

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 724

Première édition — First edition

1982

**Guide aux limites de température de court-circuit
des câbles électriques de tension assignée au plus
égale à 0,6/1,0 kV**

**Guide to the short-circuit temperature limits
of electric cables with a rated voltage
not exceeding 0.6/1.0 kV**



© CEI 1982

Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

Révision de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la Commission afin d'assurer qu'il reflète bien l'état actuel de la technique.

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du V.E.I., soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, symboles littéraux et signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 117 de la CEI: Symboles graphiques recommandés.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 117 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur les pages 3 et 4 de la couverture, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

Revision of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I.E.V. will be supplied on request.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the I.E.V. or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC Publication 117: Recommended graphical symbols.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 117, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to pages 3 and 4 of the cover, which list IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 724

Première édition — First edition
1982

**Guide aux limites de température de court-circuit
des câbles électriques de tension assignée au plus
égale à 0,6/1,0 kV**

**Guide to the short-circuit temperature limits
of electric cables with a rated voltage
not exceeding 0.6/1.0 kV**

Mots clés: câbles 1 kV;
court-circuit;
limites de température.

Key words: cables 1 kV;
short circuit;
temperature limits.



© CEI 1982

Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Facteurs gouvernant l'application des limites de température	8
3. Calcul des courants de court-circuit admissibles	8
4. Influence du mode d'installation	10
5. Conseils pour la conception des accessoires	12
6. Températures maximales de court-circuit admissibles pour les câbles de tension assignée au plus égale à 0,6/1,0 kV	14

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1. Scope	7
2. Factors governing the application of the temperature limits	9
3. Calculation of permissible short-circuit currents	9
4. Influence of method of installation	11
5. Guidance on design of accessories	13
6. Maximum permissible short-circuit temperatures for cables with a rated voltage not exceeding 0.6/1.0 kV	15

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**GUIDE AUX LIMITES DE TEMPÉRATURE DE COURT-CIRCUIT
DES Câbles Électriques de Tension Assignée
AU PLUS ÉGALE À 0,6/1,0 kV**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CÉI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Études où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 20A: Câbles de haute tension, du Comité d'Études n° 20 de la CEI: Câbles électriques.

Un projet fut discuté lors de la réunion tenue à Florence en 1980. A la suite de cette réunion, un projet, document 20A(Bureau Central)74, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en septembre 1980.

Les Comités nationaux des pays ci-après se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Allemagne	Irlande
Australie	Italie
Autriche	Japon
Belgique	Norvège
Brésil	Nouvelle-Zélande
Bulgarie	Pays-Bas
Canada	République Démocratique Allemande
Chine	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Egypte	Suisse
Espagne	Turquie
Etats-Unis d'Amérique	Union des Républiques
Finlande	Socialistes Soviétiques
France	

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

- Publications n°s 287: Calcul du courant admissible dans les câbles en régime permanent (facteur de charge 100%).
502: Câbles de transport d'énergie isolés par diélectriques massifs extrudés pour des tensions assignées de 1 kV à 30 kV.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**GUIDE TO THE SHORT-CIRCUIT TEMPERATURE LIMITS
OF ELECTRIC CABLES WITH A RATED VOLTAGE
NOT EXCEEDING 0.6/1.0 kV**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 20A: High-voltage Cables, of IEC Technical Committee No. 20: Electric Cables.

A draft was discussed at the meeting held in Florence in 1980. As a result of this meeting, a draft, Document 20A(Central Office)74, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in September 1980.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Italy
Austria	Japan
Belgium	Netherlands
Brazil	New Zealand
Bulgaria	Norway
Canada	Spain
China	Sweden
Denmark	Switzerland
Egypt	Turkey
Finland	Union of Soviet
France	Socialist Republics
German Democratic Republic	United Kingdom
Germany	United States of America
Ireland	

Other IEC publications quoted in this standard:

Publications Nos. 287: Calculation of the Continuous Current Rating of Cables (100% Load Factor).

502: Extruded Solid Dielectric Insulated Power Cables for Rated Voltages from 1 kV up to 30 kV.

GUIDE AUX LIMITES DE TEMPÉRATURE DE COURT-CIRCUIT DES CÂBLES ÉLECTRIQUES DE TENSION ASSIGNÉE AU PLUS ÉGALE À 0,6/1,0 kV

INTRODUCTION

Quatre aspects peuvent être considérés lorsqu'on définit le régime de court-circuit d'un réseau de câbles.

- 1) Les limites maximales admissibles de température de l'âme, de l'enveloppe isolante, de la gaine métallique ou non métallique et de l'armure. En pratique, l'énergie productrice de la température est habituellement exprimée par une valeur équivalente (I^2t)* afin que, pour un courant de court-circuit donné, la durée maximale admissible puisse être calculée.
- 2) Une valeur maximale de courant qui ne provoquera pas de défaut mécanique (par exemple un éclatement) dû aux efforts électrodynamiques. Indépendamment de toute limitation de température, cette valeur détermine un courant maximal qui ne doit pas être dépassé.
- 3) La tenue des jonctions et des extrémités aux valeurs limites de courant et de durée spécifiées pour le câble associé. Les accessoires doivent également présenter une résistance aux efforts thermomécaniques et électrodynamiques produits par le courant de court-circuit dans le câble.
- 4) L'influence du mode d'installation en ce qui concerne les trois aspects abordés ci-dessus.

Le premier aspect est traité en détail, et les limites données ne tiennent compte que du câble. L'application d'un seul court-circuit est supposée ne pas produire de dommage important au câble, mais des courts-circuits répétés peuvent finir par causer des dégâts. Des conseils sont donnés, quand cela est nécessaire, pour les points 3 et 4, principalement lorsque ces derniers concernent les efforts thermomécaniques dans les âmes et les écrans ou gaines métalliques.

Il n'est pas possible de fixer des limites complètes pour les jonctions et les extrémités, du fait que leur construction n'est pas normalisée et que leur comportement est variable. Lorsqu'on a besoin de la pleine possibilité de court-circuit du câble, les accessoires doivent être conçus de façon appropriée, mais cela n'est pas toujours justifié sur le plan économique et la possibilité de court-circuit d'un réseau de câbles est alors déterminée par le comportement de ses jonctions et de ses extrémités. Lorsque cela a été possible, des conseils ont été inclus à propos de la tenue requise pour les accessoires lorsque ces derniers sont montés sur des câbles utilisés aux limites de court-circuit indiquées dans ce guide.

Les limites concernant les câbles de tensions supérieures à 1 kV seront données dans une autre publication.

1. Domaine d'application

Le présent guide s'applique au régime de température maximale de court-circuit des câbles électriques de tension assignée au plus égale à 0,6/1,0 kV. Il donne des indications en ce qui concerne:

- les enveloppes isolantes;
- les matériaux de gainage et de bourrage;
- les matériaux de l'âme et de la gaine métallique et les constituants.

* I^2t (intégrale de Joule).

L'intégrale du carré du courant sur un intervalle de temps donné:

$$I^2t = \int_0^t i^2 dt$$

GUIDE TO THE SHORT-CIRCUIT TEMPERATURE LIMITS OF ELECTRIC CABLES WITH A RATED VOLTAGE NOT EXCEEDING 0.6/1.0 kV

INTRODUCTION

Four aspects may be considered when selecting the short-circuit rating of a cable system.

- 1) Permissible maximum temperature limits for conductor, insulation, metallic sheath, jacket and armour. For practical uses, the energy producing the temperature is usually expressed by an equivalent (I^2t) value* so that the permitted maximum duration for a given short-circuit current can be calculated.
- 2) A maximum value of current which will not cause mechanical failure (such as bursting) due to electromagnetic forces. Irrespective of any temperature limitations this determines a maximum current which must not be exceeded.
- 3) The performance of joints and terminations at the limits of current and duration specified for the associated cable. Accessories are also required to withstand the thermo-mechanical and electromagnetic forces produced by the short-circuit current in the cable.
- 4) The influence of the mode of installation on the above three aspects.

Aspect 1 is dealt with in detail, and the limits given are based on a consideration of the cable only. A single short-circuit application is not expected to produce any significant damage to the cable, but repeated short circuits may cause cumulative damage. Guidance is given, where appropriate, on aspects 3 and 4 chiefly as they concern thermomechanical forces in the conductors and sheath or screen.

It is not possible to provide complete limits for joints and terminations because their construction is not standardized and performance varies. Where the full short-circuit capability of the cable is required the accessories shall be designed appropriately, but this is not always economically justified and the short circuit capability of a cable system may be determined by the performance of its joints and terminations. Where possible, guidance has been included on the performance required of accessories when they are associated with cables operated to the short-circuit limits given in this guide.

Limits for cables for voltage higher than 1 kV will be given in a succeeding publication.

1. Scope

This guide is applicable to the short-circuit maximum temperature rating of electric cables having a rated voltage not exceeding 0.6/1.0 kV. Guidance is given on the following:

- insulating materials;
- outer jacket and bedding materials;
- conductor and metallic sheath materials and components.

* I^2t (Joule integral).

The integral of the square of the current for a given time interval:

$$I^2t = \int_0^t i^2 dt$$

La conception des accessoires et l'influence du mode d'installation sur la limite de température sont prises en compte.

Des conseils sont également donnés sur le calcul du courant de court-circuit admissible par les constituants du câble qui écoulent le courant.

2. Facteurs gouvernant l'application des limites de température

Les températures de court-circuit indiquées à l'article 6 sont les températures réelles du constituant écoulant le courant, limitées par les matériaux voisins du câble, et sont valables pour des durées de court-circuit n'excédant pas 5 s. Ces températures ne seront atteintes en pratique que si l'on suppose l'échauffement non adiabatique (c'est-à-dire si l'on prend en compte la dissipation de la chaleur dans l'isolant pendant le court-circuit) lorsqu'on calcule le courant de court-circuit admissible pour une durée donnée (n'excédant pas 5 s). L'emploi de la méthode adiabatique (c'est-à-dire lorsqu'on néglige la dissipation de la chaleur pendant le court-circuit) donne des courants de court-circuit qui vont dans le sens de la sécurité. La durée de 5 s mentionnée est la limite pour la validité des températures indiquées, et non pour l'application de la méthode de calcul adiabatique. La durée limite pour l'application de la méthode adiabatique a une définition différente, car elle est fonction à la fois de la durée du court-circuit et de la section du constituant écoulant le courant. Ceci sera traité dans une publication ultérieure concernant les méthodes non adiabatiques de calcul des courants de court-circuit.

Pour les matériaux isolants thermoplastiques, les limites doivent être utilisées avec prudence lorsque les câbles sont soit directement enterrés, soit solidement bridés lorsqu'ils sont installés dans l'air. La pression locale due au bridage ou l'utilisation d'un rayon de courbure inférieur à huit fois le diamètre extérieur du câble peut provoquer des efforts considérables en régime de court-circuit, spécialement lorsque les câbles sont maintenus fermement. Lorsque ces conditions ne peuvent être évitées, il est conseillé de réduire la valeur limite de 10 °C. Les valeurs limites indiquées sont basées sur des qualités moyennes de polychlorure de vinyle (p.c.v.) et une correction peut être nécessaire pour d'autres qualités, spécialement pour celles prévues afin d'améliorer les propriétés à basse température.

Il convient de prendre des précautions lorsque les limites recommandées sont relatives à des produits élastomères employés sur des âmes de fortes sections car les efforts mécaniques importants pourraient provoquer une déformation susceptible d'entraîner un incident.

Il se peut que des précautions soient nécessaires pour les sections de l'ordre de 1000 mm² lorsqu'on utilise les températures de l'âme spécifiées pour les enveloppes isolantes, telles que le papier imprégné, le butyle, le polyéthylène réticulé (XLPE) et le caoutchouc d'éthylène propylène (EPR), et que le câble comporte une gaine dont la tenue en température est inférieure.

3. Calcul des courants de court-circuit admissibles

La méthode adiabatique suivante, qui néglige la dissipation de chaleur, est valable pour les calculs des courants admissibles dans les âmes et les gaines métalliques dans la majorité des cas pratiques, toute erreur allant dans le sens de la sécurité. Cependant, pour les écrans minces la méthode adiabatique fournit des échauffements bien supérieurs aux valeurs réelles et doit donc être utilisée avec prudence.

The design of accessories and the influence of the method of installation on the temperature limit are taken into consideration.

Guidance is also given on the calculation of the permissible short-circuit current in the current-carrying components of the cable.

2. Factors governing the application of the temperature limits

The short-circuit temperatures given in Clause 6 are the actual temperatures of the current-carrying component as limited by the adjacent materials in the cable and are valid for short-circuit durations of up to 5 s. These temperatures will only be obtained in practice if non-adiabatic heating is assumed (that is, an appropriate allowance for heat loss into the dielectric during the short circuit is made) when calculating the allowable short-circuit current for a given time (not longer than 5 s). The use of the adiabatic method (that is, when heat loss from the current-carrying component during the short circuit is neglected) gives short-circuit currents that are on the safe side. The 5 s time-period quoted is the limit for the temperatures quoted to be valid, not for the application of the adiabatic calculation method. The time limit for the use of the adiabatic method has a different definition, being a function of both the short-circuit duration and the cross-sectional area of the current-carrying component. This will be dealt with in a succeeding publication on non-adiabatic methods of calculating short-circuit currents.

For thermoplastic insulating materials the limits must be applied with caution when the cables are either directly buried or securely clamped when in air. Local pressure due to clamping or the use of an installation radius less than eight times the cable outside diameter especially for cables that are rigidly restrained can lead to high deforming forces under short-circuit conditions. Where these conditions cannot be avoided it is suggested that the limit be reduced by 10 °C. The limits quoted are based on average hardness grades of polyvinyl chloride (p.v.c.) and some adjustment may be necessary for other grades, especially those compounded for improved low-temperature properties.

Caution should be exercised when using the limits recommended for thermosetting materials on large conductors because the high mechanical forces combined with any residual characteristics could result in deformation sufficient to cause failure.

Caution may be needed with total cross-sectional areas in the region of 1000 mm² when using the conductor temperatures specified for impregnated paper, butyl, cross-linked polyethylene (XLPE) and ethylene propylene rubber (EPR) insulation and the cable is sheathed with a lower temperature material.

3. Calculation of permissible short-circuit currents

The following adiabatic method, which neglects heat loss, is accurate enough for calculating permissible conductor and metallic sheath short-circuit currents for the majority of practical cases and any error is on the safe side. However, for thin screens the adiabatic method indicates much higher temperature rises than actually occur in practice and thus must be used with some discretion.

La formule de l'échauffement adiabatique, qui est applicable à toute température initiale, se présente sous la forme générale suivante:

$$(I^2t) = K^2 S^2 \ln \left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta} \right)$$

où

I = courant de court-circuit (valeur efficace pendant la durée) (ampères)

t = durée du court-circuit (secondes)

K = constante dépendant du matériau du constituant écoulant le courant ($\text{As}^{1/2}/\text{mm}^2$)

$$K = \sqrt{\frac{Q_c (\beta + 20)}{Q_{20}}}$$

où

Q_c = chaleur spécifique du constituant écoulant le courant par unité de volume à 20 °C ($\text{J}/^\circ\text{C} \cdot \text{mm}^3$)

Q_{20} = résistivité à 20 °C du métal écoulant le courant ($\Omega \cdot \text{mm}$)

S = section d'écoulement du courant (mm^2). Pour les âmes et les gaines métalliques, on peut se contenter de prendre la section nominale (dans le cas des écrans, l'utilisation de cette grandeur doit se faire avec prudence)

θ_f = température finale (°C)

θ_i = température initiale (°C)

β = inverse du coefficient de variation de la résistance du constituant pris à 0 °C (°C)

$\ln$ = $\log_e$

Les constantes utilisées dans la formule ci-dessus sont données dans le tableau suivant:

Matériau	$K^{1)}$ ($\text{As}^{1/2}/\text{mm}^2$)	$\beta^{2)}$ (°C)	$Q_c^{3)}$ ($\text{J}/^\circ\text{C} \cdot \text{mm}^3$)	$Q_{20}^{2)}$ ($\Omega \cdot \text{mm}$)
Cuivre	226	234,5	$3,45 \times 10^{-3}$	$17,241 \times 10^{-6}$
Aluminium	148	228	$2,5 \times 10^{-3}$	$28,264 \times 10^{-6}$
Plomb	41	230	$1,45 \times 10^{-3}$	214×10^{-6}
Acier	78	202	$3,8 \times 10^{-3}$	138×10^{-6}

¹⁾ Valeurs obtenues à partir de la formule.

²⁾ Valeurs extraites du tableau I de la Publication 287 de la CEI: Calcul du courant admissible dans les câbles en régime permanent (facteur de charge 100%).

³⁾ Valeurs extraites d'*Electra*, n° 24, octobre 1972.

4. Influence du mode d'installation

Lorsqu'on a l'intention d'utiliser au mieux les valeurs limites de court-circuit d'un câble, on doit prêter attention à l'influence du mode d'installation. Un des aspects importants concerne l'étendue et la nature de la contrainte mécanique imposée au câble. La dilatation longitudinale d'un câble pendant un court-circuit peut être appréciable et lorsque cette dilatation est contrecarrée, les forces qui en résultent sont considérables.

En ce qui concerne les câbles posés à l'air, il est conseillé de les installer de telle façon que la dilatation soit absorbée uniformément dans le sens longitudinal en les faisant serpenter, plutôt qu'en ne permettant à cette dilatation d'être atténuée par des déplacements excessifs qu'en quelques points seulement. Les fixations doivent être suffisamment espacées pour permettre un mouvement latéral des câbles multipolaires ou des groupes de câbles unipolaires.

Lorsque les câbles sont enterrés directement ou doivent être maintenus par des fixations fréquentes, des dispositions doivent être prises pour adapter aux extrémités et aux jonctions les efforts longitudinaux qui en résultent. Les courbures prononcées doivent être évitées, les efforts longitudinaux étant convertis en pressions radiales dans les parties courbes du tracé du câble, et ces pressions peuvent endommager les constituants thermoplastiques du câble tels que

The generalized form of the adiabatic temperature rise formula which is applicable to any starting temperature is:

$$(I^2t) = K^2 S^2 \ln \left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta} \right)$$

where:

I = short-circuit current (r.m.s. over duration) (amperes)

t = duration of short circuit (seconds)

K = constant depending on the material of the current-carrying component ($\text{As}^{1/2}/\text{mm}^2$)

$$K = \sqrt{\frac{Q_c (\beta + 20)}{Q_{20}}}$$

where:

Q_c = volumetric specific heat of the current-carrying component at 20 °C ($\text{J}/^\circ\text{C} \cdot \text{mm}^3$)

Q_{20} = resistivity of the current-carrying component at 20 °C ($\Omega \cdot \text{mm}$)

S = cross-sectional area of the current-carrying component (mm^2). For conductors and metallic sheaths it is sufficient to take the nominal cross-sectional area (in the case of screens, this quantity requires careful consideration)

θ_f = final temperature ($^\circ\text{C}$)

θ_i = initial temperature ($^\circ\text{C}$)

β = reciprocal of temperature coefficient of resistance of the current-carrying component at 0 °C ($^\circ\text{C}$)

$\ln$ = $\log_e$

The constants used in the above formula are given in the following table:

Material	$K^{1)}$ ($\text{As}^{1/2}/\text{mm}^2$)	$\beta^{2)}$ ($^\circ\text{C}$)	$Q_c^{3)}$ ($\text{J}/^\circ\text{C} \cdot \text{mm}^3$)	$Q_{20}^{2)}$ ($\Omega \cdot \text{mm}$)
Copper	226	234.5	3.45×10^{-3}	17.241×10^{-6}
Aluminium	148	228	2.5×10^{-3}	28.264×10^{-6}
Lead	41	230	1.45×10^{-3}	214×10^{-6}
Steel	78	202	3.8×10^{-3}	138×10^{-6}

¹⁾ Values obtained from the formula.

²⁾ Values taken from Table I of IEC Publication 287: Calculation of the Continuous Current Rating of Cables (100% Load Factor).

³⁾ Values taken from *Electra*, No. 24, October 1972.

4. Influence of method of installation

When it is intended to make full use of the short-circuit limits of a cable, consideration should be given to the influence of the method of installation. An important aspect concerns the extent and nature of the mechanical restraint imposed on the cable. Longitudinal expansion of a cable during a short circuit can be significant and when this expansion is restrained the resultant forces are considerable.

For cables in air it is advisable to install them so that expansion is absorbed uniformly along the length by snaking rather than permitting it to be relieved by excessive movement at a few points only. Fixings should be spaced sufficiently far apart to permit lateral movement of multi-core cables or groups of single-core cables.

Where cables are buried directly in the ground, or must be restrained by frequent fixing, then provision must be made to accommodate the resulting longitudinal forces on terminations and joint boxes. Sharp bends should be avoided because the longitudinal forces are translated into radial pressures at bends in the cable route and these may damage thermoplastic components of the cable such as insulation and sheaths. Attention is drawn to the minimum

gainés et enveloppes isolantes. L'attention doit être attirée sur le rayon de courbure minimal préconisé par les règles d'installation. Pour les câbles installés dans l'air, il est également souhaitable d'éviter les fixations dans les courbures susceptibles d'exercer une pression locale sur le câble.

5. Conseils pour la conception des accessoires

On doit veiller à la conception et à l'installation des jonctions et des extrémités si l'on veut appliquer de façon sûre les valeurs limites de court-circuit présentées dans ce guide. Les remarques suivantes ne sont pas exhaustives et ne sont données qu'à titre indicatif. Il est souhaitable que la tenue d'un accessoire soit considérée dans le contexte particulier de son installation.

- 1) La poussée longitudinale des âmes peut être considérable selon le degré de contrainte latérale imposée au câble. Les valeurs peuvent aisément atteindre 50 N/mm^2 de section d'âme. Ces efforts peuvent provoquer le flambage des conducteurs ainsi que d'autres incidents dans une jonction ou une extrémité.
- 2) La tension longitudinale des âmes est également prévisible après un court-circuit. Cette tension peut persister pendant une durée très longue, en particulier si le câble n'est que partiellement chargé après le court-circuit. Une valeur minimale de 40 N/mm^2 de section d'âme devrait être retenue pour la conception des accessoires.
- 3) Avec les câbles isolés au papier imprégné, la dilatation de l'imprégnation peut provoquer une pression importante. S'il y a des fuites de matière au niveau des jonctions et des extrémités, cela peut provoquer un ramollissement des bourrages bitumineux. L'humidité peut également pénétrer dans l'accessoire et le câble en quantité suffisante pour affecter la tenue de l'isolant.
- 4) L'utilisation d'une température limite implique seulement que toute combinaison temps-courant qui conduit à des températures n'excédant pas cette valeur limite soit admissible. Pour les courants de court-circuit cela n'est pas suffisant. Une limite supplémentaire doit être fixée pour la valeur de crête du courant de façon à éviter des efforts électrodynamiques excessifs. Ces efforts sont particulièrement importants au niveau des extrémités et un support approprié est nécessaire si l'on veut éviter tout mouvement indésirable et toute détérioration.
- 5) Les raccords brasés à l'étain ne doivent pas être utilisés si on envisage des températures d'âmes supérieures à 160°C .
- 6) L'attention est attirée sur la nécessité d'examiner la stabilité en court-circuit de la résistance électrique de tous les raccords à serrage mécanique et serre-fils utilisés pour le raccordement des âmes et les connexions d'armures et de gaines métalliques. Les connexions d'armures et de gaines doivent avoir des caractéristiques thermiques appropriées.
- 7) Les brins d'un neutre périphérique ainsi que les fils d'armure, lorsqu'ils sont réunis au niveau d'une jonction ou d'une extrémité, peuvent conduire à une tenue en court-circuit inférieure à celle qu'ils ont dans le câble. Pour de tels raccordements, l'échauffement supposé ne doit pas être excessif eu égard aux matériaux employés, et un support mécanique adéquat doit être envisagé.

radius of installed bend recommended by the appropriate installation regulations. For cables in air it is also desirable to avoid fixings at a bend which may cause local pressure on the cable.

5. Guidance on design of accessories

Attention must be given to the design and installation of joints and terminations if the short-circuit limits set out in this document guide are to be safely realized. The following notes are not exclusive and are provided for guidance only. It is desirable that the performance of an accessory is considered in the context of the particular installation.

- 1) Longitudinal thrust in cable conductors can be considerable depending on the degree of lateral restraint imposed on the cable. Values as high as 50 N/mm² of conductor section can easily occur. These forces may cause buckling of conductors and other damage in a joint or termination.
- 2) Longitudinal tension in cable conductors is also to be expected after a short circuit. This tension may exist for a very long period, particularly if the cable is only partly loaded after the short circuit. A minimum value of 40 N/mm² of conductor section should be used for design purposes.
- 3) With impregnated paper cables compound expansion can give rise to considerable fluid pressure. If compound leaks out at joints and terminations it could cause softening of the bitumen filling. Moisture may also be drawn back into the accessory and cable in a sufficient quantity to affect the performance of the insulation.
- 4) The use of a temperature limit only implies that any combination of current and time which produces temperatures not exceeding that limit is permissible. For short-circuit currents this is not sufficient. An additional limit shall be set for the peak value of the current in order to avoid excessive electromagnetic forces. These forces are of particular importance at terminations and proper support is necessary to avoid undesirable movement and damage.
- 5) Soldered joints should not be used if conductor temperatures greater than 160 °C are contemplated.
- 6) Attention is drawn to the need to examine the design for short-circuit stability of the electrical resistance of all mechanical joints and clamps used for jointing conductors and connecting armour and sheath bonds. Armour and sheath bonds shall have adequate thermal capacity.
- 7) Concentric neutral conductors and armour wires, when gathered together at a joint or termination, may have a lower short-circuit performance than when in the cable. At such connections the expected temperature rise should not be excessive for the materials involved and adequate mechanical support should be provided.

6. Températures maximales de court-circuit admissibles pour les câbles de tension assignée au plus égale à 0,6/1,0 kV

Les tableaux doivent être lus en liaison avec les commentaires de l'article 2.

Les valeurs indiquées représentent les températures réelles du constituant qui écoule le courant.

Les limites concernent les courts-circuits d'une durée au plus égale à 5 s.

Les trois paragraphes suivants doivent être pris en considération lorsqu'on définit une température limite pour une construction de câble donnée.

6.1 Enveloppes isolantes c'est-à-dire température limite pour tous les types d'âmes en contact avec les matériaux isolants spécifiés.

Matériau	Température (°C)
Papier	250
P.C.V.	160
– jusqu'à 300 mm ² inclus	140
– au-dessus de 300 mm ²	220
Caoutchouc butyle	200
Caoutchouc naturel	250
XLPE	250
EPR	250
Caoutchouc silicone	350

6.2 Matériaux de gainage et de bourrage, en l'absence de prescriptions électriques ou autres, c'est-à-dire température limite de l'écran, de la gaine métallique ou de l'armure lorsque ceux-ci sont en contact avec les matériaux de la gaine extérieure mais séparés thermiquement de l'isolant au moyen de couches de matériaux appropriés et d'une épaisseur suffisante. Si une telle séparation thermique n'est pas prévue, il convient d'utiliser la température limite de l'enveloppe isolante si elle est inférieure à celle de la gaine.

6.2.1 Ecran ou gaine métallique continu, ou fils d'armure contigus

Matériau	Température (°C)
P.C.V.	200
PE	150
CSP	220
SE1 *	200

*) Le matériau SE1 est défini dans la Publication 502 de la CEI: Câbles de transport d'énergie isolés par diélectriques massifs extrudés pour des tensions assignées de 1 kV à 30 kV, comme une «classe de mélanges élastomères pour gaines à base de polychloroprène, polyéthylène chlorosulfoné ou polymères similaires».

6.2.2 Fils d'écran non contigus

A l'étude.