BRUGG CABLES
Well connected.

Terna
Energy
Solutions

Basse tension jusqu' à 1 kV

Table des matières

Câbles BT 3

Informations générales 5
Câbles de réseau basse tension 5

Informations générales 6
Protection pour les câbles contre l'incendie 6
Dimensions des câbles 8
Transport et pose 20
Examens 28
Constante des matériaux 29
Unités SI 30
Accessoires BT/MT 33

Câbles Energie BT, Cu 35
GKN unipolaire BT isolation polymère 1/0.6kV 35
GKN quadripolaire BT isolation polymère 1/0.6kV 36

Câbles Energie BT, Al 37
GKN unipolaire Alrm BT isolation polymère 1/0.6kV 37
GKN quadripolaire Alrm BT isolation polymère 1/0.6kV 38
GKN quadripolaire Alse BT isolation polymère 1/0.6kV 39

Câbles de transformateurs flexible 40
PURWIL Trafo-Cable, gainé (TN-C) 40
PURWIL Trafo-Cable, bandé (TN-C) 41
Toron-G EPR 4x1 (TN-C), torsadé 42
PURWIL, unipolaire 43

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions

Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

Câbles BT

Câbles de réseau basse tension

Informations générales
Ils servent principalement à la transmission d'énergie électrique dans des réseaux basse tension et sont installés en Suisse à 90 % dans des tuyaux en matière plastique. Leurs tensions d'utilisation se situent entre 50 V et 1000 V. La production standard comporte des versions avec 1 et 4 conducteurs. Le câble type Céander, avec le conducteur PEN en forme d'écran concentrique, est reconnaissable grâce à ses deux bandes longitudinales jaunes.

Construction du câble et matériaux
Le conducteur du câble polymère est constitué de cuivre ou d'aluminium. Un conducteur rond à un seul brin est employé jusqu'à 10 mm² et des conducteurs ronds à plusieurs brins dès 16 mm². Dans le cas des câbles à 4 conducteurs, on utilise aussi, pour des sections de 95 mm² et plus, des conducteurs sectoriels massifs en aluminium (150 Alse et 240 Alse).
L'isolation des conducteurs se compose essentiellement d'EPR réticulé.
Les câbles de réseau sont équipés de manière réglementaire d'une armure metallique, ainsi une protection des personnes.
Dans le cas du câble Ceander, l'armure est remplacée par le conducteur PEN concentrique. Elle est composée d'une couche de fils ronds en cuivre, qui sont disposés concentriquement autour des trois pôles. Les fils ronds en cuivre sont appliqués en forme de lignes sinusoïdales, reliés entre eux électriquement par une bande de cuivre et protégés de la corrosion par une gaine extérieure.

Normes
En Suisse, les câbles de distribution à basse tension doivent correspondre aux règles HD 603 de CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique) et au règles de electrosuisse (SEV Association pour l'électrotechnique, les technologies de l'énergie et de l'information).

Désignations abrégées concernant les câbles de distribution à basse tension
Afin de faciliter l'utilisation des différents types et modèles de câbles, des désignations abrégées ont été introduites pour la construction des câbles.

Isolation des conducteurs

G	caoutchouc réticulé (EPR), sans halogène
X	polyéthylène réticulé (XLPE), sans halogène

Ecran

K	(conducteur extérieur) écran concentrique (conducteur PEN) pour câble Ceander

Gaine extérieure

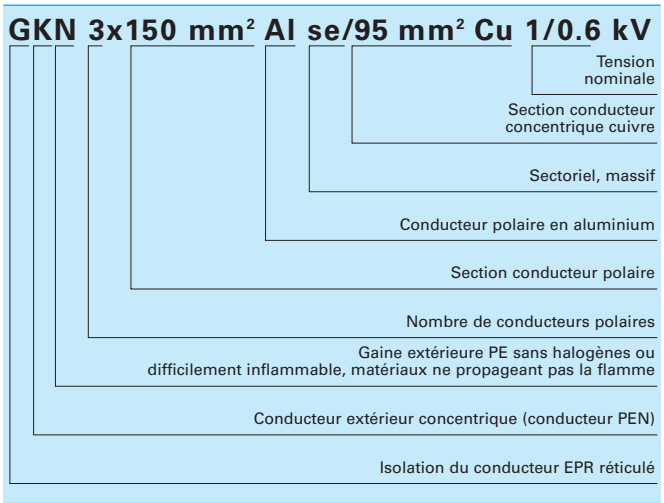
N	Polyéthylène sans halogène ou matériau difficilement inflammable, sans halogène et auto-extinguible

Nombre de conducteurs, sections, matériau et construction
Le type de câble est suivi de données concernant le nombre, la section, le matériau (dans le cas d'aluminium suit l'abréviation Al) et la construction du conducteur. Si le câble est muni d'un écran concentrique (conducteur PEN), cette section est indiquée après un trait oblique.

Abréviations complémentaires

mm²	section du conducteur en millimètres carrés
rm	conducteur rond, multibrins (exécution standard, donnée pas nécessaire)
re	conducteur circulaire, monobrin
se	conducteur sectoriel, massif
Cu	conducteur en cuivre (exécution standard, donnée pas nécessaire)
Al	conducteur en aluminium
kV	tension nominale en kV

Exemples
Câble de réseau quadripolaire à isolation polymère basse tension (câble Ceander)



Types particuliers
Sur demande, des types spéciaux de câbles sont également construits et produits selon les souhaits du client.

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

Protection pour les câbles contre l'incendie

Introduction

La nouvelle ordonnance sur les produits de construction (CPR - Construction Products Regulation No 305/2011) porte également sur le comportement au feu des équipements de câblage. Cette ordonnance, intégrée dans la loi suisse sur les produits de construction, est entrée en vigueur en octobre 2014. A partir du 1er juillet 2017, les produits de construction (selon la norme technique harmonisée) ne pourront plus être commercialisés sans déclaration des performances. Les câbles optiques et électriques installés de manière fixe sont désormais considérés comme des produits de construction et sont par conséquent soumis à cette ordonnance.

La nouvelle ordonnance sur les produits de construction doit fournir des informations cohérentes sur les produits de construction, y compris une classification cohérente. Cette tâche sera réalisée par le biais d'un "langage technique commun pour l'Europe". Des processus cohérents pour l'évaluation des performances ont été spécifiés dans les normes harmonisées. En collaboration avec electrosuisse et d'autres fabricants de câbles, Brugg Cables a élaboré une recommandation pour le marché suisse.

Spécifications de l'essai incendie

Les critères de classification, tels que le dégagement de chaleur, la propagation de flammes, de l'incendie et de la fumée, la formation de gouttes incandescentes ou encore l'acidité des gaz de fumées, sont déterminés sur base de tests normalisés.

Les essais sur les câbles sont exécutés par des organismes notifiés (organismes de certification et laboratoires de contrôle). Ces organismes certifient l'établissement de la déclaration des performances par les acteurs économiques (fabricants, importateurs, revendeurs, etc.).

Applications nécessitant une protection incendie

Tous les câbles installés durablement dans des ouvrages sont soumis à l'ordonnance sur les produits de construction. Par «ouvrages», on entend ici les bâtiments, tels que des maisons, des bâtiments commerciaux, des abris de jardin, des ponts et des routes, ainsi que des ouvrages de génie civil, tels que des tunnels et des lignes de métros, qui sont soumis aux prescriptions de sécurité en cas d'incendie, notamment l'obligation de limiter la survenue et la propagation d'un incendie.
Certaines installations spécifiques, comme les ascenseurs, les escalators, les installations de production selon l'ordonnance sur les machines, les téléphériques, les installations de production d'énergie alternatives en plein air et les installations temporaires, ne sont pas concernées par l'ordonnance sur les produits de construction.
A l'heure actuelle, les câbles avec maintien de fonction intégré ne sont pas concernés par l'évaluation du comportement au feu selon la norme EN 50575 de l'ordonnance sur les produits de construction.
Les câbles secteurs éprouvés, par exemple les câbles GKN et XKDT de Brugg Cables, peuvent continuer à être utilisés pour des applications qui ne concernent pas les ouvrages susmentionnés. Et, grâce à leurs excellentes propriétés mécaniques et électriques il est même conseillé de privilégier ces câbles.

Organes compétents pour la mise en œuvre de l'ordonnance sur les produits de construction en Suisse

Norme sur les installations à basse tension NIBT

La norme NIBT 2015 classe les locaux en quatre niveaux, de BD1 à BD4, selon les possibilités d'évacuation, les issues de secours et le nombre de personnes. La classe Eca est prescrite comme exigence minimale. Pour les niveaux BD2 à BD4, la norme NIBT impose l'utilisation de câbles ignifugés et à propagation retardée de fumées et de gaz toxiques.

Association des établissements cantonaux d'assurance incendie (AEAI)

L'AEAI définit dans ses directives des groupes de comportement au feu et un comportement critique. Un câble présente un comportement critique dans le sens des directives de l'AEAI lorsque la vitesse de déclenchement de l'incendie, la propagation de fumées, la formation de gouttes incandescentes ou encore l'acidité dépasse les valeurs limites correspondantes. Pour les voies et issues de secours, il est interdit d'installer des câbles ayant un comportement critique.

Conférence de coordination des services de la construction et des immeubles des maîtres d'ouvrage publics (KBOB)

Sous réserve de modification

Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

20260911-1

Les recommandations de la KBOB en tant que guide destiné aux maîtres d'ouvrage publics n'établissent pas de différences sur base des issues de secours, mais bien sur base des constructions et installations présentant un danger accru pour les personnes, de la protection des biens et/ou de la sécurité d'alimentation.
Pour les exigences élevées, il convient de satisfaire à la classe de feu C_{ca}-s1,d1,a1. Pour les exigences générales, il convient de satisfaire à la classe de feu D_{ca}-s2,d2,a2.

Déclaration des performances

Le classement des câbles et l'absence de composants dangereux sont consignés dans une déclaration des performances et mis à disposition par le responsable de la commercialisation du câble.
Un étiquetage sur l'emballage (enrouleur de câbles) reprenant les données importantes de la déclaration des performances est également prévu.

Classes d'incendie

Différentes classes de performance, désignées sous le terme "classes de feu" relatives au comportement au feu des câbles électriques, ont été définies dans l'ordonnance sur les produits de construction.

Dans le cas où le câble est commercialisé en tant que produit de construction, le marquage est effectué conformément à l'ordonnance sur les produits de construction. Étant donné que la Suisse n'est pas membre de l'UE, le marquage CE n'est pas obligatoire pour les produits commercialisés en Suisse. Brugg Cables exporte toutefois une partie de sa production de câbles électriques, de données et de communication dans l'Espace économique européen et un marquage CE est par conséquent appliqué sur ces produits.

Des formations sur ce sujet sont proposées par la Brugg Cables Academy.

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

Dimensions des câbles

1. Introduction

Avant leur commercialisation, les câbles et les accessoires doivent avoir passé avec succès les essais de type et les essais de longue durée selon les normes nationales et internationales:

– câbles de réseau à basse tension selon HD 603 S1, Part 7, section E et Part 8, section B

– câble de réseau à moyenne tension selon HD 620 S2, Part 10, 11, section N

Brugg Cables possède une longue expérience dans la technique des matériaux ainsi que dans les tests électriques et mécaniques pour le développement des produits, la production, la pose, le montage et la mise en service. L'assurance de qualité selon les normes ISO 9001 et 14001 garantit de plus des procédés de développement et de production fiables. Toutes ces sécurités garantissent que, durant leur durée d'utilisation de 30 à 40 ans, les systèmes de câbles remplissent sans problème leurs tâches électriques, en transportant l'énergie, de la production jusque chez le consommateur.

Brugg Cables produit des câbles et des accessoires pour une utilisation de 1 kV à 500 kV; cette partie du catalogue pour basse et moyenne tension se focalise sur les tensions jusqu'à 30 kV. Pour des cas spéciaux, nos ingénieurs sont à disposition avec leurs programmes de calculs spécifiques. Avec les données de type de pose, de puissance à transporter, de tension, de courant de court-circuit, de système d'écran et de type d'installation, on peut calculer avec une précision suffisante la charge électrique, les chutes de tension, les pertes, etc.

1.1 Durée de vie et fiabilité

Par durée de vie d'une installation de câbles, on entend sa durée d'utilisation. Les composants sont installés pour leur durée d'utilisation totale. La durée de vie peut être influencée de façon négative par une surtension passagère, des courts-circuits, des températures trop élevées, des sollicitations mécaniques, de même que par un affaissement du sol, l'eau et l'humidité, des influences chimiques ainsi que des rongeurs. La sécurité de l'installation est garantie par le respect des limites thermiques, des courants de courts-circuits de courte durée ainsi que de la tension d'utilisation.

1.2 Pertes et rentabilité

Les pertes et la rentabilité d'une installation de câblage sont intimement liées et difficilement séparables. Les câbles peuvent être utilisés jusqu'aux limites de leurs capacités, c'est dans ce but qu'ils ont été développés et produits. Les conducteurs PEN des réseaux de câbles à basse tension sont mis à la terre des deux côtés, afin de garantir une meilleure sécurité et pour avoir l'assurance d'une mise à la terre multiple dans un réseau mis à la terre. Les écrans de câbles assemblés de moyenne tension jusqu'à 240 mm² ou des câbles unipolaires MT de même section sont préférablement mis à la terre en faisceaux des deux côtés pour des raisons de sécurité de contact. A partir d'une section de 300 mm², afin d'éviter les pertes dues à l'écran, ils sont mis à la terre de façon avantageuse d'un seul côté et protégés du côté ouvert par une gaine parasurtension. De cette façon, on atteint des buts économiques et écologiques positifs. Du point de vue de la rentabilité, il ne faut pas seulement tenir compte du coût des câblages, mais aussi de toute l'installation.

2. Dimensionnement d'installations de basse et moyenne tension

Les calculs de charge électrique sont effectués pour les deux nivaux de tension selon IEC 60287 d'après le type de pose. Les données suivantes sont nécessaires pour le dimensionnement:

– tension nominale et de fonctionnement
– valeur de la tension de choc
– puissance à transporter ou courant nominal
– puissance de court-circuit ou courant de court-circuit avec durée
– type de fonctionnement: charge permanente ou industrielle
– type de pose
– température ambiente
– résistance thermique spécifique du sol

2.1 Résistance électrique de l'âme, capacités, inductances

Les formules et les valeurs tabulées peuvent être trouvées dans les données des produits. Les formules de calcul se trouvent en chiffre 4 et les formules.

2.2 Pertes dans les câbles

Pour les câbles de basse et moyenne tension, on ne doit pratiquement tenir compte que des pertes ohmiques et d'écran. Les pertes diélectriques sont très faibles comparées aux pertes ohmiques. Les pertes ohmiques sont dépendantes du matériel et de la température. Pour le calcul de $P = I^2 \cdot R$, il faut ajuster la valeur de la résistance du conducteur donné pour 20 °C à celle pour la température d'utilisation T du câble:

$R_T = R_{20} \cdot \{1 + \alpha\,(T - 20\,°C)\}$
α = 0.00393 pour le cuivre
= 0.00403 pour l'aluminium

2.3 Tracé de l'intensité du champ et courant de charge

Les câbles ont une isolation pouvant être considérée comme un condensateur cylindrique homogène. L'isola-

Sous réserve de modification

tion diélectrique d'un câble a un tracé d'intensité de champ selon la figure 1 et dépend de la formule suivante:

$$E_x = \frac{U_0}{r_x \cdot ln\ (r_a/r_i)} \quad [kV/mm]$$

U_0 = tension de phase appliquée [kV]
r_x = rayon au point x [mm]
r_a = rayon extérieur au-dessus de l'isolation [mm]
r_i = rayon au-dessus de la limite intérieure du champ électrique [mm]

Le gradient de potentiel (champ électrique) est maximal à la surface du semi-conducteur intérieur ($r_x = r_i$) et minimal à la surface de l'isolation (sous le semi-conducteur extérieur, $r_x = r_a$).

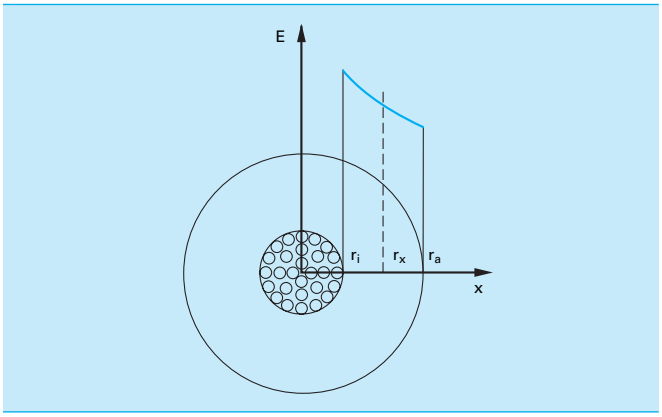


Figure 1: Tracé radial de l'intensité du champ.

2.4 Câbles de réseaux à basse tension

Les câbles de réseaux à basse tension sont utilisés dans deux types de réseaux:

– Réseaux BT avec protection par mise à la terre
– Réseaux BT avec mise au neutre

Des types de câbles différents sont employés préférablement dans chaque système:
– Dans des réseaux avec protection par mise à la terre: câble quadripolaire type 3LPE avec armure légère à forte. Le conducteur PE isolé sert de conducteur neutre, l'armure de conducteur de protection, en commun avec un système de conduction d'eau connecté électriquement.
– Dans des réseaux avec protection par mise à la terre multiple: câble quadripolaire type 3L avec un conducteur extérieur concentrique, type Ceander. Le conducteur extérieur sert de conducteur PEN entre les prises de terre des bâtiments.
– La protection par mise à la terre est en grande partie relayée par la protection par mise au neutre à cause de l'interruption électrique du système de conduction d'eau.
– Des câbles quadripolaires avec armure peuvent être utilisés sans problème dans un réseau à mise à la terre multiple en connectant le conducteur neutre à l'armure.
– La situation est plus avantageuse avec les câbles Ceander dans un réseau à protection par mise à la terre: le conducteur extérieur concentrique ne doit être utilisé qu'en conducteur PEN.

2.5 Câble de réseau à moyenne tension

Les câbles à moyenne tension sont munis d'un écran métallique qui doit être mis à la terre. Lors de l'utilisation se produisent des pertes dues à l'écran par:

– des courants magnétiques
– des courants parasites
– des courants d'écran compensateurs à la suite de tensions d'écran longitudinales induites

Les écrans des câbles à moyenne tension sont normalement mis à la terre des deux côtés. Par la tension d'écran longitudinale induite UiS, un courant d'écran Is circule aux deux mises à la terre de l'écran, créant ainsi les pertes d'écran. Le courant d'écran se calcule par:

$$I_S = \frac{U_{iS}}{Z_S}$$

Z_S est l'impédance d'écran qui se calcule par la formule suivante:

$$Z_S = \sqrt{R_S^2 + X_S^2}$$

La résistance d'écran peut être calculée à partir de la géométrie et de la conductivité du matériel de l'écran. La réactance d'écran X_S pour des câbles posés en triangle est:

$$X_S = 1.26 \cdot 10^{-3} \cdot f \cdot ln\ (\frac{2s}{d_S}) \quad [\Omega/km]$$

f = fréquence
s = distance à l'axe [mm]
d_S = diamètre moyen de l'écran [mm]

La tension d'écran est:

$$U_S = Z_S \cdot I \cdot L \quad [V]$$

I = courant du conducteur [A]
L = longueur du câble [km]

Les pertes d'écran se calculent avec la formule:

$$P_S = I_S^2 \cdot R_S$$

Une vue d'ensemble des pertes de fonctionnement est donnée dans les chapitres suivants.

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

2.6 Câbles triphasés assemblés ou câbles unipolaires en faisceaux avec écran en fils de cuivre

Comparé aux pertes totales, ces câbles n'ont, jusqu'à une section conductrice de 240 mm² avec mise à la terre des deux côtés, que de faibles pertes par écran. A partir de 300 mm², on n'utilise pratiquement plus que des câbles unipolaires, devant être posés soit en triangle soit en nappe. Lors d'une mise à terre des deux côtés de l'écran, les pertes d'écran de ces câbles à grosse section dépassent la limite de 5 % par rapport aux pertes totales. Pour ce type de câbles, une mise à la terre d'un seul côté de l'écran est conseillée, afin de réduire les pertes. La pose à distance de câbles unipolaires accompagnée de la mise à la terre des deux côtés de l'écran est fortement déconseillée, car cela peut mener à des pertes par écran de 20 à 40 % des pertes totales. Des écrans métalliques, des jonctions ou des extrémités de câbles libres doivent être isolés de façon adéquate lors de la mise à terre de l'écran d'un seul côté et doivent être équipés de gaines parasurtension, afin de les protéger contre des surtensions de commutation ou atmosphériques. Le désavantage d'une mise à la terre d'un seul côté est l'augmentation de l'impédance neutre qui peut être maintenue basse par l'ajout d'une bande de mise à la terre supplémentaire.

3. Bases pour les calculs

3.1 Types d'utilisation des câbles

Charge continue

Lors d'une charge continue, la charge est maintenue à une valeur constante toute la journée et toute l'année et ainsi un courant constant circule dans le câble. Ce type de charge est peu utilisé dans les réseaux à basse et moyenne tension. Le plus souvent, ce type de charge est utilisé dans des installations de production et des sous-stations.

Charge industrielle

Dans des réseaux de distribution, la charge est généralement dépendante du temps. Pour l'aménagement d'une installation de câblage, il est avantageux de connaître la courbe de charge sur 24 h. Avec celle-ci, on peut déterminer le facteur de charge (Angl.: load factor, All.: Belastungsgrad) comme le rapport à la charge maximale. Avec une tension de réseau constante, le courant varie. Le facteur de charge peut être calculé avec une intégration linéaire:

$$BG = \frac{1}{24h \cdot I_{max}} \cdot \int_0^{24h} I(t) \cdot dt$$

Pour le calcul de charge de câbles enterrés, le facteur d'utilisation est significatif. Ce facteur prend en considération l'inertie de l'évacuation de la chaleur dans le sol. On le calcule à partir de l'intégrale quadratique (Angl.: loss factor, All.: Verlustleistungsfaktor).

$$LF = \frac{1}{24h \cdot I_{max}} \cdot \int_0^{24h} I^2(t) \cdot dt$$

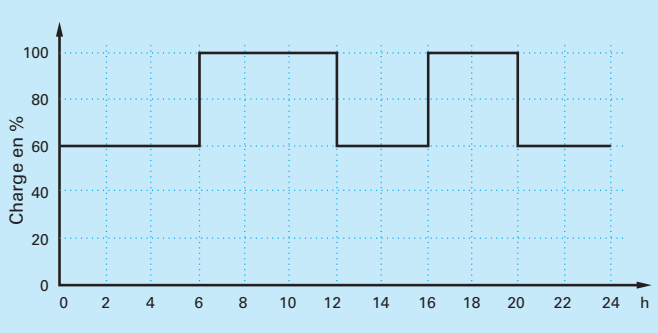


Figure 2: Courbe de charge journalière pour charge industrielle, i.e. 10 h à 100 % et 14 h à 60 % courant nominal.

3.2 Températures limites

Les valeurs maximales des températures des conducteurs dépendent du matériel isolant utilisé et de la durée de vie désirée.

Câble à basse tension et câble à moyenne tension	Températures permises des conducteurs		
	Service de longue durée °C *	Régime de secours °C **	Cas de court-circuit °C ***
Polyéthylène XLPE réticulé et EPR réticulé (Ethylène-Propylène-Rubber)	90	110	250

* Température de transition permanente au sol (surface du câble, tube, bloc de tubes): 50 °C

** Régime de secours durant 6 à 8 h par jour et au maximum 100 h par année

*** Températures limites selon IEC 60986 et HD 620 S2: jusqu'à 5 s

3.3 Détermination des courts-circuits autorisés

La durée du court-circuit est composée des temps de déclenchement propre au disjoncteur de protection et du relais. Le courant de court-circuit est calculé à partir des données du réseau suivantes:

$$I_{CC} = \frac{S_{CC}}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

I_{CC} = courant de court-circuit
S_{CC} = puissance de court-circuit
U_n = tension nominale composée

Sous réserve de modification

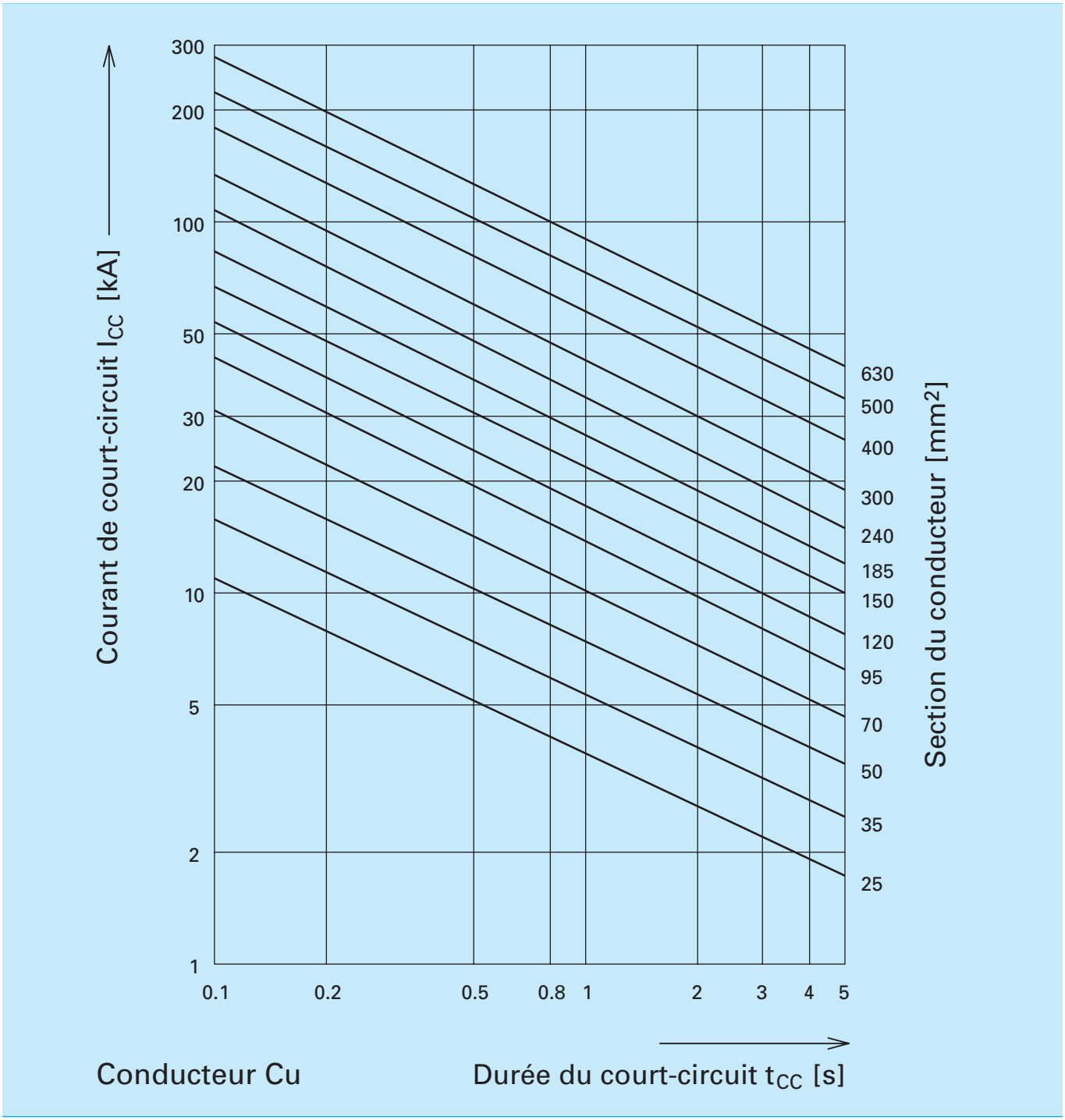


Figure 3: Détermination des courants de courts-circuits autorisés pour les conducteurs en cuivre.

Température permanente du conducteur au début du court-circuit: 90 °C
Température autorisée à la fin du court-circuit: 250 °C

On atteint la limite de la contrainte dynamique lors de courants de court-circuit >40 kA. Pour des courants de court-circuit plus importants, il faut utiliser des brides de fixation et des attaches pour câbles selon les indications calculées.

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

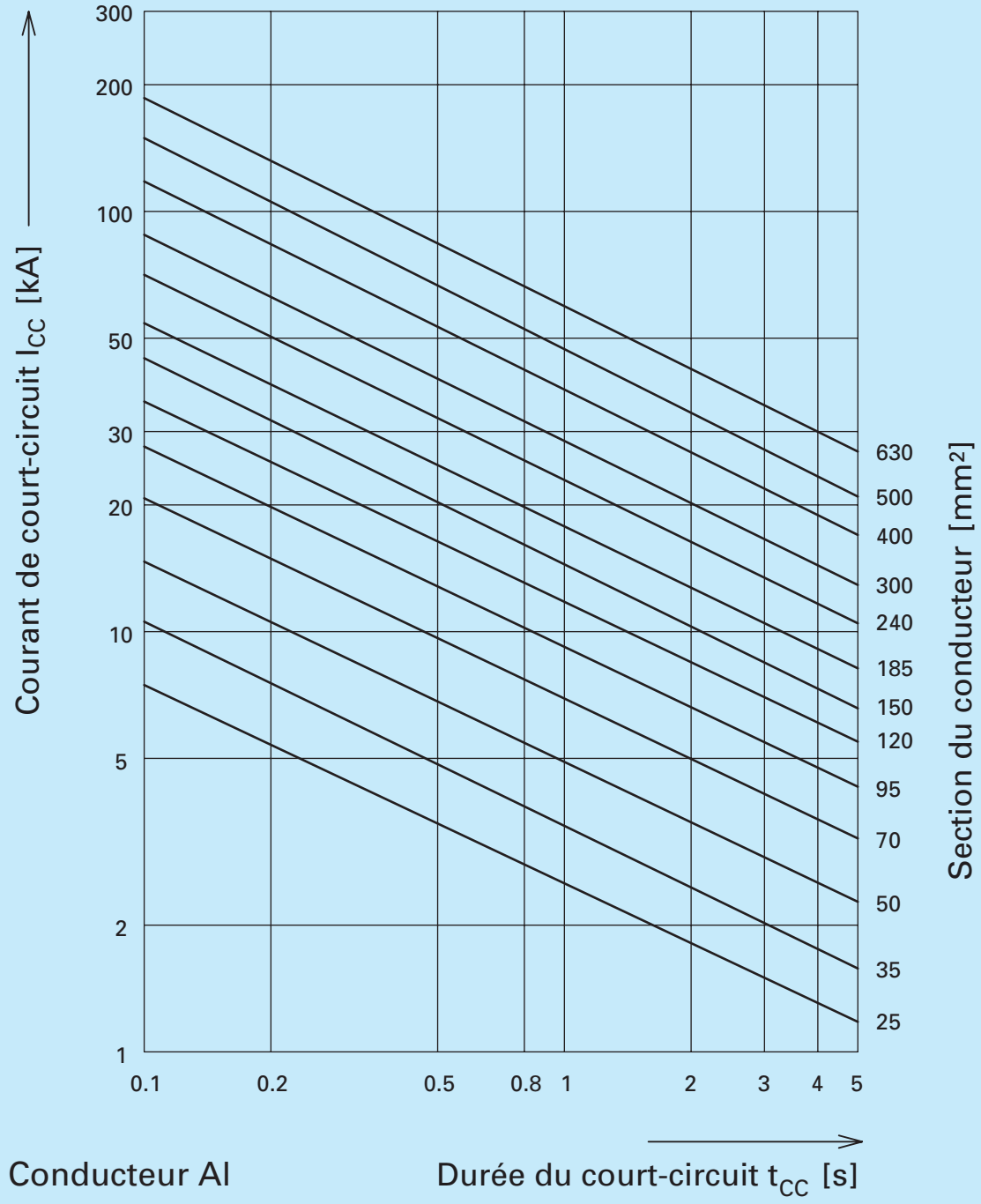


Figure 4: Détermination des courants de courts-circuits autorisés pour les conducteurs en aluminium.

Température permanente du conducteur au début du court-circuit: 90 °C
Température autorisée à la fin du court-circuit: 250 °C

On atteint la limite de la contrainte dynamique lors de courants de court-circuit >40 kA. Pour des courants de court-circuit plus importants il faut utiliser des brides de fixation et des attaches pour câbles selon les indications calculées.

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

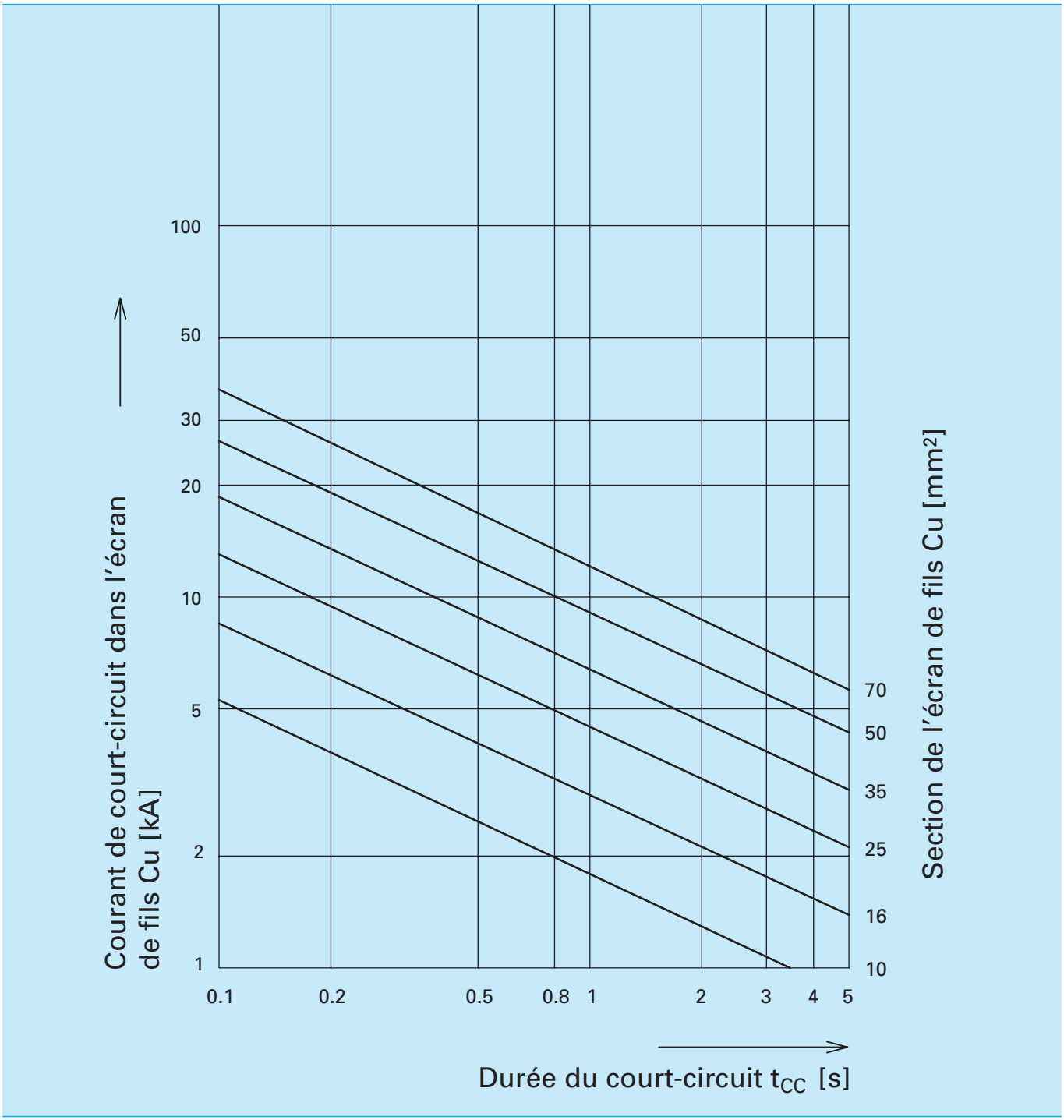


Figure 5: Courants de courts-circuits autorisés dans les écrans de fils de cuivre ronds.

Température permanente de l'écran au début du court-circuit: 50 °C
Température d'écran autorisée à la fin du court-circuit: 250 °C

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

3.4 Contrainte dynamique des câbles

La contrainte dynamique des câbles peut se calculer à partir du courant maximal asymétrique de court-circuit.

$$I_S = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{CC}$$

I_S = courant maximal asymétrique de court-circuit [A]
k = facteur de choc (simplifié 1.8)
I_{CC} = courant de court-circuit [A]

La force dynamique, qu'un ruban enroulé a à supporter est de:

$$F_B' = \beta \cdot \frac{\mu_0 \cdot I_S^2}{2\pi \cdot s} \quad [N/m]$$

F_B' = contrainte radiale [N/m]
β = facteur d'ordre pour
pose en nappe $\beta = 0.404$
pose en triangle $\beta = 0.5$
μ_0 = constante d'induction = $4\pi \cdot 10^{-7}$ [N/A²]
s = distance entre les axes des conducteurs [m]

ou simplifié avec k = 1.8:

$$F_B' = 1.3 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\beta \cdot I_{CC}^2}{s} \quad [N/m]$$

On atteint la limite de la contrainte dynamique lors de courants de court-circuit supérieurs à 40 kA. Les câbles multipolaires assemblés supportent les forces de court-circuit essentiellement sans dommages. Les câbles monophasés et les extrémités des conducteurs séparés des câbles multipolaires doivent être fixés à courts intervalles par des brides et des attaches à câbles. Brugg Cables possède les programmes de calcul nécessaires.

3.5 Pose des câbles dans le sol

Un câble posé dans le sol ne peut évacuer la chaleur due aux pertes que grâce à son environnement. La résistance thermique spécifique du sol ρ_E a une importance majeure pour l'évacuation thermique. Ce sont la densité et le taux d'humidité du sol environnant qui déterminent cette valeur ρ_E. La résistance thermique spécifique du sol varie fortement selon son taux d'humidité. Dans un état sec, cette valeur est environ le double de la valeur que dans un état humide. La résistance thermique diminue avec l'augmentation de la densité du sol.

Dans un environnement non perturbé, la majorité des sols possèdent une résistance thermique spécifique de 0.6–0.8 K · m/W. En tenant compte de la dépendance entre température et humidité, la valeur limite ρ_E = 1 K · m/W est bien choisie. Cette valeur correspond aux normes IEC 60287.

Le béton a une résistance thermique spécifique basse et est relativement peu dépendant de l'humidité. La surface de contact au sol est agrandie par un bloc de tubes en béton, ce qui améliore l'évacuation de la chaleur.

3.6 Conditions pour le calcul de limite de charge

Pose dans le sol, directement dans la terre ou dans des tubes

Calcul pour un système de câblage

– Service de longue durée	24 h 100 %
Facteur de charge	BG = 1
Facteur de perte	LF = 1
– Charge industrielle	10 h 100 %, 14 h 60 %
Facteur de charge	BG = 0.767
Facteur de perte	LF = 0.627
– Température du conducteur	60 °C, 90 °C
– Profondeur de pose	1 m
– Température du sol	20 °C
– Résistance thermique spécifique du sol	1 K · m/W

Pose à l'air libre

Calcul pour un système de câblage

– Service de longue durée	24 h 100 %
Facteur d'utilisation	LF = 1
– Température du conducteur	60 °C, 90 °C
– Température de l'air	30 °C

3.7 Détermination de la section

La section du conducteur peut être déterminée comme suit:

1. Calcul du courant de fonctionnement à partir de la puissance à transporter:

$$I_B = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

I_B = courant de fonctionnement [A]
S = puissance à transporter [kVA]
U = tension du réseau composée [kV]

2. Déterminer le type de pose (dans le sol, dans des tubes ou directement dans la terre, à l'air libre).
3. Déterminer le type de mise à la terre de l'écran.
4. Pour des variantes à des conditions normales: tenir compte des facteurs de correction selon le chapitre 4.
5. Déterminer la section du conducteur à partir des tableaux de capacité de charge.
6. Câble de moyenne tension: contrôler la résistance aux courts-circuits de la section choisie des conducteurs et de l'écran métallique. La section est éventuellement à augmenter à cause de la résistance aux courts-circuits.

Calcul du courant de court-circuit à partir de la puissance de court-circuit:

$$I_{CC} = \frac{S_{CC}}{\sqrt{3} \cdot U}$$

I_{CC} = courant de court-circuit [kA]
S_{CC} = puissance du courant de court-circuit alternatif [MVA]
U = tension du réseau composée [kV]

Sous réserve de modification

7. Câble à basse tension: la chute de tension est à calculer pour une section choisie et à comparer aux directives. Selon le résultat, il faut choisir une section plus grande.
8. Détermination de la section du point de vue économique du conducteur selon le chapitre 5.

4. Tableaux et facteurs de corrections

4.1 Résistances de conducteurs maximales pour courant continu selon IEC 60288 à une température de conducteur de 20 °C

Section du conducteur mm²	Cuivre Ω/km	Aluminium Ω/km
1.5	12.10	—
2.5	7.41	—
4	4.61	—
6	3.08	—
10	1.83	3.08
16	1.15	1.91
25	0.727	1.20
35	0.524	0.868
50	0.387	0.641
70	0.268	0.443
95	0.193	0.320
120	0.153	0.253
150	0.124	0.206
185	0.0991	0.164
240	0.0754	0.125
300	0.0601	0.100
400	0.0470	0.0778
500	0.0366	0.0605
630	0.0283	0.0469
800	0.0221	0.0367

4.2 Facteurs de correction de la résistance maximale du conducteur sous courant continu à des températures supérieures à 20 °C

Température du conducteur °C	Facteur $1 + (\alpha_{20} \cdot \Delta\vartheta)$	
	Cuivre	Aluminium
20	1.000	1.000
25	1.020	1.020
30	1.039	1.040
35	1.059	1.060
40	1.079	1.081
45	1.098	1.101
50	1.118	1.121
55	1.138	1.141
60	1.157	1.161
65	1.177	1.182
70	1.196	1.204
75	1.216	1.225
80	1.236	1.245
85	1.255	1.265
90	1.275	1.285
95	1.293	1.305
100	1.314	1.325

4.3 Facteurs de correction de la charge selon la température ambiante

Pose des câbles dans des tubes en plastique en terre

Température du conducteur °C	Température du sol °C			
	10	20	30	40
60	1.10	1.00	0.91	0.87
75	1.08	1.00	0.92	0.86
90	1.07	1.00	0.93	0.85

Pose des câbles à l'air libre

Température du conducteur °C	Température de l'air °C				
	10	20	30	40	50
60	1.35	1.18	1.00	0.79	0.52
75	1.24	1.12	1.00	0.86	0.71
90	1.18	1.09	1.00	0.90	0.79

Il n'y a pas lieu d'appliquer une réduction pour des câbles posés en parallèle à l'air libre (circulation d'air libre), avec un écart entre les câbles > 0.75 x diamètre du câble.

4.4 Facteurs de correction de la charge pour pose en parallèle

Câbles à moyenne tension tripolaires, posés en parallèle dans tubes en plastique, écart entre axes 25 cm

XKDT-Y 3x1x...	Section 25-70 mm²	Section 95-240 mm²
◎◎	0.90	0.85
◎◎◎	0.78	0.75
◎◎◎◎	0.72	0.70

4.5 Facteurs de correction de la charge selon la résistance thermique spécifique du sol

Pose des câbles dans des tubes en plastique en terre

Section	Résistance thermique spécifique du sol (K·m/W)						
mm²	0.7	1.0	1.2	1.5	2.0	2.5	3.0
25 à 95	1.13	1.00	0.94	0.84	0.75	0.68	0.63
120 à 630	1.14	1.00	0.93	0.84	0.73	0.66	0.61

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

5. Détermination de la section du point de vue économique

Dans les tableaux de capacité de charge sont données les températures maximales permises de fonctionnement. La capacité de charge du point de vue économique est en général inférieure au courant limite thermique. Pour cette raison, il est en général conseillé d'envisager, pour des raisons de rentabilité, une section de conducteur plus grande. L'expérience a montré que le coût supérieur, pour une section de conducteur supérieure, est amorti en peu d'années grâce aux pertes ohmiques inférieures.

La section de conducteur du point de vue économique augmente avec:

– un prix d'achat de l'électricité plus élevé
– une plus longue durée d'utilisation
– une plus longue période d'amortissement
– des taux d'intérêts à la baisse
– la différence de prix d'avec la section supérieure

La section de conducteur du point de vue économique peut être calculée en fonction du prix du câble et des pertes ohmiques économisées et capitalisées. Les calculs peuvent être réalisés, à la demande, avec les programmes de calcul de Brugg Cables.

6. Chute de tension

La chute de tension occupe un rôle significatif pour le choix de la section de câble, avant tout dans les réseaux à basse tension. La chute de tension a un effet réducteur de charge pour des longueurs de câble au-delà d'environ 250 m. On peut schématiquement le représenter de la façon suivante:

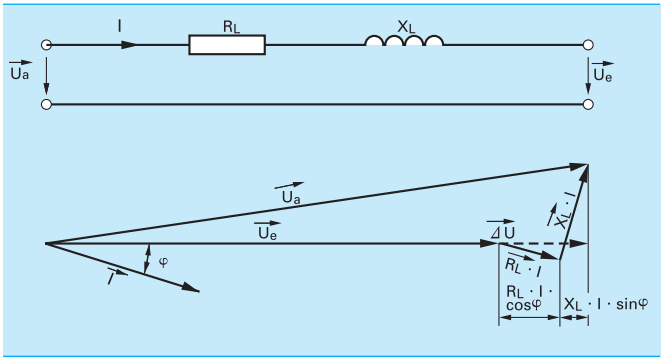


Figure 6: Représentation schématique de la chute de tension.

Dans un réseau d'alimentation bien conçu, la chute de tension entre la sortie secondaire du transformateur de quartier et la boîte de raccordement de la maison devrait être de 3 % au maximum. En effet, le fonctionnement sans problème d'appareils sensibles à la tension tels que radios, téléviseurs, appareils à mémoire programmable, lampes, etc., dépend fortement d'une tension constante. Une différence de 5 à 7 % n'est acceptable que dans des cas d'exception où des efforts considérables pour la connexion ne sont plus rentables, par exemple pour des acheteurs se trouvant à l'écart. La chute de tension supplémentaire due à l'installation intérieure du bâtiment est estimée à 2 % et doit également être prise en considération.

La chute de tension ΔU est donnée en pourcentage de la tension de fonctionnement U. Pour une puissance à transporter P connue, il vaut:

$$\Delta U = \frac{P \cdot L \cdot 100 \cdot (R_w \cdot \cos\varphi + X_L \cdot \sin\varphi)}{U_v^2 \cdot \cos\varphi}$$

ou pour un courant I connu:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot 100 \cdot (R_w \cdot \cos\varphi + X_L \cdot \sin\varphi)}{U_v \cdot \cos\varphi}$$

P = puissance à transporter
L = longueur du tracé [km]
R_w = résistance effective de la ligne [Ω/km]
X_L = résistance d'induction de la ligne [Ω/km]
U_v = tension du réseau composée [V]
ΔU = chute de tension [%]
I = courant [A]
φ = angle de phase de la charge

Formule d'approximation pour l'estimation de la chute de tension:

$$\Delta U = \frac{Z_{60} \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot 100}{U_v}$$

Z_{60} = impédance à 60 °C et 50 Hz [Ω/km]

Valeurs à voir dans les fiches des câbles

La chute de tension est directement proportionnelle au moment de charge P · L. Lors du calcul de la section du conducteur, on peut utiliser pour la tension de fonctionnement U/U_0 = 400/230 V (voir figure 7).

Sous réserve de modification

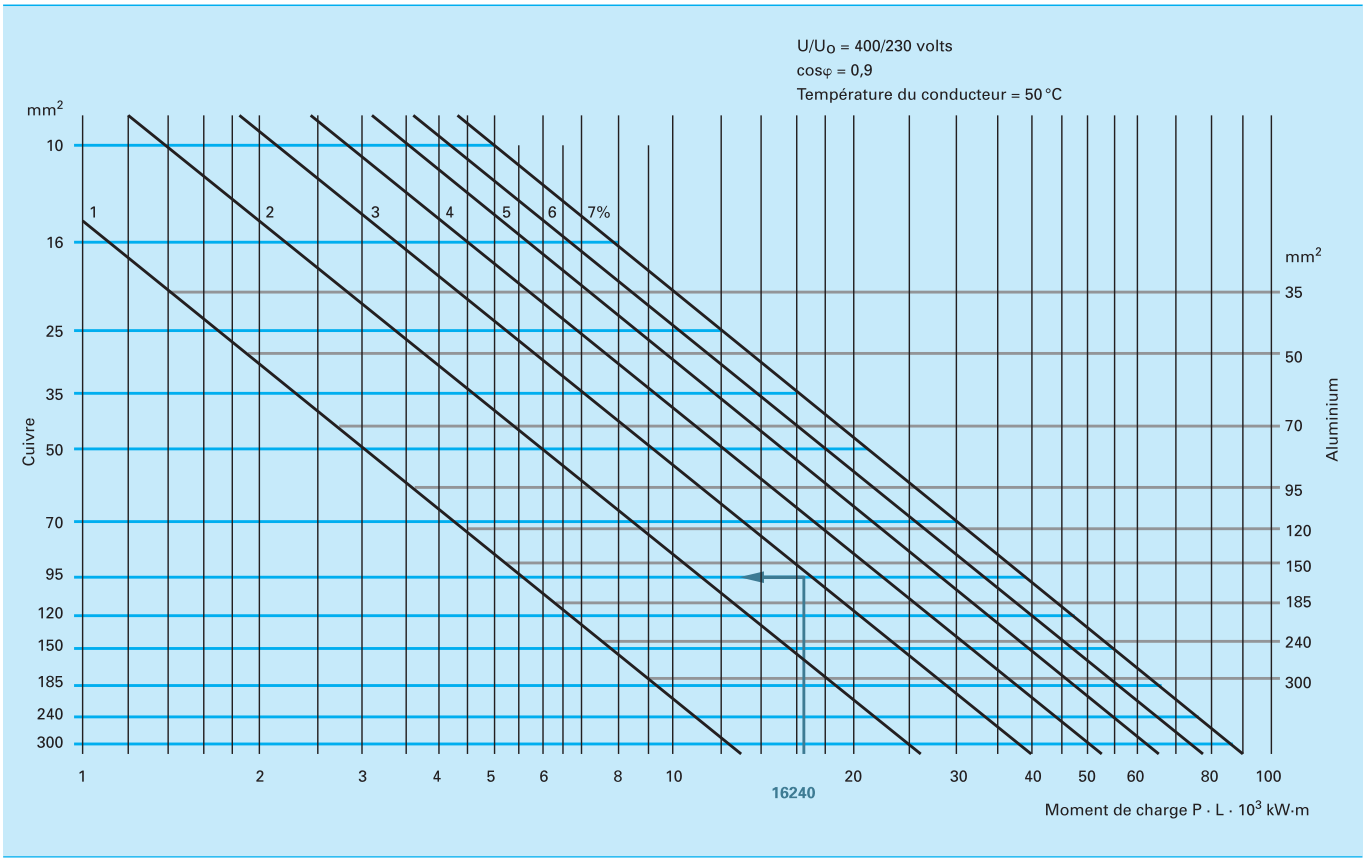


Figure 7: Section du câble en tenant compte de la chute de tension.

Exemple: le cas suivant est donné avec transformateur:

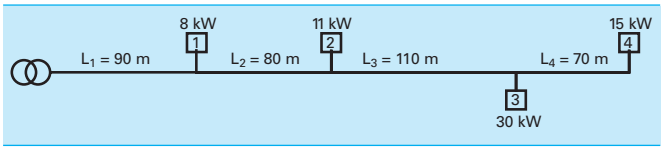


Figure 8: Ligne de basse tension.

Cherché: la section du câble en Cu pour $\Delta U = 3\,\%$

Solution:

1. Calculer les moments de charge

$P_1 \cdot L_1$	= 8 kW · 90 m =	720 kW·m
$P_2 \cdot (L_1 + L_2)$	= 11 kW · 170 m =	1 870 kW·m
$P_3 \cdot (L_1 + L_2 + L_3)$	= 30 kW · 280 m =	8 400 kW·m
$P_4 \cdot (L_1 + L_2 + L_3 + L_4)$	= 15 kW · 350 m =	5 250 kW·m
		16 240 kW·m

2. On peut trouver directement les sections et les valeurs efficaces des chutes de tension à partir du graphique. Dans ce cas:

   Cu = 95 mm² et ΔU environ 3.0 %.

7. Mise à la terre de l'écran des câbles

Si l'écran n'est mis à la terre que d'un côté, il apparaît, dans l'écran, une tension longitudinale induite par le courant du conducteur. Les écrans de câbles de moyenne tension sont normalement mis à la terre des deux côtés pour des raisons de sécurité. Pour cette raison, il existe un courant dans l'écran créé par la tension longitudinale induite de la gaine. Le courant de l'écran est proportionnel au courant du conducteur. Du fait des grandes pertes par écran ou pour des risques de mise sous tension accidentelle, on conseille la mise à la terre d'un seul côté de l'écran pour des sections de câbles supérieures à 240 mm². Afin, tout de même, d'assurer la sécurité, il faut protéger l'extrémité ouverte de chacune des phases par une parasurtenseur et munir toute l'installation d'un panneau d'avertissement. Le principe de la mise à la terre d'un seul côté est visible sur la figure 9.

Il faut considérer les écrans de câbles et les extrémités des câbles comme étant sous tension. L'installation de parasurtenseur dépend du courant de court-circuit et du genre d'aménagement.

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

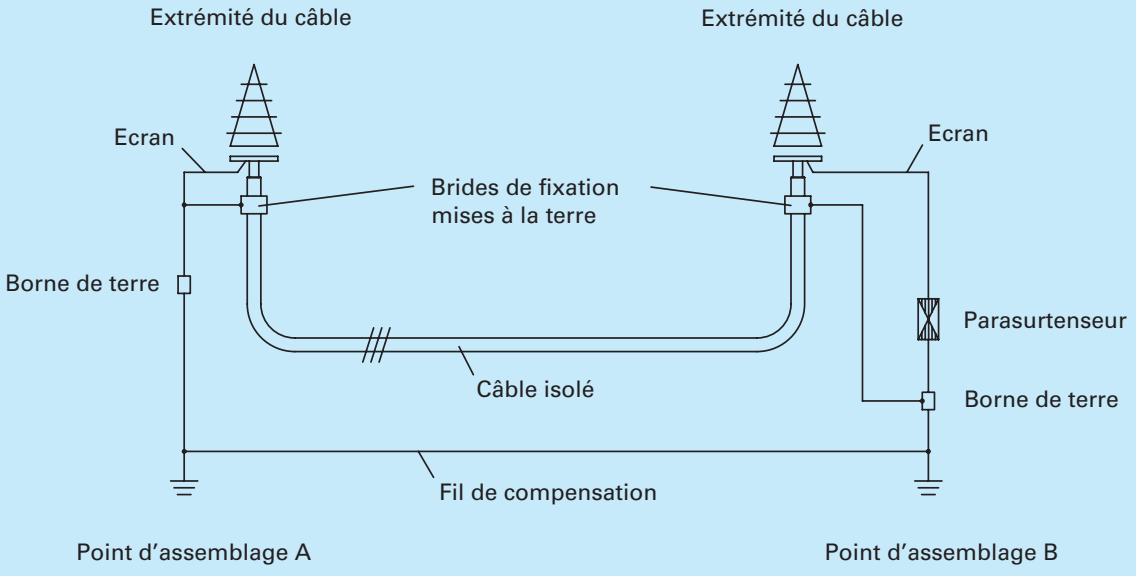


Figure 9: Principe de la mise à terre d'un seul côté de l'écran.

8. Plusieurs câbles par phase branchés en parallèle. Distribution du courant dans le système triphasé

Le branchement en parallèle de câbles s'impose surtout dans la basse tension lorsqu'il faut transporter des courants importants. Ceci compte également pour la moyenne tension lorsque d'importants courants entrent en jeu. La description suivante se rapporte au cas d'un système à basse tension tripolaire avec conducteur neutre.

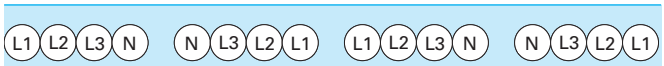
Un câble tri- ou quadripolaire avec un torsadage régulier représente un système parfait, symétrique avec des réactances de phases équilibrées. Par le choix de sections et de longueurs de pose égales, on atteint une très bonne répartition du courant.

Si l'on n'utilise pas de câbles monopolaires torsadés, il est prioritaire de veiller à ce que les inductions des conducteurs en parallèle de chaque phase aient la même grandeur. Cela peut être réalisé par un agencement symétrique des phases par rapport à un point ou à un axe. Chaque conducteur est dans ce cas soumis à la même réaction (induction mutuelle) de la part de tous les autres conducteurs.

On peut normalement atteindre une très bonne symétrie et une très bonne répartition du courant avec deux ou quatre systèmes parallèles (lignes). Pour un système avec trois conducteurs en parallèle, on conseille un agencement en triangle. Il est très important d'organiser chaque ligne d'un système en parallèle selon l'ordonnance L1, L2, L3, N qui est posé avantageusement en contact.

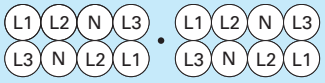
Agencement de câbles monopolaires avec 2 ou 4 systèmes de câbles en parallèle:

en nappe



symétrie axiale

en carré (ou triangle)



symétrie ponctuelle

Figure 12: Agencement de câbles monoppolaires.

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

9. RRNI et compatibilité électromagnétique

RRNI signifie: «règlement de rayonnement non ionisants» Le rayonnement électromagnétique fait partie de ces rayonnements non ionisants.

Les câbles de réseaux de basse et moyenne tension possèdent tous un écran, qu'ils soient mono-, tri- ou quadripolaires. Cet écran est à mettre à la terre au moins d'un côté et pour une meilleure sécurité des deux côtés. Par cette mise à la terre, le potentiel est mis à zéro. Du côté interne de l'écran, le conducteur produit un champ électrique dépendant de sa tension de fonctionnement et à l'extérieur de l'écran le rayonnement électromagnétique est nul. Les câbles sans écran ne présentent pas cet avantage; on rencontre ce genre de câbles dans la basse tension, et alors la tolérance aux ondes électromagnétiques (EMV) doit être jugée spécialement.

Les câbles de basse tension triphasés et quadripolaires de même que les câbles monophasés à basse et moyenne tension enterrés dans un tube ne nécessitent pas de certification NISV. Les faibles écarts entre les trois conducteurs de phase ne produisent que peu de champs électromagnétiques (EMF), ils sont jugés noncritiques.

Rayonnement magnétique

Les rayonnements magnétiques des câbles à moyenne tension sont très rarement importants, i.e. au-delà de 1 µT (1 microtesla). De très forts champs magnétiques peuvent apparaître aux sorties basse tension des transformateurs avec de hauts courants ou à la sortie des barres collectrices. Dans ces cas, il est très important de réaliser un agencement géométrique des câbles monopolaires physiquement correct et techniquement optimal. Il est extrêmement important d'appliquer, dans la pratique, les règles de pose et de montage indiqués dans le sous-chapitre «Distribution du courant dans le système triphasé». L'expérience a aussi montré que quatre câbles monophasés L1, L2, L3 et N assemblés en un câble quadripolaire symétrique, produisent les plus faibles déviations en ce qui concerne la repartition d'électricité des conducteurs de phase enclenchés parallelement.

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

Transport et pose

1. Introduction

La sécurité de fonctionnement d'une installation de câblage dépend fortement, en plus de la qualité des câbles, d'une pose et d'un montage soigné. Chaque câble est produit avec soin et consciencieusement, contrôlé scrupuleusement après chaque phase de production et soumis en usine à un test final rigoureux. Les documents suivants présentent les points les plus importants à observer lors du transport et de la pose des câbles. Il est d'une nécessité absolue, lors de travaux de câblage, de surveiller les travaux très strictement, car le personnel employé est généralement très peu expérimenté dans ce domaine. Chaque travailleur doit être bien conscient des conséquences d'un pli ou d'une déformation trop importante du câble. Les dommages de transport ou de pose proviennent, sans exception, de fautes de conception ou d'une préparation insuffisante.

Le genre de pose devrait déjà être décidé lors du projet, afin que les opérations de terrassement et de préparation puissent être effectuées en conséquence. C'est seulement ainsi que de coûteux travaux ultérieurs peuvent être évités.

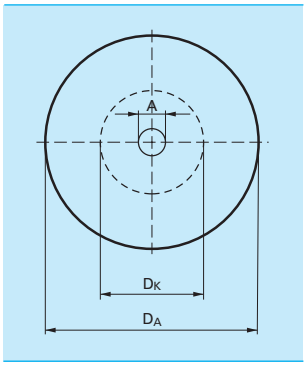
2. Bobines de câbles

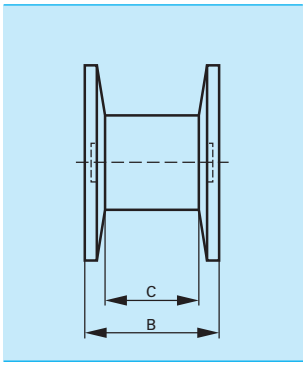
Les câbles sont en général livrés sur bobines. Pour les bobines de câbles, le noyau de la bobine doit être adapté au diamètre du câble et la capacité de la bobine correspondre au câble prévu.

Le diamètre moyen du noyau de la bobine doit correspondre avec le diamètre extérieur du câble d selon le calcul suivant:

Diamètre minimal du noyau de la bobine	
Câble monophasé	
Câble à basse tension	20 · d
Câble à moyenne tension	25 · d
Câble multiphasé	
A isolation polymère	20 · d

Mesures et poids des bobines de câbles





Type	Mesure mm D_A	D_K	C	B	A	Poids du vide kg	Poids du câble kg
AK	800	400	450	550	90	15	250
BBE	1050	550	600	695	90	90	650
BE	1300	700	700	790	90	120	2 000
CCE	1600	800	800	890	90	165	3 500
CE	1650	965	610	750	90	170	2 500
CEs	1650	965	800	950	90	195	2 500
DE	1900	1160	1000	1175	90	295	4 000
DEs	1900	1400	1000	1175	90	290	4 000
FE	2200	1400	1000	1175	90	380	6 400
GE	2400	1500	1000	1165	90	510	8 000
HE	2600	1680	1000	1175	90	560	10 000
HEB	2600	1680	1225	1400	90	650	10 000
KE	3000	2000	1225	1400	105	900	12 000
OHE	3000	2000	1360	1560	105	970	12 000
OHEs	3150	2000	1360	1560	105	1000	15 000
OHEsp	3150	1500	1360	1560	105	910	15 000
WE20S	3800	2000	1360	1620	145	1450	20 000
WE355	3550	2000	1400	1620	145	1500	20 000

Du soin avec les bobines de câble

Lors du déchargement, les bobines de câble ne doivent jamais être jetées du véhicule, même sur un terrain mou, car elles ne sont pas conçues pour de telles contraintes. De plus, les bobines ou les câbles pourraient être endommagés. Les bobines devraient être transportées sur une remorque équipée d'un mécanisme de chargement et de déchargement. Dans tous les cas, le chargement ou le déchargement doit se faire à l'aide d'une rampe ou d'une grue. La bobine peut être roulée sur de courtes distances. Lors du déplacement, le câble doit se tendre (l'extrémité supérieure doit regarder vers l'arrière). Une bobine peut être tournée sur place à l'aide d'un axe et d'un vérin.

Sous réserve de modification

Capacité des bobines en mètres

Pour le diamètre minimal du noyau de la bobine, voir à la première page de ce chapitre

Câble Ø mm	BBE	BE	CCE	CE	CEs	DE	DEs	FE	GE	HE	HEB	KE	OHE	OHEs	OHEsp	WE20S	WE355
8	3977	7707															
10	2650	4961	9840	6680	8761												
12	1720	3425	6595	4483	5918		6179										
14	1255	2504	4882	3363	4458	7203	4587										
15	1100	2173	4139	2973	3701	6054	3931	7891									
16	928	1904	3747	2510	3303	5417	3376	7100	8807								
17	891	1691	3366	2176	2922	4808	3180	6340	7512	8679							
18	756	1449	2796	1920	2560	4306	2730	5361	6814	7891							
19	720	1259	2518	1732	2273	3826	2597	4785	6142	7132							
20	619	1240	2435	1642	2190	3440	2233	4646	5610	6534							
21	585	1061	2169	1466	1921	3005	2111	4101	4991	5832	7197	8819					
22	492	895	1916	1250	1667	2905	1782	3668	4503	5282	6456	8432					
23	479	876	1677	1216	1590	2562	1711	3256	4037	4756	5862	7709	8582				
24	394	856	1648	1061	1401	2238	1413	3130	3882	4253	5291	7013	7701				
25	382	732	1470	1028	1371	2201	1385	2818	3534	4182	5123	6346	6993	8482			
26	370	686	1394	885	1154	1898	1322	2697	3384	3706	4584	5707	6317	7741			
27	357	575	1228	853	1125	1862	1292	2404	3056	3349	4073	5501	6112	7500			
28	284	580	1199	821	1095	1775	1034	2290	2664	3189	3918	4903	5473	6796			
29	272	562	1044	727	935	1548	1008	2019	2606	2856	3528	4819	5278	6124	8469		
30	275	543	1015	698	907	1513	982	1972	2547	2789	3381	4257	4789	6032	7952		
31	263	443	871	668	879	1477	956	1719	2258	2475	3016	4175	4603	5394	7275		
32	200	426	879	583	767	1269	759	1675	2201	2412	2956	3749	4144	5303	6785		
33	202	429	851	555	741	1235	737	1630	1931	2347	2895	3670	4067	4820	6692		
34	192	412	823	825	715	1202	715	1585	1878	2058	2555	3268	3631	4731	6214		
35	193	343	693	531	688	1013	692	1357	1823	1998	2497	3193	3466	4161	5603	7923	6616
36	183	328	699	428	588	982	670	1316	1577	1937	2439	3117	3392	4074	5506	7356	5928
37		312	672	430	565	988	672	1322	1586	1738	2125	2744	2994	3647	5066	6807	5808
38		314	582	433	568	956	649	1113	1535	1682	2070	2673	2924	3564	4969	6664	5312
39		299	558	408	544	787	488	1075	1484	1625	2015	2602	2853	3481	4548	6317	5195
40		301	562	410	547	791	490	1080	1314	1633	1960	2529	2866	3178	4586	6183	4866
42		228	542	321	435	735	453	1003	1221	1338	1687	2204	2432	3020	4082	5532	4683
44		216	438	301	416	710	435	826	1024	1291	1584	2069	2299	2575	3601	4909	4078
46		219	419	304	397	568	418	795	985	1080	1338	1774	1979	2511	3259	4478	3676
48			399	227	302	545	291	763	947	1037	1296	1719	1925	2181	2929	4061	3291
50			331	229	305	550	292	640	813	1045	1254	1447	1628	2120	2862	3659	3206
52			314	211	288	423	278	613	778	854	1033	1396	1578	1814	2547	3559	2732
54				163	207	404	264	472	618	814	995	1150	1307	1757	2248	3178	2648
56				149	209	384	251	448	588	646	798	1104	1262	1476	2183	3078	2418
58				150	195	387	161	451	592	649	802	1111	1216	1424	1904	2721	2338
60				151	196	281	152	427	560	615	769	1064	1170	1371	1841	2623	2022
62				137	182	283	153	429	454	618	734	849	938	1124	1776	2292	1946
64				138	184	266	144	405	428	471	596	853	943	1130	1599	2313	1869
66						268	144	313	431	473	569	812	903	1082	1538	2000	1671
68						251	135	294	404	444	571	817	907	1089	1369	2017	1600
70						253	135	295	406	446	542	775	866	1040	1313	1927	1612
72						236	126	275	379	416	544	630	667	825	1255	1640	1348
74						169	126	277	381	418	515	595	670	829	1266	1653	1281
76						170	126	278	294	420	517	598	635	787	1049	1387	1290
78							117	258	273	300	375	563	638	790	1058	1397	1055
80							117	259	274	301	376	565	640	794	1067	1407	1062
82							117	186	275	302	353	529	605	751	1012	1329	1068
84							108	171	253	278	354	532	608	608	873	1169	1007
86								171	254	279	356	412	441	572	824	1098	1013
88								172	256	280	331	384	443	574	830	1105	805
90								173	257	281	333	385	444	577	836	1112	810
92								157	234	257	334	386	416	540	786	894	814
94									167	258	335	388	418	543	664	899	760
96									168	185	222	359	419	545	668	904	764
98									169	186	223	360	390	508	624	840	768
100									169	186	223	361	392	392	628	844	637
104										168	206	333	394	394		720	594
108										169	207	240	262	366		667	549
112										152	190	220	264	369		673	554
116												221	243	340		618	446
120												222	244	342		513	408

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

3. Construction du tracé du câble

Le tracé doit être le plus rectiligne possible et les virages serrés sont à éviter. Il faut placer les regards de jonction et de tirage de telle façon que l'accessibilité soit assurée aux transports de matériel. Aux extrémités, il faut prévoir de la place pour le montage de machines de tirage et pour les bobines de câble. Pour les introductions dans les bâtiments, des chambres ouvertes sont nécessaires, afin de faciliter le tirage.

Tranchée de câble ouverte

Dans la tranchée, aucune terre ne doit tomber des parois ou du déblai sur le sol de la tranchée jusqu'après le tirage du câble. Si nécessaire, il faut étayer les parois. Le sol de la tranchée doit être plat. Les pierres présentes doivent être retirées. Un fond de tranchée rugueux doit être aplani par une couche de sable de 10 cm environ. Cette mesure est indispensable pour des câbles sans armure. Il faut ensuite à nouveau répandre une couche d'environ 20 cm de sable ou de matériel de remplissage thermostable par-dessus les câbles.

Equipement avec des tubes en plastique

En Suisse, on construit en général des équipements de tubes en plastique pour les câbles. Ce système présente le grand avantage de ne pas nécessiter de regards intermédiaires, même sur de longs tracés, grâce au faible coefficient de frottement entre câble et tube. L'installation des tubes peut être réalisée à l'avance en commun avec d'autres travaux.

Matériaux

Tube de protection de câble et accessoires sont livrés dans les matières thermoplastiques suivantes:

- Polyéthylène (PE)
- Polypropylène (PP)
- Chlorure de polyvinyle (PVC)

Diamètre des tubes

Les variations de longueur des câbles par échauffement doivent avoir lieu dans le tube; c'est pourquoi des brides d'amarrage sont placées dans les chambres. Le diamètre intérieur du tube devrait correspondre aux mesures suivantes:

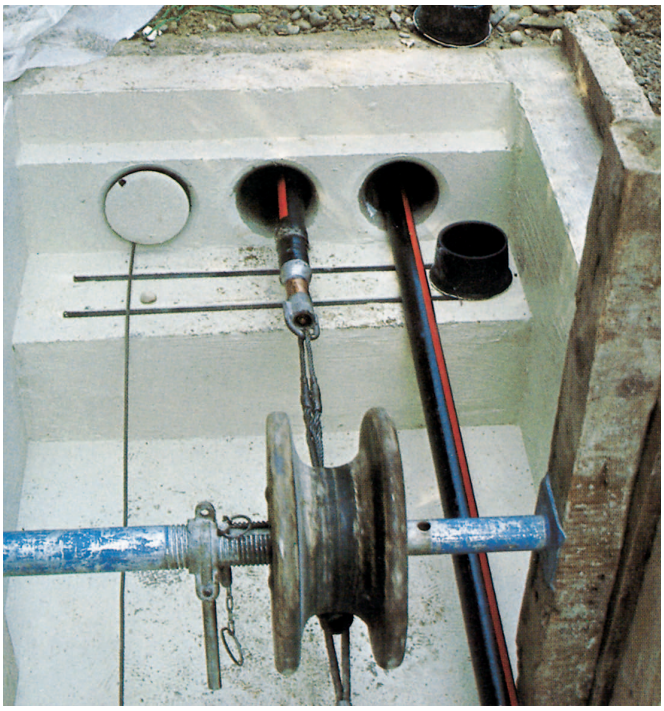
- 1.4 à 2.0 x diamètre du câble pour 1 câble par tube
- 2.6 à 3.5 x diamètre du câble pour 3 câbles par tube

Jonction des tubes

Il faut veiller à une pose et un montage propre de l'équipement de tubes. Les tubes sont livrés de façon standard en tiges de 5 m ou 10 m et doivent être joints d'une façon étanche. En raison du coefficient linéaire de dilatation relativement haut des matières thermoplastiques, il faut prêter attention, durant la phase de pose, aux écarts de longueurs dus aux grandes variations de température.

Une différence de température de 10 °C produit sur 10 m les dilatations suivantes:

- pour PE environ 20 mm
- pour PP environ 15 mm
- pour PVC environ 8 mm



Chambre de jonction avec tubes plastiques.

Si les tubes ne sont pas posés à une profondeur suffisante, l'on court le risque de voir ces tubes se retirer, sous l'effet des différentes températures, de la chambre de jonction. Les tubes ne doivent pas être salis de ciment.

Pose de tubes en terre

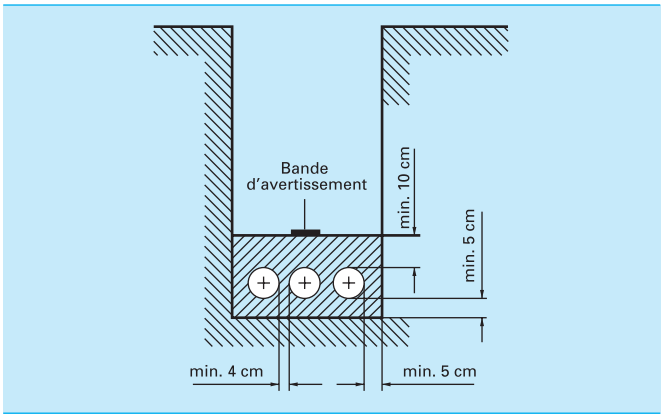
Ceci n'est valable que pour les tubes protecteurs plastique en PE. Les tubes sont normalement noyés dans le sable. Il faut bien contrôler que le matériel de remplissage entoure bien et complètement les tubes. A proximité du tube, il faut tasser le matériel de remplissage à la main. Si plusieurs tubes reposent parallèlement, la distance entre deux tubes devrait être d'au moins 5 cm. S'il apparaît un grand risque de compression lors de passages sous des routes ou lors de courbes, du béton léger devrait fixer le tube.

Pause de tubes bétonnés

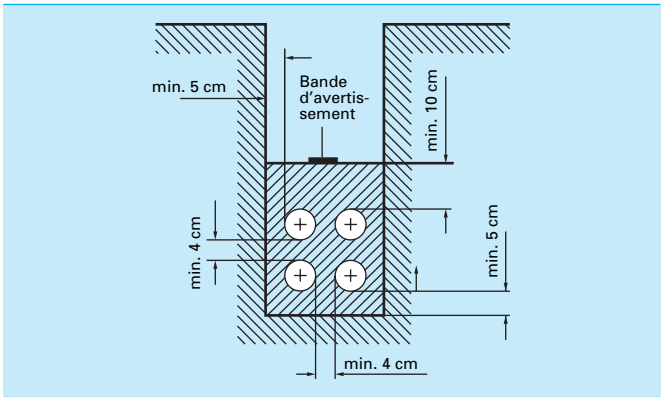
Ceci est valable pour les tubes protecteurs plastiques en PE, PP et PVC. Les tubes en PVC dur ou en PP sont à bétonner dans tous les cas. Lors de la pose, on coule d'abord une fine couche de béton au fond de la tranchée, puis on place une première couche de tubes que l'on bétonne, puis vient une deuxième couche de tubes et ainsi de suite. On doit, lors du bétonnage, placer des sécurités de distances entre les tubes. La couverture finale minimale de béton ne devrait pas passer en dessous de la limite de 10 cm. La couche de béton devrait être d'au moins 5 cm de côté, et d'au moins 4 cm entre les couches. On conseille du béton de qualité PC 150 ou PC 200.

Sous réserve de modification

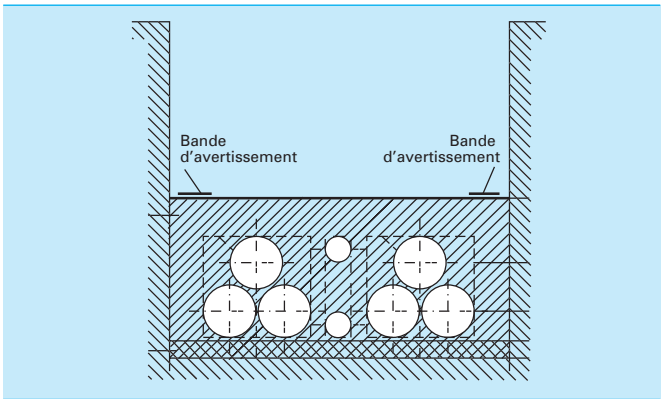
Installation de tubes bétonnée:



Une couche



Deux couches



Double batterie en triangle

Changements de directions

Pour des changements de directions, on utilise des courbes préformées ou flexibles ou alors les tubes sont pliés à froid sur le chantier. Les rayons de courbure minimaux suivants sont valables pour les tubes pliés à froid:

Rayon de courbure minimal pour tubes PE, PP et PVC à 20 °C

Diamètre du tube en mm	80/92	100/112	120/132	150/163	200/214
Rayon minimal en m (PE)	2.0	3.0	4.5	7.5	18.0
Rayon minimal en m (PP)		5.5	9.0	13.5	
Rayon minimal en m (PVC)	3.5	6.0	10.0	15.0	20.0

Installations de tubes en pente

Les installations de tubes en pente sont à équiper de retenues de béton, afin d'éviter un glissement de fines parties du matériel de remplissage.

Calibrage

Toutes les installations de tubes doivent être calibrées peu après leurs poses et munies d'une ficelle de tirage. Le calibre a un diamètre prescrit qui admet une déformation maximale du tube de 10 %.

Mesures du calibre

Diamètre du tube en mm	80/92	100/112	120/132	150/163	200/214
Diamètre du calibre en mm	72	90	108	133	175
Longueur du calibre en mm	160	200	240	300	400

On peut trouver des détails supplémentaires dans «Lignes directrices pour la pose de tubes de protection en plastique» du VSE.

Equipements de tubes avec tubes de ciment

Dans des installations de tubes plus anciennes, on trouve en partie des sections avec tubes en ciment où les changements de directions étaient généralement construits en tranchées ouvertes. Lorsque l'on sort un ancien câble pour une nouvelle introduction, il faut tenir compte du coefficient de frottement plus important.

Echelles à câbles

On utilise généralement les échelles à câbles galvanisées dans les galeries de câbles. Lors de la pose sur échelles à câbles, il faut tenir compte de la dilatation. Les câbles unipolaires sont à fixer à intervalles appropriés aux forces de courts-circuits.

Système Briport

Le système Briport est conçu pour des galeries et des caniveaux horizontaux et inclinés. On calcule les distances entre points de suspension selon le poids des câbles et selon les forces maximales de court-circuit. Le système Briport rend possible une pose rationnelle et économique. Les câbles peuvent être tirés directement à travers les guides de câbles. Le tirage ultérieur de câbles supplémentaires est assuré grâce à l'ouverture des guides de câbles. Le poids et l'échauffement des câbles crée une flèche naturelle qui absorbe la dilatation de ceux-ci.

Câbles aériens

La flèche des câbles aériens est généralement réglée à 5 % du tracé. Il faut choisir le câble et son montage par rapport au profil du terrain de telle façon qu'une garde au sol suffisante soit assurée. Pour des questions de tension, les câbles doivent être munis aux pylônes d'ancrage d'éléments de traction supportant le poids du câble ainsi que des charges supplémentaires telles que neige et vent.

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

Système Briport.

Pose dans l'eau
Le profil du tracé et sa structure doivent être déterminés aux premiers stades du projet, afin de pouvoir définir les paramètres de câblages et de pose. Les types suivants de poses sont possibles, selon la profondeur et la vitesse de courant de l'eau:
- sur le fond de la zone sous l'eau
- dans le fond de la zone sous l'eau
- dans des tubes

Le tracé prévu est marqué avant la pose avec des balises. Un matériel spécifique est nécessaire pour la pose de câbles dans les fleuves ou les lacs.

4. Indications importantes à propos de la pose

Les quatre enchères de la pose
1. Ne pas dépasser la force de traction autorisée.
2. Ne pas dépasser la force de traction radiale dans les courbes.
3. Ne pas passer sous la limite de rayon de courbure autorisée.
4. Ne pas passer sous la limite minimale de température de pose.

Bobines de câble
Le câble se déroule toujours du haut de la bobine. Pour la pose, il faut monter la bobine sur un véhicule de pose ou sur des vérins de telle façon qu'un système de freinage puisse être installé. Afin de diminuer la force de traction, lors de tirages difficiles, on peut placer un chien de câble proche de la bobine.

Courbes dans tranchées ouvertes
La mise en place de chaînes de roulement, lors de changements de directions du câble, doit être réalisée avec grand soin. Elles ne doivent se déplacer ni lors du tirage du câble ni lors d'interruptions de tirage. En conséquence, elles doivent être fixées horizontalement et verticalement. Le nombre de chaînes de roulement montées verticalement doit maintenir la force radiale des câbles dans des limites admissibles.

Treuil de tirage
Le treuil de tirage devrait être installé à 10 m environ de la sortie de la tranchée, ceci afin de permettre un déroulement impeccable du câble. Le câble de tirage doit être muni d'un émerillon, de sorte qu'il puisse tourner sur son axe. Il faut en permanence surveiller la force de traction. L'homme en poste auprès du treuil doit pouvoir, si nécessaire, interrompre tout de suite le processus de traction.

Chiens à câble
S'il apparaît une trop grande traction lors de la pose de câbles, des chiens à câbles peuvent réduire la force de traction sur le tracé. Ceux-ci doivent toujours être montés avant les courbes et en début de tracé.

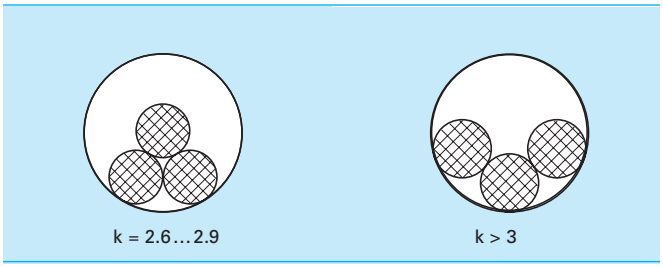
Transmission des ordres
Lors du tirage, les travaux auprès de la bobine, le long du tracé et auprès du treuil doivent être bien coordonnés. Ainsi on emploie normalement des radios ou des installations téléphoniques. Ces installations devraient avoir un fonctionnement fiable. Leur fonctionnement est à contrôler rigoureusement avant les opérations de pose.

Direction de pose
La direction de pose doit être choisie de telle façon que les contraintes de traction soient minimales au point final de la pose. La bobine de câble doit se trouver du côté comportant les plus grosses difficultés. Autant que possible, un câble est tiré du haut vers le bas sur un tracé avec des différences de hauteurs.

Différences de hauteurs
Le câble doit être sécurisé par des brides d'amarrage en cas de différences de hauteurs importantes, de montage de jonction et de raccordement sur poteau.

Introduction de trois câbles unipolaires
Lorsque trois câbles unipolaires sont prévus dans le même tube, ils doivent être introduits tous les trois en même temps.

Le rapport k entre le diamètre intérieur du tube et le diamètre du câble détermine la disposition des câbles dans le tube.



Si pour k > 3 on préfère une configuration triangulaire, les câbles doivent être liés pour l'introduction.

Sous réserve de modification

5. Forces de traction et forces radiales

Câbles non armés
(type XKDT, XKDT-YT, etc.)
Les câbles non armés sont tirés mécaniquement par l'âme. Les conducteurs sont reliés à la corde de tirage par un manchon pressé ou vissé ou par un bas de tirage.

Pour la traction sur les conducteurs, on applique pour des	
câbles unipolaires en cuivre	σ_{zul} = 60 N/mm²
câbles unipolaires en aluminium	σ_{zul} = 30 N/mm²
câbles multipolaires en cuivre	σ_{zul} = 40 N/mm²
câbles multipolaires en aluminium	σ_{zul} = 20 N/mm²

Les valeurs pour les câbles multiphasés sont inférieures celles des câbles monophasés, parce que la contrainte n'est pas répartie régulièrement sur les conducteurs.

Forces autorisées
La force autorisée est le produit de la section A de l'élément de câble sous contrainte et de la contrainte correspondante permise s_{zul}

$$F_{zul} = A \cdot \sigma_{zul} \ [N]$$

Câbles avec armure de traction
(type XKDT-F, etc.)
Pour ces câbles, on admet que l'armure absorbe la totalité de la force de traction. Les fils ronds et plats présentent une résistance à la rupture d'environ 350 N/mm². En tenant compte de la longueur de torsion des fils et d'effets secondaires comme une torsion du câble, on peut fixe une contrainte tolérable s_{zul} entre 70 et 100 N/mm². Comme le nombre de fils de traction n'est pas toujours connu, on calcule normalement avec la règle simplifiée suivante:

Câble avec armure de traction simple K_{zul} = 300
Câble avec armure de traction double K_{zul} = 400

Etant donné que la relation entre les éléments de câbles soumis aux contraintes et le diamètre du câble est environ proportionnel, on peut utiliser la règle simplifiée suivante:

$$F_{zul} = K_{zul} \cdot D_A \ [N]$$

D_A = diamètre extérieur en mm
K_{zul} = constante des éléments soumis à contrainte

Forces radiales dans les courbes
Lors de la pose de câbles, des contraintes radiales sont présentes dans les courbes. La force radiale par unité de longueur dépend de la force de traction longitudinale, des changements de direction et des rayons de courbure.

En admettant que $F_A = F_E = F$:

$$Z = 2F \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$b = 2\pi \cdot r \cdot \frac{\alpha}{360°}$$

et ainsi Z_B = force radiale par unité de longueur

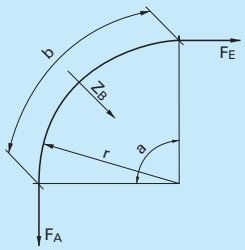
$$Z_B = \frac{F \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{r \cdot \pi \cdot \frac{\alpha}{360°}}$$

Dans le domaine de 0° à 90°, est en vigueur approximativement

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \pi \cdot \frac{\alpha}{360°}$$

$$Z_B \cong \frac{F}{r} \ [N/m]$$

L'erreur commise pour des variations d'angles en dessous de 90° reste en dessous des 10 % avec cette formule simplifiée.



Forces radiales autorisées pour pose dans tubes en plastique:

Câbles sans armure	$Z_{B\,zul}$ = 10 000 N/m
Câbles à armure simple	$Z_{B\,zul}$ = 15 000 N/m
Câbles à armure double	$Z_{B\,zul}$ = 18 000 N/m

Forces de pressions maximales permises par galet de pose dans les courbes:

Câbles sans armure	$Z_{r\,zul}$ = 1 500 N/m
Câbles à armure simple	$Z_{r\,zul}$ = 2 500 N/m
Câbles à armure double	$Z_{r\,zul}$ = 3 000 N/m

Avec utilisation de chaînes de galets (5 galets par mètre):

Câbles sans armure	$Z_{B\,zul}$ = 7 500 N/m
Câbles à armure simple	$Z_{B\,zul}$ = 12 500 N/m
Câbles à armure double	$Z_{B\,zul}$ = 15 000 N/m

Lors d'utilisation de galets dans les courbes (3 galets par mètre):

Câbles sans armure	$Z_{B\,zul}$ = 4 500 N/m
Câbles à armure simple	$Z_{B\,zul}$ = 7 500 N/m
Câbles à armure double	$Z_{B\,zul}$ = 9 000 N/m

6. Rayons de courbure minimaux

Il existe deux types de rayons de courbure minimaux permis à prendre en considération et à respecter. Lors de la pose, une longue partie du câble peut, dans certains cas, être plié plusieurs fois. Au cours du montage des accessoires, il s'agit en règle générale d'une contrainte unique (sans force radiale).

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

Les rayons de courbure permis, sans prise en considération de la force radiale lors de la pose, sont déterminés comme suit:

Type de câble	Diamètre extérieur du câble x coefficient = rayon de courbure minimal			
	lors de la pose		lors du montage	
Basse tension	Multipolaires	Unipolaires	Multipolaires	Unipolaires
Isolation polymère:				
– T, X	10	12	8	10
– G	10	12	6	8
Moyenne tension	Multipolaires	Unipolaires	Multipolaires	Unipolaires
Isolation polymère:				
– X	12	15	10	12
– G	12	15	8	9

7. Température minimale de pose

Les poses de câbles peuvent être réalisées jusqu'à –5 °C, aussi longtemps que les câbles sont traités soigneusement. Si l'on pose des câbles par des températures plus basses, il faut chauffer les câbles auparavant. Dans ce cas, la pose doit être accélérée, afin que le câble ne se refroidisse pas en dessous de la température limite. Les bases de calcul sont résumées dans le rapport N° 206 de la CIGRE 1964.

8. Calcul de la traction de câbles

Calcul de la force de traction sur des parcours rectilignes et plats

La force de traction (F) est donnée à la fin d'un parcours de pose par:

$$F = m \cdot g \cdot l \cdot \mu$$

F = force de traction finale [N]
m = poids du câble par m [kg]
l = longueur du tracé [m]
μ = coefficient de frottement
g = 9.81 [m/s²]

Calcul de la force de traction sur des parcours rectilignes avec différences de hauteurs

La différence de hauteur, selon que l'on pose vers le haut ou vers le bas, mènera à une augmentation ou une diminution de la force de traction finale. La force de traction est ainsi donnée par:

$$F = m \cdot g \cdot l \cdot (\mu \cdot \cos \beta \pm \sin \beta)$$

β = angle d'inclinaison
+ = pose vers le haut
– = pose vers le bas

Jusqu'à un angle d'inclinaison de β = 20° (36 %):

$$F = m \cdot g \cdot l \cdot \mu \pm m \cdot g \cdot h$$

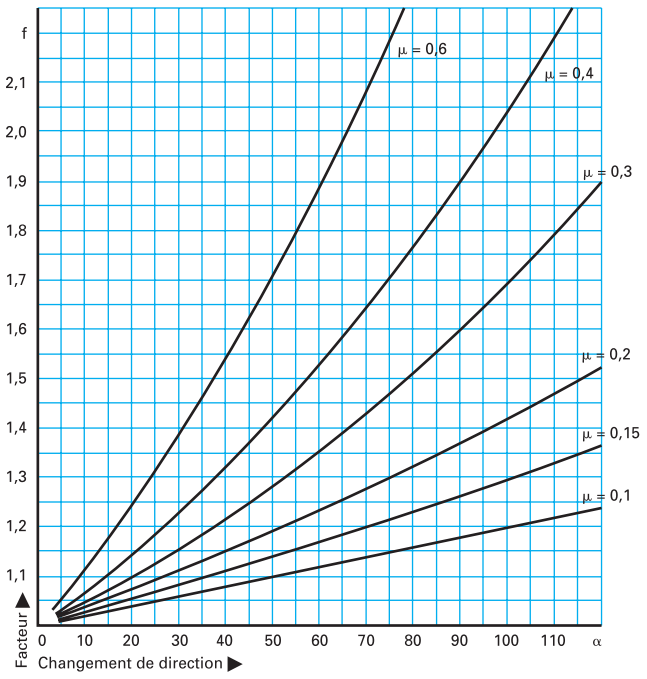
h = différence de hauteur [m]

Calcul de la force de traction avec des courbes

Lors de changements de directions, la force de traction F augmente d'un facteur f dépendant de μ et de l'angle α.

$$F_E = F_A \cdot f = F_A \cdot e^{\mu a}$$

F_E = traction à la fin de la courbe
F_A = traction au début de la courbe
a = angle de la courbe
μ = coefficient de frottement



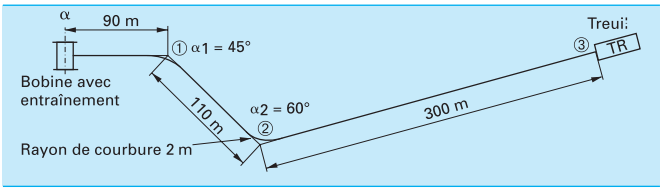
Pour le calcul de F_E, on peut trouver f = $e^{\mu a}$ dans le graphique suivant.

Sous réserve de modification

Coefficients de frottement
Les coefficients de frottement (μ) dépendent des deux matériaux glissant l'un sur l'autre et du lubrifiant. Les câbles avec manteau en plastique externe ne doivent jamais être tirés sans lubrifiant sur de longues distances (l ≥ 50 m) dans des tubes en plastique. En effet, l'échauffement local par frottement, spécialement dans des courbes, peut mener à un collage.

	Câble avec manteau en plastique externe μ	Câble avec armure externe de traction μ
Tirage sur galets	0.20 – 0.30	0.15 – 0.25
Tirage dans tubes de ciment	0.40 – 0.60	0.40 – 0.50
Tirage dans tubes en plastique		
– avec graisse spéciale	0.10 – 0.20	0.10 – 0.20
– avec eau	0.15 – 0.25	0.15 – 0.25
– avec graisse et eau	0.10 – 0.15	0.10 – 0.15

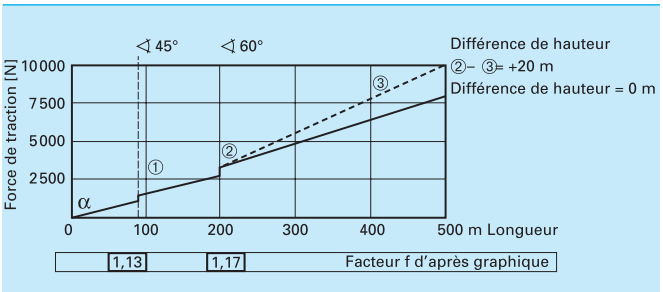
Exemple de calcul pour une pose de câble
Introduction de trois conducteurs unipolaires dans des tubes Ø 120 mm



Type de câble: XKDT 1 x 240/35 mm², 20/12 kV
Poids du câble par mètre m = 3.36 kg
Diamètre du câble D_A = 41 mm
Rayon de courbure min. = 15 · D_A = 15 · 41 = 615 mm
Longueur du tracé L = 500 m
Différence de hauteur h = 0 m
Température de pose ϑ = +5 °C
Lubrifiant Graisse lubrifiante

Schéma de calcul: 3 câbles 3 x 3.36 x 9.81 = 100 N/m

Tracés	Longueur [m]	$F_E + \mu \cdot m \cdot g \cdot l$ [N]	Force de traction F_E après contour [N]	F [N]
0 ... 1	L_1 = 90	0+0.15 · 100 · 90 = 1350	1350 · 1.13 = 1525	
0 ... 2	L_2 = 110	1525+0.15 · 100 · 110 = 3175	3175 · 1.17 = 3715	
0 ... 3	L_3 = 300	3715+0.15 · 100 · 300 = 8215	Plus de courbe	8215



Vérification des quatre conditions

1. Ne pas dépasser la force de traction permise

$F_{zul} = 3 \cdot 240\ mm^2 \cdot 40\ \frac{N}{mm^2} = 28\,800\ N$

8215 N < 28 800 N

2. Ne pas dépasser la force radiale permise

$Z_{Bzul} = \frac{F_E}{r} = \frac{3715\ N}{2\ m} = 1858\ N/m$

1858 N/m < 10 000 N/m

3. Respecter le rayon de courbure minimal

2 m > 15 · 41 = 615 mm

4. Respecter la température de pose minimale

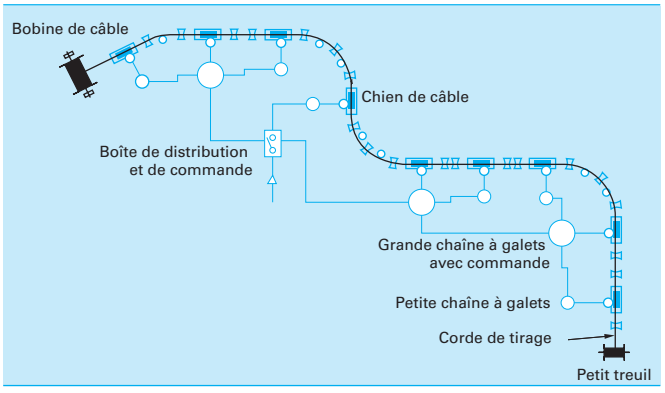
+5 °C > –5 °C

Les quatre conditions sont remplies.

Variante avec différence de hauteur dans la partie 2...3 : h = + 20 m

Augmentation de la force de traction:
m · g · h = 100 N · 20 = 2 000 N
F = 8215 + 2000 = 10 215 N

Les quatre conditions restent remplies.



Exemple de pose avec chien à câble. Utilisation dans les tranchées, galeries, canaux de câbles, Briport.

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

Examens

Contrôles de routine pour chaque longueur de câble
Avant de quitter notre usine, chaque câble subit un contrôle individuel. Dans le domaine de la moyenne tension, on mesure la liberté de décharge partielle sous haute tension. L'expérience, des années durant, dans le domaine des tests de décharge partielle a prouvé la justesse de cette méthode. La figure 1 présente la salle isolée pour les tests de tension et pour les mesures de décharge partielle.

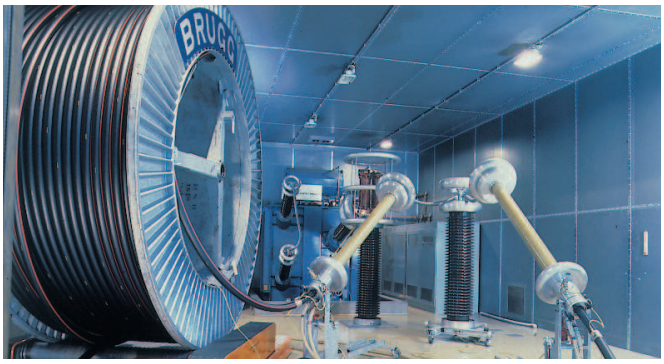


Figure 1: Salle isolée.

On effectue sur chaque longueur du câble, d'après les recommandations QS, les mesures suivantes, conformes aux normes et respectant le protocole:
– Résistance de l'isolation (seulement pour les câbles de 1 kV)
– Construction du câble
– Résistance du conducteur
– Test de tension et mesure de décharges partielles

Câbles basse tension 1 kV

Test de tension	3.5 kV, 50 Hz, 10 min
Résistance de l'isolation	PE, EPR ≥ 50 MΩ · km

Câbles moyenne tension 10-30 kV

Extrait des normes

	HD 620-N Suisse	VDE 0276-620	IEC 60502-2
Test de tension	20 min, $4 \cdot U_0$	5 min, $3.5 \cdot U_0$	5 min, $3.5 \cdot U_0$
Mesures de décharges partielles	$4 \cdot U_0$ < 5 pC	$2 \cdot U_0$ ≤ 2 pC	$1.73 \cdot U_0$ *)

*) pas de décharge partielle visible sur l'objet testé

Test de type et contrôles de finitions
Des contrôles de types spécifiques et conformes aux normes sont effectués sur tous les câbles. Ces contrôles de grande ampleur avec tests de longue durée sont effectués dans les laboratoires haute tension de Brugg Cables. Afin d'assurer la qualité, des câbles en cours de production sont également soumis aux tests de longue durée de une ou deux années dans des plates-formes d'essai spécialement installées d'après HD 605 S2 (2008). Des tests de longue durée joints à un test de niveau sont réalisés avec les nouveaux câbles et ceux en développement. Grâce aux tests de longue durée, il est possible de simuler des processus de vieillissement dus à l'eau.

Figure 2: Test de longue durée d'après HD 605 S2 et HD 620 S2.

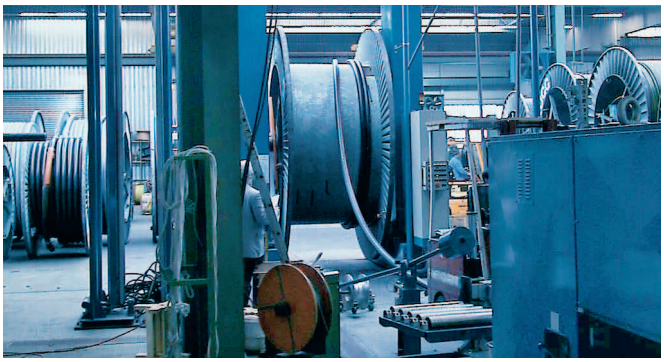


Figure 3: Test de courbure précédant les tests de type électrique.

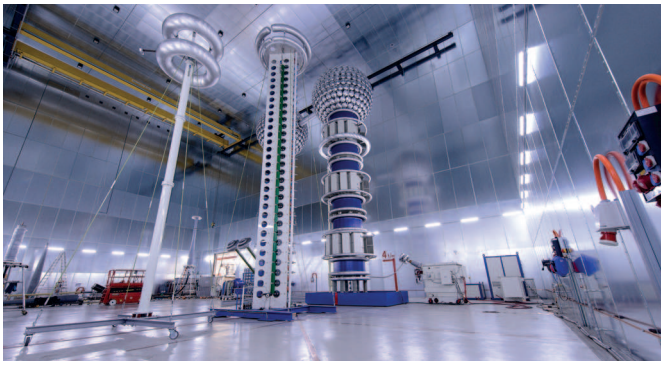


Figure 4: Générateur de tension de choc pour le contrôle du comportement des câbles.

Sous réserve de modification

Constante des matériaux

Matériaux isolants

Matériel isolant	Constante diélectrique relative ε_r	Facteur de pertes tanδ à 50 Hz x 10^{-4}	Résistivité thermique ρ_{th} K · m/W	Capacité thermique C x 10^6 · J/(K · m³)	Densité g/cm³
XLPE	2.3 ... 2.5	< 10	3.5	2.4	0.91 ... 0.97
EPR	2.7 ... 3.5	< 40	5.0	2.0	1.2
PE	2.3	< 10	3.5	2.4	0.91 ... 0.97
PVC	5 ... 8	< 1000	6.0	1.7	1.2 ... 1.5

Métaux

Métal	Conductivité électrique κ à 20 °C m/(Ω · mm²)	Densité g/cm³	Coefficient de dilatation α x 10^{-6}/K	Coefficient de température α x 10^{-3}/K	Capacité thermique C x 10^6 · J/(K · m³)	Température de fusion °C
Cuivre	57	8.9	16.2	3.93	3.4	1084
Alliage de cuivre SF-Cu F22 (gaine ondulée en cuivre)	48					
Aluminium	36	2.7	23.8	4.03	2.5	658
Aldrey	30	2.7	23	3.6	2.4	
Acier	7.2	7.8	11.5	4.5	3.8	1400
Acier inoxydable	1.2	7.9	16			
Plomb	4.7	11.3	29	4.0	1.4	327

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

Unités SI

1. Système d'unités internationales SI
D'après le Comité international des Poids et Mesures (CIPM)

Grandeurs fondamentales

Symbole	Grandeur physique	Unité fondamentale SI	Autres unités SI
l	Longueur	m (mètre)	km, dm, cm, mm, µm, nm, pm
m	Masse	kg (kilogramme)	Mg, g, mg, µg
t	Temps	s (seconde)	ks, ms, µs, ns
I	Courant électrique	A (ampère)	kA, mA, µA, nA, pA
T	Température thermodynamique	K (kelvin)	
n	Quantité de matière	mol (mole)	Gmol, Mmol, kmol, mmol, µmol
I_v	Intensité lumineuse	cd (candela)	Mcd, kcd, mcd

2. Unités SI dérivées
Les symboles abrégés sont imprimés en diagonale italique, les symboles d'unités en caractère romain.

Grandeur	Symbole abrégé	Nom de l'unité	Symbole de l'unité	Rapports/Remarques
Géometrie				
Surface	*A*	Mètre carré	m^2	
Volume	*V*	Mètre cube	m^3	
Temps				
Fréquence	*f*	Hertz	Hz	1 Hz = 1/s
Pulsation	ω	Tours par seconde	1/s	$\omega = 2\pi f$
Vitesse de rotation	*n*	Tours par seconde	1/s	
Mécanique				
Densité	ρ	Kilogramme par mètre cube	kg/m^3	
Vitesse	*v*	Mètre par seconde	m/s	
Accélération	*a*	Mètre par seconde au carré	m/s^2	
Force	*F*	Newton	N	$1\ N = 1\ kgm/s^2$
Impulsion	*I*	Newton par seconde	Ns	1 Ns = 1 kgm/s
Pression (méch.)	*p*	Pascal	Pa	$1\ Pa = 1\ N/m^2 = 10^{-5}$ bar
Energie, Travail	*W*	Joule	J	1 J = 1 Nm = 1 Ws
Moment	*M*	Newton mètre	Nm	$1\ Nm = 1\ kgm^2/s^2$
Couple	*T*	Newton mètre	Nm	$1\ Nm = 1\ kgm^2/s^2$
Puissance	*P*	Watt	W	1 W = 1 Nm/s = 1 J/s
Chaleur				
Température	ϑ	Degré Celsius	°C	$\vartheta = T - T_0$ avec $T_0 = 273.15$ K
Différence de température	ΔT Δϑ	Kelvin Degré Celsius	K °C	préférence 1°C = 1 K
Quantité de chaleur	Q	Joule	J	1 J = 1 Nm = 1 Ws
Flux de chaleur	ϕ	Watt	W	1 W = 1 Nm/s = 1 J/s
Electricité				
Tension électr.	*U*	Volt	V	1 V = 1 W/A
Charge électr.	*Q*	Coulomb	C	1 C = 1 As
Capacité électr.	*C*	Farad	F	1 F = 1 C/V = 1 As/V
Courant électr.	θ	Ampère	A	Ampères-tours de la bobine
Résistance électr.	*R*	Ohm	Ω	1 Ω = 1 V/A
Conductance électr.	*G*	Siemens	S	G = 1/R 1 S = 1 A/V = 1/Ω

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

2. Continuation Unités SI dérivées

Les symboles abrégés sont imprimés en diagonale italique, les symboles d'unités en caractère romain.

Grandeur	Symbole abrégé	Nom de l'unité	Symbole de l'unité	Rapports/Remarques
Electricité				
Conductivité électr.	κ	Siemens par mètre	S/m	$\kappa = 1/\rho$
Résistance él. spéc.	P	Ohm mètre	Ωm	1 Ωm = 1 Vm/A
Flux magnétique	Φ	Weber	Wb	1 Wb = 1 Vs
Champ magnétique	H	Ampère par mètre	A/m	
Densité de flux magn.	B	Tesla	T	1 T = 1 Wb/m² = 1 Vs/m²
Induction	L	Henry	H	1 H = 1 Wb/A = 1 Vs/A
Puissance apparente	S	Voltampère	VA	
Puissance effective	P	Watt	W	1 W = 1 J/s
Puissance réactive	Q	Voltampère	Var	
Energie	W	Joule	J	1 J = 1 Nm = 1 Ws
Résistance apparente, Impédance	Z	Ohm	Ω	
Réactance	X	Ohm	Ω	
Angle de déphasage	φ	Radiant	rad	1 rad = 1

Grandeur	Symboles	Rapports/Remarques
Permittivité du vide	ε_0	$= 8.854 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{As}{Vm}$
Perméabilité magnétique	μ_0	$= 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{Vs}{Am}$

3. Notions et rapports

Symbole	Grandeur physique	Unité	Rapport
R	Résistance ohmique	$[\Omega = \frac{V}{A}]$	$R = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{l}{G}$ $R_w = R_{20} \cdot (1 + \alpha_{20} \cdot \Delta T)$
X	Réactance	[Ω]	
X_L	Réactance d'induction	[Ω]	$X_L = \omega L$
X_C	Réactance capacitive	[Ω]	$X_C = -\frac{1}{\omega C}$ $\omega = 2\pi f$ = fréquence
Z	Impédance	[Ω]	(résistance en courant alternatif, résistance apparente) $Z = \sqrt{R_w^2 + X_L^2}$
ε_r	Constante diélectrique relative		
tgδ	Angle de perte		
φ	Angle de déphasage		$\cos\varphi = P/S$
S	Puissance apparente	[VA]	$S = \sqrt{3} \cdot I \cdot U$ (3-ph.)
P	Puissance effective	[W]	$P = \sqrt{3} \cdot I \cdot U \cdot \cos\varphi$ (3-ph.)
Q	Puissance réactive	[Var]	$Q = \sqrt{3} \cdot I \cdot U \cdot \sin\varphi$ (3-ph.)

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

4. Formules importantes dans la technique des câbles

4.1 Capacité de fonctionnement C_B et courant de charge I_C

Pour des câbles à champ radial comme les câbles polymères à haute tension, on a:

$$C_B = \frac{5.56 \cdot \varepsilon_r}{ln\ (D/d)} \cdot 10^{-2} \quad [\mu F/km]$$

D = diamètre sur isolation [mm]
d = diamètre du conducteur sur écran interne [mm]

Courant de charge I_C et courant à la terre I_E

$$I_C = I_E = U_0 \cdot \omega \cdot C_B \cdot 10^{-3} \quad [A/km]$$

U_0 = Tensions de phase

4.2 Puissance réactive capacitive P_C

$$P_C = 3 \cdot I_C \cdot U_0 \quad [kVA]$$

où
I_C = courant de charge en A
U_0 = tensions de phase en kV

4.3 Pertes dans le câble

Pertes diélectriques

$$P_d = U_0^2 \cdot \omega \cdot C_B \cdot tg\delta \cdot 10^{-3} \quad [kW/km]$$

Facteurs de perte tgδ

XLPE (1.5 à 3.5) · 10^{-4}
EPR (4 à 30) · 10^{-4}

Pertes ohmiques par phase

$$P_{Cu} = I^2 \cdot R_T \cdot 10^{-3} \quad [kW/km]$$

où

$$R_T = R_{20} \cdot [1 + \alpha_{th}\ (T - 20\,°C)] \quad [kW/km]$$

R_T = résistance du conducteur à température de fonctionnement
R_{20} = résistance courant continu à 20 °C
α_{th} = coefficient de température
pour cuivre 0,00393/K
por aluminium 0,00403/K
T = température du conducteur à température de fonctionnement

4.4 Induction L

Induction pour chaque phase pour câbles tripolaires ou trois câbles unipolaires disposés en triangle:

$$L' = 2\ (0.25 + ln\ \frac{2s}{d}) \cdot 10^{-4} \quad [H/km]$$

où
s = distance entre axes des conducteurs (mm)
d = diamètre des conducteurs (mm)

Pour des câbles armés, l'induction augmente selon les valeurs suivantes:
– armure légère de ruban d'acier -CL: +5 %
– autres armures -C, -F, -FF: +10 %

4.5 Dilatation des câbles thermiques

$$\Delta l = \alpha_{th} \cdot l \cdot \Delta T \quad [m]$$

α_{th} = coefficient de dilatation thermique
pour le cuivre: 16.2 · 10^{-6}/K
pour l'aluminium: 23.8 · 10^{-6}/K

4.6 Alphabet grec

Alpha	A	α	Nu	N	ν
Bêta	B	β	Xi	Ξ	ξ
Gamma	Γ	γ	Omikron	O	ο
Delta	Δ	δ	Pi	Π	π
Epsilon	E	ε	Rhô	P	ρ
Dzéta	Z	ζ	Sigma	Σ	σ
Eta	H	η	Tau	T	τ
Thêta	Θ	ϑ	Upsilon	Y	υ
Iota	I	ι	Phi	Φ	φ
Kappa	K	k	Khi	X	χ
Lambda	Λ	λ	Psi	Ψ	ψ
Mu	M	μ	Oméga	Ω	ω

4.7 Préfixes SI

Facteur	Désignation		Unité
1 000 000 000 000 = 10^{12}	Billion	téra	T
1 000 000 000 = 10^{9}	Milliard	giga	G
1 000 000 = 10^{6}	Million	méga	M
1 000 = 10^{3}	Millier	kilo	k
100 = 10^{2}	Centaine	hecto	h
10 = 10^{1}	Dizaine	déca	da
0.1 = 10^{-1}	Dixième	déci	d
0.01 = 10^{-2}	Centième	centi	c
0.001 = 10^{-3}	Millième	milli	m
0.000 001 = 10^{-6}	Millionième	micro	μ
0.000 000 001 = 10^{-9}	Milliardième	nano	n
0.000 000 000 001 = 10^{-12}	Billionième	pico	p

Sous réserve de modification

Accessoires BT/MT

Les câbles doivent être fermés à leurs extrémités et au niveau des jonctions de sorte que l'humidité ne puisse pénétrer dans les conducteurs et dans les espaces intermédiaires. Il convient également de s'assurer que les exigences relatives aux contraintes électriques et mécaniques soient remplies.

Extrémités basse tension

Extrémités thermorétractables

La technique thermorétractable s'est imposée ces dernières années dans le domaine du montage intérieur et extérieur.
Les câbles de tous types peuvent être équipés avec des extrémités thermorétractables garantissant une grande sécurité de fonctionnement.

Bornes de raccordement de transformateur

Les bornes de raccordement de transformateur s'installent aisément sur des transformateurs et permettent de raccorder jusqu'à quatre câbles parallèles. Les capots correspondants garantissent une isolation.

Jonctions de basse tension

Jonctions basse tension

C'est notamment pour des questions de coût que la technique thermorétractable est de plus en plus utilisée pour le montage des jonctions. Plusieurs gaines thermorétractables avec adhésif reproduisent la structure du câble.

Jonctions de dérivation

Pour les jonctions de dérivation, on utilise presque exclusivement des boîtiers coulés. Ces derniers garantissent un montage simple et rapide. Les résines à couler ont pour but d'empêcher la pénétration d'humidité aux conducteurs. Des systèmes à deux composants et des masses à chauffer sont disponibles.

Brugg Cables propose une technique de montage alternative intéressante sur la base de jonctions de dérivation rétractables, qui gagne en popularité et qui est utilisée avec succès depuis de nombreuses années.

Extrémités de moyenne tension

Extrémités embrochables

Les extrémités à embrocher permettent de raccorder sans danger des câbles en polymère sur des installations de distribution compactes, des transformateurs ou des moteurs. Les nombreux accessoires garantissent de multiples combinaisons de raccordement. Des protections contre les surtensions complètent l'assortiment.

Extrémités enfilables

Les extrémités enfilables sont préfabriquées en silicone. Elles se montent rapidement et facilement, sans outil spécial, sur les extrémités de câbles préparées. La dimension réduite de ces composants est un véritable atout en cas d'espace limité.

Extrémités thermorétractables

Les extrémités thermorétractables sont conçues sous forme de gaines thermorétractables qui résistent au courant de fuite. Elles sont parfaitement adaptées aux applications intérieures et extérieures.

Jonctions de moyenne tension

Technique de rétraction à chaud et à froid

Les différents composants sont conçus à partir de pièces préfabriquées. Grâce à la large plage de rétraction, cette technique est universellement applicable sur tous les types de câbles. Étant donné qu'aucun outil spécial n'est nécessaire, ces jonctions s'installent rapidement et de façon fiable.

Jonctions de transition

Les jonctions de transition sont des composants utilisés pour relier des câbles en polymère avec des câbles de masse ou des câbles papier-plomb. Brugg Cables conseille à cet égard de travailler exclusivement avec des jonctions à rétraction à chaud, qui sont utilisées avec succès depuis de nombreuses années.

Brides pour câbles

Lors de la pose des câbles, il convient de s'assurer que les modifications de longueurs dues à de futures contraintes thermiques n'aient pas d'effet négatif sur les jonctions. L'utilisation de brides adaptées permet d'éliminer ces contraintes. Pour les câbles à enveloppe en plastique, il est conseillé d'utiliser des brides munies d'inserts en caoutchouc. Brugg Cables assiste ses clients lors du calcul et de la sélection des brides et attaches pour câbles.

Brides de fixation

Par "brides de fixation", on entend des brides qui fixent les câbles à des distances spécifiques. Il convient de choisir la bride en fonction du type de câble.

Brides d'amarrage

Les brides d'amarrage empêchent le glissement du câble dans les zones en pente. Ces brides se montent à l'aide de gabarits de montage ou de plaques de butée. La force de maintien dépend du type de câble, de la construction du câble et de la bride sélectionnée.

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

Attaches pour câbles

Les attaches pour câbles BRIFIX® sont utilisées pour réaliser une pose résistant aux courts-circuits pour câbles unipolaires. Elles sont parfaitement adaptées à tous les types de câbles. Une certaine distance doit être garantie en fonction des contraintes attendues et dues aux courts-circuits.

Outils

Les équipements de câblage doivent satisfaire pendant l'exploitation à des exigences sévères sur une longue durée. De plus, la sécurité de fonctionnement implique un montage sûr et précis des câbles et des accessoires. Pour remplir ces conditions, il est impératif d'utiliser des outils adéquats. Brugg Cables propose des outils adaptés au montage de garnitures de basse et moyenne tension.

Des informations détaillées et des fiches techniques relatives aux différents produits et accessoires sont disponibles en ligne dans l'e-catalogue.

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

GKN unipolaire BT isolation polymère 1/0.6kV

GKN

Câble Ceander

Construction

- Conducteur en cuivre, torsadé
- Isolation du conducteur en HEPR, réticulé
- Conducteur extérieur concentrique en cuivre avec bande de cuivre
- Gaine extérieure en PE, sans halogènes, noire avec deux bandes jaunes
- Couleur du conducteur: L noir
- Résistant UV

Application

Normes

HD 603 S1:1994/A3:2007 part 7 section E (certifié, certificat no: 40048915)
Sans halogène: IEC 60754-1, EN 50267-2-1
Sans gaz corosif: IEC 60754-2, EN 50267-2-2
Sans gaz toxique: NES 02-713, NFC 20-454
CPR classe d'incendie Fca
Sur demande nous vous fournissons des classes de feu suppérieur pour les autres diamètres
Pour les accessoires correspondants, voyez le catalogue accessoires.

Données techniques

No d'article	Section mm²	Diamètre mm	Poids total kg/100 m	Résist. en cour. altern. à 60 °C et 50 Hz Ω/km	Réactance à 50 Hz Ω/km	Impédance à 60 °C et 50 Hz Ω/km	Capacité à 50 Hz µF/km	Rayon min. de courbure à la pose mm	Rayon de courbure min. au montage mm	force max. admissible de traction kN	Energie de combustion MJ/m
53378	1x150/50	27.7	208	0.146	0.097	0.175	0.487	330	250	9.0	12.3
58293	1x240/80	32.7	334	0.092	0.093	0.131	0.525	390	290	14.4	16.4
45994	1x300/100	33.7	412	0.076	0.091	0.118	0.580	400	300	18.0	17.8

Capacité de charge

Pose	3-cond. en un tube					3-cond. à l'air libre trefle		
Mode d'exploitation	Charge permanente		Charge industrielle		Régime d'urgence[1]	Charge perman. ou industrielle		Régime d'urgence[1]
Température du cond.	60 °C	90 °C	60 °C	90 °C	110 °C	60 °C	90 °C	110 °C
Mise à terre	⏚	⏚	⏚	⏚	⏚	⏚	⏚	⏚
Section mm²	A	A	A	A	A	A	A	A
1x150/50	276	346[2]	295	383	430	326	474	547
1x240/80	354	431[2]	380	496	558	433	632	732
1x300/100	396	483[2]	426	559	630	481	704	817

[1] Régime d'urgence au maximum 8h/jour et 100h/an (la température du tube peut dépasser 50 °C)

[2] Limitation par la température superficielle du tube de 50 °C

Pour les données de transport, pose, montage et pour les normes d'essai, voir chapitre "Informations techniques"

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

GKN quadripolaire BT isolation polymère 1/0.6kV

GKN

Câble Ceander

Construction

Application

Normes

HD 603 S1:1994/A3:2007 part 7 section E (certifié, certificat no: 40048915)
Sans halogène: IEC 60754-1, EN 50267-2-1
Sans gaz corosif: IEC 60754-2, EN 50267-2-2
Sans gaz toxique: NES 02-713, NFC 20-454
CPR classe d'incendie Fca
Sur demande nous vous fournissons des classes de feu suppérieur pour les autres diamètres
Pour les accessoires correspondants, voyez le catalogue accessoires.

Données techniques

No d'article	Section mm²	Diamètre mm	Poids total kg/100 m	Résist. en cour. altern. à 60 °C et 50 Hz Ω/km	Réactance à 50 Hz Ω/km	Impédance à 60 °C et 50 Hz Ω/km	Capacité à 50 Hz µF/km	Rayon min. de courbure à la pose mm	Rayon de courbure min. au montage mm	force max. admissible de traction kN	Energie de combustion MJ/m
61174[1]	3x6/6 2LN	16.2	43	3.564	0.085	3.564	0.199	160	110	0.7	6.5
58321[2]	3x6/6 3L	16.2	43	3.564	0.085	3.564	0.199	160	110	0.7	6.5
61176[1]	3x10/10 2LN	17.7	59	2.118	0.080	2.120	0.244	180	120	1.2	7.7
58496[2]	3x10/10 3L	17.7	59	2.118	0.080	2.120	0.244	180	120	1.2	7.7
58483	3x16/16	20.7	86	1.331	0.075	1.333	0.281	210	140	1.9	9.4
47582	3x25/25	24.7	133	0.842	0.075	0.846	0.271	250	170	3.0	12.1
47583	3x50/50	30.7	226	0.449	0.073	0.455	0.288	310	210	6.0	17.0
58477	3x95/95	40.7	416	0.227	0.070	0.238	0.322	410	280	11.4	26.6
47732	3x150/150	50.3	657	0.149	0.070	0.162	0.322	500	350	18.0	40.5
61134	3x240/240	61.6	1056	0.097	0.069	0.119	0.350	620	430	28.8	62.4

Capacité de charge

Pose	En tube enterré					A l'aire libre		
Mode d'exploitation	Charge permanente		Charge industrielle		Régime d'urgence[3]	Charge perman. ou industrielle		Régime d'urgence[3]
Température du cond.	60 °C	90 °C	60 °C	90 °C	110 °C	60 °C	90 °C	110 °C
Mise à terre	⎓	⎓	⎓	⎓	⎓	⎓	⎓	⎓
Section mm²	A	A	A	A	A	A	A	A
3x6/6	38	49	39	51	57	38	55	63
3x10/10	52	67	53	69	77	53	75	86
3x16/16	68	88	71	91	102	71	101	116
3x25/25	89	115	93	119	133	94	134	153
3x50/50	130	168	135	175	195	140	199	229
3x95/95	196	254	206	266	297	218	312	358
3x150/150	252	326	266	344	384	287	409	470
3x240/240	333	432	353	459	514	385	552	634

[1] Couleur du conducteur: noir / rouge / bleu

[2] Couleur du conducteur: noir / rouge / blanche

[3] Régime d'urgence au maximum 8h/jour et 100h/an (la température du tube peut dépasser 50 °C)

Pour les données de transport, pose, montage et pour les normes d'essai, voir chapitre "Informations techniques"

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

GKN unipolaire Alrm BT isolation polymère 1/0.6kV

GKN

Câble Ceander

Construction

- Conducteur en aluminium, torsadé
- Isolation du conducteur en HEPR, réticulé
- Conducteur extérieur concentrique en cuivre avec bande de cuivre
- Gaine extérieure en PE, sans halogènes, noire avec deux bandes jaunes
- Couleur du conducteur: L noir
- Résistant aux UV

Application

Dans les réseaux de distribution et installations industrielles
Pose en tubes enfouis, en locaux intérieures, en canaux pour câbles et enterré.
La gaine en PE garantit de très bonnes valeurs d'isolation en exploitation, est résistante à l'usure et est, de ce fait, optimale pour la pose.

Normes

HD 603
Sans halogène: IEC 60754-1, EN 50267-2-1
Sans gaz corosif: IEC 60754-2, EN 50267-2-2
Sans gaz toxique: NES 02-713, NFC 20-454
CPR classe d'incendie Fca
Sur demande nous vous fournissons des classes de feu suppérieur pour les autres diamètres
Pour les accessoires correspondants, voyez le catalogue accessoires.

Données techniques

No d'article	Section mm²	Diamètre mm	Poids total kg/100 m	Résist. en cour. altern. à 60 °C et 50 Hz Ω/km	Réactance à 50 Hz Ω/km	Impédance à 60 °C et 50 Hz Ω/km	Capacité à 50 Hz µF/km	Rayon min. de courbure à la pose mm	Rayon de courbure min. au montage mm	force max. admissible de traction kN	Energie de combustion MJ/m
53381	1x150Alrm/32	25.7	105	0.240	0.097	0.259	0.561	310	230	4.5	11.4
53382	1x240Alrm/50	30.7	158	0.148	0.091	0.174	0.525	370	280	7.2	15.2
53384	1x300Alrm/62	32.7	192	0.120	0.089	0.149	0.681	390	290	9.0	17.4
53383	1x400Alrm/80	37.7	257	0.096	0.087	0.130	0.633	450	340	12.0	21.1

Capacité de charge

Pose	3-cond. en un tube					3-cond. à l'air libre trefle		
Mode d'exploitation	Charge permanente		Charge industrielle		Régime d'urgence[1]	Charge perman. ou industrielle		Régime d'urgence[1]
Température du cond.	60 °C	90 °C	60 °C	90 °C	110 °C	60 °C	90 °C	110 °C
Mise à terre	⏚	⏚	⏚	⏚	⏚	⏚	⏚	⏚
Section mm²	A	A	A	A	A	A	A	A
1x150Alrm/32	211	273[2]	224	290	304	244	351	404
1x240Alrm/50	279	361[2]	298	386	403	340	491	566
1x300Alrm/62	313	405[2]	334	434	453	388	561	648
1x400Alrm/80	356	464[2]	382	498	519	452	656	758

[1] Régime d'urgence au maximum 8h/jour et 100h/an (la température du tube peut dépasser 50 °C)

[2] Limitation par la température superficielle du tube de 50 °C

Informations supplémentaires, voir document "Dimensions des câbles", chapitre 3.6 Conditions pour le calcul de limite de charge.

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

GKN quadripolaire Alrm BT isolation polymère 1/0.6kV

GKN

Câble Ceander avec conducteur aluminium

Construction

Application

Dans les réseaux de distribution et installations industrielles.
Pose en tubes enfouis, en locaux, en canaux de câbles ou directement en terre.
La gaine en PE garantit de très bonnes valeurs d'isolation en exploitation, est résistante à l'usure et est, de ce fait, optimale pour la pose.

Normes

HD 603 S1:1994/A3:2007 part 7 section E (certifié, certificat no: 40048915)
Sans halogène: IEC 60754-1, EN 50267-2-1
Sans gaz corosif: IEC 60754-2, EN 50267-2-2
Sans gaz toxique: NES 02-713, NFC 20-454
CPR classe d'incendie Fca
Sur demande nous vous fournissons des classes de feu suppérieur pour les autres diamètres
Pour les accessoires correspondants, voyez le catalogue accessoires.

Données techniques

No d'article	Section mm²	Diamètre mm	Poids total kg/100 m	Résist. en cour. altern. à 60 °C et 50 Hz Ω/km	Réactance à 50 Hz Ω/km	Impédance à 60 °C et 50 Hz Ω/km	Capacité à 50 Hz µF/km	Rayon min. de courbure à la pose mm	Rayon de courbure min. au montage mm	force max. admissible de traction kN	Energie de combustion MJ/m
61150	3x95Alrm/50	37.7	202	0.373	0.070	0.380	0.329	380	260	5.7	25.4
61151	3x150Alrm/95	47.3	324	0.240	0.071	0.240	0.329	470	330	9.0	38.3
61152	3x240Alrm/150	59.1	512	0.151	0.070	0.166	0.347	590	410	14.4	60.2

Capacité de charge

Pose	En tube enterré					A l'aire libre		
Mode d'exploitation	Charge permanente		Charge industrielle		Régime d'urgence[1]	Charge perman. ou industrielle		Régime d'urgence[1]
Température du cond.	60 °C	90 °C	60 °C	90 °C	110 °C	60 °C	90 °C	110 °C
Mise à terre	⎍	⎍	⎍	⎍	⎍	⎍	⎍	⎍
Section mm²	A	A	A	A	A	A	A	A
3x95Alrm/50	150	193	157	203	227	165	240	271
3x150Alrm/95	196	253	206	266	298	221	318	365
3x240Alrm/150	264	340	280	360	401	303	435	498

[1] Régime d'urgence au maximum 8h/jour et 100h/an (la température du tube peut dépasser 50 °C)

Pour les données de transport, pose, montage et pour les normes d'essai, voir chapitre "Informations techniques"

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

GKN quadripolaire Alse BT isolation polymère 1/0.6kV

GKN Alse

Câble Ceander avec conducteur en aluminium

Construction

- Conducteur sectoral massif en aluminium
- isolation du conducteur en HEPR, réticulé
- trois conducteurs isolés torsadés
- Matelas en caoutchouc régénéré
- conducteur extérieur concentrique en cuivre avec bande de cuivre
- gaine extérieure en PE, sans halogènes, noire avec deux bandes jaunes
- Couleur du conducteur: 3L
- Résistant aux UV

Application

Dans les réseaux de distribution et installations industrielles.
Pose en tubes enfouis, en locaux intérieures, en canaux pour câbles et enterré.
La gaine en PE garantit de très bonnes valeurs d'isolation en exploitation, est résistante à l'usure et est, de ce fait, optimale pour la pose.

Normes

HD 603 S1:1994/A3:2007 part 7 section E (certifié, certificat no: 40048915)
Sans halogène: IEC 60754-1, EN 50267-2-1
Sans gaz corosif: IEC 60754-2, EN 50267-2-2
Sans gaz toxique: NES 02-713, NFC 20-454
CPR classe d'incendie Fca
Sur demande nous vous fournissons des classes de feu suppérieur pour les autres diamètres
Pour les accessoires correspondants, voyez le catalogue accessoires.

Données techniques

No d'article	Section mm²	Diamètre mm	Poids total kg/100 m	Résist. en cour. altern. à 60 °C et 50 Hz Ω/km	Réactance à 50 Hz Ω/km	Impédance à 60 °C et 50 Hz Ω/km	Capacité à 50 Hz µF/km	Rayon min. de courbure à la pose mm	Rayon de courbure min. au montage mm	force max. admissible de traction kN	Energie de combustion MJ/m
61127	3x150Alse/95	40.7	276	0.239	0.077	0.251	0.329	450	300	9.0	26.5
58458	3x240Alse/150	48.3	432	0.145	0.076	0.164	0.339	550	400	14.4	38.5

Capacité de charge

Pose	En tube enterré					A l'aire libre		
Mode d'exploitation	Charge permanente		Charge industrielle		Régime d'urgence[1]	Charge perman. ou industrielle		Régime d'urgence[1]
Température du cond.	60 °C	90 °C	60 °C	90 °C	110 °C	60 °C	90 °C	110 °C
Mise à terre	⏚	⏚	⏚	⏚	⏚	⏚	⏚	⏚
Section mm²	A	A	A	A	A	A	A	A
3x150Alse/95	195	251	204	264	296	220	316	363
3x240Alse/150	262	339	277	359	401	301	432	496

[1] Régime d'urgence au maximum 8h/jour et 100h/an (la température du tube peut dépasser 50 °C)

Pour les données de transport, pose, montage et pour les normes d'essai, voir chapitre "Informations techniques"

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

PURWIL Trafo–Cable, gainé (TN–C)

S1BQ-F

Câble flexible, 4 x 1, torsadé symétriquement, en polyuréthane (EPR/PUR)

Avantages décisifs

- **Amélioration considérable de la CEM** dans l'installation électrique
- Pas de courant induits dans les structures métalliques et les câble de données
- Champs électromagnétique minimes
- Système parfaitement symétrique
- Moins de pertes energie
- De faibles forces de court-circuit
- Installation facile

Application

- Raccordements secondaires pour transformateurs (TN-C), non inductif et faiblement rayonnant
- Bâtiments industriels, d'hôpital, de bureau et de commerce
- Recherche et développement
- Pharmaceutiques et chimie
- Bâtiments publics
- Centres de calcul
- Généralement à partir d'environ 150A charge d'électricité

Construction

- Conducteur en cuivre flexible cl. 5 (IEC 60228), fils fins
- Isolation réticulé EPR, noir, numérotés
- torsadé symmétriquement
- bandé
- Gaine polyuréthane PUR

Description

- Tension de service Uo/U 600/1000 V
- Rayon de courbure min.:
  avec contrainte de traction 8 x D
  installation fixe 6 x D
- Tension d'essai [AC]: 3 500 V, 50 Hz, 5 min.
- Force de traction max. de 20 N/mm2 section Cu

Plage de températures

-40° ... +90°C
En cas de court-circuit, +250°C (max. 5 sec.)

Couleur de la gaine

gris, semblable à RAL 7011

Normes

CEI 60228 Cu-conducteur cl.5
Conducteur en analogie avec DIN
VDE 0250-602 ASE TP20B/3C, HD 603 S1
CEI 60332-1-2 Résistant à la flamme
CEI 60754-1 Sans halogène
CEI 60754-2 Corrosivité des fumées
CPR Classe d'incendie EN 13501-6: Eca

Remarques

Brugg Cables AG propose également le accessoires appropriés.

Données techniques

Section mm²	No d'article	Couleur du conducteur	Ø d1 env. mm	ØD env. mm	Poids total kg/km	Energie de combustion MJ/m
4x150	23500	noir	20.7	57.3	6860	54.7
4x185	23501	noir	22.0	58.4	8190	63.7
4x240	23502	noir	25.1	65.3	9980	75.7
4x300	23503	noir	29.2	74.0	13176	95.0

Données électriques (courant max. pour pose à l'air libre 30°C)

Section mm²	Résistance au courant alternatif à 60°C, 50 Hz Ω/km	Réactance à 50 Hz Ω/km	Impédance Z à 60°C, 50 Hz Ω/km	Charge max. à 60°C de température de l'âme A	Charge max. à 90°C de température de l'âme A
4x150	0.146	0.080	0.167	285	405
4x185	0.117	0.080	0.142	327	463
4x240	0.090	0.080	0.120	388	549
4x300	0.073	0.080	0.108	440	624

Pour des charges d'électricité plus élevées, plusieurs conduites peuvent être ajournées parallèlement.

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

PURWIL Trafo–Cable, bandé (TN–C)

S1BQ-F

Câble 4 x 1 unipolaire flexible, torsadé, quadripôle symétriqe, en polyuréthane (EPR/-PUR)

Application

- Raccordements secondaires pour transformateurs
- Distributeurs d'énergie
- Industrie

Construction

- Conducteur en cuivre flex. cl. 5 (IEC 60228), fils fins
- Isolation réticulé EPR; noir
- Gaine polyuréthane PUR
- 4 câbles unipolaires torsadés; 4L numérotés
- bandé

Description

- Réduit le temps de montage
- Champs électromagnétique minimes
- Tenue aux courts-circuits haute entre les conducteurs de phases
- Rayon de courbure min.:
  avec contrainte de traction 8 x D
  sans contrainte traction 6 x D
- Tension de service Uo/U 600/1000 V

Plage de températures

-40°C ... +90°C
Régime d'urgence au max. +130°C (8h/jour et 100h/an)
En cas de court-circuit, +250°C max. (5 sec.)

Couleur de la gaine

gris, semblable à RAL 7011

Normes

CEI 60228 Cu-conducteur cl.5
CEI 60754-2 Corrosivité des fumées
CEI 60754-1 Sans halogène
Sur la base de ASE TP 20B/3C, HD603 S1

Remarques

Brugg Cables AG propose également le accessoires appropriés.

Données techniques

Section mm²	No d'article	Couleur du conducteur	Ø d1 env. mm	ØD env. mm	Poids total kg/km	Energie de combustion MJ/m
4x1x150	23481	noir	23.9	58.0	6565	41.8
4x1x185	23479	noir	25.4	61.6	7910	47.3
4x1x240	23480	noir	28.9	70.1	9725	60.6
4x1x300	23485	noir	32.4	81.0	12980	75.6

Données électriques (courant max. pour pose à l'air libre 30°C)

Section mm²	Résistance au courant alternatif à 60°C, 50 Hz Ω/km	Réactance à 50 Hz Ω/km	Impédance Z à 60°C, 50 Hz Ω/km	Charge max. à 60°C de température de l'âme A	Charge max. à 90°C de température de l'âme A
4x1x150	0.146	0.080	0.167	315	455
4x1x185	0.117	0.080	0.142	352	511
4x1x240	0.090	0.079	0.120	422	614
4x1x300	0.073	0.079	0.108	483	704

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

Toron–G EPR 4x1 (TN–C), torsadé

S1B-F

Toron flexible, torsadé, EPR réticulé

Application

- Raccordements secondaires pour transformateurs
- Installations dans des lieux secs

Construction

- Conducteur en cuivre flex. cl. 5 (IEC 60228), fils fins
- Isolation réticulé EPR, noir
- 4 câbles unipolaires torsadés; 4L numérotés,
- bandé

Description

- Réduit le temps de montage
- Champs électromagnétique minimes
- Tenue aux courts-circuits haute entre les conducteurs de phases
- Rayon de courbure min.:
  avec contrainte de traction 8 x D
  sans contrainte traction 6 x D

Plage de températures

-40°C ... +90°C
Régime d'urgence au max. +130°C (8h/jour et 100h/an)
En cas de court-circuit, +250°C max. (5 sec.)

Normes

CEI 60228 Cu-conducteur cl.5
CEI 60754-2 Corrosivité des fumées
CEI 60754-1 Sans halogène
Sur la base de ASE TP 20B/3C, HD603 S1

Remarques

Brugg Cables AG propose également le accessoires appropriés.

Données techniques

Section mm²	No d'article	Couleur du conducteur	Ø d1 mm	ØD env. mm	Poids total kg/km	Energie de combustion MJ/m
4x185	23476	noir	22.0	53.5	7297	29.1
4x240	23477	noir	25.1	61.0	8910	35.6

Données électriques (courant max. pour pose à l'air libre 30°C)

Section mm²	Résistance au courant alternatif à 60°C, 50 Hz Ω/km	Réactance à 50 Hz Ω/km	Impédance Z à 60°C, 50 Hz Ω/km	Charge max. à 60°C de température de l'âme A	Charge max. à 90°C de température de l'âme A
4x185	0.118	0.072	0.138	322	471
4x240	0.091	0.071	0.115	387	567

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

PURWIL, unipolaire

S1BQ-F

Câble flexible unipolaire en polyuréthane EPR/PUR

Le câble PURWIL à un conducteur est flexible et se pose bien. Il est donc parfait pour la construction de machines et d'installations ainsi que pour les transformateurs. Grâce à ses brins en cuivre fins, il est parfait pour passer dans des espaces de construction limités. Le câble satisfait aux normes internationales de protection anti-incendie en matière de résistance à la propagation des flammes, d'absence d'halogènes et donc de corrosion des gaz de combustion. La gaine est en polyuréthane (PUR), l'isolation des brins en mélange d'éthylène et de propylène résistant (EPR). Ce câble à un conducteur est disponible dans toutes les sections courantes du marché et conçu pour des utilisations dans une plage de températures de -40°C et +90°C.

Matériau et composants

- Conducteur Cu nu cl. 5 (IEC 60228), à brins fins
- Isolation des âme en réticulé EPR
- Gaine extérieure en polyuréthane (PUR)

Couleur de la gaine extérieure

gris, semblable à RAL 7011

Fonctions

- Résistant à l'abrasion
- Flexible
- Sans halogène
- Résistance mécanique élevée
- Résistance aux huiles et carburants

Conditions ambiantes

- Bonne résistance au froid et à la chaleur
- Résistance à l'hydrolyse et aux microbes
- Résistance à l'ozone et aux intempéries

Performances

- Propriétés mécaniques:Rayon de courbure min.:
  avec contrainte de traction 8 x D
  sans contrainte traction 6 x D

Tension de service Uo/U 600/1000 V

Plage de températures

- -40°C ... +90°C max.
- En cas de court-circuit +250°C pendant 5 sec.
- Résiste jusqu'à 130°C à court terme (8h/jour et 100 h/an)

Normes

CEI 60228 Cu-conducteur cl.5
Sur la base de EN 50525-2-51, HD603 S1
CEI 60754-1 Sans halogène
CEI 60754-2 Corrosivité des fumées

Remarques

d1=Ø au dessus du câble en cuivre
d2=Ø au-dessus de la 1ère gaine intérieure
D = Ø total
Brugg Cables AG propose également le accessoires appropriés.

Données techniques

Section mm²	No d'article	Code des conducteurs	Couleur du conducteur	Ø d1 env. mm	Ø d2 mm	ØD mm	Poids total kg/km
1X50	23835	L	noir	9.4	12.6	15.0	524
1X95	23068	L	noir	13.1	16.7	19.5	940
1X120	23850	L	noir	14.8	18.4	21.4	1294
1X150	23855	L	noir	16.7	20.7	23.9	1618
1X185	23860	L	noir	17.6	22.0	25.4	1952
1X240	23865	L	noir	20.3	25.1	28.9	2395
1X300	23870	L	noir	24.0	29.2	33.4	3205

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions
Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

Sous réserve de modification

BRUGG CABLES Well connected. | Terna Energy Solutions

Brugg Kabel AG
Tél. +41 56 201 37 77 • info@bruggcables.com

BRUGG CABLES
Well connected.

Terna
Energy
Solutions

www.bruggcables.com