BRUGG CABLES
Well connected.

Terna Energy Solutions

Moyenne tension 10 - 30 kV

Câbles MT 3

Informations générales 4
Câbles de moyenne tension 4

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 MT, Cu 35
XKDT unipolaire MT isolation polymère 20/12kV 35
XKDT-YT tripolaire MT isolation polymère 20/12kV 37
XKDT-Y tripolaire MT isolation polymère 20/12kV 38
XD-ALT 1-polaire MT isolation polymère 20/12kV 39
XD-ALT-YT 3-polaire MT isolation polymère 20/12kV 41

Câbles MT, Al 43
XKDT Alrm unipolaire MT isolation polymère 20/12kV 43
XKDT-YT Alrm tripolaire MT isolation polymère 20/12 kV 45
XKDT-Y tripolaire MT isolation polymère 20/12kV 46
XD-ALT 1-polaire MT isolation polymère 20/12kV 47
XD-ALT-YT 3-polaire MT isolation polymère 20/12kV 49

Sous réserve de modification

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

Câbles MT

Câbles de moyenne tension

Informations générales
La tension de service de ces câbles est comprise entre 1000 V et 36 kV. Ils servent à la transmission d'énergie électrique et sont utilisés dans les réseaux de distribution et les réseaux industriels. La pose se fait principalement dans des tubes synthétiques, directement sous terre, en locaux, en cave de câbles, sur échelles à câbles ou dans des canaux. Leurs fabrications sont monophasées ou triphasées.

Construction des câbles et matériaux
Les câbles à moyenne tension à isolation polymère utilisés actuellement sont composés de conducteurs ronds en cuivre ou en aluminium. Les câbles sont proposés sous forme multibrins.
L'isolation du conducteur est essentiellement composée de XLPE ou d'EPR réticulés. L'isolation est extrudée simultanément avec les couches semi-conductrices (intérieure et extérieure) pour la régulation du champ électrique. Le semi-conducteur intérieur et l'isolation sont soudés ensemble, le semi-conducteur extérieur est soudé à l'isolation XLPE et collé sur l'isolation EPR.
Le semi-conducteur extérieur avec une couche de fils de cuivre concentrique, souvent sous forme Ceander, forment l'écran électrique. A chaque section de conducteur correspond une section d'écran, qui peut être adaptée selon le pays ou le client. L'écran est maintenu grâce à une contre-spirale en bande de cuivre.
L'écran est protégé par une gaine d'extérieur sans halogène en polyéthylène ou par un matériau difficilement inflammable. La gaine de protection est noire et est reconnaissable en Suisse par deux bandes rouges longitudinales décalées de 180°.
Trois câbles unipolaires peuvent être torsadés ou gainés pour former un câble tripolaire et équipés d'une gaine de protection supplémentaire. Pour les poses directement en terre ainsi que pour de hautes résistances mécaniques, le câble est disponible avec une armure de traction et de protection consistant en une couche de fils de fer zingué. Si rien d'autre est exigé, le câbles tripolaires sont bandés avec une contre-spirale de fil d'acier plat zingué. Pour la reconnaissance des câbles, un fil de fer méplat est remplacé par un fil synthétique rouge.

Normes
Les câbles à moyenne tension de Brugg répondent aux normes de la CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique) HD 620 S2, Section N, ou VDE 0276-620 et au règles de electrosuisse (SEV Association pour l'électrotechnique, les technologies de l'énergie et de l'information).

Désignations abrégées pour les câbles à moyenne tension
Afin de faciliter l'utilisation des différents types et modèles de câbles, des désignations abrégées ont été introduites dans le domaine de la construction de câbles.

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

Ecran
K écran concentrique en fils de cuivre
D étanchéité longitudinale
AL étanchéité radiale (ruban d'aluminium)

Gaine d'èxterieure
T polyéthylène (PE) sans halogène
N matière synthétique sans halogène, difficilement inflammable, auto-extinguible

L'isolation du conducteur et la gaine composite sont séparées de l'armure et de la gaine extérieure par un trait d'union (-).

Y trois câbles monopolaires torsadés

Armure
F armure de tirage formé d'une couche de méplats en acier zingué

Gaine de protection
T polyéthylène (PE) sans halogène
N matière synthétique sans halogène, difficilement inflammable, auto-extinguible
YT câble tripolaire avec gaine en PE sans halogène

Nombre de conducteurs, sections, matériaux et construction
Le type de câble est suivi de données concernant le nombre, la section, le matériel (dans le cas d'aluminium suit l'abréviation Al) et la construction du conducteur. Si le câble est muni d'un écran concentrique en cuivre, celui-ci est indiqué après un trait oblique (/).

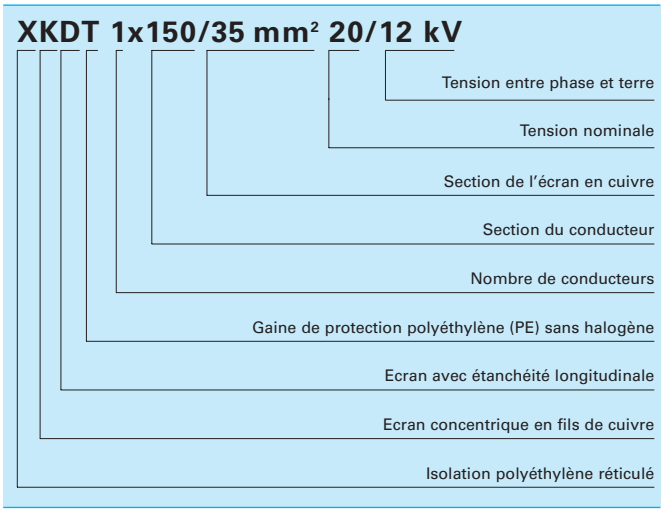
Sous réserve de modification

Abréviations complémentaires

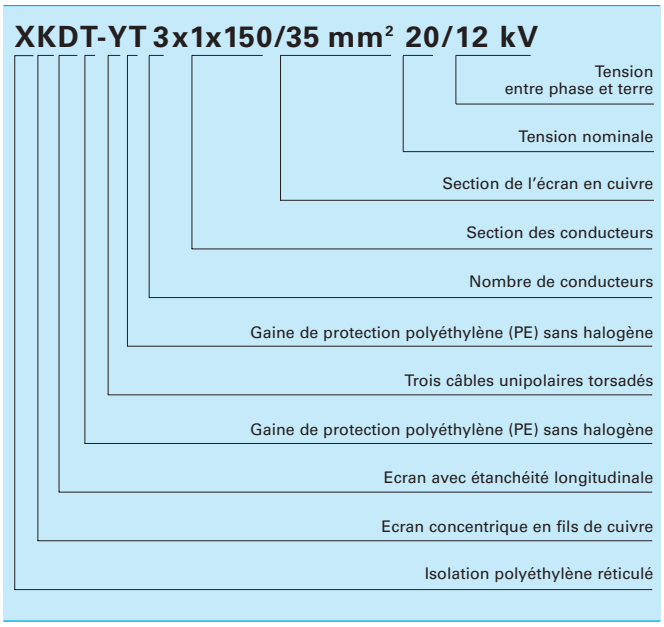
mm²	section du conducteur en millimètres carrés
rm	conducteur rond, multibrin (exécution standard, donnée pas nécessaire)
Cu	conducteur en cuivre (exécution standard, donnée pas nécessaire)
Al	conducteur en aluminium
kV	tension nominale en kV

Exemples

Câble de moyenne tension monopolaire à isolation polymère



Câble de moyenne tension triphasé à isolation polymère en forme triangle



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)

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.

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.

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.

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:

$R_T = R_{20} \cdot \{1 + \alpha (T - 20\,°C)\}$
$\alpha = 0.00393$ 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:

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

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, $r_x = r_a$).

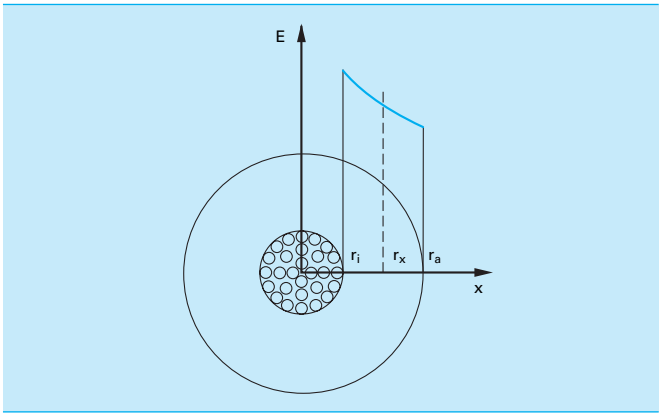


Figure 1: Tracé radial de l'intensité du champ.

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:

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

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

La tension d'écran est:

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

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).

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

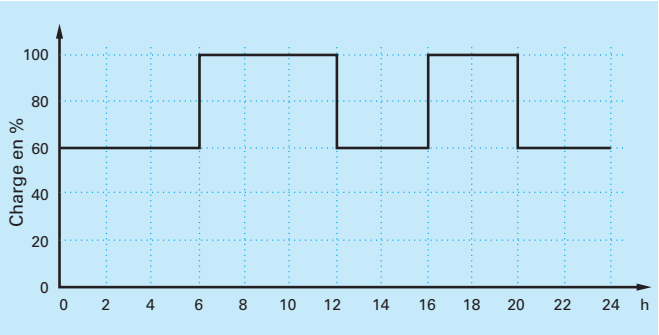


Figure 2: Courbe de charge journalière pour charge industrielle, i.e. 10 h à 100 % et 14 h à 60 % courant nominal.

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

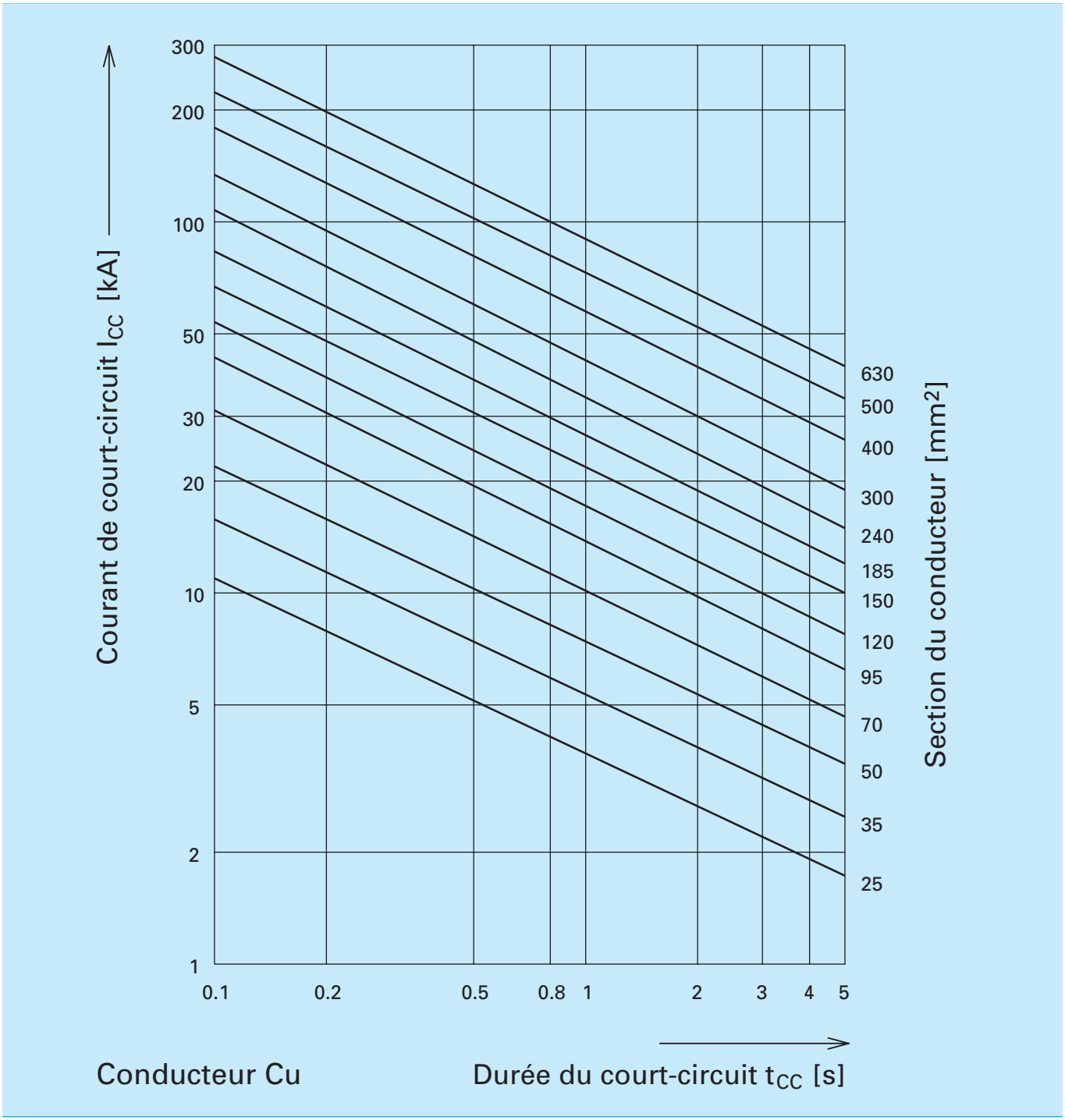


Figure 3: Détermination des courants de courts-circuits autorisés pour les conducteurs en cuivre.

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

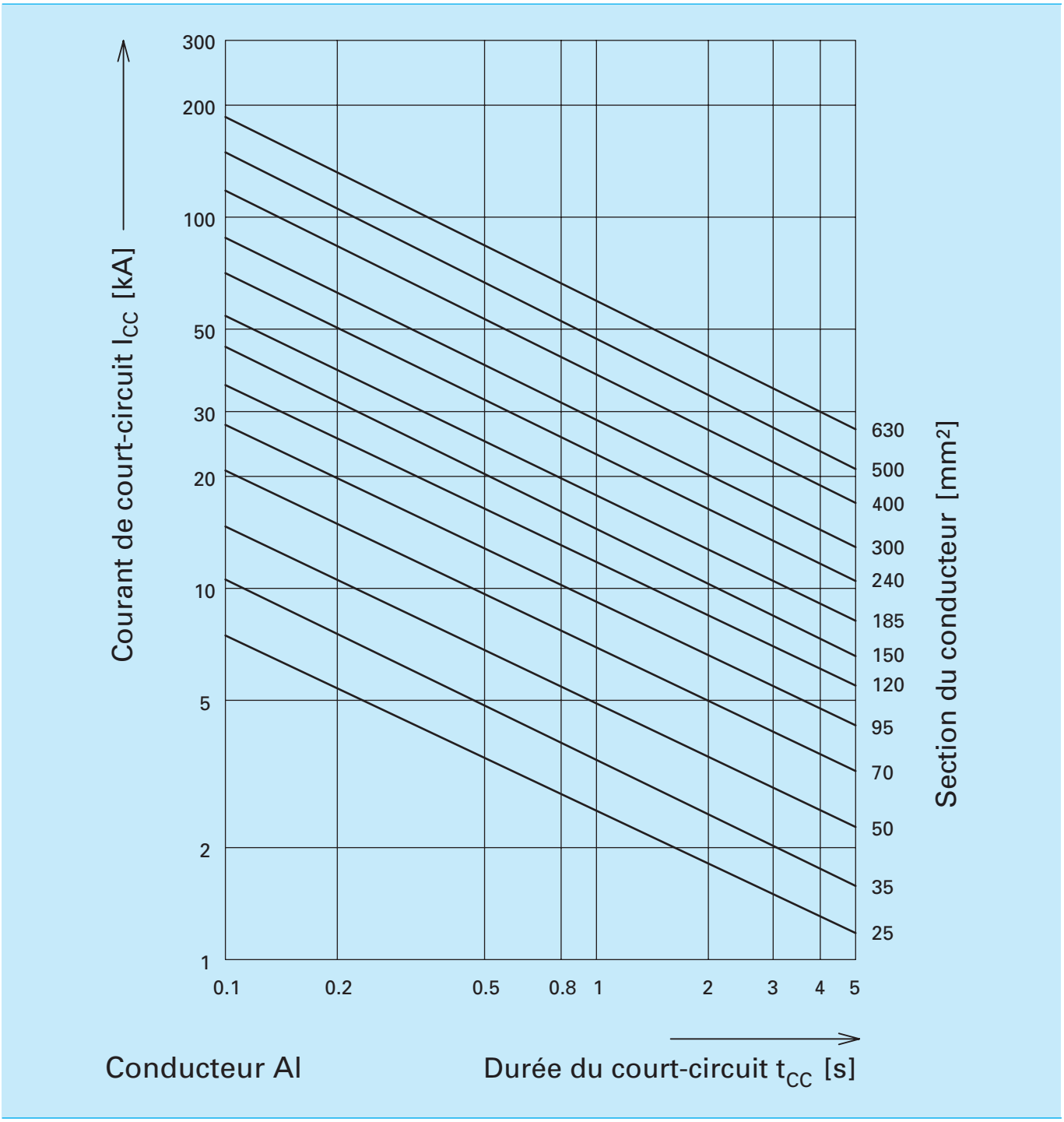


Figure 4: Détermination des courants de courts-circuits autorisés pour les conducteurs en aluminium.

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.

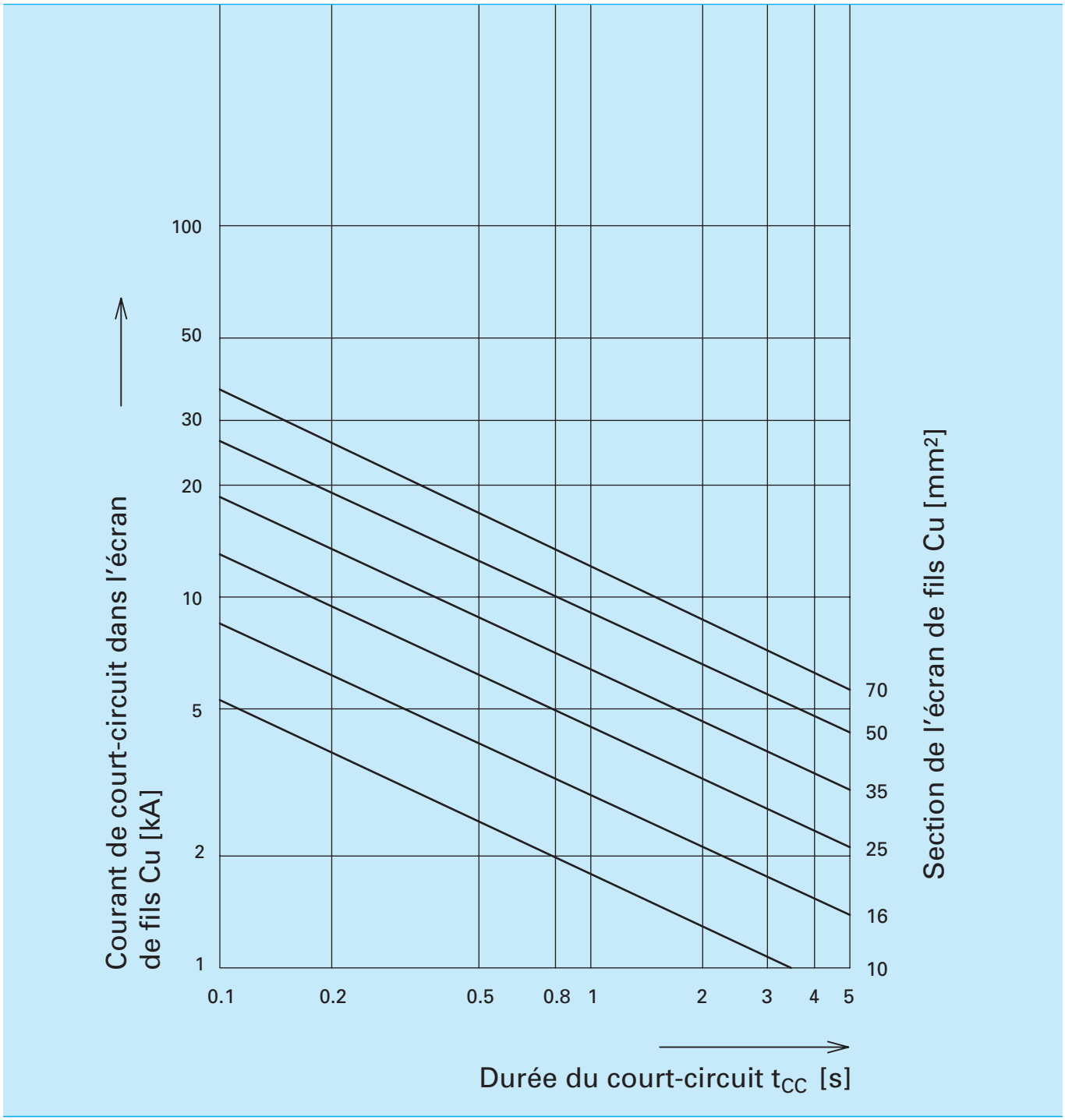


Figure 5: Courants de courts-circuits autorisés dans les écrans de fils de cuivre ronds.

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

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:

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

F_B' = contrainte radiale [N/m]
β = facteur d'ordre pour
pose en nappe β = 0.404
pose en triangle β = 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:

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

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	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:

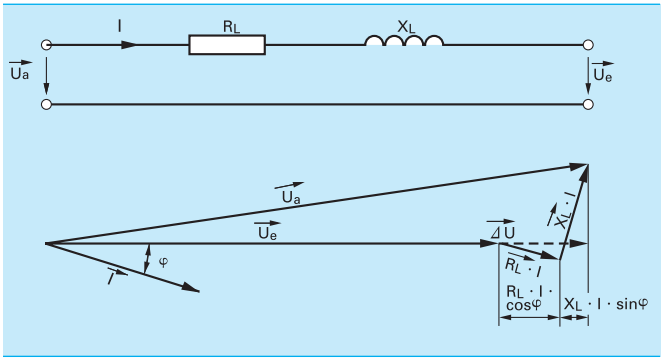


Figure 6: Représentation schématique de la chute de tension.

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).

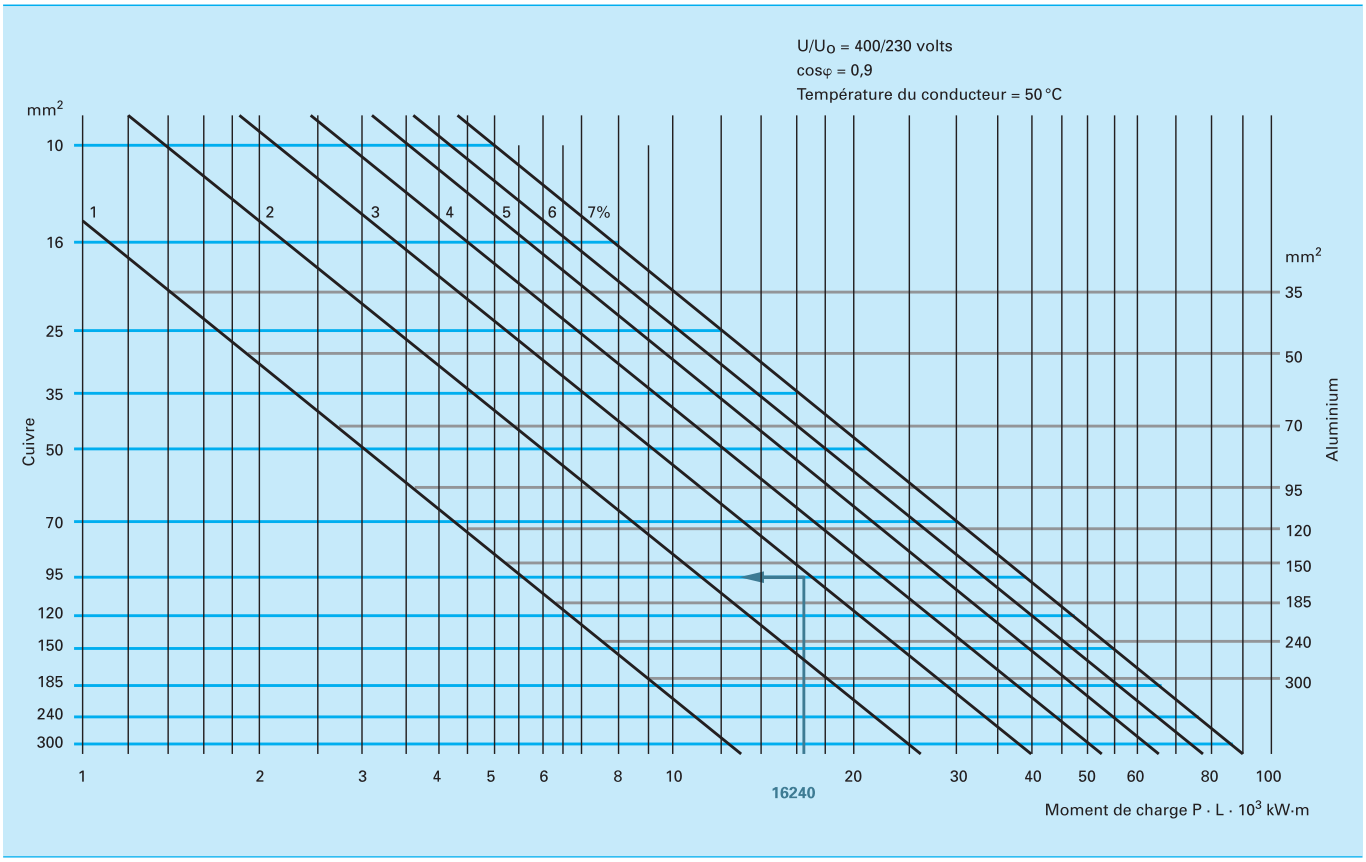


Figure 7: Section du câble en tenant compte de la chute de tension.

Exemple: le cas suivant est donné avec transformateur:

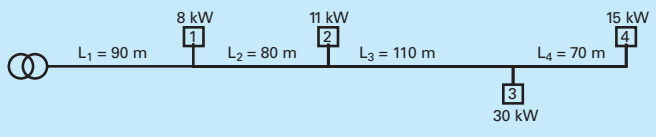


Figure 8: Ligne de basse tension.

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

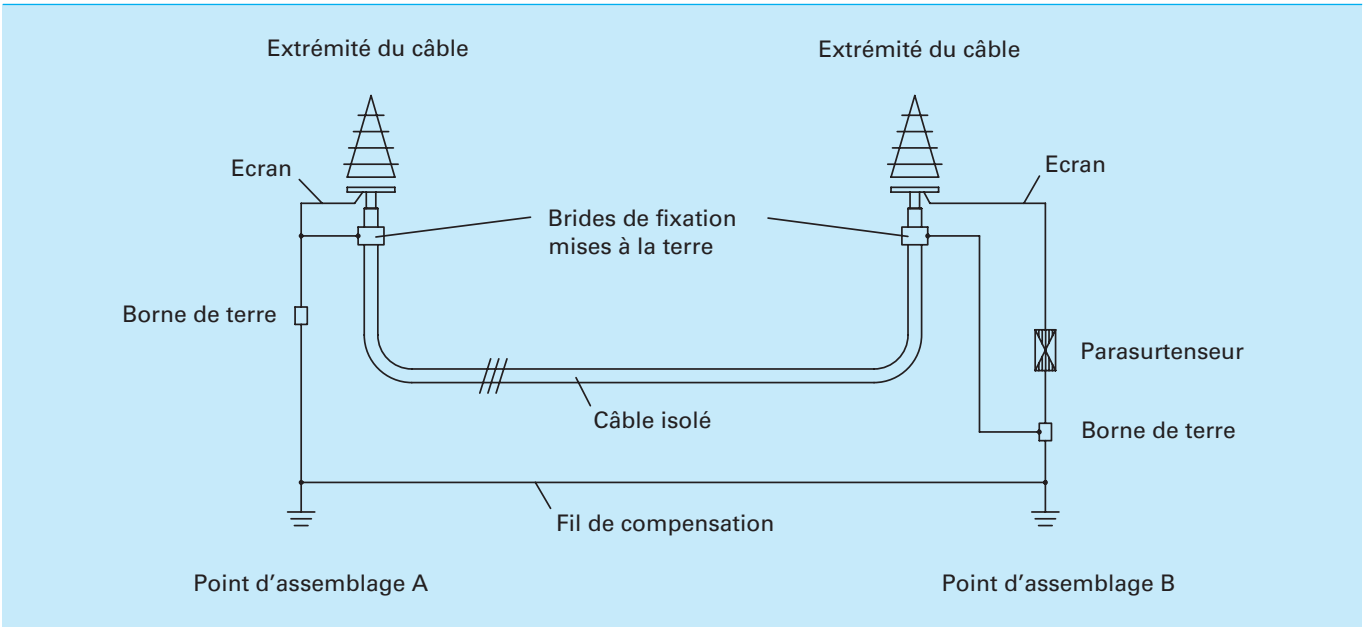


Figure 9: Principe de la mise à terre d'un seul côté de l'écran.

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.

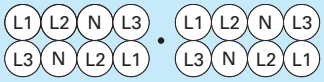
On peut normalement atteindre une très bonne symétrie et une très bonne répartition du courant avec deux ou quatre systèmes parallèles (lignes). Pour un système avec trois conducteurs en parallèle, on conseille un agencement en triangle. Il est très important d'organiser chaque ligne d'un système en 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.

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.

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.

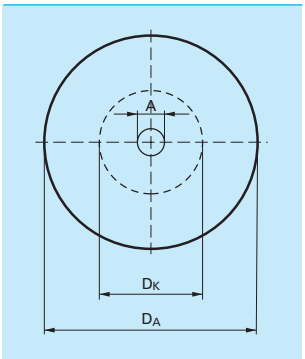
2. Bobines de câbles

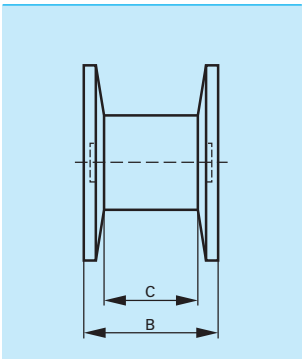
Les câbles sont en général livrés sur bobines. Pour les bobines de câbles, le noyau de la bobine doit être adapté au diamètre du câble et la capacité de la bobine correspondre au câble prévu.

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	5 10	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.

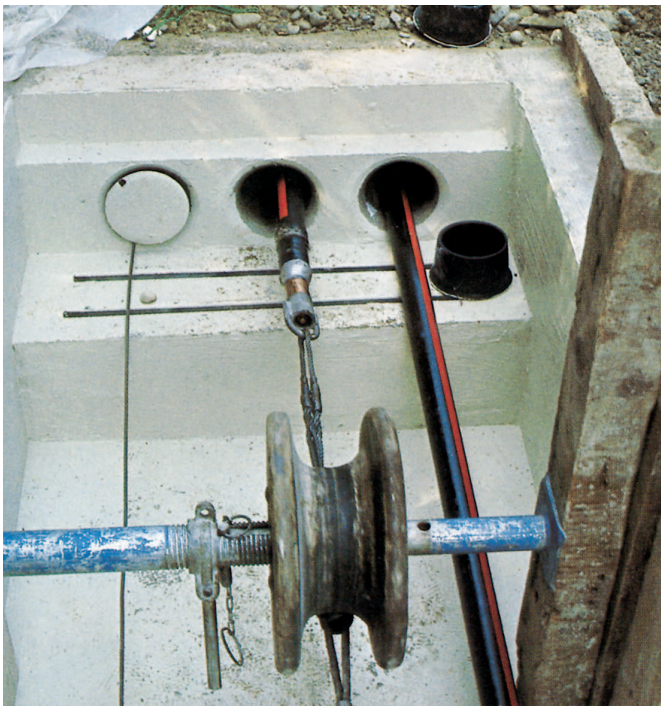
Equipement avec des tubes en plastique
En Suisse, on construit en général des équipements de tubes en plastique pour les câbles. Ce système présente le grand avantage de ne pas nécessiter de regards intermédiaires, même sur de longs tracés, grâce au faible coefficient de frottement entre câble et tube. 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.

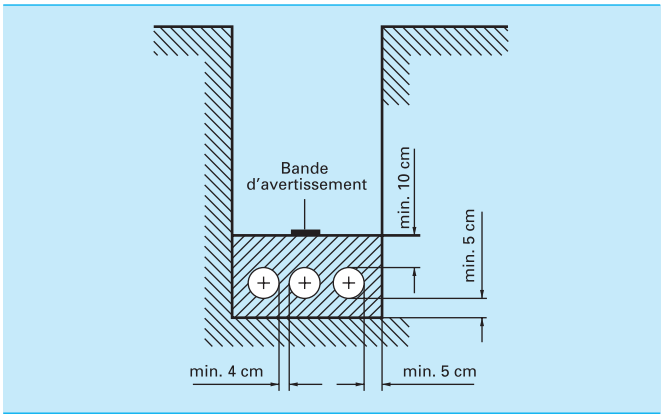
Si les tubes ne sont pas posés à une profondeur suffisante, l'on court le risque de voir ces tubes se retirer, sous l'effet des différentes températures, de la chambre de jonction. Les tubes ne doivent pas être salis de ciment.

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.

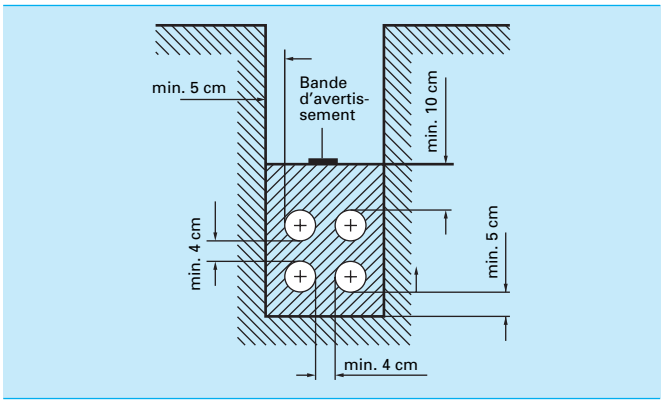
Pause de tubes bétonnés
Ceci est valable pour les tubes protecteurs plastiques en PE, PP et PVC. Les tubes en PVC dur ou en PP sont à bétonner dans tous les cas. Lors de la pose, on coule d'abord une fine couche de béton au fond de la tranchée, puis on place une première couche de tubes que l'on bétonne, 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

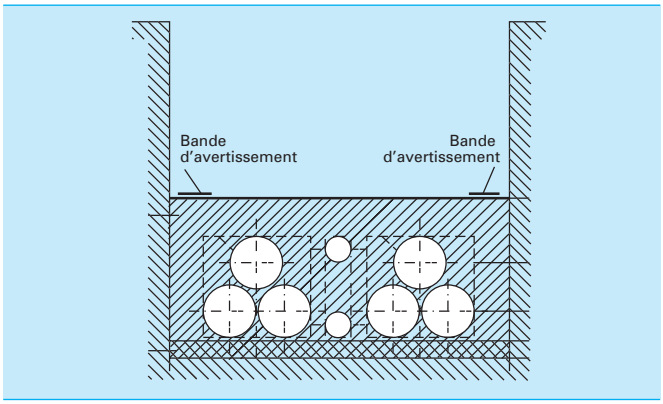
Installation de tubes bétonnée:



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.

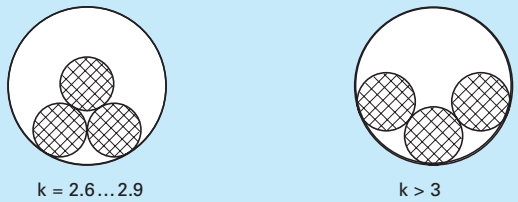
Transmission des ordres
Lors du tirage, les travaux auprès de la bobine, le long du tracé et auprès du treuil doivent être bien coordonnés. Ainsi on emploie normalement des radios ou des installations téléphoniques. Ces installations devraient avoir un fonctionnement fiable. Leur fonctionnement est à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

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}

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

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:

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

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

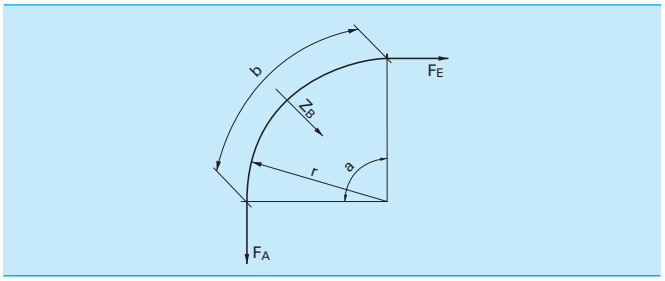
$$Z_B = \frac{F \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{r \cdot \pi \cdot \frac{\alpha}{360°}}$$

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

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

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

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 b = 20° (36 %):

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

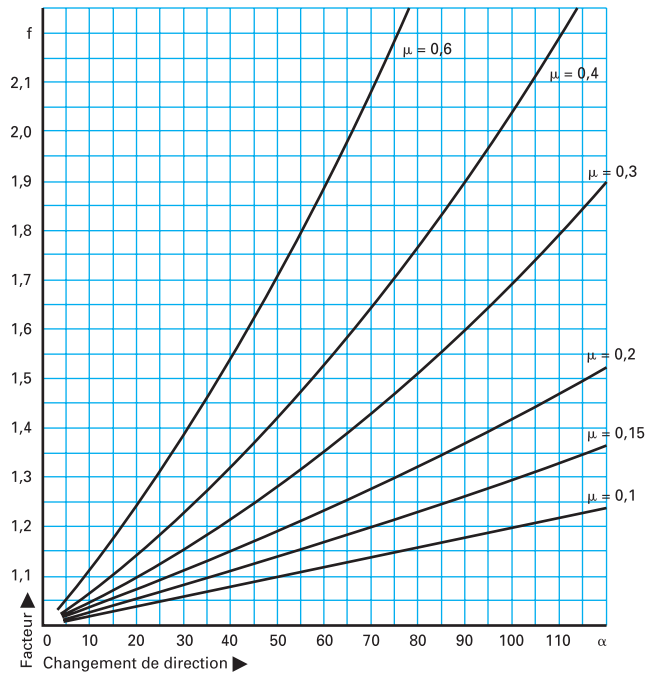
h = différence de hauteur [m]

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



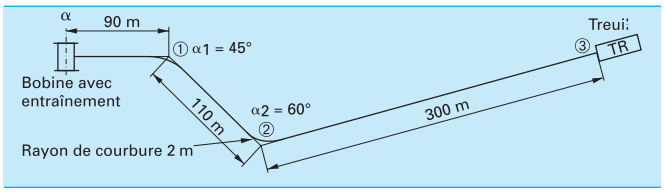
Pour le calcul de F_E, on peut trouver $f = e^{\mu a}$ dans le graphique suivant.

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

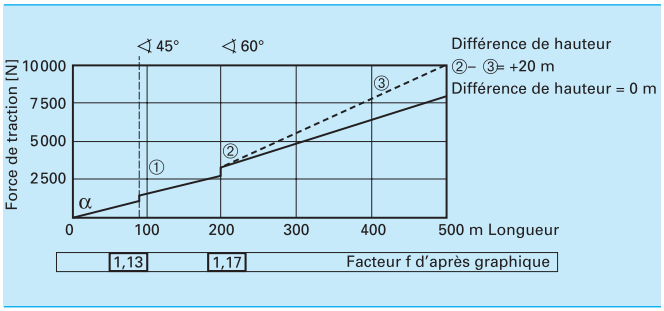
Exemple de calcul pour une pose de câble
Introduction de trois conducteurs unipolaires dans des tubes Ø 120 mm



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

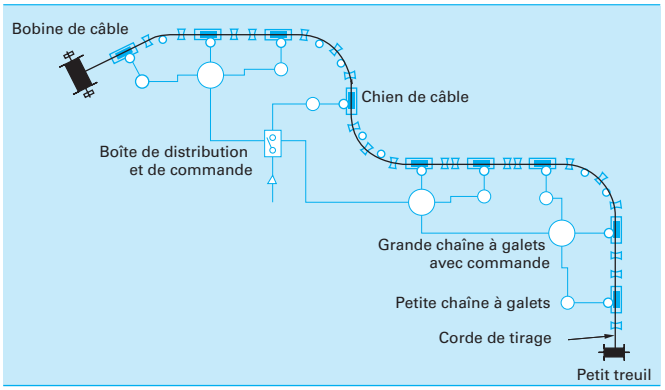
+5 °C > –5 °C

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.

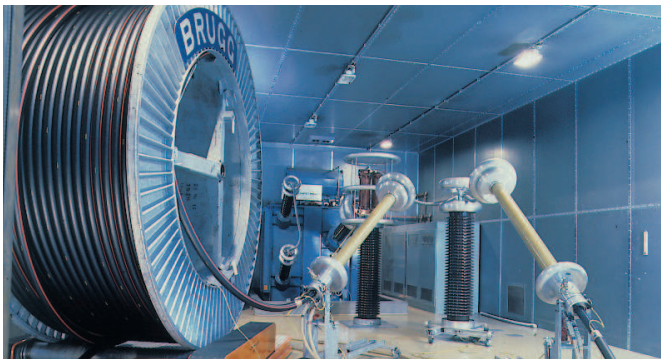


Figure 1: Salle isolée.

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.

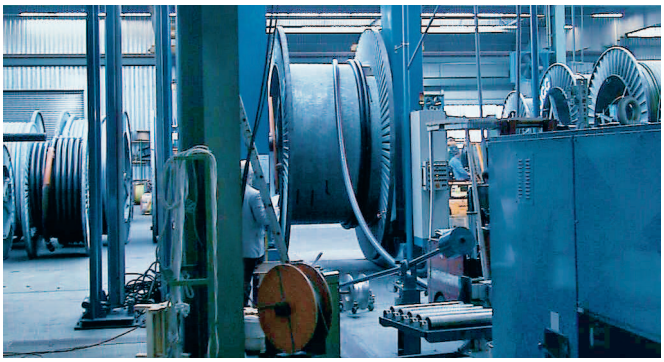


Figure 3: Test de courbure précédant les tests de type électrique.

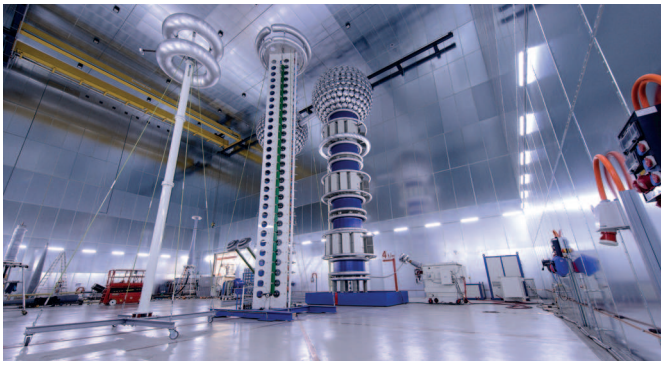


Figure 4: Générateur de tension de choc pour le contrôle du comportement des câbles.

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 $\Delta\vartheta$	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

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 X_L X_C	Réactance Réactance d'induction Réactance capacitive	[Ω] [Ω] [Ω]	$X_L = \omega L$ $X_C = -\frac{1}{\omega C}$ $\omega = 2\pi f$ = 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: $16.2 \cdot 10^{-6}$/K
pour l'aluminium: $23.8 \cdot 10^{-6}$/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	κ	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.

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

XKDT unipolaire MT isolation polymère 20/12kV

XKDT

étanchéité longitudinale

Construction

- Conducteur en cuivre, torsadé
- couche semi-conductrice intérieur, réticulée
- isolation en XLPE, réticulé
- couche semi-conductrice extérieure, réticulée, pelable
- ruban gonflant semi-conducteur
- écran formé de fils de cuivre avec bande de cuivre
- ruban gonflant isolant
- gaine de protection en PE, sans halogènes, noire avec deux bandes rouges

Le semi-conducteur intérieur, l'isolation et le semi-conducteur extérieur sont extrudés simultanément.

Application

Normes

HD 620 S3, Part 10, Section N (2010)
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
73642	50/16	27.3	98	0.448	0.139	0.469	0.183	410	280	3.0	20.2
73643	95/25	30.5	155	0.224	0.125	0.257	0.227	460	310	5.7	24.0
73644	150/35	33.4	217	0.144	0.117	0.186	0.267	510	340	9.0	27.5
73645	240/35	38.7	322	0.089	0.109	0.141	0.328	590	390	14.4	33.6
73676	300/35	41.3	387	0.072	0.107	0.129	0.363	620	420	18.0	37.1
61323	400/50	44.2	490	0.057	0.103	0.118	0.402	670	450	24.0	40.1
61326	500/50	47.6	588	0.046	0.101	0.111	0.440	720	480	30.0	45.2
73712	630/70	52.1	748	0.038	0.099	0.106	0.492	790	530	37.8	49.1

Capacité de charge lors d'une pose en caniveau et souterraine

Pose[1]										
Mode d'exploitation	Charge permanente				Charge industrielle				Régime d'urgence[2]	
Température du cond.	60 °C		90 °C		60 °C		90 °C		110 °C	
Mise à terre										
Section mm²	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
50/16	150	149	189[3]	189[3]	159	159	205	205	229	229
95/25	219	218	269[3]	268[3]	234	233	302	301	337	335
150/35	283	280	344[3]	340[3]	305	302	394	390	439	436
240/35	371	364	440[3]	432[3]	401	394	517[3]	508[3]	579	571
300/35	427	417	506[3]	494[3]	465	455	602	590	672	661
400/50	484	465	566[3]	544[3]	529	509	675[3]	650[3]	767	745
500/50	546	520	632[3]	601[3]	599	570	755[3]	720[3]	871	839
500/50[1]	640		726[3]		708		875[3]		1015	
630/70	613	566	697[3]	643[3]	676	625	835[3]	773[3]	988	930
630/70[1]	731		816[3]		813		985[3]		1169	

Sous réserve de modification

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

Capacité de charge lors d'une pose à l'air libre

Pose									
							entreaxe s = 2 · d		
Mode d'exploitation	Charge perman. ou industrielle				Régime d'urgence[2]		Charge perman. ou industrielle		Régime d'urgence[2]
Température du cond.	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	A
50/16	172	171	245	244	280	280	204	287	328
95/25	259	258	370	368	424	422	309	437	499
150/35	339	335	484	480	556	552	406	574	656
240/35	456	449	654	646	751	743	549	777	888
300/35	525	514	752	740	864	851	631	893	1021
400/50	607	586	872	848	1004	979	735	1043	1194
500/50	697	667	1004	968	1157	1120	849	1206	1382
630/70	805	752	1166	1099	1347	1277	993	1416	1625

[1] nappe de câbles unipolaires posés seuls, distance d'axe en axe, s = ≤ 25 cm

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

[3] 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"

XKDT–YT tripolaire MT isolation polymère 20/12kV

XKDT-YT

étanchéité longitudinale

Construction

Câble unipolaire XKDT:

- Conducteur en cuivre, torsadé
- couche semi-conductrice intérieur, réticulée
- isolation en XLPE, réticulé
- couche semi-conductice extérieur, réticulée, pelable
- ruban gonflant semi-conducteur
- écran formé de fils de cuivre avec bande de cuivre
- ruban gonflant isolant
- gaine extérieure en PE, sans halogènes, noire avec deux bandes rouges
- trois câbles unipolaires XKDT torsadés
- gaine de protection en PE, sans halogènes, noire avec deux bandes rouges

Le semi-conducteur intérieur, l'isolation et le semi-conducteur extérieur sont extrudés simultanément.

Pour les accessoires correspondants, voyez le catalogue accessoires.

Application

Dans les réseaux de distribution et industriels. Pose en tubes enfouis, en locaux intérieures, en canaux pour câbles ou enterré.
L'insertion de l'écran de cuivre dans le ruban gonflant garantit l'étanchéité longitudinale.
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 620 S3, Part 10, Section N (2010)
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

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
61316	50/16	62.2	325	0.448	0.139	0.469	0.183	750	500	6.0	72.7
61267	95/25	69.1	499	0.224	0.125	0.257	0.227	830	560	11.4	85.4
61212	150/35	75.4	690	0.144	0.117	0.186	0.267	910	610	18.0	96.9
61302	240/35	86.8	1013	0.089	0.109	0.141	0.328	1050	700	28.8	112.4
61308	300/35	92.4	1211	0.072	0.107	0.129	0.363	1110	740	36.0	122.1

Capacité de charge

Pose / Mode d'exploitation	En tube enterré					A l'aire libre		
	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
50/16	147	188	156	200	223	168	236	269
95/25	217	279	232	298	332	250	353	403
150/35	275	348[2]	295	380	423	323	456	522
240/35	357	442[2]	385	497	554	429	608	696
300/35	401	491[2]	434	560	626	488	693	794

[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

XKDT–Y tripolaire MT isolation polymère 20/12kV

XKDT-Y

étanchéite longitudinale

Construction

Câble unipolaire XKDT:
- Conducteur en cuivre, torsadé
- couche semi-conductrice intérieur, réticulée
- isolation en XLPE, réticulé
- couche semi-conductice extérieur, réticulée, pelable
- ruban gonflant semi-conducteur
- écran formé de fils de cuivre avec bande de cuivre
- ruban gonflant isolant
- gaine extérieure en PE, sans halogènes, noire avec deux bandes rouges
- trois câbles unipolaires XKDT torsadés

Application

Dans les réseaux de distribution et industriels. Pose en tubes enfouis, en locaux intérieures, en canaux pour câbles ou enterré.

L'insertion de l'écran de cuivre dans le ruban gonflant garantit l'étanchéité longitudinale. 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 620 S3, Part 10, Section N (2010)
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
47574	50/16	58.8	296	0.448	0.139	0.469	0.183	710	480	6.0	61.2
47876	95/25	65.7	466	0.224	0.125	0.257	0.227	790	530	11.4	72.7
47755	150/35	72.0	654	0.144	0.117	0.186	0.267	870	580	18.0	83.3
46061	240/35	83.4	972	0.089	0.109	0.141	0.328	1010	670	28.8	101.8
46062	300/35	89.0	1166	0.072	0.107	0.129	0.363	1070	720	36.0	112.4

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
50/16	149	189[2]	159	205	229	171	244	280
95/25	218	268[2]	223	301	335	258	368	422
150/35	280	340[2]	302	390	436	335	480	552
240/35	364	432[2]	394	508	571	449	646	743
300/35	417	494[2]	455	590	661	514	740	851

[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"

XD–ALT 1–polaire MT isolation polymère 20/12kV

XD-ALT

étanchéité longitudinale

Construction

- Conducteur en cuivre, torsadé
- couche semi-conductrice intérieur, réticulée
- isolation en XLPE, réticulé
- couche semi-conductrice extérieure, réticulée, entièrement soudé
- ruban gonflant semi-conducteur
- écran formé de bande d'aluminium
- ruban gonflant isolant
- gaine extérieure en PE, sans halogènes, noire avec deux bandes rouges

Le semi-conducteur intérieur, l'isolation et le semi-conducteur extérieur sont extrudés simultanément.

Particularité

L'insertion de l'écran en aluminium dans le ruban gonflant garantit l'étanchéité longitudinale et radiale
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.

Application

Dans les réseaux de distribution et industriels. Pose en tubes enfouis, en locaux intérieures, en canaux pour câbles et enterré.

Normes

HD 620 S3, Part 10, Section N (2010)
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
19583	50/16 Al	25	90	0.448	0.130	0.466	0.183	380	300	3.0	20.6
19584	95/18 Al	29	148	0.224	0.116	0.252	0.227	440	350	5.5	25.5
19585	150/20 Al	31	195	0.145	0.108	0.181	0.267	470	380	9.0	27.0
19586	240/24 Al	37	295	0.089	0.101	0.135	0.328	560	450	14.0	35.0
19634	300/24 Al	39	345	0.072	0.099	0.122	0.363	590	470	18.0	40.1
73635	500/29 Al	45	540	0.046	0.093	0.104	0.402	680	540	30.0	45.8

Capacité de charge lors d'une pose en caniveau et souterraine

Pose[1] / Mode d'exploitation / Température du cond. / Mise à terre	Charge permanente 60 °C		Charge permanente 90 °C		Charge industrielle 60 °C		Charge industrielle 90 °C		Régime d'urgence[2] 110 °C	
Section mm²	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
50/16 Al	146	146	184[3]	184[3]	155	155	200	199	223	222
95/18 Al	218	217	269[3]	269[3]	233	232	300	300	335	335
150/20 Al	278	277	336[3]	336[3]	298	297	385	386	430	429
240/24 Al	369	367	441[3]	438[3]	399	397	517	514	577	575
300/24 Al	426	420	507[3]	500[3]	464	460	603	596	671	668
500/29 Al	545	538	632[3]	623[3]	597	589	755[3]	746[3]	870	862

Sous réserve de modification

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

Capacité de charge lors d'une pose à l'air libre

Pose									
							entreaxe s = 2 · d		
Mode d'exploitation	Charge perman. ou industrielle				Régime d'urgence[2]		Charge perman. ou industrielle		Régime d'urgence[2]
Température du cond.	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	A
50/16 Al	159	159	228	228	262	262	191	271	310
95/18 Al	241	240	346	345	398	397	291	414	474
150/20 Al	315	314	453	452	521	520	383	545	625
240/24 Al	427	424	615	612	708	705	522	745	854
300/24 Al	488	485	704	700	811	807	600	856	981
500/29 Al	648	640	940	931	1086	1077	810	1160	1333

Courant the Court-Circuit de Blindage Aluminium

Section mm²	Courant de court-circuit (1.0 s) kA
50/16 Al	2.0
95/18 Al	2.0
150/20 Al	2.0
240/24 Al	2.0
300/24 Al	2.0
500/29 Al	2.0

[1] nappe de câbles unipolaires posés seuls, distance d'axe en axe, s = ≤ 25 cm

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

[3] 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"

XD–ALT–YT 3–polaire MT isolation polymère 20/12kV

XD-ALT-YT

Construction

Câble unipolaire XKDT:
- Conducteur en cuivre, torsadé
- couche semi-conductrice intérieur, réticulée
- isolation en XLPE, réticulé
- couche semi-conductice extérieur, réticulée, entièrement soudé
- ruban gonflant semi-conducteur
- écran formé de bande d'aluminium
- ruban gonflant isolant
- gaine extérieure en PE, sans halogènes, noire avec deux bandes rouges
- trois câbles unipolaires XKDT Alrm torsadés
- gaine de protection en PE, sans halogènes, noire avec deux bandes rouges

Le semi-conducteur intérieur, l'isolation et le semi-conducteur extérieur sont extrudés simultanément.

Application

Dans les réseaux de distribution et industriels. Pose en tubes enfouis, en locaux intérieures, en canaux pour câbles ou enterré.

Normes

HD 620 S3, Part 10, Section N (2010)
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.

Particularité

L'insertion de l'écran en aluminium dans le ruban gonflant garantit l'étanchéité longitudinale et radiale
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.

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
67223	50/16 Al	58	300	0.488	0.130	0.467	0.183	700	580	6.0	79.0
67224	95/18 Al	65	475	0.224	0.116	0.252	0.227	780	650	11.0	81.1
67225	150/20 Al	71	600	0.145	0.108	0.181	0.267	860	710	18.0	91.7
67226	240/24 Al	82	920	0.089	0.101	0.135	0.328	990	820	28.5	119.0
19628	300/24 Al	88	1100	0.072	0.099	0.122	0.363	1060	880	36.0	145.0

Capacité de charge

Pose / Mode d'exploitation	En tube enterré					A l'aire libre		
	Charge permanente		Charge industrielle		Régime d'urgence[1]	Charge perman. ou industrielle		Régime d'urgence[1]
Température du cond. / Mise à terre	60 °C	90 °C	60 °C	90 °C	110 °C	60 °C	90 °C	110 °C
Section mm²	A	A	A	A	A	A	A	A
50/16 Al	144	185	152	196	218	155	220	251
95/18 Al	213	273[2]	228	293	326	232	330	377
150/20 Al	272	342[2]	291	375	417	301	428	490
240/24 Al	363	450[2]	391	504	562	404	575	659
300/24 Al	409	502[2]	442	570	636	460	656	752

Sous réserve de modification

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

Courant the Court-Circuit de Blindage Aluminium

Section mm²	Courant de court-circuit (1.0 s) kA
50/16 Al	2.0
95/18 Al	2.0
150/20 Al	2.0
240/24 Al	2.0
300/24 Al	2.0

[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"

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

Sous réserve de modification

20250627-1

XKDT Alrm unipolaire MT isolation polymère 20/12kV

XKDT Alrm

étanchéité longitudinale

Construction

- Conducteur en aluminium, torsadé
- couche semi-conductrice intérieur, réticulée
- isolation en XLPE, réticulé
- couche semi-conductrice extérieure, réticulée, entièrement soudé
- ruban gonflant semi-conducteur
- écran formé de fils de cuivre avec bande de cuivre
- ruban gonflant isolant
- gaine extérieure en PE, sans halogènes, noire avec deux bandes rouges

Le semi-conducteur intérieur, l'isolation et le semi-conducteur extérieur sont extrudés simultanément.

Application

Dans les réseaux de distribution et industriels. Pose en tubes enfouis, en locaux intérieures, en canaux pour câbles et enterré.
L'insertion de l'écran de cuivre dans le ruban gonflant garantit l'étanchéité longitudinale
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 620 S3, Part 10, Section N (2010)
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
73554	50Al/16	27.3	69	0.744	0.139	0.757	0.183	410	280	1.5	20.2
73602	95Al/16	30.6	89	0.372	0.124	0.392	0.229	460	310	2.8	24.1
73608	150Al/25	33.4	118	0.240	0.116	0.267	0.267	510	340	4.5	27.5
61214	240Al/35	39.2	171	0.146	0.108	0.182	0.335	590	400	7.2	33.9
67358	300Al/35	41.4	203	0.117	0.107	0.159	0.363	630	420	9.0	37.1
67368	400Al/35	44.9	237	0.092	0.102	0.137	0.412	680	450	12.0	40.3
67391	500Al/35	47.8	296	0.072	0.100	0.123	0.443	720	480	15.0	44.9
45835	630Al/50	53.5	348	0.057	0.096	0.112	0.498	810	540	18.9	49.0

Capacité de charge lors d'une pose en caniveau et souterraine

Pose / Mode d'exploitation / Température du cond. / Mise à terre	Charge permanente 60 °C		Charge permanente 90 °C		Charge industrielle 60 °C		Charge industrielle 90 °C		Régime d'urgence[1] 110 °C	
Section mm²	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
50Al/16	114	114	143[2]	143[2]	122	122	156	156	169	169
95Al/16	170	170	210[2]	210[2]	182	182	235	234	261	261
150Al/25	220	219	269[2]	267[2]	238	236	306	305	341	340
240Al/35	292	288	345[2]	341[2]	316	312	407	403	454	450
300Al/35	337	331	399[2]	393[2]	368	362	474	467	528	522
400Al/35	387	379	451[2]	443[2]	424	416	540[2]	531[2]	610	601
500Al/35	442	430	515[2]	495[2]	486	477	611[2]	593[2]	699	685
630Al/50	506	482	576[2]	550[2]	558	532	693[2]	660[2]	804	776

Sous réserve de modification

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

Capacité de charge lors d'une pose à l'air libre

Pose									
							entreaxe s = 2 · d		
Mode d'exploitation	Charge perman. ou industrielle				Régime d'urgence[1]		Charge perman. ou industrielle		Régime d'urgence[1]
Température du cond.	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	A
50Al/16	133	133	189	189	217	217	158	223	254
95Al/16	201	200	286	286	328	328	240	339	387
150Al/25	263	262	376	374	431	429	315	445	508
240Al/35	360	356	514	509	589	585	431	609	695
300Al/35	414	407	591	583	677	670	494	698	797
400Al/35	487	478	696	686	799	788	583	825	942
500Al/35	564	551	808	792	927	911	676	957	1093
630Al/50	660	633	947	914	1088	1055	794	1126	1287

[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"

XKDT–YT Alrm tripolaire MT isolation polymère 20/12 kV

XKDT-YT Alrm

étanchéité longitudinale

Construction

Câble unipolaire XKDT Alrm:
- Conducteur en aluminium, torsadé
- couche semi-conductrice intérieur, réticulée
- isolation en XLPE, réticulé
- couche semi-conductice extérieur, réticulée, entièrement soudé
- ruban gonflant semi-conducteur
- écran formé de fils de cuivre avec bande de cuivre
- ruban gonflant isolant
- gaine extérieure en PE, sans halogènes, noire avec deux bandes rouges
- trois câbles unipolaires XKDT Alrm torsadés
- gaine de protection en PE, sans halogènes, noire avec deux bandes rouges

Le semi-conducteur intérieur, l'isolation et le semi-conducteur extérieur sont extrudés simultanément.

Application

Normes

HD 620 S3, Part 10, Section N (2010)
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
61201	50Al/16	62.2	245	0.744	0.139	0.757	0.183	750	500	3.0	72.0
61211	95Al/16	69.3	302	0.372	0.124	0.392	0.229	840	560	5.7	86.2
61213	150Al/25	75.4	391	0.240	0.116	0.267	0.267	910	610	9.0	97.1
61215	240Al/35	87.9	556	0.146	0.108	0.182	0.335	1060	710	14.4	115.2
61230	300Al/35	92.6	656	0.117	0.107	0.159	0.363	1120	750	18.0	131.2
61222	400Al/35	100.2	761	0.092	0.102	0.137	0.412	1210	810	24.0	158.2

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
50Al/10	119	152	126	162	169	128	182	209
95Al/16	169	218	182	234	260	196	278	317
150Al/25	215	273[2]	232	298	332	254	360	411
240Al/35	283	350[2]	306	394	439	342	484	554
300Al/35	317	390[2]	344	443	493	386	547	625
400Al/35	363	440[2]	395	509	568	451	639	730

[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

XKDT–Y tripolaire MT isolation polymère 20/12kV

XKDT-Y Alrm

étanchéite longitudinale

Construction

Câble unipolaire XKDT:
- Conducteur en aluminium, torsadé
- couche semi-conductrice intérieur, réticulée
- isolation en XLPE, réticulé
- couche semi-conductice extérieur, réticulée, pelable
- ruban gonflant semi-conducteur
- écran formé de fils de cuivre avec bande de cuivre
- ruban gonflant isolant
- gaine extérieure en PE, sans halogènes, noire avec deux bandes rouges
- trois câbles unipolaires XKDT torsadés

Application

Dans les réseaux de distribution et industriels. Pose en tubes enfouis, en locaux intérieures, en canaux pour câbles ou enterré.

L'insertion de l'écran de cuivre dans le ruban gonflant garantit l'étanchéité longitudinale. 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 620 S3, Part 10, Section N (2010)
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
61197	50Al/10	58.8	208	0.744	0.139	0.757	0.183	710	480	3.0	61.206
61207	95Al/16	65.6	270	0.372	0.124	0.392	0.229	790	530	5.7	73.023
61210	150Al/25	72.0	355	0.240	0.116	0.267	0.267	870	580	9.0	83.325
61216	240Al/35	84.5	516	0.146	0.108	0.182	0.335	1020	680	14.4	102.717
61200	300Al/35	89.2	611	0.117	0.107	0.159	0.363	1080	720	18.0	112.413
61231	400Al/35	96.8	713	0.092	0.102	0.137	0.412	1170	780	24.0	122.109

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
50Al/10	114	143[2]	122	153	169	133	189	217
95Al/16	170	210[2]	182	234	261	200	286	328
150Al/25	219	267[2]	236	305	340	262	374	429
240Al/35	288	341[2]	312	403	450	356	509	585
300Al/35	331	393[2]	362	467	522	407	583	670
400Al/35	379	443[2]	416	531	601	478	686	788

[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"

XD–ALT 1–polaire MT isolation polymère 20/12kV

XD-ALT Alrm

étanchéité longitudinale

Construction

- Conducteur en aluminium, torsadé
- couche semi-conductrice intérieur, réticulée
- isolation en XLPE, réticulé
- couche semi-conductrice extérieure, réticulée, entièrement soudé
- ruban gonflant semi-conducteur
- écran formé de bande d'aluminium
- ruban gonflant isolant
- gaine extérieure en PE, sans halogènes, noire avec deux bandes rouges

Le semi-conducteur intérieur, l'isolation et le semi-conducteur extérieur sont extrudés simultanément.

Particularité

L'insertion de l'écran en aluminium dans le ruban gonflant garantit l'étanchéité longitudinale et radiale
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.

Application

Dans les réseaux de distribution et industriels. Pose en tubes enfouis, en locaux intérieures, en canaux pour câbles et enterré.

Normes

HD 620 S3, Part 10, Section N (2010)
HD 620 S2, Section 10N (2009)
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
HD 620 S2, Section 10N (2009)
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
19670	50 Al / 16 Al	25	62	0.745	0.136	0.757	0.183	380	300	1.5	19.9
19671	95 Al / 18 Al	29	83	0.372	0.123	0.392	0.229	440	350	2.8	23.8
19672	150 Al / 20 Al	31	110	0.240	0.114	0.266	0.267	470	380	4.5	27.1
19673	240 Al / 24 Al	37	150	0.146	0.106	0.180	0.335	560	450	7.2	35.6
19674	400 Al / 27 Al	43	200	0.092	0.098	0.134	0.412	650	520	12.0	44.0

Capacité de charge lors d'une pose en caniveau et souterraine

Pose / Mode d'exploitation / Température du cond. / Mise à terre	Charge permanente 60 °C		Charge permanente 90 °C		Charge industrielle 60 °C		Charge industrielle 90 °C		Régime d'urgence[1] 110 °C	
Section mm²	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
50 Al / 16 Al	114	114	146[2]	146[2]	121	121	155	155	173	173
95 Al / 18 Al	170	170	210[2]	210[2]	182	182	235	234	261	261
150 Al / 20 Al	220	219	269[2]	267[2]	238	236	306	305	341	340
240 Al / 24 Al	292	288	345[2]	341[2]	316	312	407	403	454	450
400 Al / 27 Al	387	379	451[2]	443[2]	424	416	540[2]	531[2]	610	601

Sous réserve de modification

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

Capacité de charge lors d'une pose à l'air libre

Pose									
Mode d'exploitation	Charge perman. ou industrielle				Régime d'urgence[1]		entreaxe s = 2 · d Charge perman. ou industrielle		Régime d'urgence[1]
Température du cond.	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	A
50 Al / 16 Al	124	124	177	177	203	203	156	220	251
95 Al / 18 Al	201	200	286	286	328	328	240	339	387
150 Al / 20 Al	263	262	376	374	431	429	315	445	508
240 Al / 24 Al	360	356	514	509	589	585	431	609	695
400 Al / 27 Al	487	478	696	686	799	788	583	825	942

Courant the Court-Circuit de Blindage Aluminium

Section mm²	Courant de court-circuit (1.0 s) kA
50/16 Al	2.0
95/18 Al	2.0
150/20 Al	2.0
240/24 Al	2.0
400/27 Al	2.0

[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"

XD–ALT–YT 3–polaire MT isolation polymère 20/12kV

XD-ALT-YT-Alrm

étanchéité longitudinale

Construction

Câble unipolaire XKDT Alrm:
- Conducteur en aluminium, torsadé
- couche semi-conductrice intérieur, réticulée
- isolation en XLPE, réticulé
- couche semi-conductice extérieur, réticulée, entièrement soudé
- ruban gonflant semi-conducteur
- écran formé de bande d'aluminium
- ruban gonflant isolant
- gaine extérieure en PE, sans halogènes, noire avec deux bandes rouges
- trois câbles unipolaires XKDT Alrm torsadés
- gaine de protection en PE, sans halogènes, noire avec deux bandes rouges

Le semi-conducteur intérieur, l'isolation et le semi-conducteur extérieur sont extrudés simultanément.

Particularité

L'insertion de l'écran en aluminium dans le ruban gonflant garantit l'étanchéité longitudinale et radiale
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.

Application

Dans les réseaux de distribution et industriels. Pose en tubes enfouis, en locaux intérieures, en canaux pour câbles ou enterré.

Normes

HD 620 S3, Part 10, Section N (2010)
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
19681	95 Al / 18 Al	65	275	0.372	0.123	0.392	0.183	780	650	5.7	81.1
19682	150 Al / 20 Al	71	340	0.240	0.114	0.266	0.229	860	710	9.0	91.7
19683	240 Al / 24 Al	83	480	0.146	0.106	0.180	0.267	1000	830	14.4	119.0
19684	400 Al / 27 Al	96	650	0.092	0.098	0.134	0.412	1160	960	24.0	145.0

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
95 Al / 18 Al	169	218	182	234	260	196	278	317
150 Al / 20 Al	215	273[2]	232	298	332	254	360	411
240 Al / 24 Al	283	350[2]	306	394	439	342	484	554
400 Al / 27 Al	363	440[2]	395	509	568	451	639	730

Sous réserve de modification

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

Courant the Court-Circuit de Blindage Aluminium

Section mm²	Courant de court-circuit (1.0 s) kA
95/18 Al	2.0
150/20 Al	2.0
240/24 Al	2.0
400/27 Al	2.0

[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"

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

Sous réserve de modification

20250627-1

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