

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60986

Première édition
First edition
1989-08

**Guide aux limites de température de court-circuit
des câbles électriques de tension assignée
de 1,8/3 (3,6) kV à 18/30 (36) kV**

**Guide to the short-circuit temperature limits
of electric cables with a rated voltage
from 1,8/3 (3,6) kV to 18/30 (36) kV**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60986: 1989

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- **«Site web» de la CEI***
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity 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 relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60986

Première édition
First edition
1989-08

**Guide aux limites de température de court-circuit
des câbles électriques de tension assignée
de 1,8/3 (3,6) kV à 18/30 (36) kV**

**Guide to the short-circuit temperature limits
of electric cables with a rated voltage
from 1,8/3 (3,6) kV to 18/30 (36) kV**

© IEC 1989 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.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

L

*Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue*

SOMMAIRE

	Pages
PREAMBULE	4
PREFACE	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1. Domaine d'application	8
2. Facteurs gouvernant l'application des limites de température ...	8
3. Calcul des courants de court-circuit admissibles	12
4. Influence du mode d'installation	14
5. Conseils pour la conception des accessoires	16
6. Températures maximales de court-circuit admissibles pour les câbles de tension assignée de 1,8/3 (3,6) kV à 18/30 (36) kV ..	18

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
INTRODUCTION	7
 Clause	
1. Scope	9
2. Factors governing the application of the temperature limits	9
3. Calculation of permissible short-circuit currents	13
4. Influence of method of installation	15
5. Guidance on design of accessories	17
6. Maximum permissible short-circuit temperatures for cables with a rated voltage from 1,8/3 (3,6) kV to 18/30 (36) kV.....	19

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

GUIDE AUX LIMITES DE TEMPERATURE DE COURT-CIRCUIT DES CABLES ELECTRIQUES DE TENSION ASSIGNEE DE 1,8/3 (3,6) kV A 18/30 (36) kV

PREAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes 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.

PREFACE

Le présent guide a été établi par le Sous-Comité 20A: Câbles de haute tension, du Comité d'Etudes n° 20 de la CEI: Câbles électriques.

Le texte de ce guide est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
20A(BC)110	20A(BC)119

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de ce guide.

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans le présent guide:

- Publications n°s 55: Câbles isolés au papier imprégné sous gaine métallique pour des tensions assignées inférieures ou égales à 18/30 kV (avec âmes conductrices en cuivre ou aluminium et à l'exclusion des câbles à pression de gaz et à huile fluide).
- 141: Essais de câbles à huile fluide, à pression de gaz et de leurs dispositifs accessoires.
- 287 (1982): Calcul du courant admissible dans les câbles en régime permanent (facteur de charge 100%).
- 502 (1983): Câbles de transport d'énergie isolés par diélectriques massifs extrudés pour des tensions assignées de 1 kV à 30 kV.
- 949 (1988): Calcul des courants de court-circuit admissibles au plan thermique, tenant compte des effets d'un échauffement non adiabatique.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**GUIDE TO THE SHORT-CIRCUIT TEMPERATURE LIMITS
OF ELECTRIC CABLES WITH A RATED VOLTAGE
FROM 1,8/3 (3,6) kV TO 18/30 (36) 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 guide has been prepared by Sub-Committee No. 20A: High-voltage Cables, of IEC Technical Committee No. 20: Electric Cables.

The text of this guide is based upon the following documents:

Six Months' Rule	Report on Voting
20A(C0)110	20A(C0)119

Full information on the voting for the approval of this guide can be found in the Voting Report indicated in the above table.

The following IEC publications are quoted in this guide:

- Publications Nos. 55: Paper-insulated metal-sheathed cables for rated voltages up to 18/30 kV (with copper or aluminium conductors and excluding gas-pressure and oil-filled cables).
- 141: Tests on oil-filled and gas-pressure cables and their accessories.
- 287 (1982): Calculation of the continuous current rating of cables (100% load factor).
- 502 (1983): Extruded solid dielectric insulated power cables for rated voltages from 1 kV up to 30 kV.
- 949 (1988): Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account non-adiabatic heating effects.

GUIDE AUX LIMITES DE TEMPERATURE DE COURT-CIRCUIT DES CABLES ELECTRIQUES DE TENSION ASSIGNEE DE 1,8/3 (3,6) kV A 18/30 (36 kV)

INTRODUCTION

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

- 1) Les limites maximales admissibles de température des constituants des câbles (c'est-à-dire: âme, enveloppe isolante, écran ou gaine métallique, bourrage, armure et gaine extérieure). Pour le domaine de tension visé dans ce guide, la pérennité de l'isolation constitue la plus importante. En pratique, l'énergie qui provoque l'élévation de température est habituellement exprimé par une valeur équivalente (I^2t)* afin que, pour un courant de court-circuit donné, la durée maximale admissible puisse être calculée.
- 2) La 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 thermique 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 provoqués 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 provoquer 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 des derniers concernent les efforts thermomécaniques dans les âmes et les écrans ou gaines métalliques. L'aspect 2 n'est pas abordé dans ce guide.

* I^2t = intégrale de Joule. C'est 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 FROM 1,8/3 (3,6) kV TO 18/30 (36) kV

INTRODUCTION

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

- 1) The permissible maximum temperature limits for cable components (e.g. conductor, insulation, screen or metallic sheath, bedding, armour and oversheath). For the range of voltages covered by this guide, dielectric integrity is the major limitation. For practical uses, the energy producing the temperature rise 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) The 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 thermal 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 thermo-mechanical forces in the conductors and metallic sheath. Aspect 2 is not covered in this guide.

* I^2t = Joule integral. This is the integral of the square of the current for a given time interval:

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

Actuellement, les limites conseillées dans ce guide ne doivent être utilisées qu'à titre indicatif. Les données scientifiques disponibles sur le comportement des câbles réels en court-circuit sont peu nombreuses, la plupart des informations ayant pour origine les essais des matériaux constitutifs des câbles. Il a été nécessaire de faire preuve de beaucoup de discernement lors du choix de ces limites, et, d'une façon générale, spécialement pour les isolants, on a suggéré le meilleur compromis parmi les utilisations actuelles.

Il n'est pas possible de fixer des limites complètes pour les jonctions et les extrémités, du fait que leur constitution n'est pas normalisée et que leur tenue 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 se trouve alors déterminée par la tenue 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.

1. Domaine d'application

Des indications sont données pour un régime de température maximale de court-circuit des câbles électriques de tension assignée allant de 1,8/3 (3,6) kV à 18/30 (36) kV, en ce qui concerne:

- les matériaux d'isolation,
- les matériaux de gainage et de bourrage,
- les matériaux de l'âme et de l'écran ou la gaine métallique et les méthodes de raccordement.

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

2.1 Généralités

Les températures de court-circuit indiquées à l'article 6 sont les températures réelles du constituant écoulant le courant, limitées par les matériaux voisins dans le câble, et sont valables pour des durées de court-circuit n'excédant pas 5 s. En pratique, ces températures ne seront atteintes que si l'on tient compte de la dissipation de chaleur dans l'isolant pendant le court-circuit (échauffement non adiabatique) lorsqu'on calcule le courant de court-circuit admissible pendant une durée donnée (n'excédant pas 5 s). Si l'on néglige la dissipation de chaleur pendant le court-circuit (échauffement adiabatique), on obtient des courants de court-circuit qui vont dans le sens de la sécurité.

At present the limits recommended in this guide shall be used for guidance only. There is little scientific evidence available on the behaviour of actual cables under short-circuit conditions, most of the information being based on tests on the constituent materials themselves. It has been necessary to exercise considerable judgement in setting these recommended limits and in general, especially for the dielectric, the best average of present usage has been suggested.

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.

1. Scope

Guidance is given on the short-circuit maximum temperature rating of electric cables having a rated voltage from 1,8/3 (3,6) kV to 18/30 (36) kV with regard to the following:

- insulating materials,
- oversheath and bedding materials,
- conductor and metallic sheath materials and methods of connection.

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

2.1 General

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 an allowance for heat loss into the dielectric during the short-circuit is made (non-adiabatic heating) when calculating the allowable short-circuit current for a given time (not longer than 5 s). If heat loss during the short-circuit is neglected (adiabatic heating) this gives short-circuit currents that are on the safe side.

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. Cela est traité dans la Publication 949 de la CEI relative aux méthodes non adiabatiques de calcul des courants de court-circuit.

Les limites de température de court-circuit recommandées dans ce guide résultent de l'étude de la plage des limites utilisées par divers organismes. Ce ne sont pas nécessairement les valeurs idéales puisque très peu de données expérimentales sont disponibles sur câbles réels; mais elles sont considérées comme allant dans le sens de la sécurité.

Les limites relatives aux câbles 1,8/3 (3,6) kV à 18/30 (36) kV dépendent, en général, davantage de la non-dégradation des propriétés diélectriques, tandis que pour les câbles basse tension, les propriétés mécaniques sont d'une plus grande importance. Cette détérioration des propriétés diélectriques dépendra énormément du type de câble, c'est-à-dire que l'adhérence des écrans semi-conducteurs fixera vraisemblablement les limites des câbles isolés aux polymères, alors que les propriétés de l'isolation même sont d'une importance plus grande pour les câbles papier (aussi bien à huile fluide qu'imprégnés en masse). De même, les effets de courts-circuits répétés sont considérés comme plus importants pour les câbles 1,8/3 (3,6) kV à 18/30 (36) kV que pour les câbles basse tension, mais l'information est insuffisante pour déduire une corrélation entre le nombre de courts-circuits et la réduction de durée de vie d'un câble.

2.2 *Câbles isolés au papier imprégné* (à huile fluide ou imprégné en masse)

Pour les câbles isolés au papier imprégné à l'huile/résine ou avec des mélanges stabilisés, les limites de température sont imposées par la tendance à la migration et à la formation de vides. Tous les câbles isolés au papier sont également limités par la rupture éventuelle des bandes de papier causée par le mouvement des conducteurs.

Des précautions peuvent être rendues nécessaires lorsque les âmes fonctionnent aux températures spécifiées et que le câble est gainé avec un matériau de tenue en température plus basse, spécialement pour les câbles ayant des sections de l'ordre de 1 000 mm². Cela en raison de la forte constante de temps thermique de ces câbles qui impose à la gaine extérieure des températures élevées pendant des durées plus longues.

2.3 *Câbles isolés aux polymères*

La température élevée ainsi que les efforts produits en régime de court-circuit peuvent avoir un effet nuisible prononcé, ce qui peut conduire à une augmentation du taux de décharges. Ainsi, la pérennité de l'adhérence entre les écrans semi-conducteurs et l'enveloppe isolante, ajoutée à la formation de vides à l'intérieur de l'isolant, sont deux des limites principales des câbles isolés aux polymères. De plus, les températures élevées peuvent modifier les propriétés des matériaux isolants, semi-conducteurs et de gainage.

The 5 s time period mentioned is the limit for the temperatures quoted to be valid and 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 is dealt with in IEC Publication 949 on non-adiabatic methods of calculating short-circuit current.

The short-circuit temperature limits recommended in this guide are based on the consideration of the range of limits used by various authorities. They are not necessarily the ideal values, as very little applicable experimental data are available on actual cables; they are, however, considered to be on the safe side.

The limits for 1,8/3 (3,6) kV to 18/30 (36) kV cables are, in general, more dependent on the dielectric properties not being impaired, whereas for low-voltage cables the mechanical properties are of greater importance. The impairment of dielectric properties will be very dependent on the type of cable, e.g. adhesion of the semi-conducting screens will most likely set the limits for polymeric insulated cables, whereas the properties of the dielectric itself are of more importance in paper cables (both oil-filled and mass-impregnated). Also the effect of repeated short-circuits is expected to be more important for 1,8/3 (3,6) kV to 18/30 (36) kV cables than for the low voltage types, but there is insufficient information to derive a correlation between the number of short-circuits and the reduction in cable life.

2.2 *Paper insulated cables (both oil-filled and mass-impregnated)*

The temperature limits for paper insulated cables impregnated with oil/resin or non-draining compound are imposed by the tendency to compound migration and void formations. All paper insulated cables are also limited by possible tearing of the paper tapes due to movement of the cores.

Caution may be needed when using the conductor temperatures specified when the cables are sheathed with a lower temperature material, especially for cables with total cross-sectional areas in the region of 1 000 mm². This is because the high thermal time constant of these cables will cause the oversheath to attain high temperatures for longer times.

2.3 *Polymeric insulated cables*

The high temperature and forces produced under short-circuit conditions could have a marked deleterious effect which may lead to increased discharge activity. Thus the integrity of the bond between the semiconducting screens and the insulation, together with formation of voids inside the dielectric, are two major limitations of polymeric insulated cables. In addition the high temperatures may change the properties of the insulating, semiconducting and sheathing materials.

Pour les matériaux isolants thermoplastiques, il convient d'utiliser les limites de température 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 celui qui est spécifié pour le 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 fondées sur des mélanges PVC de dureté moyenne et une correction peut être nécessaire pour d'autres qualités, spécialement pour celles qui sont destinées à améliorer les propriétés à basse température.

Des précautions peuvent être rendues nécessaires lorsque les âmes fonctionnent aux températures spécifiées pour les isolants réticulés et que le câble est gainé avec un matériau de tenue en température inférieure, particulièrement pour les câbles ayant des sections de l'ordre de 1 000 mm². Cela en raison de la forte constante de temps thermique de ces câbles, qui impose à la gaine extérieure des températures élevées pendant des durées plus longues. De plus, les efforts mécaniques importants peuvent également provoquer une déformation de l'isolant susceptible de provoquer un claquage.

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 de court-circuit 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, la méthode adiabatique fournit des échauffements bien supérieurs aux valeurs réelles et il convient de l'utiliser avec prudence.

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

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

où:

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

t = durée du court-circuit (s). Dans le cas de réenclenchements, t est la durée cumulée de court-circuit avec un total de 5 s au maximum. On néglige ainsi tout effet de refroidissement entre les réenclenchements

K = constante dépendant du matériau du constituant écoulant le courant (As^{1/2}/mm²)

$$K = \sqrt{\frac{Q_c (\beta + 20) \times 10^{-12}}{p_{20}}}$$

For thermoplastic insulating materials the temperature limits should 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 that specified for the cable, 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 grades of average hardness PVC and some adjustment may be necessary for other grades, especially those compounded for improved low temperature properties.

Caution may be needed when using the conductor temperatures specified for thermosetting insulation when the cable is sheathed with a lower temperature material, especially for cables with total cross-sectional areas in the region of 1 000 mm². This is because the high thermal time constant of these cables will cause the oversheath to attain high temperatures for longer times. In addition the high mechanical forces could result also in insulation deformation sufficient to cause failure.

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 screens the adiabatic method indicates much higher temperature rises than actually occur in practice and thus should be used with some discretion.

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

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

where:

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

t = duration of short circuit(s). In the case of reclosures, t is the aggregate of the short-circuit duration up to a maximum of 5 s in total. Any cooling effects between reclosures are neglected

K = constant depending on the material of the current-carrying component (As^{1/2}/mm²)

$$K = \sqrt{\frac{Q_c (\beta + 20) \times 10^{-12}}{\rho_{20}}}$$

- S = section du constituant écouant le 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 ($^{\circ}\text{C}$)
- θ_i = température initiale ($^{\circ}\text{C}$)
- β = inverse du coefficient de température de la résistance du constituant écouant le courant pris à 0°C (K)
- $\ln$ = $\log_e$
- Q_c = chaleur spécifique volumique à 20°C du constituant écouant le courant (J/K.m^3)
- ρ_{20} = résistivité électrique à 20°C du constituant écouant le courant ($\Omega.\text{m}$)

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

Matériau	$K(\text{As}^{\frac{1}{2}}/\text{mm}^2)^{***}$	$\beta(\text{K})^*$	$Q_c(\text{J/K.m}^3)^{**}$	$\rho_{20}(\Omega.\text{m})^*$
Cuivre	226	234,5	$3,45 \times 10^6$	$1,7241 \times 10^{-8}$
Aluminium	148	228	$2,5 \times 10^6$	$2,8264 \times 10^{-8}$
Plomb	41	230	$1,45 \times 10^6$	$21,4 \times 10^{-8}$
Acier	78	202	$3,8 \times 10^6$	$13,8 \times 10^{-8}$

* Valeurs extraites de la Publication 287 de la CEI (tableau I).

** Valeurs extraites d'Electra, n° 24, octobre 1972, p. 91.

*** Valeurs obtenues à partir de la formule ci-dessus.

4. Influence du mode d'installation

Lorsqu'on a l'intention d'utiliser au mieux les valeurs limites de court-circuit d'un câble, il convient de prêter attention à l'influence du mode d'installation. Un aspect important concerne l'étendue et la nature de la contrainte mécanique imposée au câble. La dilatation longitudinale d'une câble pendant une 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 les 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. Il convient que les fixations soient suffisamment espacées pour permettre un mouvement latéral des câbles multipolaires ou des groupes de câbles unipolaires.

- 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 (K)
- $\ln$ = $\log_e$
- Q_c = volumetric specific heat of the current-carrying component
at 20°C (J/K.m^3)
- ρ_{20} = electrical resistivity of the current-carrying component
at 20°C ($\Omega.\text{m}$)

The constants used in the above formulae are given in the table below:

Material	$K(\text{As}^{\frac{1}{2}}/\text{mm}^2)^{***}$	$\beta(\text{K})^*$	$Q_c(\text{J/K.m}^3)^{**}$	$\rho_{20}(\Omega.\text{m})^*$
Copper	226	234,5	$3,45 \times 10^6$	$1,7241 \times 10^{-8}$
Aluminium	148	228	$2,5 \times 10^6$	$2,8264 \times 10^{-8}$
Lead	41	230	$1,45 \times 10^6$	$21,4 \times 10^{-8}$
Steel	78	202	$3,8 \times 10^6$	$13,8 \times 10^{-8}$

* Values taken from IEC 949 (Table I).

** Values taken from Electra, No. 24, October 1972, p. 91.

*** Values obtained from the formula given above.

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.

Lorsque les câbles sont enterrés directement ou sont maintenus par des fixations fréquentes, il convient de prendre des dispositions pour adapter aux extrémités et aux jonctions les efforts longitudinaux qui en résultent. Il convient d'éviter les courbures prononcées, les efforts longitudinaux étant convertis en pressions radiales dans les parties courbes du tracé du câble, ces pressions pouvant endommager les constituants thermoplastiques du câble tels que les enveloppes isolantes et les gaines. L'attention est 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 courbes susceptibles d'exercer une pression locale sur le câble.

5. Conseils pour la conception des accessoires

Il convient de 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. Il convient de retenir une valeur minimale de 40 N/mm^2 de section d'âme pour la conception des accessoires.
- 3) Avec les câbles isolés au papier imprégné, la dilatation de l'imprégnation peut provoquer une pression importante du fluide. 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. Il y a lieu de fixer une limite supplémentaire 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) Il convient de ne pas utiliser les raccords brasés à l'étain si l'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, des connexions d'armures et de gaines métalliques. Il est recommandé que les connexions d'armures et de gaines aient des caractéristiques thermiques appropriées.

Where cables are installed directly in the ground, or must be restrained by frequent fixing, then provision should 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 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 should be given to the design and installation of joints and terminations if the short-circuit limits set out in this guide are to be safely realised. The following notes are not exclusive and are provided for guidance only. It is desirable that the performance of an accessory be 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 should 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 metallic sheath bonds. Armour and sheath bonds should have adequate thermal capacity.

- 7) Les brins d'un conducteur de 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, il convient que l'échauffement prévisible ne soit pas excessif eu égard aux matériaux employés et qu'un support mécanique adéquat soit envisagé.
- 8) Il y a lieu de prendre en compte le risque très élevé de rétraction longitudinale de l'isolant aux coupes des câbles isolés aux polymères, spécialement pour le PE et XLPE, aux températures de court-circuit.

6. Températures maximales de court-circuit admissibles pour les câbles de tension assignée de 1,8/3 (3,6) kV à 18/30 (36) kV

Note.- Câbles à isolation extrudée conformes à la Publication 502 de la CEI.

Câbles isolés au papier conformes aux Publications 55 et 141 de la CEI.

Il convient de lire conjointement les tableaux et les commentaires de l'article 2.

Les valeurs indiquées représentent les températures réelles des constituants qui écoulent le courant.

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

Il convient de prendre en compte les trois paragraphes suivants lorsqu'on définit une température limite pour une constitution 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:		
Matière stabilisée	< 20 kV	170
	> 20 kV	150
Huile/résine	< 20 kV	170
	> 20 kV	150
Huile fluide		250
PVC	< 300 mm ²	160
	> 300 mm ²	140
PE (basse densité avec écran sur âme)	< 300 mm ²	150
	> 300 mm ²	130
XLPE		250
EPR		250

- 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.
- 8) Account should be taken of the very high risk of longitudinal insulation shrinkage at the cut ends of polymeric insulated cables, especially PE and XLPE, at short-circuit temperatures.

6. Maximum permissible short-circuit temperatures for cables with a rated voltage from 1,8/3 (3,6) kV to 18/30 (36) kV

Note.- For extruded-insulation cables in accordance with IEC Publication 502.

For paper-insulated cables in accordance with IEC Publications 55 and 141.

These tables should be read in conjunction with the comments in Clause 2.

Values given are actual temperatures of the current-carrying components.

Limits are for short circuits of up to 5 s duration.

The following three sub-clauses should be considered together when selecting a temperature limit for a particular cable construction.

6.1 Insulating materials (i.e. temperature limit for all types of conductors when in contact with the insulating materials specified)

Material		Temperature (°C)
Paper:		
MIND (mass-impregnated non-draining)	≤ 20 kV	170
	> 20 kV	150
Oil/resin	≤ 20 kV	170
	> 20 kV	150
Oil-filled		250
PVC	≤ 300 mm ²	160
	> 300 mm ²	140
PE (low density with conductor screen)	≤ 300 mm ²	150
	> 300 mm ²	130
XLPE		250
EPR		250

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, extérieure.*

i) Ecran ou gaine métallique continu ou fils d'armure jointifs

Matériau	Température (°C)
PVC*	200
PE* Basse densité**	150
Haute densité**	180
CSP (SE ₁)**	220
PCP (SE ₂)**	200
PE contrecollé à écran mince Al	150
PCV contrecollé à écran mince Al	160

* Il convient d'utiliser ces températures avec précaution pour les câbles torsadés et pour les câbles posés en trèfle jointif en raison des éventuelles températures élevées au centre, pouvant causer un soudage des gaines.

** Voir Publication 502 de la CEI.

ii) Fils d'écran non jointifs
A l'étude.

6.3 *Matériaux d'âme, d'écran ou de gaine métallique, d'armure et méthodes de raccordement*

Note.- Il convient que les limitations relatives aux matériaux non métalliques en contact avec ces métaux soient également prises en compte.

Métal	Condition	Température (°C)
Cuivre Alu- minium	Constituant qui écoule le courant, pris seul (voir note 2)	(voir note 1)
	Raccord soudé (autogène)	(voir note 1)
	Raccord soudé par réaction exothermique	250 (voir note 3)
	Raccord brasé à l'étain	160
	Raccord à déformation mécanique	250 (voir note 3)
Plomb		170
Alliage de plomb		200
Acier		(voir note 1)