

BULLETIN TECHNIQUE

D'INSTALLATION BTI-002

Chute de tension

5^e émission – Août 2019



Corporation
des maîtres électriciens
du Québec

OBJECTIF

Ce bulletin technique d'installation sur la **chute de tension** propose de faire le tour de la question en commençant par un bref survol théorique de la chute de tension causée par la résistance des conducteurs dans un circuit électrique.

De plus, nous aborderons certaines caractéristiques des conducteurs qui sont déterminantes, tels que leur isolant, le métal choisi – cuivre ou aluminium – et les courants admissibles. Trois méthodes de calcul pour la chute de tension sont proposées. Les conséquences sur l'appareillage électrique d'une tension inadéquate y sont aussi exposées. De façon concrète, différentes solutions sont expliquées et permettent d'aborder les choix qui s'appliquent. D'autres questions trouveront leur réponse dans les principaux articles *du Code de construction du Québec, Chapitre V – Électricité 2018* (Code) sur la chute de tension et autres articles connexes, qui sont énumérés à la toute fin.

SOMMAIRE

THÉORIE	3
CODE DE CONSTRUCTION DU QUÉBEC, CHAPITRE V – ÉLECTRICITÉ 2018	5
MÉTHODES DE CALCUL DE LA CHUTE DE TENSION.....	6
1. Première méthode : Résistance des conducteurs	6
2. Deuxième méthode : Tableau D3 du Code de construction du Québec, Chapitre V – Électricité 2018	10
3. Troisième méthode : Équations	12
CONSÉQUENCES D'UNE CHUTE DE TENSION SUR L'APPAREILLAGE.....	26
DIFFÉRENTES SOLUTIONS À UNE CHUTE DE TENSION	27
1. Meilleure planification	27
2. Tableau 4	27

Note importante : Le contenu des « **Notes importantes** » peut être tiré, entre autres, de l'appendice B du *Code de Construction du Québec, Chapitre V – Électricité 2018* (Code) ou du CSA C22.1HB-15, *Guide explicatif du Code canadien de l'électricité – Octobre 2015*.

Note

Les extraits tirés de la Norme CSA C22.10-F18 – Code de construction du Québec, Chapitre V – Électricité – Code canadien de l'électricité, Première partie (Vingt-troisième édition) et Modifications du Québec et du Guide CSA C22.1HB-15 – Guide explicatif du CCÉ, Explication des articles du Code canadien de l'électricité, Première partie, documents protégés par le droit d'auteur de l'Association canadienne de normalisation, 178, boul. Rexdale, Toronto, Ontario M9W 1R3, sont reproduits avec la permission de l'Association canadienne de normalisation (CSA). Bien que l'utilisation de ce document ait été autorisée, la CSA n'est pas responsable de la manière dont les renseignements sont présentés ni de toute interprétation correspondante qui en découle. Pour plus d'informations au sujet de la CSA ou pour l'achat de normes, prière de visiter son site Internet au www.shopcsa.ca ou d'appeler au 1 800 463-6727.

THÉORIE

Les matériaux conducteurs tels que le cuivre et l'aluminium possèdent des électrons qui peuvent facilement se libérer permettant ainsi la circulation d'un courant électrique. La source du courant provient d'une différence de potentiel entre deux bornes. La première, la borne négative, a un excédent d'électrons par rapport à la seconde, qu'on désigne comme étant la borne positive. La direction conventionnelle du courant va du positif au négatif. Les conducteurs permettent donc une migration des électrons d'une borne à l'autre puisqu'un équilibre naturel cherche à s'établir. Le champ électrique imposé par la source de tension crée sur les électrons un résultat similaire à celui d'une pompe de circulation d'eau. Toutefois, les électrons qui circulent rencontrent en chemin des atomes qui les font dévier. Un effet de dissipation de chaleur est alors engendré. Ce phénomène, rencontré sur les circuits à CC, l'est aussi en circuits à CA mais peut être plus complexe sur ces derniers.

En effet, lorsqu'un courant CA traverse un conducteur, celui-ci se comporte comme une impédance, c'est-à-dire ayant deux composantes au lieu d'une seule comme pour les circuits CC, soit une composante résistive, qui dissipe une chaleur et une composante réactive. La somme de ces deux composantes (résistive et réactives) est appelée l'impédance et amène un certain déphasage (facteur de puissance) entre le courant et la tension. La composante appelée réactive peut être quant à elle inductive (charge constituée de bobines ou moteurs) ou capacitive (charge constituée de condensateurs) ou inclure les deux de façon partagée.

Pour des besoins de simplicité, l'approche utilisée pour trouver la chute de tension sera faite seulement en considérant la composante résistive. Cette approche donne des résultats d'une assez bonne précision et est celle utilisée dans notre bulletin, ainsi que dans le Code de construction du Québec, Chapitre V–2018 (tableau D3, soit la 2^e méthode du bulletin). Par contre, lors de l'implication de courants importants ou d'installation comportant des canalisations en acier (ferro magnétiques), ou de charges ayant un facteur de puissance inférieur à l'unité (habituellement inductive en basse tension), ou lors de l'utilisation de conducteurs de gros calibres (> #2 AWG), ou lorsqu'une grande précision dans le calcul de la chute de tension est requise, une approche différente qui exigerait des calculs plus poussés¹ pourrait être requise.

Conséquemment, si nous utilisons l'approche simplifiée (sans la réactance), Le conducteur se comporte donc comme une charge résistive. Cette charge équivaut à un élément chauffant raccordé en série avec les appareils électriques. Une chute de tension sur le conducteur est observée et les tensions se répartissent sur le circuit en fonction de l'importance de chacune des résistances produites par les différentes composantes en cause. **De plus, la résistance d'un conducteur varie proportionnellement avec la température du métal.**

¹ NFPA, *National electrical code handbook* 2017, chap. 9 table 9

IEEE, Std 141, 1993, section 3.11

Neher-McGrath, *AC Resistance calculation method*

Si nous connaissons la valeur de cette résistance, l'équation suivante s'applique :

Chute de tension du conducteur = Tension de la source x Résistance du conducteur

$\frac{\text{Résistance du conducteur} + \text{Résistance de la charge}}{\text{Résistance du conducteur} + \text{Résistance de la charge}}$

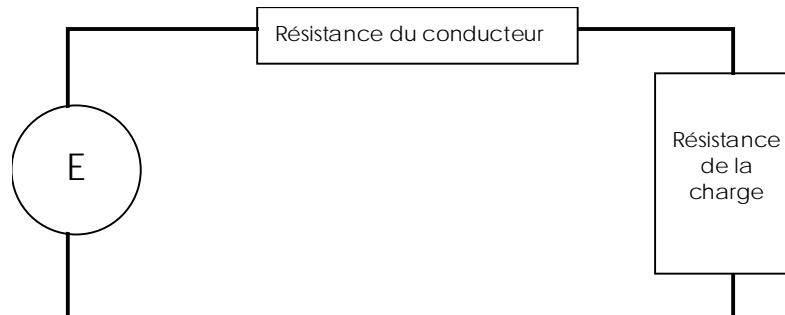


FIGURE 1 : Modèle de la résistance d'un conducteur dans un circuit

CODE DE CONSTRUCTION DU QUÉBEC, CHAPITRE V – ÉLECTRICITÉ 2018

8-102, Chute de tension (Voir les appendices B et D)

1) *La chute de tension d'une installation doit :*

- a) *être basée sur la charge raccordée de l'artère ou de la dérivation si elle est connue sinon, elle doit être basée sur 80 % des caractéristiques nominales du dispositif de protection contre la surcharge ou les surintensités de la dérivation ou de l'artère;*
- b) *ne pas dépasser 5 % à partir du côté alimentation du branchement du consommateur (ou son équivalent) jusqu'au point d'utilisation; et ne pas dépasser 3 % dans une artère ou une dérivation.*

2) *Malgré le paragraphe 1), si les dispositifs de protection contre les surintensités sont choisis conformément à d'autres sections de ce Code, la chute de tension doit être basée sur la charge de demande calculée pour l'artère ou la dérivation.*

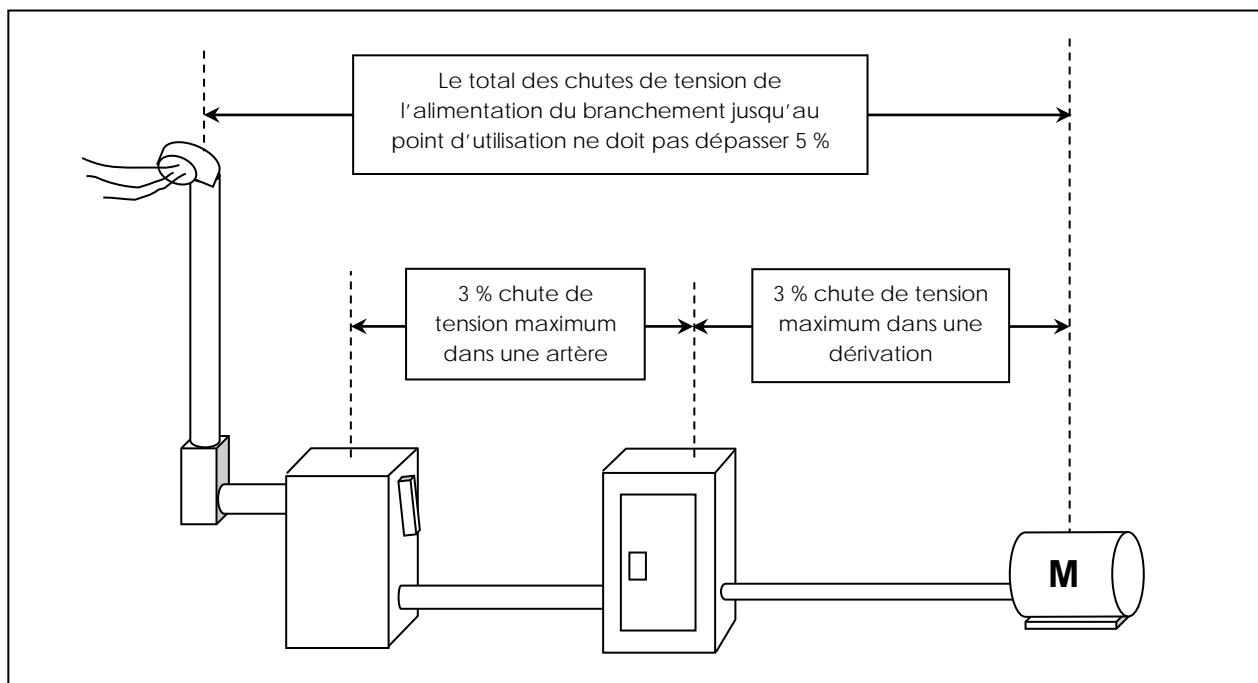


FIGURE 2 : Chute de tension admissible dans une installation

MÉTHODES DE CALCUL DE LA CHUTE DE TENSION

Pour l'utilisation des trois méthodes ci-après, ou de toute autre méthode de calcul de chute de tension, la première étape consiste à considérer le circuit comme en étant un qui n'aurait pas de chute de tension significative, c'est-à dire, comme si la distance du parcours était très courte. De cette façon, nous nous assurons d'obtenir le calibre minimal des conducteurs en fonction des courants admissibles des conducteurs tirés des tableaux appropriée (ex. : tableaux 1 à 4, 36A, 36B, 39, D8 à D11... etc.) et de tout facteurs de dévaluation qui s'y appliquent (art. 4-004, 4-006, etc.). Il est important de se souvenir que le nouvel art. 4-006 pourrait fort bien nous faire choisir un conducteur de plus gros calibre afin de respecter la température des terminaisons.

Conséquemment, trouver un conducteur en passant uniquement par les méthodes de chute de tension sans considérer l'étape précédente pourrait, dans certains cas, nous donner un conducteur de calibre inférieur à celui qui serait requis et provoquer un échauffement imprévu du conducteur, qui du même coup, augmenterait la chute de tension (augmentation de la T° du conducteur = augmentation de sa résistivité). Cette conséquence amènerait par la suite une dégradation de son isolant, un bris d'appareillage dû à une chute de tension excessive et selon le cas, un risque important d'incendie.

Une fois cette première étape complétée, nous pourrons ensuite appliquer l'une des trois méthodes afin de trouver la chute de tension provoquée par le conducteur choisi à la première étape. Si la chute de tension est inacceptable en vertu de l'art. 8-102, nous pourrons soit procéder par essai et erreur de différents calibres de conducteurs en trouvant leur chute de tension, ou en trouvant directement le calibre du conducteur, mais en s'assurant que ce dernier ne soit pas inférieur à celui trouvé à la première étape.

1. Première méthode : Résistance des conducteurs

À une température donnée, la résistance d'un conducteur dépend de sa longueur, de sa section et de la matière qui le compose.

- On calcule d'abord la résistance du conducteur à la température de référence :

$$R_r = \rho_r \times \frac{L}{A}$$

où

R_r = résistance à la température de référence, en Ω

ρ_r = résistivité à la température de référence, en $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ (Voir tableau 1)

L = longueur du conducteur, en m

A = section du conducteur , en mm^2

- On calcule ensuite la résistance à la température recherchée (il faut considérer que le conducteur est choisi en fonction de la température de ses terminaisons, soit 60 °C, 75 °C ou 90 °C à la colonne appropriée des tableaux 1-2-3-4 :

$$R_t = R_r \times [1 + \alpha_r (t - t_r)]$$

où

R_t = résistance à la température t du conducteur sous charge, en Ω

α_r = coefficient de température à la température de référence (Voir tableau 1)

t = température du conducteur sous charge, en °C

t_r = température de référence, en °C

TABLEAU 1 : Résistivités et coefficients de températures pour les fils de cuivre standard (100 % de conductivité *International Annealed Copper Standard – IACS*) et les fils d'aluminium commercial 1350 (61 % de conductivité IACS)

	« ρ » : Résistivité à 20 °C			« α » Coefficient de température à 20 °C
	$\Omega \cdot \text{cmil/pied}$	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	$\Omega \cdot \text{cmil/m}$	
Cuivre standard	10,371 ²	0,017241 ³	34,026	0,00393 ⁴
Aluminium commercial	17,002 ⁵	0,028264 ⁶	55,781	0,00403 ⁷

² United States dept of Commerce, Handbook 100 Copper wire tables

³ T. Wildi, *Électrotechnique*, 4^e édition, tableau A-3 et
United States dept of Commerce, Handbook 100 Copper wire tables

⁴ United States dept of Commerce, Handbook 109 Copper wire tables

⁵ United States dept of Commerce, Handbook 109 Aluminum wire tables

⁶ T. Wildi, *Électrotechnique*, 4^e édition, tableau A-3 et
United States dept of Commerce, Handbook 109 Aluminum wire tables

⁷ United States dept of Commerce, Handbook 109 Aluminum wire tables

TABLEAU 2 : Propriétés des conducteurs ronds en cuivre⁸

N° de jauge AWG ou kcmil	Nombre de torons	Diamètre du fil nu		Section		Résistance à 20 °C	
		mm	mils	mm ²	cmils	Ω / km	Ω / 1 000 pi
18	1	1,02	40,3	0,823	1 620	21	6,39
18	7	1,17	46,0	0,823	1 620	21	6,39
16	1	1,29	50,8	1,31	2 580	13,2	4,02
16	7	1,47	58,0	1,31	2 580	13,2	4,02
14	1	1,63	64,1	2,08	4 110	8,28	2,52
14	7	1,84	72,6	2,08	4 110	8,28	2,052
12	1	2,05	80,8	3,31	6530	5,21	1,59
12	7	2,32	91,5	3,31	6530	5,21	1,59
10	1	2,59	102	5,261	10 380	3,277	0,9988
10	7	2,93	116	5,261	10 380	3,277	0,9988
8	7	3,70	146	8,367	16 510	2,061	0,6281
6	7	4,66	184	13,3	26 240	1,297	0,3952
4	7	5,89	232	21,15	41 740	0,8152	0,2485
3	7	6,61	260	26,67	52 630	0,6466	0,1971
2	7	7,42	292	33,62	66 360	0,5128	0,1563
1	19	8,43	332	42,41	83 690	0,4065	0,1239
0	19	9,46	373	53,49	105 600	0,3223	0,9825
00	19	10,6	419	67,43	133 100	0,2557	.07181
000	19	11,9	470	85,01	167 800	0,2028	0,06182
0000	19	13,4	528	107,2	211 600	0,1608	0,04901
250 kcmil*	37	14,6	575	126,7	250 000	0,1361	0,0415

*Note : Pour les calibres supérieurs à 250 kcmil le tableau D5 du Code de construction du Québec, Chapitre V – Électricité 2018 donne le nombre de torons et la section en mm². Le calibre de ces câbles est donné directement par sa section en mils circulaires.

⁸ United States dept of Commerce, Handbook 100 Copper wire, tables 5, 6 et 10

Exemple – 1^{re} méthode : Résistance des conducteurs

Calculer la résistance et la chute de tension d'un circuit 240 V avec 2 conducteurs en cuivre alimentant une pleine charge résistive (220 A à 240 V) située à une distance de 100 m (soit 200 m, la longueur combinée des 2 conducteurs) et ayant un calibre 4/0, obtenu par le tableau 2, basé sur une température de terminaison de 75 °C,

On évalue premièrement la résistance de la **charge** sans tenir compte des conducteurs :

$$R_{charge} = E/I = 240/220 = 1,09 \Omega$$

On trouve ensuite la résistance du **conducteur** à la température de référence de 20 °C (R_r) :

$$R_{20} = \rho_{20} \times L/A$$

$$R_{20} = 0,017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m} \times (200 \text{ m}/107,2 \text{ mm}^2) = 0,032 \Omega$$

Puis, on trouve la résistance du conducteur à la température approximative d'utilisation de 75 °C (R_t) :

$$R_{75} = 0,032 \times (1 + 0,00393 \times (75-20)) = 0,039 \Omega$$

De façon simplifiée, le courant total du circuit est en fonction de la somme des résistances de la charge et du conducteur :

$$R = R_{charge} + R_{75} = 1,09 + 0,039 = 1,129 \Omega$$

$$I = 240/1,129 = 212.6 \text{ A}$$

La chute de tension causée par le conducteur est :

$$\text{Chute de tension} = R_{75} \times I = 0,039 \times 212.6 \text{ A} = 8,3 \text{ V}$$

Le pourcentage de chute de tension observé aux bornes de la charge alimentée est :

$$\% \text{ de chute de tension} = (8,3 \text{ V}/240 \text{ V}) \times 100 \% = 3,5 \%$$

Dans ce cas, il faudrait utiliser un conducteur de calibre supérieur au conducteur 4/0 pour obtenir une chute de tension inférieure à 3 %. Pour ce faire, il faudra vérifier, avec la même méthode, pour d'autres calibres supérieurs à 4/0.

2. Deuxième méthode : Tableau D3 du Code de construction du Québec, Chapitre V – Électricité 2018

Cette méthode étant très bien décrite dans le Code de construction du Québec, Chapitre V – Électricité 2018, nous ne ferons qu'en rappeler les grandes lignes. Le tableau D3 donne la distance approximative en mètres d'un circuit à 120 V de 2 conducteurs en cuivre isolés à 60 °C pour une chute de tension de 1 %. Si la tension ou la chute de tension recherchée sont différentes de 120 V et 1 %, nous multiplions la distance par les proportions correspondantes.

Nous devons aussi tenir compte du facteur de correction en fonction du pourcentage de charge de courant admissible et de la température de l'isolant tel qu'indiqué dans le **tableau de la note 3 du tableau D3**; dans le cas des conducteurs isolés à 90 °C, nous remarquons que ce facteur de correction se situe entre 0,91 (pour un pourcentage de charge de courant admissible de 100 %) et 1,08 (pour un pourcentage de charge de courant admissible de 40 %).

Note importante : Veuillez lire toutes les notes du tableau D3, avant de l'utiliser.

Exemple 1 – 2^e méthode : Tableau D3 du Code de construction du Québec, Chapitre V – Électricité 2018

Calculer la distance maximale d'un circuit monophasé 240 V avec des conducteurs en cuivre 4/0 isolés à 90 °C, utilisés avec une charge de chauffage à 220 A pour lequel nous voulons limiter la chute de tension à 3 %. Le choix des conducteurs 4/0 est basé sur une température de terminaison du disjoncteur de 75 °C, et d'un courant admissible à 100 % de la charge qui y est raccordée, tels que décrits aux articles 4-006 et 62-114 7) du Code, respectivement.

La distance pour une chute de tension à 1 % à 120 V sur un circuit ayant des conducteurs 4/0 et une charge de 220 A est de 12,6 m selon le tableau D3. (Une charge de 220 A n'étant pas disponible au tableau, vous devez utiliser la valeur suivante.)

Les trois facteurs suivants doivent être appliqués pour évaluer la distance maximale :

- La chute de tension étant de 3 %, le multiplicateur 3 est appliqué :

$$12,6 \text{ m} \times 3 = 37,8 \text{ m}$$

- La tension du circuit étant 240 V, le multiplicateur 2 (240/120) est appliqué :

$$37,8 \text{ m} \times 2 = 75,6 \text{ m}$$

- Le pourcentage de charge de courant admissible étant de 96 % (courant de la charge / courant admissible du conducteur utilisé = 220/230), le multiplicateur 0,91 (D3 note 3, pour un pourcentage de charge à 96 %, on prend 100 % avec une T° d'isolation de 85 °C-90 °C) est appliqué et on obtient ainsi la distance maximale du circuit :

$$75,6 \text{ m} \times 0,91 = 68,8 \text{ m} \text{ (distance approximative)}$$

Dans ce calcul, on voit que la distance à laquelle on peut utiliser le conducteur 4/0 est limitée à 68,8 m. Pour atteindre 100 m comme dans l'exemple précédent, il faudra utiliser des conducteurs plus gros.

Compte tenu que le tableau D3 soit limité à un conducteur de 4/0 et que la relation de la section d'un conducteur vs la distance du tableau D3 soit pratiquement linéaire pour un même courant, il est possible d'extrapoler au-delà d'un conducteur de calibre 4/0.

Par exemple, pour trouver la distance de base pour notre exemple précédent, avec le même courant de 220 A précédent (250 A choisi sur le tableau) nous pouvons trouver la distance pour un conducteur de 250 kcmil par extrapolation :

Distance = Distance 4/0 à 250 A X Section pour un conducteur choisi / Section pour un conducteur 4/0

Donc, Distance pour un conducteur 250 kcmil

Distance = 12,6 m X 127 mm² (tableau D5) / 107 mm² (tableau D5) = 15 m

En y appliquant les autres facteurs de 3 (% de chute) et de 2 (240 V / 120 V), nous obtenons une distance de 89,8 m

Pour le facteur de courant admissible, le pourcentage de charge de courant admissible étant de 86 % (courant de la charge / courant admissible du conducteur utilisé = 220/255), le multiplicateur 0,95 (D3 note 3, pour un pourcentage de charge à 86 %, on prend 90 % avec une T° d'isolation de 85 °C-90 °C) est appliqué et on obtient ainsi la distance maximale du circuit

Donc, la distance maximale permise pour la chute de tension de 3% serait de :

89,8 m X 0,95 = 85,3 m.

Compte tenu de la distance de 100 m, nous devrons refaire l'exercice avec un conducteur de 300 kcmil

Par le même calcul, pour un conducteur de 300 kcmil, nous obtenons une distance de 107 m, ce qui est suffisant.

Note importante : Pour un calcul plus précis de la distance, il faut utiliser les autres méthodes.

Exemple 2 – 2^e méthode : Tableau D3 du Code de construction du Québec, Chapitre V – Électricité 2018

Calculer la distance maximale d'un circuit triphasé 480 V, avec des conducteurs en cuivre 2/0 RW-90, utilisés pour une charge de moteur à 460 V, 124 A, pour lequel nous voulons limiter la chute de tension à 2,5 %. Le choix des conducteurs 2/0 est basé sur une température de terminaison inconnue, mais établie à 75 °C (>100 A), ainsi que sur le courant de charge majoré de 25 % (125 % X 124 A = 155 A), tels que décrits aux articles 4-006 et 28-104 du Code, respectivement.

La distance pour une chute de tension de 1 % à 120 V sur un circuit ayant des conducteurs 2/0 et une charge de 124 A est de 15,9 m selon le tableau D3. (Une charge de 124 A n'étant pas disponible au tableau, vous devez utiliser la valeur suivante, soit 125 A.)

Les trois facteurs suivants doivent être appliqués pour évaluer la distance maximale :

- La chute de tension étant de 2,5 %, le multiplicateur 2,5 est appliqué :

$$15,9 \text{ m} \times 2,5 = 39,75 \text{ m}$$

- La tension du circuit étant 480 V, le multiplicateur 4 (480/120) est appliqué :

$$39,75 \text{ m} \times 4 = 159 \text{ m}$$

- Le pourcentage de charge de courant admissible étant de 89 % (courant de la charge / courant admissible du conducteur utilisé = 155/175), le multiplicateur 0,95 (D3 note 3, pour un pourcentage de charge à 89 %, on prend 90 % avec une T° d'isolation de 85-90 °C) est appliqué et on obtient ainsi la distance maximale du circuit :

$$159 \text{ m} \times 0,95 = 151 \text{ m} \text{ (distance approximative)}$$

Note importante : Pour un calcul plus précis de la distance, il faut utiliser les autres méthodes.

3. Troisième méthode : Équations

En utilisant une équation, nous pouvons déterminer directement la grosseur d'un conducteur (S), la longueur du tracé (L), le courant (I) de la charge, la chute de tension en volts permise (e), en fonction du type de métal (cuivre ou aluminium) et de la température anticipée des terminaisons (60 °C 75 °C ou 90 °C).

Toutefois, la première étape consiste à considérer le circuit comme en étant un qui n'aurait pas de chute de tension significative, c'est-à-dire, comme si la distance du parcours était très courte. De cette façon, nous nous assurons d'obtenir le calibre minimal des conducteurs en fonction des courants admissibles des conducteurs tirés des tableaux appropriée (ex. : tableaux 1 à 4, 36 A, 36B, 39, D8 à D11... etc.) et de tout facteurs de dévaluation qui s'y appliquent (art. 4-004, 4-006, etc.).

Une fois cette première étape complétée, nous pourrons ensuite appliquer cette 3^e méthode, afin de trouver la chute de tension provoquée par le conducteur choisi à la première étape. Si la chute de tension est inacceptable en vertu de l'art. 8-102, nous pourrons soit procéder par essai et erreur de différents calibres de conducteurs en trouvant leur chute de tension. Si nous choisissons de trouver directement le calibre du conducteur, nous devrons nous assurer que le calibre du conducteur trouvé par ce calcul de chute de tension ne soit pas inférieur au courant admissible du conducteur, tel que vu à la première étape.

ÉQUATION POUR UN CIRCUIT MONOPHASÉ

$$S = \frac{k \times 2 \times L \times I}{e}$$

où :
S = section du conducteur, en mils circulaires ou en mm² (Voir tableau 2)
L = longueur du câble d'alimentation, en m
I = courant de la charge, en A
e = chute de tension permise, en V
k = constante en fonction du type de métal, de la température de l'isolant et de l'unité utilisée de la section du conducteur, en ohm*kcmil/m ou en ohm*mm²/m (Voir tableau 3)

TABLEAU 3 : Constante k pour la 3^e méthode : Équations

	k en ohm* mm ² /m					
	kcmil en ohm*kcmil/m			k en ohm* mm ² /m		
	T° terminaison à 60 °C	T° terminaison à 75 °C	T° terminaison à 90 °C	T° terminaison à 60 °C	T° terminaison à 75 °C	T° terminaison à 90 °C
Cuivre	39,4	41,4	43,4	0,020	0,021	0,022
Aluminium	64,8	68,2	71,5	0,033	0,035	0,036

Note importante : Lorsqu'il s'agit d'un circuit avec neutre, à 120/240 V par exemple, avec une charge fixe ou une artère alimentant une charge équilibrée de telle sorte que le conducteur neutre porte peu ou pas de courant, la chute de tension peut être définie en fonction de la tension ligne-ligne, donc 7,2 V sur 240 V si la limite est à 3 %; sinon, il faut déterminer la chute de tension en fonction de la tension ligne-neutre, soit 3,6 V sur 120 V si la limite est de 3 %.

La figure 3 illustre la différence en distance qui s'impose sur un circuit à 120/240 V en fonction du type de charge alimenté.

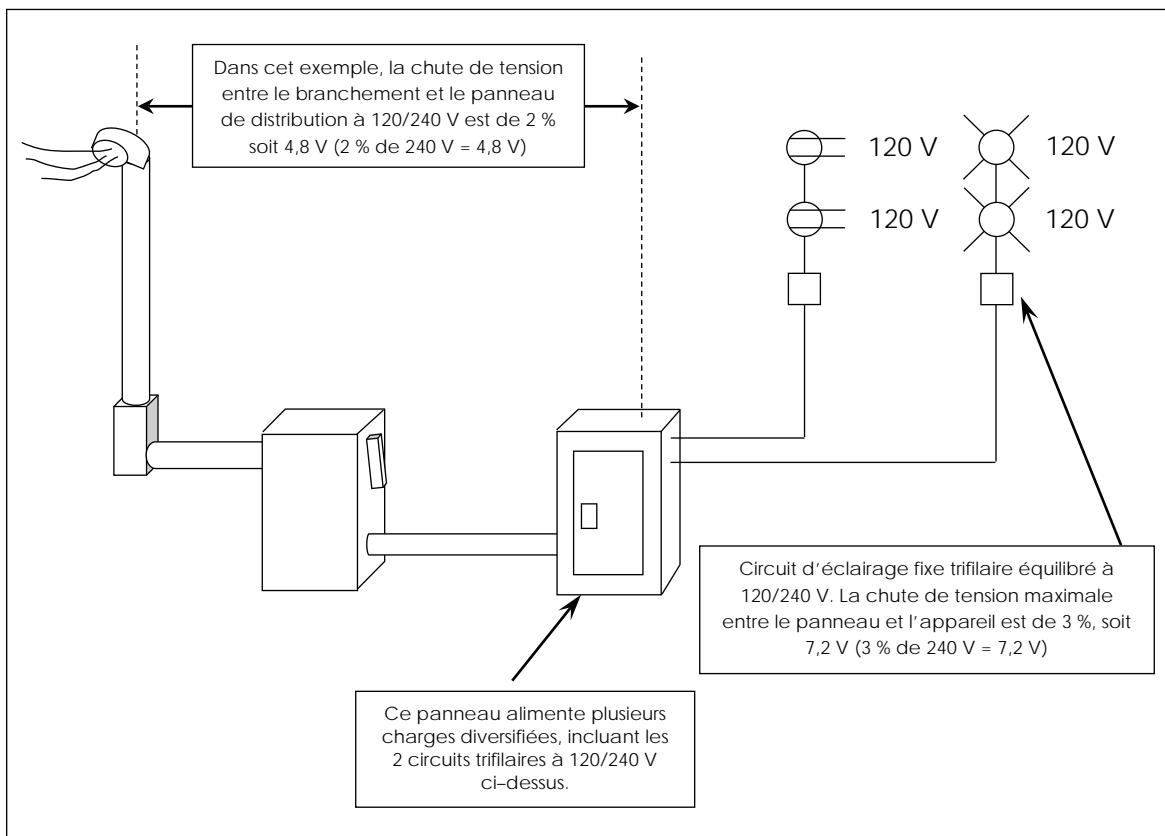


FIGURE 3 : Chute de tension admissible dans une installation à 120/240 V

Notes

Dans la figure 3, pour la chute de tension, le circuit trifilaire à 2 prises est considéré comme un circuit à 120 V tandis que le circuit trifilaire équilibré d'éclairage fixe est considéré comme un circuit à 240 V.

La distance maximale parcourue pour une chute de tension identique de 3 % est 2 fois plus longue sur un circuit à 240 V que sur un circuit à 120 V.

Exemple d'un circuit monophasé – 3^e méthode : Équations

Calculer la section des conducteurs en cuivre isolés à 90 °C, mais ayant une température de terminaisons de 75 °C, pour un circuit monophasé 240 V servant à alimenter une charge de chauffage à 220 A, exigeant 100 m de câble, pour lequel on veut limiter la chute de tension à 3 %.

ATTENTION : La chute de tension doit être convertie en V.

Compte tenu de la popularité de la méthode utilisée antérieurement, soit de trouver d'abord la section du conducteur directement par le calcul de chute de tension, nous débuterons cet exemple de cette façon, en y ajoutant par la suite la vérification du courant admissible (article 4-004 et 4-006 du Code) du conducteur choisi.

Exemple avec une section en **mils circulaires** (Voir tableau 2 du BTI)

S = section du conducteur en *mils circulaires* (Voir tableau 2)

L = 100 m

I = 220 A

e = 7,2 V (3 % de 240 V)

k = 41,4 (pour un conducteur en cuivre qui sera raccordé à des terminaisons de 75 °C (Voir tableau 3))

$$S = \frac{41,4 \times 2 \times 100 \times 220}{7,2} = 253\,000 \text{ cmils}$$

À première vue, nous pouvons donc prendre un conducteur de 300 kcmil en cuivre pour obtenir une chute de tension inférieure à 3 %.

Par mesure de vérification, le courant admissible de ce conducteur est de 285 A selon la colonne de 75 °C du tableau 2 du Code et de l'article 62-114 7) (conducteur à 100 % de la charge de chauffage), ce qui rencontre les exigences minimales du circuit, puisque le courant de la charge est de 220 A. Le calibre minimal du conducteur rencontre les exigences des courants admissibles du Code.

Note importante : Pour les calibres supérieurs à 250 kcmil la section du câble donne directement son calibre en mils circulaires.

Reprenez l'exemple précédent, mais avec des sections de conducteurs en mm². Se référer au tableau 3 du BTI

- S** = section du conducteur, en mm²
- L** = 100 m
- I** = 220 A
- e** = 7,2 V (3 % de 240 V)
- k** = 0,021 (pour un conducteur en cuivre qui sera raccordé à des terminaisons de 75 °C (Voir tableau 3))

$$S = \frac{0,021 \times 2 \times 100 \times 220}{7,2} = 128,3 \text{ mm}^2$$

Le tableau D5 du Code nous demande d'utiliser du 300 kcmil (152 mm², grosseur nominale) en cuivre pour obtenir une chute de tension inférieure à 3 %.

Par mesure de vérification, le courant admissible de ce conducteur est de 285 A selon la colonne de 75 °C du tableau 2 du Code et de l'article 62-114 7) (conducteur à 100 % de la charge de chauffage), ce qui rencontre les exigences minimales du circuit, puisque le courant de la charge est de 220 A. Le calibre minimal du conducteur rencontre les exigences des courants admissibles du Code.

Reprenez le même exemple, en trouvant d'abord le calibre du conducteur établi par les courants admissibles du Code, en faisant abstraction de la chute de tension, tel que mentionné à la première étape établie plus haut.

Afin de satisfaire les art. 4-004 et 4-006 et le tableau 2 du Code, nous choisissons un calibre de 4/0 (colonne 75 °C, 220 A, à 100 % (62-114 7)).

Trouvons maintenant la chute de tension avec ce conducteur :

$$e = \frac{k \times 2 \times L \times I}{S}$$

$$e = \frac{41,4 \times 2 \times 100 \times 220}{211\,600} = 8,6 \text{ V}$$

Étant donné que la limite de la chute de tension ne peut dépasser 3 % ou 7,2 V, nous devons conséquemment augmenter le calibre du conducteur.

Le calibre suivant à essayer serait de 250 kcmil.

En reprenant notre calcul avec un tel conducteur :

$$e = \frac{41,4 \times 2 \times 100 \times 220}{250\,000} = 7,3 \text{ V}$$

Encore une fois, étant donné que nous sommes encore au-dessus de la limite de la chute de tension (7,2 V), nous devons encore augmenter le calibre du conducteur.

Le calibre suivant à essayer serait de 300 kcmil.

En reprenant notre calcul avec un tel conducteur :

$$e = \frac{41.4 \times 2 \times 100 \times 220}{300\,000} = 6,1\,V$$

Cette fois, nous sommes sous la limite de 7,2 V et le calibre du conducteur est le bon.

Bien que cette approche (choix du conducteur par les courants admissibles sans tenir compte de la chute de tension) semble plus longue, elle nous assure de choisir, le bon calibre minimal des conducteurs en fonction des courants admissibles tirés des tableaux appropriée (ex. : tableaux 1 à 4, 36 A, 36B, 39, D8 à D11... etc.) et de tout facteur de dévaluation qui s'y applique (art. 4-004 et 4-006).

Exemple d'un branchement du consommateur 120/240 V – 3^e méthode : Équations

Calculer le calibre des conducteurs en aluminium isolés à 90 °C, mais avec une température des terminaisons du disjoncteur de 75 °C pour un branchement du consommateur résidentiel aéro-souterrain dans une canalisation, de 200 A à 120/240 V pour une maison située à 90 m du réseau du distributeur.

L'article 8-102 exige que la chute de tension totale d'une installation électrique ne dépasse pas 5 % à partir du côté alimentation du branchement du consommateur jusqu'au point d'utilisation des appareils. Il y est aussi indiqué que la chute de tension ne doit pas dépasser 3 % dans une artère ou une dérivation. (Voir figure 2)

Quel pourcentage doit-on alors choisir pour le branchement ?

Un choix s'impose : ce pourcentage ne peut pas être 5 %, mais plutôt une partie de ce 5 %. Dans une installation résidentielle, nous n'avons pas à considérer l'artère, puisque que l'artère se situe dans le panneau et que la perte dans le panneau est presque nulle. Alors, le 5 %, i.e. 12 V (5 % x 240 V), se répartit entre les dérivations et le branchement.

Si vous choisissez 2 % pour le branchement, il reste 3 % pour les dérivations (le maximum permis); par contre, si vous choisissez 3 % pour le branchement, il ne reste que 2 % pour les dérivations.

ATTENTION : La chute de tension doit être convertie en V.

Examinons la situation avec 3 % au branchement :

Pour la première étape, sans tenir compte de la chute de tension, le courant admissible de ce conducteur doit être de 200 A selon la température de terminaison de 75 °C, l'article 4-004 2) d) et du tableau D11B au détail 1 du Code. Nous trouvons un conducteur de calibre 4/0 en aluminium (200 A / 0,886 = 226 A, note 2 du tableau D11B, détail 1, température des terminaisons à 75 °C) qui rencontre les exigences du code, puisque le courant de la charge est de 200 A en non continue.

Trouvons maintenant la chute de tension de ce conducteur 4/0 :

- S** = conducteur 4/0, soit 107 mm², trouvé par le tableau 5 du Code
- L** = 90 m
- I** = 200 A (Note : Il est recommandé d'utiliser 200 A plutôt que la charge calculée, laissant ainsi un jeu pour l'ajout de charges futures.)
- e** = Chute de tension, en Volt
- k** = 0,035 (Pour un conducteur en aluminium avec un isolant à 90 °C, mais qui aura des terminaisons à 75 °C, voir tableau 3)

$$e = \frac{0,035 \times 2 \times 90 \times 200}{107} = 11.8 \text{ V}$$

La chute de tension maximale visée étant de 7,2 V, nous devrons trouver un conducteur qui aura une chute de tension inférieure à cette valeur.

En y allant par essai et erreur, soit avec un conducteur de 250 kcmil (10 V), puis 300 kcmil (8,28 V) qui sont tous au-dessus de la chute de tension permise, nous trouvons qu'un conducteur de 350 kcmil (177 mm² selon le tableau D5) sera adéquat, avec une chute de tension de 7,1 V, soit :

$$e = \frac{0,035 \times 2 \times 90 \times 200}{177} = 7.1 \text{ V}$$

Quelle est alors la chute de tension réelle pour les dérivation ?

Compte tenu de la chute de tension de 7.1 V au branchement, alors, la chute de tension réelle pour les dérivation est de 4,9 V (12 - 7.11), donnant 2,0 % de chute (4,9/240). Pour utiliser 3 % ou 7,2 V de chute de tension pour les dérivation de 240 V, il faudrait abaisser la chute de tension au niveau du branchement exigeant ainsi de plus gros conducteurs au niveau du branchement. Examinons quelle est la distance alors obtenue pour un circuit équilibré à 240 V muni d'un conducteur 14 AWG en cuivre :

$$L = \frac{S \times e}{k \times 2 \times I}$$

- S** = 2,08 mm² (tableau D5, grosseur nominale)
- L** = distance en m
- I** = 12 A (80 % de 15 A)
- e** = 4,9 V
- k** = 0,021 (Pour un conducteur en cuivre avec un isolant à 90 °C, mais raccordé à une terminaison dont la température est de 75 °C (voir tableau 3))

$$L = \frac{2,08 \times 4,9}{0,021 \times 2 \times 12} = 20,22 \text{ m}$$

Cette distance maximale pourrait nécessiter de grossir certaines dérivations. Ceci est moins dispendieux que de grossir les conducteurs de branchement. Même situation pour les circuits de prises à 120 V, puisque 3 % de 120 V donne 3,6 V, la distance maximale alors permise est de 14,85 m. (Voir tableau 4)

Choix des conducteurs de branchement

Si vous choisissez un branchement aéro-souterrain dans une canalisation, vous pouvez envisager un circuit unique ou deux circuits parallèles. Le calcul ci-haut exige un conducteur d'une section minimale de 177 mm² pour une chute de tension de 3 % au branchement. Pour maintenir cette même chute de tension, il faut choisir deux conducteurs en parallèle d'au moins 88,5 mm² de section chacun. Nous choisirons donc 2 conducteurs de calibre 4/0 (107 mm²) en parallèle dans 2 canalisations.

Par vérification des courants admissibles, l'article 4-004 2) d) et le tableau D11B au détail 1 nous donnent un courant admissible de 235 A / 0,886 (facteur de correction des notes 2 et 3) = 208 A, ce qui est amplement suffisant pour un courant en non continue de 200 A / 2 (en parallèle) = 100 A par conducteur.

En considérant les conducteurs de calibre 4/0 (107 mm², section nominale) en aluminium pour un total de 214 mm² en parallèle au lieu de 177 mm² (350 kcmil) vu précédemment, nous aurons ainsi une nouvelle chute de tension quelque peu inférieure à précédemment :

$$e = \frac{0,035 \times 2 \times 90 \times 200}{214} = 5,89 \text{ V (2,5 %)}$$

Alors, la chute permise pour les dérivations est maintenant de 6,11 V (12-5,89), donnant 2,5 % de chute (6,11/240). La distance alors permise pour un circuit équilibré à 240 V muni d'un conducteur 14 AWG en cuivre est maintenant de :

$$L = \frac{2,08 \times 6,11}{0,021 \times 2 \times 12} = 25,21 \text{ m}$$

Si vous choisissez un branchement aérien, le résultat est le même au niveau du conducteur de 350 kcmil, puisque le calcul ci-haut exige un conducteur d'une section minimale de 177 mm² pour une chute de tension de 3 % au branchement. Le principe est aussi le même au niveau des conducteurs 4/0 en parallèle puisque 177 mm² / 2 = 88,5 mm², qui équivaut à deux conducteurs de calibre 4/0 (107mm²). De plus, afin de vérifier le courant admissible des conducteurs aériens, soit de type NS75, le choix de deux conducteurs 4/0 AWG en aluminium utilisés en parallèle pour alimenter un branchement de 200 A à 90 m de distance respecte le courant admissible permis pour conducteurs aériens selon l'article 4-004 5) et le tableau 36A du Code.

Autre exemple d'un branchement du consommateur 120/240 V – 3^e méthode : Équations

Calculer le calibre des conducteurs en aluminium isolés à 90 °C mais avec une température des terminaisons du disjoncteur de 75 °C pour un branchement du consommateur résidentiel de 400 A à 120/240 V pour une maison située à 400 m du réseau du distributeur.

Cet exemple est semblable au précédent, mais avec des valeurs différentes : calibre (400 A) et distance (400 m). Le calcul est identique.

Examinons la situation avec une chute de tension de 3 % au branchement (il ne reste que 2 % pour les dérivations) :

Cette fois, nous procéderons directement par la chute de tension et nous vérifierons ensuite le courant admissible du ou des conducteurs.

Commençons par trouver la section du conducteur :

ATTENTION : La chute de tension doit être convertie en V.

S = section du conducteur en mm^2

L = 400 m

I = 400 A (Note : Il est recommandé d'utiliser 400 A plutôt que la charge calculée, laissant ainsi un jeu pour l'ajout de charges futures.)

e = 7,2 V (3 % de 240 V)

k = 0,035 (pour des températures de terminaisons à 75 °C)

$$S = \frac{0,0350 \times 2 \times 400 \times 400}{7,2} = 1556 mm^2$$

Compte tenu du résultat qui dépasse le tableau D5 du Code, nous procéderons avec 2 conducteurs en parallèle, soit $1556 mm^2 / 2 = 778 mm^2$. Le tableau D5 du Code nous demande d'utiliser deux 1750 kcmil en parallèle ($887 mm^2$, section nominale) ou quatre 800 kcmil ($1556 mm^2 / 4 = 389 mm^2$) en parallèle ($405 mm^2$, section nominale), en aluminium pour obtenir une chute de tension inférieure à 3 %. Il est évident qu'une telle distance doit être traitée à une tension plus élevée que 240 V afin que des conducteurs plus petits puissent être utilisés.

Il est donc nécessaire d'utiliser des transformateurs élévateur et abaisseur de tension pour une telle distance. De plus, il faut tenir compte de la chute de tension entre le transformateur abaisseur et la maison.

Examinons la situation avec une tension de ligne de 2 400 V et le transformateur abaisseur situé à 10 m de la maison. La chute de tension au branchement de 3 % doit alors être répartie entre la ligne à 2 400 V et la partie de branchement à 240 V, au début et à la fin de la ligne de 2 400 V.

Premièrement, les 10 m (abaisseur) et 5 m (élévateur) :

Afin de vérifier le courant admissible des conducteurs, considérant un branchement de 400 A, nous devrons utiliser deux 250 kcmil en parallèle pour cette partie, compte tenu de la température des terminaisons de 75 °C et de l'article 4-004 du Code (colonne de 75 °C du tableau 4 à 200 A). Quelle est alors la chute de tension?

- S** = section du conducteur = 2 x 127 mm² (250 mcm, grosseur nominale)
L = 10 m
I = 400 A (Note : Il est recommandé d'utiliser 400 A plutôt que la charge calculée, laissant ainsi un jeu pour l'ajout de charges futures.)
e = en V – à déterminer
k = 0,035 (Pour un conducteur en aluminium raccordé à des terminaisons de 75 °C, voir tableau 3)

$$e = \frac{k \times 2 \times L \times I}{S}$$

$$e = \frac{0,035 \times 2 \times 10 \times 400}{254} = 1,11 V (0,5 \%)$$

La chute de tension pour cette partie sera donc de 0,5 % (1,11/240). Si nous enlevons un 0,25 % additionnel pour le branchement initial (du transfo élévateur) d'environ 5 m, nous pouvons alors utiliser une chute 2,25 % (3 - 0,75) pour la ligne.

Deuxièmement, les 385 m (400 - 15) :

Avant de procéder à trouver directement la section du conducteur à utiliser, nous devons trouver le courant qui circulera dans les conducteurs à 2 400 V.

Puissance des transformateurs abaisseurs et survoltageurs :

$$240 V \times 400 A = 96 KVA$$

Le courant à 2 400 V sera donc :

$$I = 96KVA / 2 400 V = 40 A$$

Trouvons maintenant la chute de tension qui correspond à 2,25 % :

$$2 400 \times 2,25 \% = 54 V$$

Nous pouvons maintenant trouver la section du conducteur

- S** = section du conducteur en mm²
L = 385 m
I = 400 A (Note : Il est recommandé d'utiliser 400 A plutôt que la charge calculée, laissant ainsi un jeu pour l'ajout de charges futures.)
e = 54 V (2,25 % de 2 400 V)
k = 0,035 (Pour un conducteur raccordé à des terminaisons de 75 °C, voir tableau 3)

$$S = \frac{0,035 \times 2 \times 385 \times 40}{54} = 20 mm^2$$

Le tableau D5 du Code nous demande d'utiliser du #4 AWG (21,2 mm², grosseur nominale) en aluminium pour obtenir une chute de tension inférieure à 2,25 % (54/2 400). Selon la méthode d'installation choisie, soit souterraine ou aérienne, des câbles approuvés pour une tension d'au moins 2 400 V devront être sélectionnés, tout en s'assurant que les courants admissibles des articles 4-004 et 4-006 du Code soient rencontrés.

Chute de tension réelle pour les dérivations

Comme précédemment, il faut déterminer la chute réelle au branchement une fois que les conducteurs sont choisis. Par la suite, le pourcentage total obtenu pour le branchement doit alors être soustrait du 5 % maximal exigé par l'article 8-102 du Code, afin d'obtenir le pourcentage permis pour les dérivations sans toutefois dépasser 3 %.

Exemple d'une dérivation d'éclairage extérieur à 120/240 V – 3^e méthode : Équations

Calculer la section des conducteurs en cuivre isolés à 90 °C d'un circuit monophasé 240 V pour alimenter une charge de 6 luminaires de 250 W au sodium HP à 240 V (Puissance incluant le ballast = 305 W), exigeant 250 m de câble, pour lequel on veut limiter la chute de tension à 3 %.

Charge à alimenter :

$$I = \frac{6 \times 305}{240} = 7,63 \text{ A}$$

Première étape, trouvons d'abord le calibre du conducteur établi par les courants admissibles des articles 4-004 et 4-006 du Code, en faisant abstraction de la chute de tension.

Pour une charge raccordée de 7,63 A, nous devrons majorer de 25 % en vertu de l'article 8-104 du Code, soit 125 % X 7,63 = 9,53 A. En utilisant le tableau 2 du Code, nous obtenons un conducteur de calibre minimal de # 14 AWG.

Trouvons maintenant la chute de tension avec ce conducteur :

$$e = \frac{k \times 2 \times L \times I}{S}$$

$$e = \frac{0,022 \times 2 \times 250 \times 7,63}{2,08} = 40,35 \text{ V}$$

Étant donné que la limite de la chute de tension ne peut dépasser 3 % ou 7,2 V, nous devons conséquemment augmenter le calibre du conducteur.

Trouvons maintenant le calibre du conducteur pour la chute de tension de 7,2 V :

- S** = section du conducteur en mm²
L = 250 m
I = 7,63 A (Note : charge raccordée puisqu'elle est connue)
e = 7,2 V (3 % de 240 V)
k = 0,022 (Pour un conducteur en cuivre avec un isolant à 90 °C, mais raccordé à des terminaisons dont la température ne peut dépasser 75 °C (voir tableau 3)

$$S = \frac{0,021 \times 2 \times 250 \times 7,63}{7,2} = 11,13 \text{ mm}^2$$

Le tableau D5 du Code nous demande d'utiliser du 6 AWG (13,3 mm², section nominale) en cuivre pour obtenir une chute de tension inférieure à 3 %.

Est-il possible de réduire le calibre des conducteurs?

Oui, en séparant la distance en deux, par exemple : deux longueurs de 125 m. Par contre, il faut répartir la chute de tension de 3 % dans chacune des longueurs, soit 1.5% par section.

Première longueur de 125 m :

- S** = section du conducteur en mm²
L = 125 m
I = 7,63 A (Note : charge raccordée puisqu'elle est connue)
e = 3,6 V (1,5 % de 240 V)
k = 0,021 (Pour un conducteur en cuivre avec un isolant à 90 °C, mais raccordé à des terminaisons dont la température ne peut dépasser 75 °C, voir tableau 3)

$$S = \frac{0,021 \times 2 \times 125 \times 7,63}{3,6} = 11,13 \text{ mm}^2$$

Pour cette partie, le tableau D5 du Code nous demande d'utiliser du 6 AWG (13,3 mm², grosseur nominale) en cuivre pour obtenir une chute de tension inférieure à 1,5 %.

Deuxième longueur de 125 m :

- S** = section du conducteur en mm²
L = 125 m
I = 3,815 A (Note : charge raccordée restante sur la dérivation, puisqu'elle est connue)
e = 3,6 V (1,5 % de 240 V)
k = 0,021 (Pour un conducteur en cuivre avec un isolant à 90 °C, mais raccordé à des terminaisons dont la température ne peut dépasser 75 °C, voir tableau 3)

$$S = \frac{0,021 \times 2 \times 125 \times 3,815}{3,6} = 5,56 \text{ mm}^2$$

Pour cette partie, le tableau D5 du Code nous demande d'utiliser du 8 AWG (8,37 mm², grosseur nominale) en cuivre pour obtenir une chute de tension inférieure à 1,5 %.

Au lieu d'utiliser un conducteur 6 AWG sur la distance totale de 250 m, il est donc possible de réduire la grosseur des conducteurs. L'exemple ci-dessus démontre qu'on peut utiliser des conducteurs 6 AWG sur la première distance de 125 m et des conducteurs 8 AWG sur la deuxième distance de 125 m, pour un total de chute de tension de 3 %.

Vous pourriez refaire le calcul en séparant la distance en plusieurs parties, en tenant compte de séparer la chute de tension en autant de parties pour un total de 3 %. De plus, les charges doivent être prévues selon l'endroit où l'on se situe le long du circuit. Comme par exemple, si vous séparez les 250 m en 3 parties, les distances seraient de 83 m, 83 m et 84 m, les charges, de 7,63 A, 5,08 A et 2,54 A, et la chute de tension, de 2,4 V pour chacune des parties. Les résultats sont 11,08 mm², 7,38 mm² et 3,73 mm² et, ainsi, les conducteurs selon le tableau D5 sont de grosses 6, 8 et 10 (5,26 mm², section nominale) AWG pour chacune des trois parties.

ÉQUATIONS POUR UN CIRCUIT TRIPHASÉ ÉQUILIBRÉ

$$S = \frac{k \times 2 \times L \times I}{e} \times 0,5 \quad \text{Chute de tension (}e\text{) ligne-neutre}$$

ou, de façon équivalente

$$S = \frac{k \times 2 \times L \times I}{e} \times 0,866 \quad \text{Chute de tension (}e\text{) ligne-ligne}$$

Exemple d'un circuit triphasé équilibré – 3^e méthode : Équations

Calculer la section des conducteurs en cuivre isolés à 90 °C, ayant une température de terminaison de 75 °C, provenant d'un circuit triphasé équilibré 347/600 V pour alimenter une charge de chauffage à 220 A exigeant 300 m de câble, pour lequel on veut limiter la chute de tension à 3 %

Trouvons d'abord le calibre du conducteur établi par les courants admissibles du Code, en faisant abstraction de la chute de tension, tel que mentionné à la première étape.

Afin de satisfaire les arts 4-004, 4-006, 62-114 7) (conducteur à 100 % de la charge de chauffage) et le tableau 2 du Code, nous choisissons un calibre de 4/0

Trouvons maintenant la chute de tension avec ce conducteur :

$$e = \frac{k \times 2 \times L \times I \times 0,866}{S}$$

$$e = \frac{41,4 \times 2 \times 300 \times 220 \times 0,866}{211\,600} = 22,36 V$$

Sachant que la chute de tension permise ici de 3 % soit de 3 % X 600 V = 18 V, nous devrons remplacer le calibre 4/0 par un plus gros conducteur.

Nous pouvons le trouver directement par notre formule :

$$S = \frac{k \times 2 \times L \times I}{e} \times 0,866$$

ATTENTION : La chute de tension doit être convertie en V.

S = section du conducteur en mils circulaires (Voir tableau 2)

L = 300 m

I = 220 A

e = 10,41 V (3 % de 347 V) ou 18 V (3 % de 600 V)

k = 41,4 (Pour un conducteur en cuivre avec un isolant à 90 °C, mais ayant une température de terminaisons de 75 °C, voir tableau 3)

$$S = \frac{44,1 \times 2 \times 300 \times 220}{10,41} \times 0,5 = 279\,596 \text{ cmils}$$

ou, de façon équivalente,

$$S = \frac{44,1 \times 2 \times 300 \times 220}{18} \times 0,866 = 280\,064 \text{ cmils}$$

Nous devons donc prendre un conducteur de 300 kcmil pour obtenir une chute de tension inférieure à 3 %.

Note importante : Pour les calibres supérieurs à 250 kcmil, la section du câble donne directement son calibre en mils circulaires.

CONSÉQUENCES D'UNE CHUTE DE TENSION SUR L'APPAREILLAGE

La chute de tension dans un circuit produite par les conducteurs du circuit peut entraîner une tension nominale trop basse pour la charge ou l'appareillage.

Note importante : En général, une tension basse décroît l'efficacité du fonctionnement de l'appareillage électrique comme les moteurs, les systèmes de chauffage, l'appareillage électronique et les systèmes d'éclairage. Le fait d'établir des critères pour une chute de tension maximale permisable dans un circuit procure des tensions d'utilisation qui assurent une performance optimale de l'appareillage électrique.

Les appareils électriques qui risquent d'être les plus endommagés par un trop bas niveau de tension sont les ballasts d'éclairage et les moteurs électriques. Quant aux charges résistives, telles que les plinthes électriques ou les ampoules incandescentes, leur puissance diminue de façon exponentielle puisqu'elle est proportionnelle au carré de la valeur de la tension ($P = E^2 / R$).

Ce qui caractérise davantage une chute de tension sur le fonctionnement d'un moteur, c'est une augmentation importante du glissement, du courant et de l'échauffement, de même qu'une diminution marquée du couple et du courant de démarrage (Voir *Guide technique 2010*, art. 2.2.2.3, *Plage de tension*, page 2.4). Un moteur qui n'opère pas à sa puissance nominale fournit une puissance mécanique amoindrie, et l'échauffement anormal des bobinages amènera une usure prématuée du moteur causée par l'assèchement et le fendillement de l'isolation des bobines.

Les ballasts sont des appareils d'alimentation auxiliaire nécessaire au fonctionnement des lampes fluorescentes et des lampes à haute intensité de décharge (HID), qui limitent le courant à sa valeur nominale de fonctionnement et fournissent une tension suffisante pour le démarrage. Une tension d'alimentation trop basse risque de causer du clignotement, une décoloration ou un noirissement des extrémités de la lampe et un raccourcissement de sa durée de vie (Voir *Guide technique 2010*, art. 5.3.7, *Dépannage des lampes fluorescentes*, p. 5.13).

DIFFÉRENTES SOLUTIONS À UNE CHUTE DE TENSION

Il est difficile d'établir une règle du pouce qui puisse convenir à toutes les situations, puisque pour une chute de tension donnée et une utilisation à 80 % de son courant admissible, plus le calibre du conducteur est gros, plus la distance permise pour chaque volt de chute de tension est grande. Cette situation est démontrée au **tableau 4** ci-après.

1. Meilleure planification

Bien que dans certaines situations, la première solution envisagée est de grossir le conducteur, il est très important, en planifiant une installation, de penser à rapprocher les panneaux de distribution des différents points d'utilisation des circuits. Deux raisons militent en faveur d'une telle approche. Premièrement, la diversité et l'équilibre des charges sur une artère permettent de calculer la chute de tension sur la tension ligne-ligne plutôt que ligne-neutre, et deuxièmement, tel que précédemment mentionné, un gros conducteur utilisé à 80 % de son courant admissible voit sa chute de tension s'étaler sur une plus grande distance qu'un petit conducteur utilisé dans les mêmes conditions.

Les courants admissibles dépendent du type de métal choisi, de son isolant, du nombre de conducteurs et de l'application, dans un câble ou une canalisation, ligne aérienne ou souterraine, etc. De plus, il ne faut pas oublier d'appliquer les facteurs de correction. Si deux facteurs de correction peuvent également s'appliquer, le facteur le plus sévère est retenu. Même si le courant admissible est plus élevé pour une même grosseur de conducteur à cause d'une application particulière, à l'air libre plutôt que dans une canalisation, par exemple, la chute de tension peut rapidement devenir un obstacle puisqu'elle intervient alors sur une plus petite distance.

Finalement, pour de très longues distances, on n'a souvent pas d'autre choix que d'élever la tension. Pour une charge donnée, deux paramètres varient simultanément ($P = E \times I$) : s'il y a une augmentation de la tension, le courant diminue proportionnellement, ce qui permet d'obtenir un gain important de la distance permise.

Dans le cas des lignes aériennes, pour alimenter une érablière par exemple, on utilise souvent un transformateur survolté raccordé à un branchement ou une distribution 240 V monophasé et à une ligne à 600 V ou de moyenne tension (n'excédant pas 22 000 V) qui aboutit à un transformateur dévolteur qui reconvertit la tension de la ligne à sa destination en 120/240 V. La commutation à la source sur ce type de ligne aérienne se fait à 240 V.

2. Tableau 4

Le tableau 4 qui suit permet de vérifier, pour un conducteur normalement utilisé, si la chute de tension est acceptable selon la distance parcourue. Ce tableau a été établi en fonction d'une chute de tension de 3 % et d'une tension monophasée à 120 V. Il peut aussi être utilisé pour d'autres tensions monophasées en multipliant par le rapport correspondant (ex. : 600/120 = 5, donc une distance 5 fois plus grande à 600 V qu'à 120 V).

TABLEAU 4 : Distance maximale pour une chute de tension de 3 % à 120 V pour un conducteur de cuivre raccordé à une terminaison dont la température ne peut dépasser 75 °C

Grosseur (cuivre, RW90)	80 % du courant admissible (Tableau 2 col 75 °C du Code)	Longueur maximum (120 V – chute 3 % ou 3,6 V)
14	12 A	14,85 m
12	16 A	17,73 m
10	24 A	18,78 m
8	40 A	17,93 m
6	52 A	21,92 m
4	68 A	26,72 m
3	80 A	28,60 m
2	92 A	31,30 m
1	104 A	34,94 m
1/0	120 A	38,21 m
2/0	140 A	41,26 m
3/0	160 A	45,53 m
4/0	184 A	49,84 m
250 kcmil	204 A	53,36 m

Note : On peut utiliser ce tableau pour d'autres tensions monophasées en multipliant par le rapport correspondant

Exemple

Avec une tension de 600 V monophasée et des conducteurs en cuivre RW90 # 3/0 AWG, avec une température de terminaison de 75 °C, pour une chute de tension de 3 %, le facteur de multiplication est $600/120 = 5$.

La distance maximale est donc : **$5 \times 45,53 \text{ m} = 227,65 \text{ m}$**

Principaux articles du Code de construction du Québec, Chapitre V – Électricité 2010		
s'appliquant à une chute de tension		
Chute de tension	8-102	Chute de tension (Voir l'appendice D)
	Tableau D3	Distance jusqu'au centre de distribution pour une chute de tension de 1 % à une tension nominale de 120 V, circuits à deux conducteurs en cuivre
Grosseur nominale	Tableau D5	Torons pour la fabrication des fils et câbles
Courants admissibles	4-004	Courants admissibles dans les fils et les câbles (Voir les appendices B et I)
	4-006	Températures limites
	8-104	Charge maximale d'un circuit (Voir l'appendice B)
	Tableau 1	Courants admissibles des monoconducteurs en cuivre à l'air libre
	Tableau 2	Courants admissibles pour un maximum de trois conducteurs en cuivre dans une canalisation ou un câble
	Tableau 3	Courants admissibles des monoconducteurs en aluminium à l'air libre
	Tableau 4	Courants admissibles pour un maximum de trois conducteurs en aluminium dans une canalisation ou un câble
	Tableau 5A	Facteurs de correction à appliquer aux tableaux 1, 2, 3 et 4
	Tableau 5B	Facteurs de correction à appliquer aux tableaux 1 et 3
	Tableau 5C	Facteurs de correction du courant admissible à appliquer aux tableaux 2 et 4
	Tableau 12	Courants admissibles des cordons souples et du fil d'appareillage
	Tableau 12A	Courants admissibles des câbles d'alimentation mobiles
	Tableau 36A	Courant admissible maximal pour les câbles en aluminium ayant un conducteur neutre de soutien
	Tableau 36B	Courant admissible maximal pour les câbles en cuivre ayant un conducteur neutre de soutien
	Tableau 39	Grosseur minimale permise des conducteurs de branchement trifilaires 120/240 V et 120/208 V
	Diagrammes D8 à D11	Courants admissibles conducteurs cuivre ou aluminium souterrains, sans blindage, convenant à au plus 5 kV
	Tableaux D11A à D17N et D17	Courants admissibles conducteurs cuivre ou aluminium souterrains, avec blindage, convenant à plus de 5 kV jusqu'à 46 kV
	Tableaux D8A à D811B	