

voltimum

DIMENSIONNEMENT DES CÂBLES ISOLÉS

MANUEL BOLOTINHA

Master en Sciences, Ingénieur Electrique



*Ce guide d'origine portugaise est basé sur les normes EN et IEC.

www.voltimum.fr

SOMMAIRE

1. CONDITIONS GÉNÉRALES ET MÉTHODES DE CALCUL

1. 1. PRINCIPES DE DIMENSIONNEMENT [03](#)

1. 2. AMPACITÉ DU CÂBLE [03](#)

1. 3. CHUTE DE TENSION [03](#)

1.4. EFFORT THERMIQUE EN COURT-CIRCUIT [04](#)

2. EXEMPLE – CÂBLE MOYENNE TENSION POUR UN MOTEUR [04](#)

CONTACT [06](#)

1. CONDITIONS GÉNÉRALES ET MÉTHODES DE CALCUL

1. 1. PRINCIPES DE DIMENSIONNEMENT

La **section des conducteurs** d'un câble *isolé* doit être calculée selon les **paramètres suivants, tel que défini** dans la norme HD 603 ^[1] :

- Courant admissible du câble ou capacité de transport de courant du câble par rapport au courant requis pour l'équipement et/ou l'installation.
- Chute de tension.
- Efforts thermiques de court-circuit.

1. 2. AMPACITÉ DU CÂBLE

La **capacité de transport de courant** dans les *conducteurs et les câbles isolés* dépend du **matériel du conducteur** (*cuivre ou aluminium*) et de l'**isolant** (généralement XLPE^[2] et PVC^[3]), de la **tension nominale** ($U_0/U(U_m)$), du **nombre de conducteurs** et du **type d'installation** (*enterrée ou posés à l'air libre*; pour les **câbles monoconducteurs**, il est également nécessaire de connaître la *disposition des câbles – en formation plate ou formation en trèfle*) et est généralement indiquée dans les *normes et réglementations applicables* ainsi que dans les *catalogues des fabricants*.

Le courant *admissible* des câbles indiqué sur la documentation référencée ci-dessus est **valable sous certaines conditions** (*qui sont également indiquées dans la documentation*). Si les *conditions réelles d'installation* sont **différentes de celles-ci**, le *courant admissible* doit être affecté d'un **facteur de déclassement** (ces facteurs sont également indiqués dans les documents dont nous avons parlé). Les **conditions de base** définies par les *fabricants et les normes et réglementations* sont généralement (*d'autres conditions peuvent être définies, en fonction du fabricant et des normes et réglementations utilisées*) les suivantes :

- **Résistivité thermique du sol** (*câbles enterrés*) – généralement **1 k.m/W**.
- **Température du sol** (*câbles enterrés*) – généralement **20 °C**.
- **Profondeur de pose** (*câbles enterrés*) – généralement **0,0-0,6 m**.
- **Température de l'air** (*câbles posés à l'air libre*) – généralement **30 °C**.
- Type et nombre de chemins de câbles, nombre de câbles dans un même chemin et distance entre câbles.

1. 3. CHUTE DE TENSION

La **chute de tension** ne doit pas être **supérieure aux valeurs définies dans les normes et réglementations applicables** et ses **valeurs ne doivent pas compromettre la stabilité du réseau et le fonctionnement de l'équipement** (*si lors du démarrage d'un moteur la chute de tension est supérieure à 10%, le moteur ne démarre pas*) :

Dans un **circuit triphasé**, la *chute de tension* est calculée par l'équation :

$$\Delta U [V] = \sqrt{3} \times I \times (R_{20} \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad [1]$$

^[1] **HD** : CENELEC Standard.

^[2] **XLPE** : Polyéthylène réticulé.

^[3] **PVC** : Chlorure de polyvinyle.

Où :

- I : Courant nominal de l'installation.
- R_{20} : Résistance du câble à **20 °C**.
- $X^{[4]}$: Réactance inductive du câble :
- φ : Déphasage de l'installation.

D'autre part :

$$\Delta U [\%] = (\Delta U [V] / U) \times 100 \quad [2]$$

Où **U** est la tension nominale de l'installation.

1.4. EFFORT THERMIQUE EN COURT-CIRCUIT

La section minimale du câble capable de supporter les efforts thermiques de court-circuit est calculée par l'équation :

$$S = I''_{K3} \times \sqrt{t/K} \quad [3]$$

Où :

- I''_{K3} : courant de court-circuit triphasé [A]
- t : durée du défaut [s]
- K est un facteur dépendant du matériau des conducteurs et de l'isolant (Tableau 1).

Conducteur	Isolation	
	PVC	XLPE
Cuivre	115	135
Aluminium	76	94

Table 1 – Facteur K

2. EXEMPLE – CÂBLE MOYENNE TENSION POUR UN MOTEUR

Considérons un *moteur électrique triphasé* ayant les caractéristiques suivantes :

- Tension nominale : **U = 6 kV**
- Puissance électrique : **$P_{elec} = 1000$ kW**
- Fréquence nominale : **f = 50 Hz**
- Courant de démarrage : **$I_{start} = 4,5 \times I_n$** (I_n : courant nominal du moteur)
- Facteur de puissance en fonctionnement normal : **$\cos\varphi = 0,82$** ^[5]
- Facteur de puissance au démarrage du moteur : **$\cos\varphi = 0,59$** ^[6]
- Courant de court-circuit triphasé : **$I''_{K3} = 12$ kA / 1,2 s**

^[4] $X = \omega L = 2\pi fL$, où ω est la vitesse de rotation du moteur (rad/s), f est la fréquence (Hz) et L est l'inductance (mH).

^[5] $\sin\varphi = 0,57$

^[6] $\sin\varphi_0 = 0,81$

Les **principales caractéristiques** du câble choisi sont (nous désignerons ce câble comme **LXHIV**) :

- Tension nominale : **3,6/6(10) kV**
- **Un seul conducteur en aluminium**
- Isolation : **XLPE**
- Écran métallique
- Gaine extérieure : **PVC**

Les câbles (**un câble par phase**) seront **installés posés à l'air libre**, avec une **disposition**, en trèfle, dans un *chemin de câbles de type échelle* (température de l'air : $\theta_0 = 40\text{ °C}$), où sont également installés **plus de deux circuits avec des câbles monoconducteurs en disposition trèfle** (la distance entre chaque trèfle est égale au diamètre du câble). La longueur de chaque câble pour le moteur est de **$l = 480\text{ m}$** et la **température admissible dans le conducteur, avec le moteur en fonctionnement permanent**, c'est $\theta_p = 90\text{ °C}$.

Dimensionnement au courant permanent admissible

Le courant nominal (I_n) du moteur est :

$$P_{\text{elec}} = \sqrt{3} \times U \times I_n \times \cos \varphi \quad \Leftrightarrow \quad I_n = P_{\text{elec}} / (\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi)$$

$$I_n = 1000 \times 10^3 / (\sqrt{3} \times 6 \times 10^3 \times 0,82) \approx 117\text{ A}$$

Les **facteurs de déclassement** à utiliser sont indiqués dans les Tableaux 2 et 3.

Température de l'air ($\theta_0 - \text{°C}$)	Température admissible dans le conducteur en régime de opération permanent ($\theta_p - \text{°C}$)					
	70	75	80	85	90	95
15	1,17	1,16	1,14	1,13	1,12	1,11
20	1,12	1,11	1,10	1,09	1,08	1,07
25	1,06	1,05	1,05	1,04	1,04	1,04
30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
35	0,94	0,94	0,95	0,95	0,96	0,96
40	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92
45	0,79	0,82	0,84	0,85	0,87	0,88
50	0,71	0,75	0,78	0,80	0,82	0,83

• **$K_1 = 0,91$**

Tableau 2 – Facteur de déclassement pour des températures d'air différentes de 30 °C .

Type d'installation	Nombre de câbles dans un même support physique				
	1	2	3	4	5
Au plafond	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66
En chemins de câbles avec circulation d'air	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75
Sur des supports muraux	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80

• **$K_2 = 0,82$**

Tableau 3 – Facteur de déclassement du nombre de câbles (disposition plate ou en trèfle) installés dans un même support physique.

Permanent allowable current (I_c) is:

$$I_c = I_n / (K1 \times K2) \quad \Leftrightarrow \quad I_c = 117 / (0,91 \times 0,82) \approx 157 \text{ A}$$

La section des conducteurs, conformément au **courant permanent admissible**, pour le câble choisi est indiquée dans le Tableau 4, où sont indiquées les **caractéristiques du câble unipolaire LXHIV 3,6/6(10) kV**.

Section (mm²)	Courant permanent admissible pour un câble posé à l'air libre en tréfle (A)	Résistance au courant alternatif à 90 °C (Ω/km)	Inductance – L (mH/km)
35	154	1,113	0,419
50	184	0,822	0,403
70	230	0,568	0,378
95	280	0,410	0,361
120	324	0,324	0,346
150	368	0,264	0,337
185	424	0,210	0,324
240	502	0,160	0,313
300	577	0,128	0,304
400	673	0,100	0,295

Tableau 4 – Principales caractéristiques du câble unipolaire LXHIV 3,6/6(10) kV.

Compte tenu du *courant permanent admissible*, la **section du câble** sera de :

$$\bullet \text{ s} = 50 \text{ mm}^2$$

Dimensionnement du courant de court-circuit

Selon l'équation [3] et le Tableau 1, la **section de câble** pour *résister aux efforts thermiques de court-circuit* est.

$$\text{s} = 12.000 \times \sqrt{1,2} / 94 \approx 140 \text{ mm}^2$$

Conformément à la *normalisation des sections des fabricants*, pour respecter les **exigences de court-circuit**, il faut choisir une section de **150 mm²**.

Et, bien sûr :

$$150 \text{ mm}^2 > 50 \text{ mm}^2$$

Dimensionnement de la chute de tension

Pour un moteur, une **chute de tension** en fonctionnement normal de **5%** est considérée comme le **maximum acceptable**.

Compte tenu du *calcul effectué ci-dessus*, le **contrôle de la section à la chute de tension** sera effectué pour **s = 150 mm²**.

D'après les équations [1] et [2] et le Tableau 4, on obtient les valeurs suivantes :

a) *Chute de tension en fonctionnement normal*

$$\Delta U [\text{V}] = \sqrt{3} \times 117 \times (0,264 \times 0,48 \times 0,82 + 2 \times \pi \times 50 \times 0,337 \times 10^{-3} \times 0,48 \times 0,57) \approx 27 \text{ V}$$

$$\Delta U [\%] = 27/6000 \times 100 \approx 0,45\% \ll 5\%$$

b) Chute de tension lors du démarrage du moteur

$$\Delta U [V] = \sqrt{3} \times 117 \times 4,5 \times (0,264 \times 0,48 \times 0,59 + 2 \times \pi \times 50 \times 0,337 \times 10^{-3} \times 0,48 \times 0,81) \approx 106 \text{ V}$$

$$\Delta U [\%] = 106/6000 \times 100 \approx 1,77\% \ll 10\%$$

Avec les valeurs obtenues, **il est possible d'affirmer** que la section calculée pour les efforts thermiques de court-circuit ($s = 150 \text{ mm}^2$) répond aux exigences de chute de tension.

CONTACT

- **Murielle SAMBA**

Responsable Marketing | Voltimum France

murielle.samba@voltimum.com

- **Henrique FONT**

Responsable Régional Marketing

henrique.font@voltimum.com

- **Nathon WOODHEAD**

Responsable des Ventes | Voltimum UK | IR | FR

nathon.woodhead@voltimum.com

voltimum

[Voltimum - Le portail de l'industrie électrique](#)