diamètre du conduit	B2
20		Câbles mono ou multiconducteurs fixés sur une paroi en bois ou espacés de moins de 0,3 fois le diamètre du câble	C
30		Sur des chemins de câbles non perforés	C

Fig. G10 : Exemples de modes de pose (partie du tableau 52-3 de la norme CEI 60364-5-52) (suite sur la page suivante)

2 Détermination pratique de la section minimale d'une canalisation

Repère	Mode de pose	Description	Référence du mode de pose à utiliser pour les courants admissibles (méthode de référence)
31		Sur des chemins de câbles perforés	E ou F
36		Conducteurs nus ou isolés sur isolateurs	G
70		Câbles multiconducteurs dans des conduits enterrés profilés ou non profilés	D
71		Câbles monoconducteurs dans des conduits enterrés profilés ou non profilés	D

G11

Fig. G10 suite : Exemples de modes de pose (partie du tableau 52-3 de la norme CEI 60364-5-52)

Température maximale de fonctionnement

Les courants admissibles indiqués dans les tableaux suivants ont été déterminés de telle sorte que la température maximale de l'isolant ne soit jamais dépassée pendant des périodes prolongées.

Pour différents matériaux isolants, la température maximale admissible est indiquée dans le tableau de la **Figure G11**.

Type d'isolant	Température limite °C
Polychlorure de vinyle (PVC)	70 au conducteur
Polyéthylène réticulé (PR) et éthylène-propylène (EPR)	90 au conducteur
Minéral (avec gaine en PVC ou nu et accessible)	70 à la gaine
Minéral (nu et inaccessible et non en contact avec des matériaux combustibles)	105 à la gaine

Fig. G11 : Température maximale de fonctionnement selon les types d'isolant (tableau 52-4 de la norme CEI 60364-5-52)

Facteurs de correction

Des facteurs de correction ont été définis pour prendre en compte les conditions spéciales d'installation ou d'environnement. La section des câbles est déterminée en utilisant le courant d'emploi I_B divisé par différents facteurs de correction, k_1, k_2, \dots :

$$I'_B = \frac{I_B}{k_1 \cdot k_2 \dots}$$

I'_B est le courant d'emploi corrigé à comparer au courant admissible de la canalisation.

■ Température ambiante

Le courant admissible des câbles dans l'air est défini pour une température moyenne de l'air égal à 30 °C. Pour les autres températures, les facteurs de correction sont indiqués dans le tableau de la **Figure G12** pour des isolants en PVC, en EPR ou en XLPE (polyéthylène réticulé).

Ce facteur de correction est désigné par k_1 .

Température ambiante °C	Isolation	
	PVC	XLPE et EPR
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	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

Fig. G12 : Valeurs du facteur de correction k_1 pour des températures ambiantes différentes de 30 °C à appliquer aux valeurs des courants admissibles pour des câbles à l'air libre (à partir du tableau A 52-14 de la norme CEI 60364-5-52)

Le courant admissible des câbles enterrés est défini pour une température dans le sol de 20 °C. Pour les autres températures, les facteurs de correction sont indiqués dans le tableau de la **Figure G13** pour des isolants en PVC, en EPR ou en XLPE. Ce facteur de correction est désigné par k_2 .

Température du sol °C	Isolation	
	PVC	XLPE et 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

Fig. G13 : Valeurs du facteur de correction k_2 pour des températures ambiantes du sol différentes de 20 °C à appliquer aux valeurs des courants admissibles pour des câbles dans des conduits enterrés (à partir du tableau A 52-15 de la norme CEI 60364-5-52)

G12

2 Détermination pratique de la section minimale d'une canalisation

■ Résistivité thermique du sol

Le courant admissible dans des câbles enterrés est basé sur une résistivité thermique du sol égale à 2,5 K.m/W. Pour des valeurs différentes, les facteurs de correction sont indiqués dans le tableau de la **Figure G14**.

Ce facteur de correction est désigné par k_3 .

Résistivité thermique, K.m/W	1	1,5	2	2,5	3
k_3	1,18	1,1	1,05	1	0,96

Fig. G14 : Valeurs du facteur de correction k_3 pour des câbles dans des conduits dans des sols de résistivité différente de 2,5 K.m/W à appliquer aux valeurs des courants admissibles pour la méthode de référence D (à partir du tableau A52-16 de la norme CEI 60364-5-52)

Par expérience, une relation peut être établie entre la nature du sol et sa résistivité. De ce fait, des valeurs empiriques du facteur de correction k_3 sont proposées dans le tableau de la **Figure G15** dépendant de la nature du sol.

Nature du sol	k_3
Sol extrêmement mouillé (saturé)	1,21
Sol mouillé	1,13
Sol humide	1,05
Sol sec	1,00
Sol très sec	0,86

Fig. G15 : Valeurs du facteur de correction k_3 suivant la nature du sol

■ Groupement de conducteurs et de câbles

Les courants admissibles indiqués dans le tableau de la **Figure G20** sont relatifs à un circuit simple constitué des conducteurs chargés suivants :

- deux conducteurs isolés ou deux câbles monoconducteurs, ou un câble à deux conducteurs (pour des circuits monophasés),
- trois conducteurs isolés ou trois câbles monoconducteurs, ou un câble à trois conducteurs (pour les circuits triphasés).

Si davantage de conducteurs isolés ou de câbles sont installés dans un même groupement, un facteur de réduction pour groupement doit être appliqué. Ce facteur de correction est désigné par k_4 .

Des exemples sont indiqués dans les tableaux des **Figures G16 à G18** pour différentes configurations (modes de pose, en aérien ou enterrés).

Le tableau de la Figure G16 présente les valeurs du facteur de correction k_4 pour différentes configurations de câbles ou conducteurs non enterrés, pour des groupements de plusieurs circuits ou de plusieurs câbles multiconducteurs.

Disposition des câbles jointifs	Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs													Méthodes de référence
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20		
Groupés dans l'air sur une surface, noyés ou enfermés	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	Méthode de A à F	
Simple couche sur paroi, plancher ou tablette non perforée	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 neuf circuits ou câbles multiconducteurs			Méthode C	
Simple couche fixée sous plafond en bois	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				Méthode E et F	
Simple couche sur tablette perforée horizontale ou verticale	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72					
Simple couche sur échelle, corbeau, etc	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78					

Fig. G16 : Valeurs du facteur de correction k_4 pour le groupement de plusieurs circuits ou de plusieurs câbles multiconducteurs (tableau A 52-17 de la CEI 60364-5-52)

G13

Le tableau de la **Figure G17** présente les valeurs du facteur de correction k_4 , pour différentes configurations de câbles ou conducteurs non enterrés, pour des groupements de plusieurs câbles monoconducteurs posés à l'air libre.

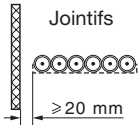
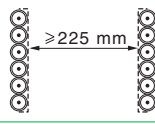
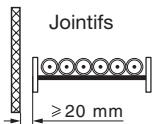
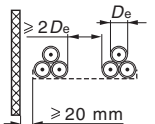
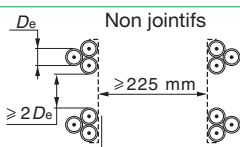
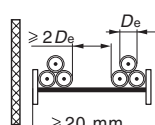
Mode de pose			Nombre de tablettes	Nombre de circuits triphasés			A utiliser pour
				1	2	3	
Tablettes perforées	31	 <p>Jointifs</p> <p>≥ 20 mm</p>	1	0,98	0,91	0,87	Trois câbles en nappe horizontale
			2	0,96	0,87	0,81	
			3	0,95	0,85	0,78	
Tablettes verticales perforées	31	 <p>Jointifs</p> <p>≥ 225 mm</p>	1	0,96	0,86		Trois câbles en nappe verticale
Echelles à câbles, corbeaux, etc.	32 33 34	 <p>Jointifs</p> <p>≥ 20 mm</p>	1	1,00	0,97	0,96	Trois câbles en nappe horizontale
			2	0,98	0,93	0,8	
			3	0,97	0,90	0,86	
Tablettes perforées	31	 <p>≥ 20 mm</p>	1	1,00	0,98	0,96	Trois câbles en tréfle
Tablettes verticales perforées	31	 <p>Non jointifs</p> <p>≥ 225 mm</p>	1	1,00	0,91	0,89	
			2	1,00	0,90	0,86	
Echelle à câbles corbeaux, etc.	32 33 34	 <p>≥ 20 mm</p>	1	1,00	1,00	1,00	
			2	0,97	0,95	0,93	
			3	0,96	0,94	0,90	

Fig. G17 : Valeurs du facteur de correction k_4 pour le groupement de plusieurs câbles multiconducteurs à appliquer aux valeurs des courants admissibles pour câbles monoconducteurs posés à l'air libre – Mode de pose F (à partir du tableau A 52.21 de la norme CEI 60364-5-52)

2 Détermination pratique de la section minimale d'une canalisation

Le tableau de la **Figure G18** présente les valeurs du facteur de correction k_4 , pour différentes configurations de câbles ou conducteurs directement enterrés dans le sol.

Nombre de circuits	Distance entre câbles $a^{(1)}$				
	Nulle (câbles jointifs)	Un diamètre de câble	0,125 m	0,25 m	0,5 m
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80

⁽¹⁾ Câbles multiconducteurs



⁽¹⁾ Câbles monoconducteurs



Fig. G18 : Valeurs du facteur de correction k_4 pour le groupement de plusieurs circuits, câbles directement enterrés – Mode de pose D (à partir du tableau 52-18 de la norme CEI 60364-5-52)

■ Courant Harmonique

Le courant admissible d'un circuit triphasé à quatre ou cinq conducteurs est basé sur l'hypothèse que seulement trois conducteurs sont pleinement chargés (voir paragraphe 7.5). Toutefois, lorsque des courants harmoniques sont en circulation, le courant de neutre peut être significatif, voire supérieur à celui des phases. Cela est dû au fait que les courants harmoniques de rang 3 des phases ne s'annulent pas les uns les autres, mais s'ajoutent dans le conducteur neutre. Ceci affecte évidemment la capacité de transport de courant du câble, un facteur de correction k_5 doit alors être appliqué.

Le tableau de la **Figure G19** présente les valeurs du facteur de correction k_5 en fonction des courants harmoniques de rang 3.

Harmonique trois dans le courant de phase %	Facteur de réduction	
	Choix basé sur le courant de phase	Choix basé sur le courant de neutre
0 - 15	1,0	
15 - 33	0,86	
33 - 45		0,86
> 45		1,0

Fig. G19 : Valeurs du facteur de réduction k_5 pour les courants harmoniques dans les câbles à quatre et cinq conducteurs (à partir du tableau D 52-1 de la norme CEI 60364-5-52)

Courant admissible en fonction de la section des conducteurs

La norme CEI 60364-5-52 présente les informations sous forme de tableau et précise la valeur des courants admissibles des canalisations en fonction de la section des conducteurs. De nombreux paramètres sont pris en compte, tels que le mode de pose, le type d'isolant, la nature des conducteurs, le nombre de conducteurs chargés.

G15

G - La protection des circuits

A titre d'exemple, le tableau de la **Figure G20** présente les valeurs de courant admissible dans une canalisation constituée de câbles isolés au PVC de trois conducteurs en cuivre ou en aluminium chargés en fonction de leur section et pour différents modes de poses dans l'air ou enterrés.

Section nominale des conducteurs (mm ²)	Mode de pose					
	A1	A2	B1	B2	C	D
1	2	3	4	5	6	7
Cuivre						
1,5	13,5	13	15,5	15	17,5	18
2,5	18	17,5	21	20	24	24
4	24	23	28	27	32	31
6	31	29	36	34	41	39
10	42	39	50	46	57	52
16	56	52	68	62	76	67
25	73	68	89	80	96	86
35	89	83	110	99	119	103
50	108	99	134	118	144	122
70	136	125	171	149	184	151
95	164	150	207	179	223	179
120	188	172	239	206	259	203
150	216	196	-	-	299	230
185	245	223	-	-	341	258
240	286	261	-	-	403	297
300	328	298	-	-	464	336
Aluminium						
2,5	14	13,5	16,5	15,5	18,5	18,5
4	18,5	17,5	22	21	25	24
6	24	23	28	27	32	30
10	32	31	39	36	44	40
16	43	41	53	48	59	52
25	57	53	70	62	73	66
35	70	65	86	77	90	80
50	84	78	104	92	110	94
70	107	98	133	116	140	117
95	129	118	161	139	170	138
120	149	135	186	160	197	157
150	170	155	-	-	227	178
185	194	176	-	-	259	200
240	227	207	-	-	305	230
300	261	237	-	-	351	260

Fig. G20 : Courants admissibles, en ampères, pour différents modes de pose – et pour différentes sections de câbles isolés au PVC, trois conducteurs chargés, cuivre ou aluminium.
Avec comme paramètres de température, température de l'âme : 70 °C, température ambiante : 30 °C dans l'air, 20 °C dans le sol (à partir du tableau 52-18 de la norme CEI 60364-5-52)

2 Détermination pratique de la section minimale d'une canalisation

2.3 Approche simplifiée du choix des canalisations

Afin de faciliter le choix des canalisations, deux tableaux simplifiés sont proposés pour des câbles non enterrés et enterrés.

Ces tableaux synthétisent les configurations les souvent utilisées et donnent un accès plus facile aux informations.

■ Câbles non enterrés :

Mode de pose	Nombre de conducteurs chargés et nature d'isolation												
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
A1		2 PVC	3 PVC		3 XLPE	2 XLPE							
A2	3 PVC	2 PVC		3 XLPE	2 XLPE								
B1				3 PVC	2 PVC		3 XLPE		2 XLPE				
B2			3 PVC	2 PVC		3 XLPE	2 XLPE						
C					3 PVC		2 PVC	3 XLPE		2 XLPE			
E						3 PVC		2 PVC	3 XLPE		2 XLPE		
F							3 PVC		2 PVC	3 XLPE		2 XLPE	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Section (mm²) cuivre													
1,5	13	13,5	14,5	15,5	17	18,5	19,5	22	23	24	26	-	
2,5	17,5	18	19,5	21	23	25	27	30	31	33	36	-	
4	23	24	26	28	31	34	36	40	42	45	49	-	
6	29	31	34	36	40	43	46	51	54	58	63	-	
10	39	42	46	50	54	60	63	70	75	80	86	-	
16	52	56	61	68	73	80	85	94	100	107	115	-	
25	68	73	80	89	95	101	110	119	127	135	149	161	
35	-	-	-	110	117	126	137	147	158	169	185	200	
50	-	-	-	134	141	153	167	179	192	207	225	242	
70	-	-	-	171	179	196	213	229	246	268	289	310	
95	-	-	-	207	216	238	258	278	298	328	352	377	
120	-	-	-	239	249	276	299	322	346	382	410	437	
150	-	-	-	-	285	318	344	371	395	441	473	504	
185	-	-	-	-	324	362	392	424	450	506	542	575	
240	-	-	-	-	380	424	461	500	538	599	641	679	
Aluminium													
2,5	13,5	14	15	16,5	18,5	19,5	21	23	24	26	28	-	
4	17,5	18,5	20	22	25	26	28	31	32	35	38	-	
6	23	24	26	28	32	33	36	39	42	45	49	-	
10	31	32	36	39	44	46	49	54	58	62	67	-	
16	41	43	48	53	58	61	66	73	77	84	91	-	
25	53	57	63	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	-	-	-	-	226	245	261	283	304	324	346	389	
185	-	-	-	-	256	280	298	323	347	371	397	447	
240	-	-	-	-	300	330	352	382	409	439	470	530	

G17

Fig. G21a : Intensités admissibles en ampères (à partir du tableau B.52-1 de la norme CEI 60364-5-52)

Le tableau de la **Figure G21b** présente les valeurs du facteur de correction pour le groupement de plusieurs circuits ou de plusieurs câbles multiconducteurs :

Disposition	Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs								
	1	2	3	4	6	9	12	16	20
Noyés ou enfermés	1,00	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40
Simple couche sur les murs ou les planchers ou tablettes non perforées	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	-	-	-
Simple couche au plafond	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	-	-	-
Simple couche sur des tablettes perforées horizontales ou verticales	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	-	-	-
Simple couche sur des échelles à câbles, corbeaux, etc	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	-	-	-

Fig. G21b : Valeurs du facteur de correction pour le groupement de plusieurs circuits ou de plusieurs câbles multiconducteurs (à partir du tableau B.52-3 de la norme CEI 60364-5-52)

■ Câbles enterrés :

Section mm ²	Nombre de conducteurs chargés et type d'isolation			
	PVC 2	PVC 3	XLPE 2	XLPE 3
Cuivre				
1,5	22	18	26	22
2,5	29	24	34	29
4	38	31	44	37
6	47	39	56	46
10	63	52	73	61
16	81	67	95	79
25	104	86	121	101
35	125	103	146	122
50	148	122	173	144
70	183	151	213	178
95	216	179	252	211
120	246	203	287	240
150	278	230	324	271
185	312	258	363	304
240	361	297	419	351
300	408	336	474	396
Aluminium				
2,5	22	18,5	26	22
4	29	24	34	29
6	36	30	42	36
10	48	40	56	47
16	62	52	73	61
25	80	66	93	78
35	96	80	112	94
50	113	94	132	112
70	140	117	163	138
95	166	138	193	164
120	189	157	220	186
150	213	178	249	210
185	240	200	279	236
240	277	230	322	272
300	313	260	364	308

Fig. G22 : Courants admissibles, en ampères (à partir du tableau B.52-1 de la norme CEI 60364-5-52) pour des câbles enterrés (mode de pose D)

2 Détermination pratique de la section minimale d'une canalisation

2.4 Canalisations préfabriquées

Le choix des canalisations préfabriquées est très simple, en utilisant les tableaux de données fournis par les constructeurs. Cependant pour cette technologie, mode de pose, nature de l'isolant et facteurs de correction pour groupement, ne sont pas des paramètres pertinents.

Aussi, la section d'une canalisation quel que soit son type, est déterminée par le constructeur à partir :

- du courant nominal,
- d'une température de l'air ambiant égale à 35 °C,
- de trois conducteurs chargés.

Courant nominal

Le courant nominal peut être calculé en tenant compte :

- de la configuration de la canalisation,
- du courant absorbé par toutes les différentes charges connectées à la canalisation.

Température de l'air ambiant

Un facteur de correction doit être appliqué pour une température d'air ambiant supérieure à 35 °C. La **Figure G23a** présente les valeurs du facteur de correction applicable à des gammes de canalisations de moyenne ou forte puissance (jusqu'à 4000 A).

°C	35	40	45	50	55
Facteur de correction	1	0,97	0,93	0,90	0,86

Fig. G23a : Facteur de correction pour une température d'air ambiant supérieure à 35 °C

Courant dans le conducteur neutre

Comme expliqué précédemment pour les câbles, la présence de courants harmoniques de rang 3 surcharge les conducteurs et particulièrement le neutre. Ce phénomène doit aussi être considéré dans les canalisations préfabriquées.

La **Figure G23b** représente les courants maximaux phase et neutre admissibles (par unité) dans une canalisation préfabriquée de forte puissance en fonction du niveau d'harmonique de rang 3.

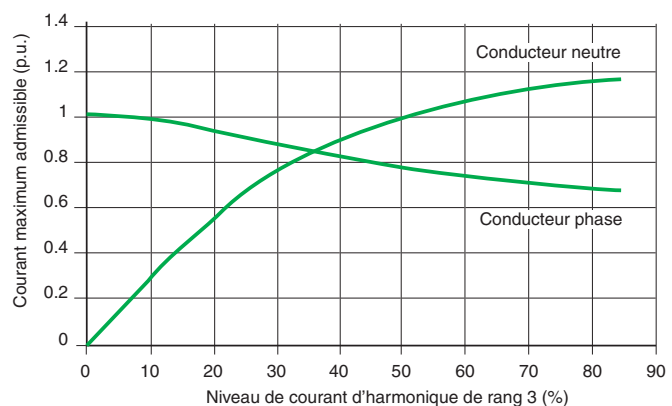


Fig. G23b : Courants maximums admissibles (p.u.) dans une canalisation préfabriquée en fonction du niveau de courant harmonique de rang 3

2 Détermination pratique de la section minimale d'une canalisation

L'installation des canalisations préfabriquées dépend de la position des charges (machines, radiateurs,...), de l'emplacement de la source d'alimentation et de leur fixation, en général :

- une seule ligne de distribution dessert une surface de 4 à 6 m²,
- les dispositifs de protection sont installés dans les prises raccordées directement aux points d'utilisation,
- un seul départ peut alimenter des charges de différentes puissances.

Une fois l'installation des canalisations préfabriquées définie, il est possible de calculer le courant I_n absorbé sur la ligne de distribution.

Le courant I_n est égal à la somme des courants absorbés I_B par chacune des charges :

$$I_n = \sum I_B$$

Dans la distribution électrique il est possible d'utiliser un coefficient de simultanéité k_S d'où $I_n = \sum (I_B \cdot k_S)$ car les charges ne fonctionnent pas toutes en même temps et ne sont pas en permanence à pleine puissance.

Application	Nombre de consommateurs de courant	Coefficient k_S
Eclairage , chauffage		1
Distribution (atelier)	2...3	0,9
	4...5	0,8
	6...9	0,7
	10...40	0,6
	40 et plus	0,5

Nota : Pour des installations industrielles, ne pas oublier les extensions des équipements de base. Pour un tableau, une marge de 20 % est recommandée :

$$I_B \leq I_{B0} \times k_S \times 1,2.$$

Fig G24 : Coefficient k_S de simultanéité suivant le nombre de consommateurs de courant

G20

3 Détermination de la chute de tension

La norme CEI 60364-5-52 ne définit pas de règles : le paragraphe 525 est à l'étude. Elle indique seulement dans une note :

- une chute de tension < 4 % recommandée en l'absence d'informations,
- la nécessité de faire attention à des régimes transitoires tels que le démarrage de moteurs.

Les recommandations et les calculs indiqués dans ce sous chapitre sont conformes à la norme NF C 15-100.

L'impédance d'une canalisation est faible mais non nulle : lorsqu'elle est traversée par le courant d'emploi, il y a chute de tension entre son origine et son extrémité. Or le bon fonctionnement d'un récepteur (moteur, éclairage) est conditionné par la valeur de la tension à ses bornes. Il est donc nécessaire de limiter les chutes de tension en ligne par un dimensionnement correct des canalisations d'alimentation. Cette section permet de déterminer les chutes de tension en ligne afin de vérifier qu'elles soient :

- conformes aux normes et règlements en vigueur,
- acceptables par le récepteur,
- adaptées aux impératifs d'exploitation.

3.1 Limite maximale de la chute de tension

La limite maximale de la chute de tension varie d'un pays à un autre. Les valeurs typiques pour des installations BT sont données dans le tableau de la **Figure G25**. La norme NF C 15-100 impose que la chute de tension entre l'origine de l'installation BT et tout point d'utilisation n'excède pas les valeurs de ce même tableau.

Type d'installations	Eclairage	Autres usages (force motrice)
Alimentation par le réseau BT de distribution publique	3%	5%
Alimentation par poste privé MT/BT	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 %.

Fig. G25 : Limite maximale de la chute de tension

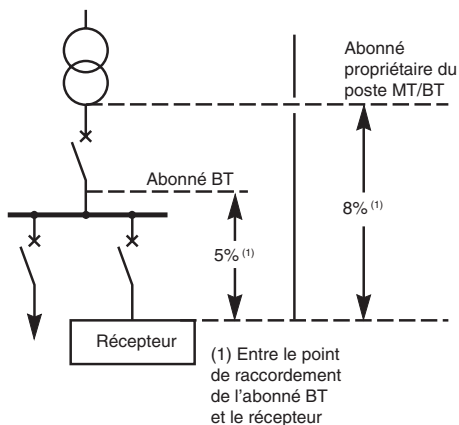


Fig. G26 : Limite maximale de la chute de tension (d'après tableau 52 W de la NF C 15-100)

Cette chute de tension s'entend en service normal (en dehors des appels de courant au démarrage des moteurs par exemple) et lorsque les appareils susceptibles de fonctionner simultanément sont alimentés (voir chapitre A paragraphe 4.4 "facteur de simultanéité").

Lorsque la chute de tension est supérieure aux valeurs du tableau de la Figure G25, il sera nécessaire d'augmenter la section de certains circuits jusqu'à ce que l'on arrive à des valeurs inférieures à ces limites.

Circuits alimentant des moteurs

Lorsque l'installation alimente des moteurs, la chute de tension due aux courants de démarrage de ces moteurs doit être compatible avec les conditions de démarrage (voir Chapitre N paragraphe 3.2).

La chute de tension est alors calculée en remplaçant dans le calcul du courant d'emploi I_B (voir paragraphe 1.1), le courant I_n déduit de la puissance des moteurs 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 %.

De plus, la puissance appelée pendant le démarrage des moteurs ne doit pas être 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 (cf. **Fig. G26**).

3.2 Calcul de la chute de tension en ligne en régime permanent

Calcul par les formules

La **Figure G27** ci-après donne les formules usuelles qui permettent de calculer la chute de tension dans un circuit donné par km de longueur.

Si :

- I_B : courant d'emploi en ampère
- L : longueur du câble en km
- R : résistance linéique d'un conducteur en Ω/km
- S : section en mm^2

$$R = \frac{22,5 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{km}}{S} \text{ pour le cuivre}$$

$$R = \frac{36 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{km}}{S} \text{ pour l'aluminium}$$

Nota : R est négligeable au-delà d'une section de 500 mm^2

- réactance linéique d'un conducteur en Ω/km ; X est négligeable pour les câbles de section inférieure à 50 mm^2 . En l'absence d'autre indication on prendra $X = 0,08 \Omega/\text{km}$.

- φ : déphasage du courant sur la tension dans le circuit considéré ; généralement :

- éclairage : $\cos \varphi = 1$
- force motrice :
 - en démarrage : $\cos \varphi = 0,35$
 - en service normal : $\cos \varphi = 0,8$

- U_n : tension nominale entre phases
- V_n : tension nominale entre phase et neutre

Pour les canalisations préfabriquées, la résistance R et la réactance X sont indiquées par le constructeur.

G22

Circuit	Chute de tension (ΔU)	
	en volts	en %
Monophasé : deux phases	$\Delta U = 2 I_B (R \cos \varphi + X \sin \varphi) L$	$\frac{100 \Delta U}{U_n}$
Monophasé : phase et neutre	$\Delta U = 2 I_B (R \cos \varphi + X \sin \varphi) L$	$\frac{100 \Delta U}{V_n}$
Triphasé équilibré : trois phases (avec ou sans neutre)	$\Delta U = \sqrt{3} I_B (R \cos \varphi + X \sin \varphi) L$	$\frac{100 \Delta U}{U_n}$

Fig. G27 : Formules de calcul de la chute de tension

Tableau simplifié

Plus simplement, la **Figure G28** ci-après donne, avec une bonne approximation, la chute de tension par km de câble pour un courant de 1 A en fonction :

- du type d'utilisation : force motrice avec $\cos \varphi$ voisin de 0,93 ou éclairage avec $\cos \varphi$ voisin de 1,
- du type de câble monophasé ou triphasé.

La chute de tension dans un circuit s'écrit alors :

$$\Delta U \text{ (volts)} = K \times I_B \times L$$

K donné par le tableau,

I_B courant d'emploi en ampères,

L longueur du câble en km.

La colonne "force motrice $\cos \varphi = 0,35$ " de la Figure G28 permet si nécessaire de faire un calcul de la chute de tension lors d'un démarrage de moteur (voir exemple 1 page suivante).

3 Détermination de la chute de tension

Section en mm ²		Circuit monophasé			Circuit triphasé équilibré		
		Force motrice		Eclairage	Force motrice		Eclairage
		Service normal	Démarrage		Service normal	Démarrage	
Cu	Al	cos φ = 0,8	cos φ = 0,35	cos φ = 1	cos φ = 0,8	cos φ = 0,35	cos φ = 1
1,5		24	10,6	30	20	9,4	25
2,5		14,4	6,4	18	12	5,7	15
4		9,1	4,1	11,2	8	3,6	9,5
6	10	6,1	2,9	7,5	5,3	2,5	6,2
10	16	3,7	1,7	4,5	3,2	1,5	3,6
16	25	2,36	1,15	2,8	2,05	1	2,4
25	35	1,5	0,75	1,8	1,3	0,65	1,5
35	50	1,15	0,6	1,29	1	0,52	1,1
50	70	0,86	0,47	0,95	0,75	0,41	0,77
70	120	0,64	0,37	0,64	0,56	0,32	0,55
95	150	0,48	0,30	0,47	0,42	0,26	0,4
120	185	0,39	0,26	0,37	0,34	0,23	0,31
150	240	0,33	0,24	0,30	0,29	0,21	0,27
185	300	0,29	0,22	0,24	0,25	0,19	0,2
240	400	0,24	0,2	0,19	0,21	0,17	0,16
300	500	0,21	0,19	0,15	0,18	0,16	0,13

G23

Fig. G28 : Chute de tension ΔU en volts par ampère et par km dans un circuit

Exemples

Exemple 1 (cf. Fig. G29)

Un câble triphasé cuivre de 35 mm², 50 m alimente un moteur 400 V consommant :

- 100 A sous cos φ = 0,8 en régime permanent,
- 500 A (5 In) sous cos φ = 0,35 au démarrage.

La chute de tension à l'origine de la ligne est en régime normal (consommation totale distribuée par le tableau : 1000 A) de 10 V entre phases.

Quelle est la chute de tension aux bornes du moteur :

- en service normal ?
- au démarrage ?

Solution :

- chute de tension en régime normal :

$$\Delta U\% = 100 \frac{\Delta U}{U_n}$$

Le tableau G28 indique 1 V/A.km :

$$\Delta U \text{ câble} = 1 \times 100 \times 0,05 = 5 \text{ V}$$

$$\Delta U \text{ total} = 10 + 5 = 15 \text{ V}$$

$$\text{soit : } \frac{15}{400} \times 100 = 3,75\%$$

valeur inférieure au maximum autorisé par la norme (8 %).

- chute de tension au démarrage :

$$\Delta U \text{ câble} = 0,52 \times 500 \times 0,05 = 13 \text{ V}$$

La chute de tension au niveau du tableau de distribution est supérieure à 10 V du fait du courant de démarrage du moteur. En supposant que le courant dans la ligne d'alimentation du tableau est pendant le démarrage du moteur de :

900 + 500 = 1400 A, la chute de tension au niveau du tableau vaudra

$$\Delta U \text{ tableau} = 10 \times \frac{1400}{1000} = 14 \text{ V}$$

$$\Delta U \text{ total} = 13 + 14 = 27 \text{ V}$$

$$\text{soit } \frac{27 \text{ V}}{400 \text{ V}} = 6,75 \%$$

ce qui est tout à fait acceptable pendant un démarrage.

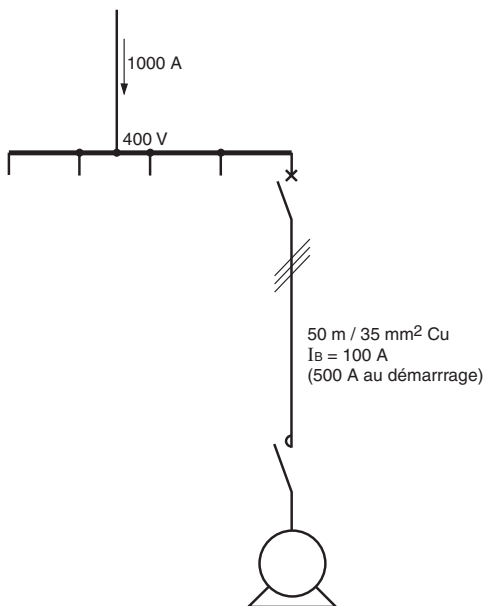


Fig. G29 : Exemple 1

3 Détermination de la chute de tension

Exemple 2 (cf. Fig. G30)

Soit une ligne (triphasée avec neutre) de 50 m, de section 70 mm², et parcourue par 150 A. Elle alimente, entre autres, 3 circuits "lumière" monophasés (de 20 m en 2,5 mm²) parcourus chacun par 20 A en régime normal.

On suppose que la ligne triphasée est équilibrée et que les départs sont raccordés au même point.

Quelle est la chute de tension à l'extrémité des lignes d'éclairage ?

Solution :

■ chute de tension dans la ligne :

$$\Delta U\% = 100 \frac{\Delta U}{U_n}$$

La Figure G28 indique 0,55 V/A/km

$$\Delta U \text{ câble} = 0,55 \times 150 \times 0,05 = 4,125 \text{ V entre phases}$$

$$\text{soit } \frac{4,125 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 2,38 \text{ V entre phases et neutre.}$$

■ chute de tension dans un quelconque des câbles mono :

$$\Delta U \text{ câble mono} = 18 \times 20 \times 0,02 = 7,2 \text{ V}$$

La chute de tension totale est donc de

$$7,2 + 2,38 = 9,6 \text{ V}$$

$$\frac{4,6 \text{ V}}{230 \text{ V}} = 4,2 \%$$

valeur inférieure au maximum autorisé par la norme (6 %).

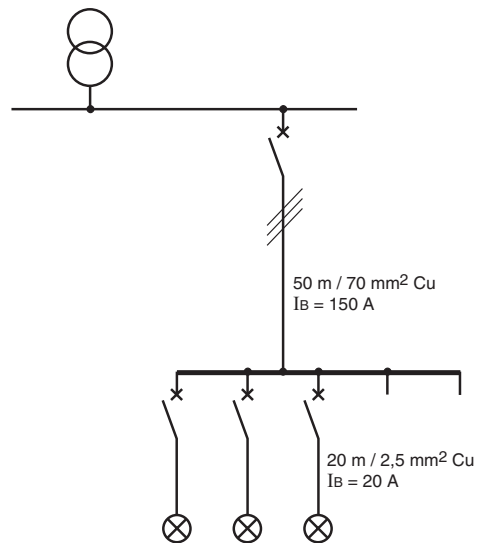


Fig. G30 : Exemple 2

La connaissance des intensités de court-circuit (I_{cc}) aux différents points d'une installation est indispensable pour sa conception.

La connaissance des intensités de court-circuit (I_{cc}) aux différents points d'une installation est indispensable pour la conception d'un réseau.

- Le calcul du courant de court-circuit triphasé maximal 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 calcul du courant de court-circuit triphasé minimal (voir paragraphe 5) est utilisé pour :
 - la vérification du seuil de déclenchement en cas de court-circuit lorsque le dispositif de protection est un disjoncteur,
 - la vérification des contraintes thermiques des conducteurs lorsque le dispositif de protection est un fusible.
- Le calcul du courant de court-circuit phase-terre minimal (en schéma TN et IT) est utilisé pour la vérification de la protection des personnes (voir paragraphe 5).

Note : les facteurs influençant le calcul de la valeur du courant court-circuit pour un circuit donné sont :

- la résistivité ρ du conducteur en fonction de la température (voir tableau de la **Figure G35a**),
- le seuil de déclenchement de la protection.

Les courants de court-circuit pouvant apparaître sur un réseau alimenté par un générateur ou sur un réseau à courant continu sont traités dans le chapitre N.

Les recommandations et les calculs indiqués dans ce sous chapitre sont conformes à la norme NF C 15-100.

Les règles pratiques et calculs simplifiés ci-après sont une approximation suffisante pour le calcul de l' I_{cc} dans la grande majorité des cas.

G25

4.1 Courant de court-circuit triphasé au secondaire d'un transformateur MT/BT

Cas d'un seul transformateur

- En première approximation (on suppose que le réseau amont a une puissance infinie), on peut écrire : $I_{cc} = \frac{I_n \times 100}{U_{cc}}$ avec $I_n = \frac{P \times 10^3}{U_{20} \sqrt{3}}$ et

P = puissance du transformateur en kVA,

U_{20} = tension phase-phase secondaire à vide en volts,

I_n = intensité nominale en ampères,

I_{cc} = intensité du courant de court-circuit en ampères,

U_{cc} = tension de court-circuit en %.

Le tableau de la **Figure G31** indique les valeurs typiques de U_{cc} .

Puissance du transformateur (kVA)	U _{cc} en %	
	Type immergé dans un diélectrique liquide	Type sec enrobé
50 à 750	4	6
800 à 3200	6	6

Fig. G31 : Valeurs typiques de U_{cc} pour différentes puissances de transformateur (kVA) à enroulement primaire ≤ 20 kV

■ Exemple

Transformateur de 400 kVA 420 V à vide

$U_{cc} = 4\%$

$$I_n = \frac{400 \times 10^3}{420 \times \sqrt{3}} = 550 \text{ A} \quad I_{cc} = \frac{550 \times 100}{4} = 13,7 \text{ kA}$$

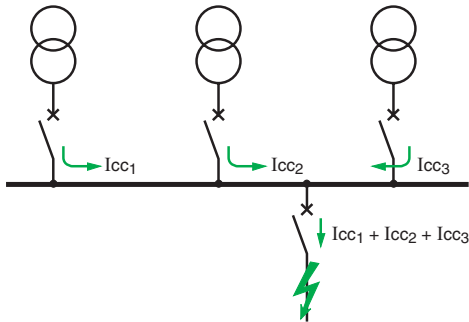


Fig. G32 : Cas de plusieurs transformateurs en parallèle

Cas de plusieurs transformateurs en parallèle sur un jeu de barres

La valeur du courant de court-circuit apparaissant sur un départ juste en aval du jeu de barres (cf. Fig. G32) peut être estimée à la somme des I_{cc} des transformateurs en parallèle.

Il est supposé que tous les transformateurs sont alimentés par le même réseau MT, dans ce cas la somme des intensités obtenues à partir des valeurs d' U_{cc} du tableau de la Figure G31 est légèrement supérieure à la valeur du courant de court-circuit réel.

Bien que d'autres facteurs n'aient pas été pris en compte tels que les impédances du jeu de barres et des disjoncteurs, cette valeur de courant de court-circuit est cependant suffisamment précise pour des estimations de base dans un calcul d'installation. Le choix des disjoncteurs et de leur déclencheur est décrit dans le chapitre H paragraphe 4.4.

G26

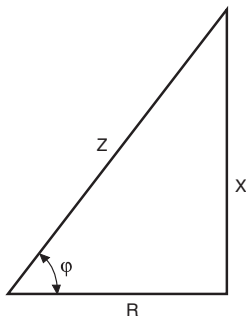


Fig. G33 : Triangle des impédances

4.2 Courant de court-circuit triphasé en tout point d'une installation BT

Dans une installation triphasée, I_{cc} tri en un point du réseau est donnée par la formule :

$$I_{cc} = \frac{U_{20}}{\sqrt{3}Z_T} \text{ (en A)}$$

U_{20} = tension entre phases à vide au secondaire d'un transformateur HT/BT (en V),
 Z_T = impédance totale par phase du réseau en amont du défaut (en Ω).

Méthode de calcul de Z_T

Chaque constituant d'un réseau (réseau HT, transformateur, câble, disjoncteur, barres...) se caractérise par une impédance Z composée d'un élément résistif (R) et d'un élément inductif (X) appelé réactance. Il faut noter que les réactances capacitives sont négligeables pour le calcul du courant de court-circuit.

X , R et Z s'expriment en ohms, et sont représentés par les cotés d'un triangle rectangle comme le montre le diagramme des impédances de la Figure G33.

La méthode consiste à décomposer le réseau en tronçons et à calculer, pour chacun d'eux les R et X .

■ Si les constituants d'un réseau sont raccordés en série dans le réseau, tous les éléments résistifs de chaque constituant s'additionnent arithmétiquement, et de même pour les réactances, pour donner R_T et X_T . L'impédance (Z_T) de tous les constituants du réseau connectés ensemble est donnée par :

$$Z_T = \sqrt{R_T^2 + X_T^2}$$

■ Si deux constituants du réseau, tous les deux de type résistance ou de type réactance, sont raccordés en parallèle : ils peuvent être remplacés par un constituant équivalent unique soit une résistance soit une inductance ayant pour impédance :

□ résistance R_1 en parallèle avec R_2 :

$$R_3 = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

□ réactance X_1 en parallèle avec X_2 :

$$X_3 = \frac{X_1 \times X_2}{X_1 + X_2}$$

Il faut noter que le calcul de X_3 ne concerne que le cas de circuits séparés sans inductance mutuelle. Si les réactances en parallèle sont proches l'une de l'autre, la valeur de X_3 sera notablement plus élevée.

Détermination des impédances d'un réseau

Réseau amont d'un transformateur MT/BT (cf. Fig. G34)

Le courant de court-circuit triphasé (en kA) du réseau amont est indiqué en puissance de court-circuit P_{cc} (en MVA)⁽¹⁾ par le distributeur d'énergie. De cette valeur est déduite l'impédance équivalente Z_s du réseau amont.

La formule à utiliser pour transformer l'impédance MT en impédance équivalente BT est :

$$Z_s = \frac{U_0^2}{P_{cc}}$$

avec

Z_s = impédance triphasée du réseau amont exprimée en milliohm,

U_0 = tension BT phase-phase à vide en volt,

P_{cc} = puissance de court-circuit triphasée du réseau amont exprimée en kVA.

Pcc	U ₀ (V)	R _a (mΩ)	X _a (mΩ)
250 MVA	420	0,07	0,7
500 MVA	420	0,035	0,351

Fig. G34 : Impédance du réseau MT rapportée au secondaire BT du transformateur MT/BT

(1) jusqu'à 36 kV

4 Courant de court-circuit

La résistance R_a peut être considérée comme négligeable devant la réactance X_a (qui peut donc être confondue avec Z_a).

Si un calcul exact est nécessaire on peut prendre, $X_a = 0,995 Z_a$ et $R_a = 0,1 X_a$.

Le tableau de la Figure G34 donne les valeurs de R_a et de X_a pour des puissances de court-circuit les plus fréquentes (250 et 500 MVA).

Transformateurs (cf. Fig. G35)

■ Impédance Z_{tr}

L'impédance Z_{tr} d'un transformateur, vue au secondaire, est donnée par la relation :

$$Z_{tr} = \frac{U_{20}^2}{P_n} \times \frac{U_{cc}}{100}$$

avec :

U_{20} = tension entre phases, à vide au secondaire

P_n = puissance du transformateur (en kVA)

U_{cc} = tension de court-circuit en %

■ Résistance R_{tr}

La valeur de la résistance R_{tr} des enroulements du transformateur peut être déduite des pertes totales comme suit :

$$P_{cu} = 3I_n^2 \times R_{tr} \text{ donc } R_{tr} = \frac{P_{cu} \times 10^3}{3I_n^2} \text{ en m}\Omega$$

avec

P_{cu} = pertes totales en watt,

I_n = courant nominal en ampère,

R_{tr} = résistance par phase du transformateur en milliohm (R_{tr} représente la résistance équivalente des enroulements primaire MT et secondaire BT par phase).

Il ressort que R_{tr} a une valeur négligeable devant la valeur de Z_{tr} pour un transformateur MT/BT standard de distribution (voir le tableau de la Figure G35).

■ Réactance X_{tr}

$$X_{tr} = \sqrt{Z_{tr}^2 - R_{tr}^2}$$

De la constatation précédente, on peut déduire que :

$X_{tr} \approx Z_{tr}$

Disjoncteurs

Puissance (kVA)	Type immergé dans un diélectrique liquide				Type sec enrobé dans résine			
	Ucc (%)	Rtr (mΩ)	Xtr (mΩ)	Ztr (mΩ)	Ucc (%)	Rtr (mΩ)	Xtr (mΩ)	Ztr (mΩ)
100	4	37,9	59,5	70,6	6	37,0	99,1	105,8
160	4	16,2	41,0	44,1	6	18,6	63,5	66,2
200	4	11,9	33,2	35,3	6	14,1	51,0	52,9
250	4	9,2	26,7	28,2	6	10,7	41,0	42,3
315	4	6,2	21,5	22,4	6	8,0	32,6	33,6
400	4	5,1	16,9	17,6	6	6,1	25,8	26,5
500	4	3,8	13,6	14,1	6	4,6	20,7	21,2
630	4	2,9	10,8	11,2	6	3,5	16,4	16,8
800	6	2,9	12,9	13,2	6	2,6	13,0	13,2
1,000	6	2,3	10,3	10,6	6	1,9	10,4	10,6
1,250	6	1,8	8,3	8,5	6	1,5	8,3	8,5
1,600	6	1,4	6,5	6,6	6	1,1	6,5	6,6
2,000	6	1,1	5,2	5,3	6	0,9	5,2	5,3

Fig. G35 : Valeurs des résistances, des réactances et des impédances pour un transformateur MT/BT standard de distribution 400 V avec primaire ≤ 20 kV

L'impédance d'un disjoncteur ne doit être prise en compte que pour les appareils en amont de celui qui doit ouvrir sur le court-circuit envisagé. Sa réactance est prise égale à $0,15 \text{ m}\Omega^{(1)}$ et sa résistance négligée.

Jeu de barres

La résistance d'un jeu de barres est généralement négligeable, de ce fait l'impédance est pratiquement égale à la réactance. La valeur linéique typique d'un jeu de barres est approximativement $0,15 \text{ m}\Omega/\text{mètre}$ (doubler l'espacement entre les barres équivaut à accroître la réactance de seulement 10 %).

Canalisations

(1) pour un réseau 50 Hz, mais $0,18 \text{ m}\Omega/\text{mètre}$ à 60 Hz

La résistance se calcule à l'aide de la formule : $R_c = \rho \frac{L}{S}$
avec

ρ = résistivité des conducteurs à la température normale de fonctionnement :

■ 22,5 mΩ.mm²/m pour le cuivre,

■ 36 mΩ.mm²/m pour l'aluminium.

L = longueur en m de la canalisation

S = section des conducteurs en mm²

En France, le guide UTE 15-105 donne les valeurs de ρ à prendre en compte (voir tableau de la Figure Gf1).

Règle	Résistivité	Valeur de la résistivité des conducteurs (mΩ.mm ² /m)		Commentaires
		Cuivre	Aluminium	
Courant de court-circuit maximal	$\rho = \rho_0$	18,51	29,4	Hypothèse retenue pour maximal les calculs du tableau G41.
Courant de court-circuit minimal	disjoncteur $\rho_1 = 1,25 \times \rho_0$	23	37	Hypothèse retenue pour les calculs des tableaux G51, G52, G53, G54.
Courant de défaut en schéma TN et IT	fusible $\rho_2 = 1,5 \times \rho_0$	28	44	Hypothèse retenue pour le calcul de Lmax : - tableaux du Chapitre F, - tableaux G47, G48, G49 et G50.
Courant de défaut en schémas TN et IT	$\rho = 1,25 \times \rho_0$	23	37	Hypothèse retenue pour les calculs des tableaux du chapitre F

Fig. Gf1 : Résistivité des conducteurs à prendre en compte en fonction de l'utilisation

La réactance des câbles peut être donnée avec précision par les fabricants. Pour des sections inférieures à 50 mm², on pourra toujours la négliger.

En l'absence d'autres renseignements, on pourra prendre : $X_c = 0,08 \text{ m}\Omega/\text{m}$

Pour les canalisations préfabriquées, consulter les fabricants

ou se reporter au guide C 15-107.

Moteurs

Lors d'un court-circuit, un moteur se comporte comme un générateur débitant sur le défaut. On peut donc en général négliger son influence en BT.

Cependant, pour un calcul plus précis et lorsque, notamment, de nombreux moteurs sont installés sur une même artère, on peut tenir compte de l'influence des moteurs de la façon suivante :

$I_{cc \text{ mot.}} = 3,5 I_n \text{ m}$ où

$I_n \text{ m}$ = somme des intensités nominales des moteurs susceptibles de fonctionner simultanément.

Il suffit ensuite d'ajouter $I_{cc \text{ mot.}}$ à l' I_{cc} calculée au point de défaut considéré.

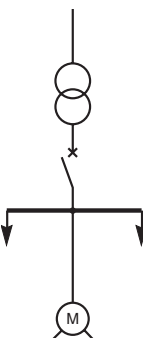
Résistance de l'arc de défaut

Lors d'un court-circuit, un arc peut prendre naissance, ce qui a pour effet de réduire l'intensité de court-circuit : l'arc se comporte comme une résistance.

Cette réduction ne peut être déterminée a priori. Néanmoins, l'expérience montre qu'il est possible d'envisager une réduction d'environ 20 % (en tenir compte seulement au niveau du disjoncteur qui s'ouvre sur court-circuit et jamais pour le pouvoir de fermeture).

4 Courant de court-circuit

Tableau récapitulatif (cf. Fig. G36)

Éléments considérés	Résistance R	Réactance X
 Réseau amont Figure G34	$\frac{R_a}{X_a} = 0,1$ X_a R peut donc être négligé par rapport à X	$X_a = 0,995 Z_a$; $Z_a = \frac{U_{20}^2}{P_{sc}}$
Transformateur Figure G35	$R_{tr} = \frac{P_{cu} \times 10^3}{3 I_n^2}$ R_{tr} = peut souvent être négligée devant XTR pour transformateur de puissance > 100 kVA	$\sqrt{Z_{tr}^2 - R_{tr}^2}$ avec $Z_{tr} = \frac{U_{20}^2}{P_n} \times \frac{U_{sc}}{100}$
Disjoncteur	Négligeable	$X_D = 0,15 \text{ m}\Omega/\text{pole}$
Jeu de barres	Négligeable pour $S > 200 \text{ mm}^2$ en dessous : $R = \rho \frac{L}{S}^{(1)}$	$X_B = 0,15 \text{ m}\Omega/\text{m}$
Canalisations ⁽²⁾	$R = \rho \frac{L}{S}^{(1)}$	Câbles : $X_c = 0,08 \text{ m}\Omega/\text{m}$
Moteurs	Voir § "moteurs" (souvent négligeable en BT)	
Courant de court-circuit triphasé	$I_{cc} = \frac{U_{20}}{\sqrt{3} \sqrt{R_T^2 + X_T^2}}$	

U_{20} : Tension entre phases à vide au secondaire du transformateur MT/BT (en volts).

P_{cc} : puissance de court-circuit triphasée aux bornes MT du transformateur (en kVA),

P_{cu} : Pertes triphasées totales du transformateur MT/BT(en watt),

P_n : Puissance nominale du transformateur MT/BT (en kVA),

U_{cc} : Tension de court-circuit en %.

R_T : résistance totale, X_T : impédance totale.

(1) ρ = résistivité à la température normale des conducteurs en service

■ $\rho = 22,5 \text{ m}\Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$ pour le cuivre

■ $\rho = 36 \text{ m}\Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$ pour l'aluminium

(2) S'il y a plusieurs conducteurs en parallèle par phase, diviser la résistance d'un conducteur par le nombre de conducteurs. La réactance n'est pratiquement pas modifiée.

G29

Fig. G36 : Récapitulation des impédances des différents éléments d'un réseau BT

Exemple de calculs des courants de court-circuit (cf. Fig. G37)

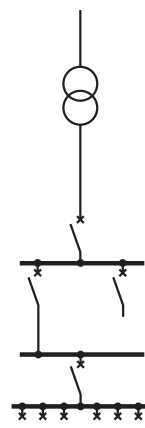
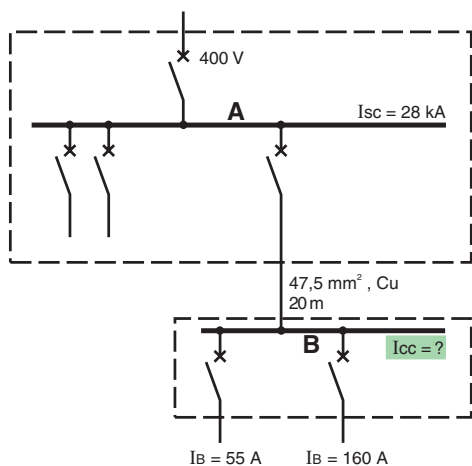
Installation MT/BT	R (mΩ)	X (mΩ)	RT (mΩ)	XT (mΩ)	$I_{cc} = \frac{420}{\sqrt{3} \sqrt{R_T^2 + X_T^2}}$
 Réseau amont $P_{cc} = 500 \text{ MVA}$	0,035	0,351			
Transformateur 20 kV/420 V $P_n = 1000 \text{ kVA}$ $U_{cc} = 5\%$ $P_{cu} = 13,3 \times 10^3 \text{ W}$	2,24	8,10			
Câble unipolaire 5 m cuivre 4 x 240 mm ² /phase	$R_c = \frac{22,5}{4} \times \frac{5}{240} = 0,12$	$X_c = 0,08 \times 5 = 0,40$	2,41	8,85	$I_{cc1} = 26 \text{ kA}$
Disjoncteur général	$R_D = 0$	$X_D = 0,15$			
Jeu de barres 10 m	$R_B = 0$	$X_B = 1,5$	2,41	10,5	$I_{cc2} = 22 \text{ kA}$
Câble tripolaire 100 m 95 mm ² cuivre	$R_c = 22,5 \times \frac{100}{95} = 23,68$	$X_c = 100 \times 0,08 = 8$	26,1	18,5	$I_{cc3} = 7,4 \text{ kA}$
Câble tripolaire 20 m 10 mm ² cuivre circuits terminaux	$R_c = 22,5 \times \frac{20}{10} = 45$	$X_c = 20 \times 0,08 = 1,6$	71,1	20,1	$I_{cc4} = 3,2 \text{ kA}$

Fig. G37 : Exemple de calculs des courants de court-circuit d'une installation MT/BT de 1000 kVA/400 V



G30

Fig. G38 : Evaluation de l'Icc aval en fonction de l'Icc amont, de la longueur et de la section de la canalisation, et pour une tension de 400 V triphasée à partir des tableaux de la Figure G39

4.3 Tableaux simplifiés du calcul de l'Icc en aval d'une canalisation

Le schéma de la **Figure G38** représente une application typique pour l'application de la méthode de composition (mentionnée au chapitre F paragraphe 6.2) au moyen des tableaux de la **Figure G39** en page suivante. Ces tableaux indiquent rapidement et avec une précision suffisante la valeur du courant de court-circuit en un point de l'installation en connaissant :

- l'intensité du courant de court-circuit à un point situé en amont de l'emplacement du point d'installation concerné,
- la longueur, la section et la nature de la canalisation située entre ces deux points.

Il suffit ensuite de choisir un disjoncteur ou un appareillage à fusible dont le pouvoir de coupure est supérieur à la valeur lue dans le tableau.

Si l'on désire obtenir des valeurs plus précises, il est possible de réaliser un calcul détaillé (cf. paragraphe 4.2) ou d'utiliser un logiciel comme le logiciel Ecodial. Dans un tel cas, pour une protection par disjoncteur, la technique de la filiation peut être mise en œuvre et le choix optimisé des disjoncteurs est directement donné par le logiciel.

Note : (cf. Chapitre H paragraphe 4.5) La technique de filiation consiste à utiliser le pouvoir de limitation des disjoncteurs en amont pour limiter l'intensité du courant de court-circuit. Ce qui permet d'installer en aval des disjoncteurs, en général standard, ayant des performances moindres.

Utilisation de la méthode de composition

La méthode de composition est réalisée au moyen d'une table partagée horizontalement en trois parties (voir la Figure G39) :

- les deux parties supérieure et inférieure permettent la sélection de la section des conducteurs et la longueur de la canalisation suivant la nature des conducteurs (cuivre en haut, aluminium en bas),
- la partie centrale indique le courant de court-circuit aval en fonction du courant de court-circuit en amont et des sélections précédemment effectuées dans les tableaux extrêmes.

L'exemple suivant traite le calcul de Icc au point B du schéma de la Figure G38 à partir de l'Icc du point A en utilisant la méthode de composition.

- Sélectionner la section des conducteurs dans la colonne des conducteurs (cuivre ou aluminium selon le besoin).

Dans cet exemple les conducteurs sont en cuivre (tableau du haut) et ont une section de 47,5 mm².

Chercher sur la ligne de la section sélectionnée la valeur par défaut de la longueur de la canalisation.

Dans cet exemple, la longueur des câbles est de 20 m.

- Descendre (conducteur en cuivre) dans la colonne sélectionnée par la longueur jusqu'à la ligne du tableau central correspondant à la valeur par excès du courant de court-circuit du point amont. La valeur du courant de court-circuit en aval est à l'intersection de cette ligne et cette colonne.

Dans cet exemple, l'intensité du courant de court-circuit en amont retenue est 30 kA (≥ 28 kA) d'où la valeur par excès du courant de court-circuit en B : 14,7 kA).

En conséquence :

- pour le départ 55 A, un disjoncteur modulaire sur rail DIN de calibre In = 63 A et de pouvoir de coupure Icn = 25 kA peut être choisi,
- pour le départ 160 A, un disjoncteur Compact NSX160 B de courant assigné Ir = 160 A et de pouvoir de coupure Icu = 25 kA peut être choisi.

4.4 Courant de court-circuit d'un générateur ou d'une ASI : Se reporter au chapitre N

4 Courant de court-circuit

Cuivre pour 230 V / 400 V																						
Section des conducteurs de phase (mm ²)	Longueur de la canalisation (en m)																					
1,5																						
2,5																						
4																						
6																						
10																						
16																						
25																						
35																						
47,5																						
70																						
95																						
120																						
150																						
185																						
240																						
300																						
2x120																						
2x150																						
2x185																						
553x120																						
3x150																						
3x185																						
Icc amont (en kA)	Icc aval (en kA)																					
100	93	90	87	82	77	70	62	54	45	37	29	22	17,0	12,6	9,3	6,7	4,9	3,5	2,5	1,8	1,3	0,9
90	84	82	79	75	71	65	58	51	43	35	28	22	16,7	12,5	9,2	6,7	4,8	3,5	2,5	1,8	1,3	0,9
80	75	74	71	68	64	59	54	47	40	34	27	21	16,3	12,2	9,1	6,6	4,8	3,5	2,5	1,8	1,3	0,9
70	66	65	63	61	58	54	49	44	38	32	26	20	15,8	12,0	8,9	6,6	4,8	3,4	2,5	1,8	1,3	0,9
60	57	56	55	53	51	48	44	39	35	29	24	20	15,2	11,6	8,7	6,5	4,7	3,4	2,5	1,8	1,3	0,9
50	48	47	46	45	43	41	38	35	31	27	22	18,3	14,5	11,2	8,5	6,3	4,6	3,4	2,4	1,7	1,2	0,9
40	39	38	38	37	36	34	32	30	27	24	20	16,8	13,5	10,6	8,1	6,1	4,5	3,3	2,4	1,7	1,2	0,9
35	34	34	33	33	32	30	29	27	24	22	18,8	15,8	12,9	10,2	7,9	6,0	4,5	3,3	2,4	1,7	1,2	0,9
30	29	29	29	28	27	25	24	22	20	17,3	14,7	12,2	9,8	7,6	5,8	4,4	3,2	2,4	1,7	1,2	0,9	
25	25	24	24	24	23	23	22	21	19,1	17,4	15,5	13,4	11,2	9,2	7,3	5,6	4,2	3,2	2,3	1,7	1,2	0,9
20	20	20	19,4	19,2	18,8	18,4	17,8	17,0	16,1	14,9	13,4	11,8	10,1	8,4	6,8	5,3	4,1	3,1	2,3	1,7	1,2	0,9
15	14,8	14,8	14,7	14,5	14,3	14,1	13,7	13,3	12,7	11,9	11,0	9,9	8,7	7,4	6,1	4,9	3,8	2,9	2,2	1,6	1,2	0,9
10	9,9	9,9	9,8	9,8	9,7	9,6	9,4	9,2	8,9	8,5	8,0	7,4	6,7	5,9	5,1	4,2	3,4	2,7	2,0	1,5	1,1	0,8
7	7,0	6,9	6,9	6,9	6,9	6,8	6,7	6,6	6,4	6,2	6,0	5,6	5,2	4,7	4,2	3,6	3,0	2,4	1,9	1,4	1,1	0,8
5	5,0	5,0	5,0	4,9	4,9	4,9	4,9	4,8	4,7	4,6	4,5	4,3	4,0	3,7	3,4	3,0	2,5	2,1	1,7	1,3	1,0	0,8
4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,9	3,9	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,3	3,1	2,9	2,6	2,2	1,9	1,6	1,2	1,0	0,7
3	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,3	2,1	1,9	1,6	1,4	1,1	0,9	0,7	
2	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,6	1,4	1,3	1,1	1,0	0,8	0,6	
1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	
Aluminium pour 230 V / 400 V																						
Section des conducteurs de phase (mm ²)	Longueur de la canalisation (en m)																					
2,5																						
4																						
6																						
10																						
16																						
25																						
35																						
47,5																						
70																						
95																						
120																						
150																						
185																						
240																						
300																						
2x120																						
2x150																						
2x185																						
2x240																						
3x120																						
3x150																						
3x185																						
3x240																						

G31

Note : pour une tension triphasée de 230 V entre phases, diviser les longueurs ci-dessus par $\sqrt{3} = 1,732$.

Fig. G39 : Evaluation de l'Icc aval en fonction de l'Icc amont, de la longueur et de la section de la canalisation, et pour une tension de 400 V triphasée