

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

---

**Electric cables – Calculation of the current rating –  
Part 3-1: Operating conditions – Site reference conditions**

**Câbles électriques – Calcul du courant admissible –  
Partie 3-1: Conditions de fonctionnement – Conditions du site de référence**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office  
3, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)

### About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

### About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

#### IEC Catalogue - [webstore.iec.ch/catalogue](http://webstore.iec.ch/catalogue)

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

#### IEC publications search - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

#### IEC Glossary - [std.iec.ch/glossary](http://std.iec.ch/glossary)

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

#### IEC Customer Service Centre - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch).

---

### A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

### A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

#### Catalogue IEC - [webstore.iec.ch/catalogue](http://webstore.iec.ch/catalogue)

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

#### Recherche de publications IEC - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

#### Glossaire IEC - [std.iec.ch/glossary](http://std.iec.ch/glossary)

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

#### Service Clients - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch).

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE

---

**Electric cables – Calculation of the current rating –  
Part 3-1: Operating conditions – Site reference conditions**

**Câbles électriques – Calcul du courant admissible –  
Partie 3-1: Conditions de fonctionnement – Conditions du site de référence**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 29.060.20

ISBN 978-2-8322-4348-0

|                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.</b></p> <p><b>Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.</b></p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## CONTENTS

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD .....                                                                                | 3  |
| INTRODUCTION .....                                                                            | 5  |
| 1 Scope .....                                                                                 | 6  |
| 2 Normative references .....                                                                  | 6  |
| 3 Terms and definitions .....                                                                 | 6  |
| 4 Reference ambient temperatures and thermal resistivities of soil in various countries ..... | 6  |
| 4.1 Operating conditions – Site reference conditions .....                                    | 6  |
| 4.2 Procedure when values are not provided in national tables .....                           | 7  |
| 4.2.1 General .....                                                                           | 7  |
| 4.2.2 Ambient temperatures at sea level .....                                                 | 7  |
| 4.2.3 Thermal resistivity of soil .....                                                       | 7  |
| 4.2.4 Solar radiation .....                                                                   | 7  |
| Annex A (informative) Values relating to the operating conditions in various countries .....  | 8  |
| A.1 Australia .....                                                                           | 8  |
| A.2 Austria .....                                                                             | 8  |
| A.3 Canada .....                                                                              | 9  |
| A.4 China .....                                                                               | 10 |
| A.5 Egypt .....                                                                               | 10 |
| A.6 Finland .....                                                                             | 11 |
| A.7 France .....                                                                              | 12 |
| A.8 Germany .....                                                                             | 13 |
| A.9 Italy .....                                                                               | 14 |
| A.10 Japan .....                                                                              | 14 |
| A.11 Mexico .....                                                                             | 14 |
| A.12 Netherlands .....                                                                        | 17 |
| A.13 New Zealand .....                                                                        | 18 |
| A.14 Norway .....                                                                             | 18 |
| A.15 Oman .....                                                                               | 19 |
| A.16 Poland .....                                                                             | 19 |
| A.17 Portugal .....                                                                           | 20 |
| A.18 Spain .....                                                                              | 20 |
| A.19 South Africa .....                                                                       | 21 |
| A.20 Sweden .....                                                                             | 21 |
| A.21 Switzerland .....                                                                        | 22 |
| A.22 United Kingdom .....                                                                     | 22 |
| A.22.1 HV .....                                                                               | 22 |
| A.22.2 LV/MV .....                                                                            | 23 |
| A.23 United States of America .....                                                           | 23 |
| Bibliography .....                                                                            | 24 |
| Table 1 – Ambient temperatures at sea level .....                                             | 7  |
| Table 2 – Thermal resistivity of soil .....                                                   | 7  |

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

**ELECTRIC CABLES –  
CALCULATION OF THE CURRENT RATING –****Part 3-1: Operating conditions –  
Site reference conditions****FOREWORD**

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60287-3-1 has been prepared by IEC technical committee 20: Electric cables.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1995 and Amendment 1:1999. This edition constitutes a technical revision. This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) the updated list of national laying conditions is now covered in Annex A;
- b) Clause 5 about the information required from the purchaser for the selection of the appropriate type of cable has been removed.

The text of this standard is based on the following documents:

| FDIS         | Report on voting |
|--------------|------------------|
| 20/1714/FDIS | 20/1730/RVD      |

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts in the IEC 60287 series, published under the general title *Electric cables – Calculation of the current rating*, can be found on the IEC website.

The reader's attention is drawn to the fact that Annex A lists all of the “in-some-country” clauses on differing practices of a less permanent nature relating to the subject of this standard.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

## INTRODUCTION

IEC 60287 has been divided into three parts so that revisions of, and additions to the document can be carried out more conveniently.

Each part is subdivided into subparts which are published as separate standards.

Part 1: Formulae for ratings (100 % load factor) and power losses

Part 2: Formulae for thermal resistance

Part 3: Operating conditions

This part of IEC 60287-3 contains reference ambient temperatures and thermal resistivities of soil in various countries.

Quantities related to the operating conditions of cables are liable to vary considerably from one country to another. For instance, with respect to the ambient temperature and soil thermal resistivity, the values are governed in various countries by different considerations. Superficial comparisons between the values used in the various countries may lead to erroneous conclusions if they are not based on common criteria: for example, there may be different expectations for the life of the cables, and in some countries design is based on maximum values of soil thermal resistivity, whereas in others average values are used. Particularly, in the case of soil thermal resistivity, it is well known that this quantity is very sensitive to soil moisture content and may vary significantly with time, depending on the soil type, the topographical and meteorological conditions, and the cable loading.

The following procedure for choosing the values for the various parameters should, therefore, be adopted.

Numerical values should preferably be based on results of suitable measurements. Often such results are already included in national specifications as recommended values, so that the calculation may be based on these values generally used in the country in question; a survey of such values is given in this part of IEC 60287-3.

## **ELECTRIC CABLES – CALCULATION OF THE CURRENT RATING –**

### **Part 3-1: Operating conditions – Site reference conditions**

#### **1 Scope**

This part of IEC 60287-3 is applicable to the conditions of steady-state operation of cables at all voltages, buried directly in the ground, in ducts, troughs or in steel pipes, both with and without partial drying-out of the soil, as well as cables in air. The term "steady state" is intended to mean a continuous constant current (100 % load factor) just sufficient to produce asymptotically the maximum conductor temperature, the surrounding ambient conditions being assumed constant.

This document defines site reference conditions, however the general values are superseded by specific national requirements.

#### **2 Normative references**

There are no normative references in this document.

#### **3 Terms and definitions**

No terms and definitions are listed in this document.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

#### **4 Reference ambient temperatures and thermal resistivities of soil in various countries**

##### **4.1 Operating conditions – Site reference conditions**

In order to use the formulae given in the various parts of IEC 60287, numerical values for the physical quantities should be chosen relating to the operating conditions.

It is obviously possible to compare the results of two calculations of current rating only when the assumptions made and the numerical values of the parameters are known.

In particular, the quantities related to the operating conditions of cables are likely to vary considerably from one country to another. An enquiry into this subject has been carried out and a number of countries have replied.

Annex A summarizes the operating conditions used in various countries. Attention is drawn to the fact that the information in Annex A is intended only as a guide for cable installation designers when data provided by a user is incomplete. Care should be taken not to draw unjustified conclusions from comparisons of values for different countries. It should be remembered that the values adopted in any particular country are governed by many factors some of which might not be of equal importance in other countries.

Values relating to the operating conditions are given in Annex A for the following countries:

Australia  
Austria

Italy  
Japan

Portugal  
Spain

|         |             |                          |
|---------|-------------|--------------------------|
| Canada  | Mexico      | South Africa             |
| China   | Netherlands | Sweden                   |
| Egypt   | New Zealand | Switzerland              |
| Finland | Norway      | United Kingdom           |
| France  | Oman        | United States of America |
| Germany | Poland      |                          |

## 4.2 Procedure when values are not provided in national tables

### 4.2.1 General

It is recommended that when there is no value laid down in the national tables for the reference ambient temperature, thermal resistivity of the soil or solar radiation, the values given in 4.2.2, 4.2.3 and 4.2.4 should be adopted.

### 4.2.2 Ambient temperatures at sea level

See Table 1.

**Table 1 – Ambient temperatures at sea level**

| Climate     | Ambient air temperature |            | Ambient ground temperature at a depth of 1 m |            |
|-------------|-------------------------|------------|----------------------------------------------|------------|
|             | Min.<br>°C              | Max.<br>°C | Min.<br>°C                                   | Max.<br>°C |
| Tropical    | 25                      | 55         | 25                                           | 40         |
| Subtropical | 10                      | 40         | 15                                           | 30         |
| Temperate   | 0                       | 25         | 10                                           | 20         |

It is essential that current ratings should be valid for the maximum temperatures given. The lower values are for winter ratings if required. The values correspond with the temperature limits of winter and summer, alternatively rainy and dry seasons.

When no information about the depth of laying is given, the standard depth is to be taken as 1 m.

### 4.2.3 Thermal resistivity of soil

See Table 2.

**Table 2 – Thermal resistivity of soil**

| Thermal resistivity<br>K·m/W | Soil conditions | Weather conditions |
|------------------------------|-----------------|--------------------|
| 0,7                          | Very moist      | Continuously moist |
| 1,0                          | Moist           | Regular rainfall   |
| 2,0                          | Dry             | Seldom rains       |
| 3,0                          | Very dry        | Little or no rain  |

### 4.2.4 Solar radiation

When no information about the intensity of solar radiation a value of 1 000 W/m<sup>2</sup> is adopted.

## Annex A (informative)

### Values relating to the operating conditions in various countries

#### A.1 Australia

|                                                                                                                |      |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|
| <b>Thermal characteristics of the soil</b>                                                                     |      |       |
| Thermal resistivity, nominal                                                                                   | 1,2  | K·m/W |
| Soil ambient temperature, summer                                                                               | 25   | °C    |
| Soil ambient temperature, winter                                                                               | 18   | °C    |
| <b>Depth of laying of cables <sup>a</sup></b>                                                                  |      |       |
| Voltage range 1: L.V. cables                                                                                   |      |       |
| under footways                                                                                                 | 0,5  | m     |
| under roadways                                                                                                 | 0,75 | m     |
| Voltage range 2: 11 kV cables                                                                                  |      |       |
| under footways and roadways                                                                                    | 0,8  | m     |
| Voltage range 3: 33 kV cables and higher voltages                                                              |      |       |
| under footways and roadways                                                                                    | 1,0  | m     |
| <b>Air ambient temperature</b>                                                                                 |      |       |
| Maximum, summer                                                                                                | +40  | °C    |
| Maximum, winter                                                                                                | +30  | °C    |
| <sup>a</sup> Measured from the ground surface to the centre of the cable, or to the centre of a trefoil group. |      |       |

#### A.2 Austria

|                                               |     |       |
|-----------------------------------------------|-----|-------|
| <b>Thermal characteristics of the soil</b>    |     |       |
| Thermal resistivity, nominal, season 1 (wet)  | 1,0 | K·m/W |
| Thermal resistivity, dry zone, season 1 (dry) | 2,5 | K·m/W |
| Temperature, season 1                         | 20  | °C    |
| <b>Depth of laying of cables</b>              |     |       |
| Voltage range 1: up to 1 kV                   | 0,7 | m     |
| Voltage range 2: > 1 kV up to 30 kV           | 0,8 | m     |
| Voltage range 3: > 30 kV                      | 1,2 | m     |
| <b>Air ambient temperature</b>                |     |       |
| Average value                                 | 20  | °C    |
| Maximum                                       | +40 | °C    |
| Minimum                                       | -20 | °C    |

### A.3 Canada

There are no recognized Canadian national values of soil thermal resistivity and temperature, and depth of laying, however the values shown below are typical. It is recommended that, where feasible, soil tests are performed for cable installations.

|                                                                                                                              |            |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------|
| <b>Thermal characteristics of the soil</b>                                                                                   |            |       |
| Thermal resistivity, nominal<br>(Critical temperature 50 °C)                                                                 | 0,5 to 3,0 | K·m/W |
| Temperature, season 1 (summer)                                                                                               | 25         | °C    |
| Temperature, season 2 (winter)                                                                                               | -5         | °C    |
| <b>Depth of laying of cables (minimum cover)</b>                                                                             |            |       |
| Paper insulated, solid and non-draining cables for voltages up to 69 kV                                                      | 1,1        | m     |
| Solid insulation (butyl, ethylene propylene rubber, p.v.c., cross-linked polyethylene, etc.) cables for voltages up to 46 kV | 0,9        | m     |
| Oil filled cables for voltages up to 345 kV                                                                                  | 1,1        | m     |
| Pipe-type (gas or oil pressure) cables for voltages up to 345 kV                                                             | 1,1        | m     |
| <b>Air ambient temperature</b>                                                                                               |            |       |
| Maximum                                                                                                                      | 5 to 40    | °C    |
| Minimum                                                                                                                      | -55 to -20 | °C    |
| <b>Cyclic ratings</b>                                                                                                        |            |       |
| Critical temperature                                                                                                         | 50         | °C    |
| Drying out is not considered for cables in concrete duct banks                                                               |            |       |

Where direct measurements of soil thermal resistivity are not available, it is usual to assume a thermal resistivity of 0,9 K·m/W. However in cases where it is foreseen that there may be a progressive deterioration of the thermal characteristics of the environment over a period of years, and in cases where the climatic conditions may give rise to significant seasonal variations, it is recommended that the current-carrying capacity be based on a thermal resistivity of 1,2 K·m/W.

Reference is not made to lower values of resistivity, during winter, as a basis for system design to any significant extent.

## A.4 China

|                                            |            |                  |
|--------------------------------------------|------------|------------------|
| <b>Thermal characteristics of the soil</b> |            |                  |
| Thermal resistivity                        | 1,0 to 1,2 | K·m/W            |
| Temperature, summer                        | 30         | °C               |
| Temperature, winter                        | 5          | °C               |
| <b>Depth of laying of cables</b>           |            |                  |
| ≤1 kV                                      | 0,7        | m                |
| >1 kV up to 35 kV                          | 0,7        | m                |
| ≥110 kV up to 500 kV                       | 1,0        | m                |
| <b>Air ambient temperature</b>             |            |                  |
| Maximum                                    | 40         | °C               |
| Minimum                                    | -10        | °C               |
| <b>Solar radiation</b>                     |            |                  |
| Intensity of solar radiation               | 1 000      | W/m <sup>2</sup> |

## A.5 Egypt

|                                              |        |                  |
|----------------------------------------------|--------|------------------|
| <b>Thermal characteristics of the soil</b>   |        |                  |
| Thermal resistivity                          | 1,2    | K·m/W            |
| Temperature, summer                          | 35     | °C               |
| Temperature, winter                          | 0      | °C               |
| <b>Depth of laying of cables</b>             |        |                  |
| ≤1 kV                                        | 0,4    | m                |
| >1 kV up to 35 kV                            | 0,8    | m                |
| ≥110 kV up to 500 kV <sup>a</sup>            | 1,2    | m                |
| <b>Air ambient temperature</b>               |        |                  |
| Maximum                                      | 47     | °C               |
| Minimum                                      | -5     | °C               |
| <b>Solar radiation</b>                       |        |                  |
| Intensity of solar radiation                 | ≥1 000 | W/m <sup>2</sup> |
| <sup>a</sup> Note at soil temperature 25 °C. |        |                  |

**A.6 Finland**

|                                                                        |     |       |
|------------------------------------------------------------------------|-----|-------|
| <b>Thermal characteristics of the soil</b>                             |     |       |
| Thermal resistivity                                                    |     |       |
| Average value to be used for rating calculations.                      | 1,0 | K·m/W |
| For submarine cables where the soil is completely saturated with water | 0,4 | K·m/W |
| Temperature                                                            |     |       |
| Maximum value                                                          | 15  | °C    |
| Minimum value                                                          | 0   | °C    |
| (average value 5 °C to 10 °C, exceptional maximum 20 °C)               |     |       |
| <b>Depth of laying of cables</b>                                       |     |       |
| All cables up to 36 kV                                                 | 0,7 | m     |
| All cables up to 52 kV                                                 | 1,0 | m     |
| All cables up to 123 kV                                                | 1,3 | m     |
| All cables up to 245 kV                                                | 1,5 | m     |
| The actual depth depends on local conditions                           |     |       |
| <b>Air ambient temperature</b>                                         |     |       |
| Reference value for rating calculations                                | 25  | °C    |
| Maximum value                                                          | 35  | °C    |
| Minimum value                                                          | -20 | °C    |

## A.7 France

|                                                                                  |            |                  |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------|
| <b>Thermal characteristics of the soil</b>                                       |            |                  |
| Thermal resistivity, nominal, summer                                             | 1,20       | K·m/W            |
| Thermal resistivity, nominal, winter                                             | 0,85       | K·m/W            |
| Thermal resistivity, dry zone <sup>a</sup> , summer                              | 2,5        | K·m/W            |
| Thermal resistivity, dry zone <sup>a</sup> , winter                              | 2,5        | K·m/W            |
| Temperature, summer                                                              |            |                  |
| 20 kV cables                                                                     | 20         | °C               |
| 63 kV, 90 kV, 225 kV, 400 kV cables                                              |            |                  |
| hot area                                                                         | 25         | °C               |
| intermediate area                                                                | 22         | °C               |
| cold area                                                                        | 20         | °C               |
| Temperature, winter                                                              |            |                  |
| 20 kV cables                                                                     | 10         | °C               |
| 63 kV, 90 kV, 225 kV and 400 kV cables                                           |            |                  |
| hot region                                                                       | 17         | °C               |
| intermediate region                                                              | 15         | °C               |
| cold region                                                                      | 13         | °C               |
| <b>Depth of laying of cables</b>                                                 |            |                  |
| 20 kV cables                                                                     |            |                  |
| in Paris                                                                         | 1,0 to 1,2 | m                |
| outside Paris city                                                               | 0,8        | m                |
| 63 kV, 90 kV, 225 kV and 400 kV cables                                           | 1,3        | m                |
| <b>Air ambient temperature</b>                                                   |            |                  |
| Maximum                                                                          | 30         | °C               |
| Minimum                                                                          | 20         | °C               |
| <b>Cyclic ratings</b>                                                            |            |                  |
| Critical temperature, summer                                                     | 55         | °C               |
| Critical temperature, winter                                                     | 60         | °C               |
| <b>Solar radiation</b>                                                           |            |                  |
| Intensity of solar radiation                                                     | 1 000      | W/m <sup>2</sup> |
| <sup>a</sup> Drying out of the soil is only considered for high voltage systems. |            |                  |

## A.8 Germany

The indicated values are taken as a basis as standard values for current rating calculations unless there are any requirements specified for the thermal resistivity of the soil, the temperature and the depth of laying.

|                                                                                                                       |                  |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------|
| <b>Thermal characteristics of the soil</b>                                                                            |                  |       |
| Thermal resistivity, average value                                                                                    | 1,0              | K·m/W |
| Thermal resistivity, for calculations considering a dry zone near the cable – for the dry zone                        | 2,5              | K·m/W |
| Temperature, maximum value                                                                                            | 20               | °C    |
| Temperature, minimum value                                                                                            | 0                | °C    |
| Temperature, average value                                                                                            | 10               | °C    |
| <b>Depth of laying of cables</b>                                                                                      |                  |       |
| For cables $\geq 60$ kV                                                                                               | 1,2              | m     |
| For cables $< 60$ kV                                                                                                  | 0,7 <sup>a</sup> | m     |
| <b>Air ambient temperature</b>                                                                                        |                  |       |
| Maximum                                                                                                               | 30               | °C    |
| Minimum                                                                                                               | -20              | °C    |
| Average value                                                                                                         | 10               | °C    |
| <sup>a</sup> In spite of being calculated for 0,7 m, often cables at 20 kV to 30 kV are laid at 0,9 m to 1,0 m depth. |                  |       |

## A.9 Italy

|                                                                                                                                                                                                                         |     |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------|
| <b>Thermal characteristics of the soil</b>                                                                                                                                                                              |     |       |
| Thermal resistivity, maximum value                                                                                                                                                                                      | 1,0 | K·m/W |
| If the thermal characteristics of the soil are found to be poor, a suitable backfill is used and reference is made to a thermal resistivity intermediate between that of the backfill and that of the surrounding soil. |     |       |
| Temperature, maximum value (to be used in calculations)                                                                                                                                                                 | 20  | °C    |
| Temperature, minimum value                                                                                                                                                                                              | 5   | °C    |
| <b>Depth of laying of cables</b>                                                                                                                                                                                        |     |       |
| This depth is the maximum adopted unless otherwise specified.                                                                                                                                                           |     |       |
| Up to 12 kV                                                                                                                                                                                                             | 0,8 | m     |
| Up to 17,5 kV                                                                                                                                                                                                           | 1,0 | m     |
| Up to 24 kV                                                                                                                                                                                                             | 1,2 | m     |
| Up to 36 kV                                                                                                                                                                                                             | 1,5 | m     |
| Up to 72 kV                                                                                                                                                                                                             | 1,8 | m     |
| Up to 220 kV                                                                                                                                                                                                            | 2,2 | m     |
| <b>Air ambient temperature</b>                                                                                                                                                                                          |     |       |
| Maximum value (to be used in calculations)                                                                                                                                                                              | 30  | °C    |
| Minimum value                                                                                                                                                                                                           | 0   | °C    |
| Maximum daily excursion                                                                                                                                                                                                 | 20  | °C    |

In summer, the maximum temperature may sometimes, for a few hours daily, be higher by 5 °C (and in special cases even more) than the above-mentioned maximum value. Such an occurrence is considered to be acceptable due to its short duration.

## A.10 Japan

|                                                                                                                                                    |       |                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------------|
| <b>Thermal characteristics of the soil</b>                                                                                                         |       |                  |
| Thermal resistivity, nominal                                                                                                                       | 1,0   | K·m/W            |
| 1,5 K·m/W, 1,0 K·m/W and 0,6 K m/W for dry, normal and wet soil respectively. No distinction for seasons                                           |       |                  |
| Temperature, summer                                                                                                                                | 25    | °C               |
| <b>Depth of laying of cables</b>                                                                                                                   |       |                  |
| Direct burial: 1,2 m for places where the pressure of vehicle or other heavy goods may be applied. 0,6 m for other places                          |       |                  |
| In duct: the use of duct which withstands the pressure of vehicle or other heavy goods is required (there is no regulation for the depth of duct). |       |                  |
| <b>Air ambient temperature</b>                                                                                                                     |       |                  |
| Maximum, summer                                                                                                                                    | 40    | °C               |
| <b>Solar radiation</b>                                                                                                                             |       |                  |
| Intensity of solar radiation                                                                                                                       | 1 000 | W/m <sup>2</sup> |

Japanese Cable Makers' Association Standard JCS 0501, gives the calculation formulae of thermal resistance of soil for a 2 layer model having two different thermal resistivities divided by the boundary such as ground water level. Therefore, the ground water level is one parameter for variations in thermal resistivity.

## A.11 Mexico

|                                            |  |  |
|--------------------------------------------|--|--|
| <b>Thermal characteristics of the soil</b> |  |  |
|--------------------------------------------|--|--|

|                                                                                                                                                                                                                                                                |            |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------|
| Thermal resistivity, nominal season 1 (summer)                                                                                                                                                                                                                 |            |       |
| Southern Mexico                                                                                                                                                                                                                                                | 0,8 to 2,4 | K·m/W |
| Central Mexico                                                                                                                                                                                                                                                 | 1,0 to 2,5 | K·m/W |
| Northern Mexico                                                                                                                                                                                                                                                | 0,5 to 4,0 | K·m/W |
| Coast Mexico                                                                                                                                                                                                                                                   | 0,5 to 3,0 | K·m/W |
| Thermal resistivity, nominal season 2 (winter)                                                                                                                                                                                                                 |            |       |
| Southern Mexico                                                                                                                                                                                                                                                | 1,0 to 2,0 | K·m/W |
| Central Mexico                                                                                                                                                                                                                                                 | 1,3 to 2,1 | K·m/W |
| Northern Mexico                                                                                                                                                                                                                                                | 0,8 to 3,6 | K·m/W |
| Coast Mexico                                                                                                                                                                                                                                                   | 0,8 to 2,7 | K·m/W |
| Thermal resistivity, dry zone season 1 (summer)                                                                                                                                                                                                                |            |       |
| Southern Mexico                                                                                                                                                                                                                                                | 1,4 to 3,9 | K·m/W |
| Central Mexico                                                                                                                                                                                                                                                 | 1,6 to 4,0 | K·m/W |
| Northern Mexico                                                                                                                                                                                                                                                | 1,0 to 5,5 | K·m/W |
| Coast Mexico                                                                                                                                                                                                                                                   | 0,9 to 3,5 | K·m/W |
| Thermal resistivity, dry zone season 2 (winter)                                                                                                                                                                                                                |            |       |
| Southern Mexico                                                                                                                                                                                                                                                | 1,1 to 2,8 | K·m/W |
| Central Mexico                                                                                                                                                                                                                                                 | 1,0 to 3,0 | K·m/W |
| Northern Mexico                                                                                                                                                                                                                                                | 0,8 to 4,7 | K·m/W |
| Coast Mexico                                                                                                                                                                                                                                                   | 0,6 to 2,9 | K·m/W |
| Where direct measurements of soil thermal resistivity are not available, it is usual to assume a thermal resistivity of 1,5 K·m/W, however it is recommended that a survey of the thermal characteristics of the soil is carried out for critical cable links. |            |       |
| <b>Temperature, season 1 (summer)</b>                                                                                                                                                                                                                          |            |       |
| Southern Mexico                                                                                                                                                                                                                                                | 30         | °C    |
| Central Mexico                                                                                                                                                                                                                                                 | 25         | °C    |
| Northern Mexico                                                                                                                                                                                                                                                | 35         | °C    |
| Coast Mexico                                                                                                                                                                                                                                                   | 30         | °C    |
| <b>Temperature, season 2 (winter)</b>                                                                                                                                                                                                                          |            |       |
| Southern Mexico                                                                                                                                                                                                                                                | 25         | °C    |
| Central Mexico                                                                                                                                                                                                                                                 | 20         | °C    |
| Northern Mexico                                                                                                                                                                                                                                                | 30         | °C    |
| Coast Mexico                                                                                                                                                                                                                                                   | 25         | °C    |
| (Critical temperature 50 °C)                                                                                                                                                                                                                                   |            |       |
| When soil temperature measurements are not available a reference value of 25 °C is often used for rating calculations                                                                                                                                          |            |       |

## A.11 Mexico (continued)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |           |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----|
| <b>Depth of laying of cables <sup>a b</sup></b>                                                                                                                                                                                                                                                                |           |    |
| Voltage range 1: up to 1 kV cables (maximum 2 circuits)                                                                                                                                                                                                                                                        |           |    |
| Under footways                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0,3       | m  |
| Under roads                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0,5       | m  |
| Voltage range 2: > 1 kV up to 35 kV cables (5 kV, 15 kV, 25 kV and 35 kV, maximum 4 circuits)                                                                                                                                                                                                                  |           |    |
| Under footways                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0,3       | m  |
| Under roads                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0,5       | m  |
| Voltage range 3: > 35 kV up to 138 kV cables (69 kV, 85 kV, 115 kV and 138 kV, maximum 2 circuits)                                                                                                                                                                                                             |           |    |
| Only under roadways (normal terrain)                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1,0       | m  |
| Only under roadways (phreatic zone or rock soils)                                                                                                                                                                                                                                                              | 0,5       | m  |
| Voltage range 4: > 161 kV up to 230 kV cables (161 kV and 230 kV, maximum 2 circuits)                                                                                                                                                                                                                          |           |    |
| Only under roadways (normal terrain)                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1,2       | m  |
| Only under roadways (phreatic zone or rock soils)                                                                                                                                                                                                                                                              | 0,7       | m  |
| Voltage range 5: ≥ 400 kV cables (maximum 2 circuits)                                                                                                                                                                                                                                                          |           |    |
| Only under roadways (normal terrain)                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1,4       | m  |
| Only under roadways (phreatic zone or rock soils)                                                                                                                                                                                                                                                              | 0,9       | m  |
| <b>Air ambient temperature</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                 |           |    |
| Maximum (annually)                                                                                                                                                                                                                                                                                             |           |    |
| Southern Mexico                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 25 to 35  | °C |
| Central Mexico                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 20 to 26  | °C |
| Northern Mexico                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 36 to 45  | °C |
| Coast Mexico                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 26 to 36  | °C |
| Minimum (annually)                                                                                                                                                                                                                                                                                             |           |    |
| Southern Mexico                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 8 to 18   | °C |
| Central Mexico                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1 to 12   | °C |
| Northern Mexico                                                                                                                                                                                                                                                                                                | -5 to +10 | °C |
| Coast Mexico                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 12 to 20  | °C |
| Average (annually)                                                                                                                                                                                                                                                                                             |           |    |
| Southern Mexico                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 28        | °C |
| Central Mexico                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 21        | °C |
| Northern Mexico                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 30        | °C |
| Coast Mexico                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 29        | °C |
| <b>Cyclic ratings</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                          |           |    |
| Critical temperature or temperature rise                                                                                                                                                                                                                                                                       | 35 to 50  | °C |
| The critical temperature is highly dependant on the soil composition and location. It may also vary due to seasonal influences and/or cyclic loading. It is recommended to investigate the critical temperature during a soil survey, unless it can be demonstrated that no drying out of the soil will occur. |           |    |

## A.11 Mexico (concluded)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |              |                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------|
| <b>Solar radiation <sup>c</sup></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |              |                  |
| Intensity of solar radiation                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                  |
| Southern Mexico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 650 to 850   | W/m <sup>2</sup> |
| Central Mexico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 700 to 900   | W/m <sup>2</sup> |
| Northern Mexico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 850 to 1 100 | W/m <sup>2</sup> |
| Coast Mexico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 800 to 1 000 | W/m <sup>2</sup> |
| <p>The values given above for soil thermal resistivity and temperature correspond to measurements made at different locations in Mexico at different depths (0,9 m, 1,2 m and 1,5 m). It is recommended that, where feasible, soil measurements are made for cable installations.</p> <p><sup>a</sup> Measured from the ground surface to the top of the cable ducts, or to the top of a trefoil duct group. Cables are always laid in HDPE ducts.</p> <p><sup>b</sup> Depths may be greater depending on any underground obstacles along the cable route.</p> <p><sup>c</sup> Direct normal irradiance or beam solar radiation value, maximum annual values present for short time periods.</p> |              |                  |

## A.12 Netherlands

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |            |                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------|
| <b>Thermal characteristics of the soil</b>                                                                                                                                                                                                                                                                 |            |                  |
| Thermal resistivity, nominal                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1,00       | K·m/W            |
| It is recommended that a survey of the thermal characteristics of the soil is carried out for critical cable links.                                                                                                                                                                                        |            |                  |
| Thermal resistivity, dry zone                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2,5        | K·m/W            |
| It is recommended that a survey of the thermal characteristics of the soil is carried out for critical cable links.                                                                                                                                                                                        |            |                  |
| Temperature, maximum                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 20         | °C               |
| Temperature, winter                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 5          | °C               |
| Temperature, average                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 15         | °C               |
| <b>Depth of laying of cables</b>                                                                                                                                                                                                                                                                           |            |                  |
| Up to 30 kV                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 0,7 to 1,0 | m                |
| Above 30 kV                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1,2        | m                |
| <b>Air ambient temperature</b>                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |                  |
| Maximum                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 30         | °C               |
| Minimum                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | -10        | °C               |
| Average                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 20         | °C               |
| <b>Cyclic ratings</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                      |            |                  |
| Critical temperature                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 30         | °C               |
| The critical temperature is highly dependent on soil composition and location. It may also vary due to seasonal influences and/or cyclic loading. It is recommended to investigate the critical temperature during a soil survey, unless it can be demonstrated that no drying out of the soil will occur. |            |                  |
| <b>Solar radiation</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                     |            |                  |
| Intensity of solar radiation                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1 000      | W/m <sup>2</sup> |

The two zone model is regularly used to calculate the current rating of MV cable systems and incidentally for HV systems. The parameter used to define the boundary between wet and dry zones is the absolute temperature, isotherm at this boundary, usually in the range between 30 °C (MV cables) and 50 °C (HV cables).

Cable circuits are taken to be thermally independent if the separation is not less than 3 m. For cables installed deeper than 3 m, such as in horizontal directional drilling, the minimum separation is not less than 5 m to consider a cable circuit as thermally independent.

### A.13 New Zealand

|                                                                                                                |      |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|
| <b>Thermal characteristics of the soil</b>                                                                     |      |       |
| Thermal resistivity, nominal                                                                                   | 1,2  | K·m/W |
| Soil ambient temperature, summer                                                                               | 15   | °C    |
| Soil ambient temperature, winter                                                                               | 15   | °C    |
| <b>Depth of laying of cables <sup>a</sup></b>                                                                  |      |       |
| This depth is the minimum adopted unless otherwise specified                                                   |      |       |
| Voltage range 1: L.V.                                                                                          |      |       |
| under footways                                                                                                 | 0,5  | m     |
| under roadways                                                                                                 | 0,75 | M     |
| Voltage range 2: 11kV                                                                                          |      |       |
| under footways and roadways                                                                                    | 1,0  | m     |
| Voltage range 3: 33kV and higher                                                                               |      |       |
| under footways and roadways                                                                                    | 1,0  | m     |
| <b>Air ambient temperature</b>                                                                                 |      |       |
| Maximum summer                                                                                                 | +30  | °C    |
| Maximum winter                                                                                                 | +30  | °C    |
| <sup>a</sup> Measured from the ground surface to the centre of the cable, or to the centre of a trefoil group. |      |       |

### A.14 Norway

|                                                               |       |       |
|---------------------------------------------------------------|-------|-------|
| <b>Thermal characteristics of the soil</b>                    |       |       |
| Thermal resistivity, average value to be used in calculations | 1,0   | K·m/W |
| Temperature, Southern Norway max./min.                        | 17/0  | °C    |
| Temperature, Central Norway max./min.                         | 15/0  | °C    |
| Temperature, Northern Norway max./min.                        | 13/-5 | °C    |
| <b>Depth of laying of cables (minimum value)</b>              |       |       |
| 1 kV                                                          | 0,5   | m     |
| above 1 kV                                                    | 0,7   | m     |
| <b>Air ambient temperature</b>                                |       |       |
| Maximum value (to be used in calculations)                    | 25    | °C    |

**A.15 Oman**

|                                            |       |                  |
|--------------------------------------------|-------|------------------|
| <b>Thermal characteristics of the soil</b> |       |                  |
| Thermal resistivity, nominal               | 2,5   | K·m/W            |
| No distinction for seasons                 |       |                  |
| Temperature, maximum                       | 40    | °C               |
| Temperature, minimum                       | 10    | °C               |
| <b>Depth of laying of cables</b>           |       |                  |
| All cables up to 1 kV                      | 0,5   | m                |
| All cables above 1 kV                      | 0,8   | m                |
| <b>Air ambient temperature</b>             |       |                  |
| Maximum                                    | 55    | °C               |
| Minimum                                    | 10    | °C               |
| <b>Solar radiation</b>                     |       |                  |
| Intensity of solar radiation               | 1 200 | W/m <sup>2</sup> |

**A.16 Poland**

|                                                               |     |       |
|---------------------------------------------------------------|-----|-------|
| <b>Thermal characteristics of the soil</b>                    |     |       |
| Thermal resistivity, average value to be used in calculations | 1,0 | K·m/W |
| Thermal resistivity, nominal, season 2                        |     |       |
| Temperature, average value to be used in calculations         | 20  | °C    |
| Temperature, minimum value                                    | 5   | °C    |
| <b>Depth of laying of cables</b>                              |     |       |
| up to and including 36 kV                                     | 0,7 | m     |
| above 36 kV                                                   | 1,0 | m     |
| <b>Air ambient temperature</b>                                |     |       |
| Average value to be used in calculations                      | 25  | °C    |

## A.17 Portugal

|                                                              |       |                  |
|--------------------------------------------------------------|-------|------------------|
| <b>Thermal characteristics of the soil</b>                   |       |                  |
| Thermal resistivity, nominal, summer                         | 1,2   | K·m/W            |
| Thermal resistivity, nominal, winter                         | 0,85  | K·m/W            |
| Thermal resistivity, nominal, submarine cables               | 1,0   | K·m/W            |
| Soil ambient temperature, summer                             | 20    | °C               |
| Soil ambient temperature, winter                             | 10    | °C               |
| <b>Depth of laying of cables</b>                             |       |                  |
| This depth is the minimum adopted unless otherwise specified |       |                  |
| Voltage range up to 1 kV                                     | 0,7   | m                |
| Voltage range up to 30 kV                                    | 1,0   | m                |
| Voltage range up to 400 kV                                   | 1,2   | m                |
| <b>Air ambient temperature</b>                               |       |                  |
| Air ambient temperature, summer (at sea level)               | 30    | °C               |
| Air ambient temperature, winter (at sea level)               | 20    | °C               |
| Air ambient temperature, minimum                             | 0     | °C               |
| <b>Solar radiation</b>                                       |       |                  |
| Intensity of solar radiation                                 | 1 000 | W/m <sup>2</sup> |

## A.18 Spain

There are no recognized Spanish national values of soil thermal resistivities, ambient temperatures and depth of laying, the values shown below are typical

|                                                                                                                                                             |            |                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------|
| <b>Thermal characteristics of the soil</b>                                                                                                                  |            |                  |
| Thermal resistivity, Cables ≤0,6/1 kV                                                                                                                       | 1          | K·m/W            |
| Thermal resistivity, Cables >0,6/1 kV and ≤18/30 kV                                                                                                         | 1,5        | K·m/W            |
| Thermal resistivity, Cables >18/30 kV                                                                                                                       | 1          | K·m/W            |
| Where concrete is used for the cable installation it should be considered for the calculation a value of 0,85 K m/W for the volume occupied by the concrete | 0,85       | K·m/W            |
| Temperature                                                                                                                                                 | 25         | °C               |
| <b>Depth of laying of cables</b>                                                                                                                            |            |                  |
|                                                                                                                                                             | 0,6 to 1,5 | m                |
| <b>Air ambient temperature</b>                                                                                                                              |            |                  |
| Maximum                                                                                                                                                     | 40         | °C               |
| <b>Solar radiation</b>                                                                                                                                      |            |                  |
| Intensity of solar radiation                                                                                                                                | 1 000      | W/m <sup>2</sup> |

## A.19 South Africa

|                                            |       |                  |
|--------------------------------------------|-------|------------------|
| <b>Thermal characteristics of the soil</b> |       |                  |
| Thermal resistivity, nominal               | 1,2   | K·m/W            |
| No distinction for seasons                 |       |                  |
| Temperature, season 1                      | 25    | °C               |
| No distinction for seasons                 |       |                  |
| <b>Depth of laying of cables</b>           |       |                  |
| Voltage range 1: low voltage               | 0,5   | m                |
| Voltage range 2: all higher voltages       | 0,8   | m                |
| <b>Air ambient temperature</b>             |       |                  |
| Nominal                                    | 30    | °C               |
| <b>Solar radiation</b>                     |       |                  |
| Intensity of solar radiation (inland)      | 1 250 | W/m <sup>2</sup> |
| Intensity of solar radiation (coast)       | 1 000 | W/m <sup>2</sup> |

## A.20 Sweden

|                                                                                                                         |                         |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------|
| <b>Thermal characteristics of the soil</b>                                                                              |                         |       |
| Thermal resistivity, average value to be used in calculations                                                           | 1,0                     | K·m/W |
| Where the soil is completely saturated with water and for submarine cables where the bottom is covered with sand        | 0,4                     | K·m/W |
| Maximum value for submarine cables                                                                                      | 1,0                     | K·m/W |
| For important cables, a measurement of the resistivity and soil conditions on the sea bottom is recommended, otherwise: | 0,6                     | K·m/W |
| Temperature, maximum value                                                                                              | 15                      | °C    |
| Temperature, minimum value                                                                                              | 0                       | °C    |
| (for main part of the year between 5 °C and 10 °C)                                                                      |                         |       |
| <b>Depth of laying of cables</b>                                                                                        |                         |       |
| For directly buried cables and for short road crossings by means of ducts                                               |                         |       |
| All cables up to 24 kV                                                                                                  | 0,7                     | m     |
| Paper-insulated cables up to 52 kV                                                                                      | 0,7                     | m     |
| Oil-filled cables up to 420 kV                                                                                          | 1,0 to 1,5 <sup>a</sup> | m     |
| <sup>a</sup> The depth depends on local conditions. Less than 1 000 mm is not used.                                     |                         |       |

## A.21 Switzerland

|                                                          |       |                  |
|----------------------------------------------------------|-------|------------------|
| <b>Thermal characteristics of the soil</b>               |       |                  |
| Thermal resistivity, nominal, summer (May – October)     | 1,0   | K·m/W            |
| Thermal resistivity, nominal, winter (November – April)  | 0,85  | K·m/W            |
| Thermal resistivity, rocky soil, summer                  | 1,3   | K·m/W            |
| Thermal resistivity, rocky soil, winter                  | 1,3   | K·m/W            |
| Temperature, summer                                      | 20    | °C               |
| Temperature, winter                                      | 10    | °C               |
| <b>Depth of laying of cables</b>                         |       |                  |
| Voltage range 10 kV to 30 kV                             | 0,8   | m                |
| Voltage range 50 kV to 400 kV                            | 1,0   | m                |
| <b>Air ambient temperature</b>                           |       |                  |
| Maximum, outdoor                                         | 30    | °C               |
| Minimum, outdoor                                         | -25   | °C               |
| <b>Solar radiation</b>                                   |       |                  |
| Intensity of solar radiation, Swiss plateau (Mittelland) | 1 000 | W/m <sup>2</sup> |
| Intensity of solar radiation, Alpine region (Alpenraum)  | 1 200 | W/m <sup>2</sup> |

Cables are usually laid in HDPE pipes.

Drying out is usually not considered (otherwise,  $\rho_{\text{dry}}$  is 2,5 K·m/W;  $T_{\text{boundary}}$  is 50 °C).

## A.22 United Kingdom

### A.22.1 HV

|                                                                       |                              |                  |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------|
| <b>Thermal characteristics of the soil</b>                            |                              |                  |
| Thermal resistivity, nominal, winter                                  | 1,05                         | K·m/W            |
| Thermal resistivity, nominal, summer                                  | 1,2                          | K·m/W            |
| Thermal resistivity, dry zone, winter                                 | 1,05                         | K·m/W            |
| Thermal resistivity, dry zone, summer<br>(critical temperature 50 °C) | 3,0                          | K·m/W            |
| Temperature, winter                                                   | 10                           | °C               |
| Temperature, summer                                                   | 15                           | °C               |
| <b>Depth of laying of cables</b>                                      |                              |                  |
| 132 kV and above                                                      | 0,9 min. (general)           | m                |
|                                                                       | 0,75 min. (substation sites) | m                |
|                                                                       | 0,825 min. (Scotland)        | m                |
| <b>Air ambient temperature</b>                                        |                              |                  |
| Maximum                                                               | 30                           | °C               |
| Minimum                                                               | 10                           | °C               |
| <b>Solar radiation</b>                                                |                              |                  |
| Intensity of solar radiation                                          | 1 000                        | W/m <sup>2</sup> |

**A.22.2 LV/MV**

|                                                            |                            |                  |
|------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------|
| <b>Thermal characteristics of the soil</b>                 |                            |                  |
| Thermal resistivity, nominal                               | 1,2                        | K·m/W            |
| Thermal resistivity, nominal, season 2                     | No distinction for seasons |                  |
| Thermal resistivity, dry zone (critical temperature 50 °C) | 1,2                        | K·m/W            |
| Temperature, season 1                                      | 15                         | °C               |
| Temperature, season 2                                      | No distinction for seasons | °C               |
| <b>Depth of laying of cables</b>                           |                            |                  |
| Voltage range 1: 1 kV                                      | 0,5                        | m                |
| Voltage range 2: 3 kV to 33 kV                             | 0,8                        | m                |
| <b>Air ambient temperature</b>                             |                            |                  |
| Nominal                                                    | 25                         | °C               |
| 1 kV cables in buildings                                   | 30                         | °C               |
| <b>Solar radiation</b>                                     |                            |                  |
| Intensity of solar radiation                               | 1 000                      | W/m <sup>2</sup> |

Historically a 3 m circuit separation at normal cable depths is assumed to be thermally independent – under review.

**A.23 United States of America**

|                                            |     |       |
|--------------------------------------------|-----|-------|
| <b>Thermal characteristics of the soil</b> |     |       |
| Thermal resistivity, nominal               | 0,9 | K·m/W |
| Temperature, season 1                      | 25  | °C    |
| Temperature, season 2                      | 15  | °C    |
| <b>Depth of laying of cables</b>           |     |       |
| Nominal                                    | 0,9 | m     |
| <b>Air ambient temperature</b>             |     |       |
| Maximum                                    | 50  | °C    |
| Minimum                                    | 2   | °C    |

When circuits are separated 3,7 m (12 feet) or more they are considered thermally independent.

## Bibliography

IEC 60287 (all parts), *Electric cables – Calculation of the current rating*

---



## SOMMAIRE

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS .....                                                                                              | 27 |
| INTRODUCTION .....                                                                                              | 29 |
| 1 Domaine d'application .....                                                                                   | 30 |
| 2 Références normatives .....                                                                                   | 30 |
| 3 Termes et définitions .....                                                                                   | 30 |
| 4 Valeurs des températures ambiantes de référence et résistivités thermiques des<br>sols dans divers pays ..... | 30 |
| 4.1 Conditions de fonctionnement – Conditions du site de référence .....                                        | 30 |
| 4.2 Règle lorsque les valeurs ne sont pas fournies dans les tables nationales .....                             | 31 |
| 4.2.1 Généralités .....                                                                                         | 31 |
| 4.2.2 Températures ambiantes au niveau de la mer .....                                                          | 31 |
| 4.2.3 Résistivité thermique du sol .....                                                                        | 31 |
| 4.2.4 Rayonnement solaire .....                                                                                 | 32 |
| Annexe A (informative) Valeurs relatives aux conditions de fonctionnement dans<br>divers pays .....             | 33 |
| A.1 Australie .....                                                                                             | 33 |
| A.2 Autriche .....                                                                                              | 33 |
| A.3 Canada .....                                                                                                | 34 |
| A.4 Chine .....                                                                                                 | 35 |
| A.5 Égypte .....                                                                                                | 35 |
| A.6 Finlande .....                                                                                              | 36 |
| A.7 France .....                                                                                                | 37 |
| A.8 Allemagne .....                                                                                             | 38 |
| A.9 Italie .....                                                                                                | 39 |
| A.10 Japon .....                                                                                                | 39 |
| A.11 Mexique .....                                                                                              | 40 |
| A.12 Pays-Bas .....                                                                                             | 42 |
| A.13 Nouvelle Zélande .....                                                                                     | 43 |
| A.14 Norvège .....                                                                                              | 43 |
| A.15 Oman .....                                                                                                 | 44 |
| A.16 Pologne .....                                                                                              | 44 |
| A.17 Portugal .....                                                                                             | 45 |
| A.18 Espagne .....                                                                                              | 45 |
| A.19 Afrique du Sud .....                                                                                       | 46 |
| A.20 Suède .....                                                                                                | 46 |
| A.21 Suisse .....                                                                                               | 47 |
| A.22 Royaume-Uni .....                                                                                          | 47 |
| A.22.1 Hautes tensions .....                                                                                    | 47 |
| A.22.2 Basses tensions/moyennes tensions .....                                                                  | 48 |
| A.23 États-Unis d'Amérique .....                                                                                | 48 |
| Bibliographie .....                                                                                             | 49 |
| Tableau 1 – Températures ambiantes au niveau de la mer .....                                                    | 31 |
| Tableau 2 – Résistivité thermique du sol .....                                                                  | 32 |

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### CÂBLES ÉLECTRIQUES – CALCUL DU COURANT ADMISSIBLE –

#### Partie 3-1: Conditions de fonctionnement – Conditions du site de référence

#### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 60287-3-1 Ed.2 a été établie par le comité d'études 20 de l'IEC: Câbles électriques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition publiée en 1995 et l'Amendement 1:1999. Cette édition constitue une révision technique. Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) la liste mise à jour des conditions de pose nationales est maintenant couverte par l'Annexe A;
- b) l'Article 5 relatif aux informations exigées de l'acheteur pour permettre la sélection du type approprié de câble a été supprimé.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| FDIS         | Rapport de vote |
|--------------|-----------------|
| 20/1714/FDIS | 20/1730/RVD     |

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60287, publiées sous le titre général *Câbles électriques – Calcul du courant admissible*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

L'attention du lecteur est attirée sur le fait que l'Annexe A énumère tous les articles traitant des différences à caractère moins permanent inhérentes à certains pays, concernant le sujet de la présente norme.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. À cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

## INTRODUCTION

L'IEC 60287 a été divisée en trois parties de manière à faciliter les révisions et les adjonctions.

Chaque partie est subdivisée en sous-parties qui sont publiées en tant que normes séparées.

Partie 1: Équations de l'intensité du courant admissible (facteur de charge 100 %) et calcul des pertes

Partie 2: Équations de la résistance thermique

Partie 3: Conditions de fonctionnement

La présente partie de l'IEC 60287-3 contient des valeurs des températures ambiantes de référence et des résistivités thermiques des sols dans divers pays.

Les données relatives aux conditions de fonctionnement des câbles sont susceptibles de varier considérablement d'un pays à l'autre. Par exemple, pour ce qui est de la température ambiante et de la résistivité thermique du sol, les valeurs sont régies dans les différents pays par diverses considérations. Des comparaisons superficielles entre les valeurs utilisées dans les différents pays peuvent conduire à des conclusions erronées, si elles ne sont pas fondées sur des critères communs: par exemple, il peut y avoir des attentes différentes pour la durée de vie des câbles, et dans certains pays, la conception est basée sur les valeurs maximales de résistivité thermique du sol, alors que dans d'autres pays, les valeurs moyennes sont utilisées. En particulier, dans le cas de la résistivité thermique du sol, il est bien connu que celle-ci est très sensible au taux d'humidité et peut varier sensiblement dans le temps suivant le type de sol, les conditions topographiques et météorologiques et la charge du câble.

Il convient par conséquent d'adopter la méthode suivante pour le choix des valeurs des différents paramètres.

Il convient que les valeurs numériques soient, de préférence, basées sur des résultats de mesures valables. De tels résultats sont déjà souvent inclus dans les spécifications nationales sous forme de valeurs recommandées, de telle sorte que le calcul peut être exécuté sur la base de ces valeurs, généralement utilisées dans le pays en question; un examen de ces valeurs est donné dans la présente partie de l'IEC60287-3.

## **CÂBLES ÉLECTRIQUES – CALCUL DU COURANT ADMISSIBLE –**

### **Partie 3-1: Conditions de fonctionnement – Conditions du site de référence**

#### **1 Domaine d'application**

La présente partie de l'IEC 60287-3 s'applique aux conditions de fonctionnement en régime permanent des câbles de toutes tensions enterrés directement dans le sol, placés dans des fourreaux, caniveaux ou tubes d'acier, avec ou sans assèchement partiel du sol, ainsi que les câbles posés à l'air libre. On entend par «régime permanent» la circulation continue d'un courant constant (facteur de charge 100 %) assez suffisant pour produire asymptotiquement la température maximale à l'âme en supposant que les conditions du milieu ambiant restent constantes.

Le présent document définit les conditions du site de référence, cependant les valeurs générales sont remplacées par les exigences spécifiques nationales.

#### **2 Références normatives**

Le présent document ne contient aucune référence normative.

#### **3 Termes et définitions**

Aucun terme n'est défini dans le présent document.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

#### **4 Valeurs des températures ambiantes de référence et résistivités thermiques des sols dans divers pays**

##### **4.1 Conditions de fonctionnement – Conditions du site de référence**

Afin d'utiliser les formules données dans les différentes parties de l'IEC 60287, il convient de choisir les valeurs numériques des grandeurs physiques en fonction des conditions de fonctionnement.

Il n'est évidemment possible de comparer les résultats de deux calculs de courant admissible que si les hypothèses faites et les valeurs numériques des paramètres sont connues.

En particulier, les grandeurs relatives aux conditions de fonctionnement des câbles sont susceptibles de varier considérablement d'un pays à un autre. Une enquête a été effectuée à ce sujet et un certain nombre de pays a répondu.

L'Annexe A résume les conditions de fonctionnement utilisées dans divers pays. L'attention est attirée sur le fait que les renseignements contenus dans l'Annexe A sont proposés seulement comme un modèle pour les concepteurs d'installations de câbles lorsque les

données fournies par un utilisateur sont incomplètes. Il convient de se garder de tirer des conclusions erronées à partir de la comparaison des valeurs de divers pays. Il convient de rappeler que les valeurs adoptées dans un pays particulier sont fonction d'un grand nombre de facteurs dont certains pourraient ne pas avoir le même degré d'importance dans d'autres pays.

Les valeurs relatives aux conditions de fonctionnement sont données à l'Annexe A pour les pays suivants:

|           |                  |                       |
|-----------|------------------|-----------------------|
| Australie | Italie           | Portugal              |
| Autriche  | Japon            | Espagne               |
| Canada    | Mexique          | Afrique du Sud        |
| Chine     | Pays-Bas         | Suède                 |
| Egypte    | Nouvelle Zélande | Suisse                |
| Finlande  | Norvège          | Royaume-Uni           |
| France    | Oman             | États-Unis d'Amérique |
| Allemagne | Pologne          |                       |

## 4.2 Règle lorsque les valeurs ne sont pas fournies dans les tables nationales

### 4.2.1 Généralités

La recommandation est qu'il convient d'adopter les valeurs données en 4.2.2, 4.2.3 et 4.2.4 lorsqu'il n'y a pas de valeurs indiquées dans les tables nationales pour la température ambiante de référence, la résistivité thermique du sol ou le rayonnement solaire.

### 4.2.2 Températures ambiantes au niveau de la mer

Voir Tableau 1.

**Tableau 1 – Températures ambiantes au niveau de la mer**

| Climat      | Température ambiante de l'air |         | Température ambiante du sol à 1 m de profondeur |         |
|-------------|-------------------------------|---------|-------------------------------------------------|---------|
|             | Min. °C                       | Max. °C | Min. °C                                         | Max. °C |
| Tropical    | 25                            | 55      | 25                                              | 40      |
| Subtropical | 10                            | 40      | 15                                              | 30      |
| Tempéré     | 0                             | 25      | 10                                              | 20      |

L'essentiel est qu'il convient que le courant admissible soit valable pour les températures maximales indiquées. Les valeurs inférieures sont destinées au courant admissible en hiver si nécessaire. Les températures ambiantes maximales et minimales correspondent respectivement aux régimes d'été et d'hiver, ou de saison sèche et de saison pluvieuse.

Lorsque les informations relatives à la profondeur de pose ne sont pas données, la profondeur standard à prendre est de 1 m.

### 4.2.3 Résistivité thermique du sol

Voir Tableau 2.

**Tableau 2 – Résistivité thermique du sol**

| Résistivité thermique<br>K·m/W | Conditions du sol | Conditions<br>atmosphériques |
|--------------------------------|-------------------|------------------------------|
| 0,7                            | Très humide       | Constamment humide           |
| 1,0                            | Humide            | Averses régulière            |
| 2,0                            | Sec               | Pluies peu fréquentes        |
| 3,0                            | Très sec          | Peu ou pas de pluies         |

#### **4.2.4 Rayonnement solaire**

Lorsqu'il n'y a pas d'informations relatives à l'intensité du rayonnement solaire, une valeur de 1 000 W/m<sup>2</sup> est adoptée.

## Annexe A (informative)

### Valeurs relatives aux conditions de fonctionnement dans divers pays

#### A.1 Australie

|                                                                                                            |      |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|
| <b>Caractéristiques thermiques du sol</b>                                                                  |      |       |
| Résistivité thermique, nominale,                                                                           | 1,2  | K·m/W |
| Température ambiante du sol, l'été                                                                         | 25   | °C    |
| Température ambiante du sol, l'hiver                                                                       | 18   | °C    |
| <b>Profondeur de pose des câbles <sup>a</sup></b>                                                          |      |       |
| Plage de tensions 1: câbles de basse tension                                                               |      |       |
| sous trottoirs                                                                                             | 0,5  | m     |
| sous chaussées                                                                                             | 0,75 | m     |
| Plage de tensions 2: câbles de 11 kV                                                                       |      |       |
| sous trottoirs et chaussées                                                                                | 0,8  | m     |
| Plage de tensions 3: câbles de 33 kV et plus                                                               |      |       |
| sous trottoirs et chaussées                                                                                | 1,0  | m     |
| <b>Température ambiante de l'air</b>                                                                       |      |       |
| Maximale, l'été                                                                                            | + 40 | °C    |
| Maximale, l'hiver                                                                                          | + 30 | °C    |
| <sup>a</sup> Mesurée de la surface du sol au centre du câble ou au centre d'un groupe de câbles en trèfle. |      |       |

#### A.2 Autriche

|                                                     |     |       |
|-----------------------------------------------------|-----|-------|
| <b>Caractéristiques thermiques du sol</b>           |     |       |
| Résistivité thermique, nominale, saison 1 (humide)  | 1,0 | K·m/W |
| Résistivité thermique, zone sèche, saison 1 (sèche) | 2,5 | K·m/W |
| Température, saison 1                               | 20  | °C    |
| <b>Profondeur de pose des câbles</b>                |     |       |
| Plage de tensions 1: jusqu'à 1 kV                   | 0,7 | m     |
| Plage de tensions 2: > 1kV jusqu'à 30 kV            | 0,8 | m     |
| Plage de tensions 3: > 30 kV                        | 1,2 | m     |
| <b>Température ambiante de l'air</b>                |     |       |
| Valeur moyenne                                      | 20  | °C    |
| Maximale                                            | +40 | °C    |
| Minimale                                            | -20 | °C    |

### A.3 Canada

Il n'existe pas de valeurs canadiennes nationales reconnues de résistivité thermique du sol, de température et de profondeur de pose, les chiffres donnés ci-dessous sont des valeurs typiques. Il est recommandé, lorsque cela est possible, d'effectuer des essais de sols pour les installations de câbles.

|                                                                                                                                          |           |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|
| <b>Caractéristiques thermiques du sol</b>                                                                                                |           |       |
| Résistivité thermique, nominale<br>(Température critique 50 °C)                                                                          | 0,5 à 3,0 | K·m/W |
| Température, saison 1 (été)                                                                                                              | 25        | °C    |
| Température, saison 2 (hiver)                                                                                                            | -5        | °C    |
| <b>Profondeur de pose des câbles (couverture minimale)</b>                                                                               |           |       |
| Câbles isolés au papier à matière stabilisée et non migrante, pour des tensions allant jusqu'à 69 kV                                     | 1,1       | m     |
| Câbles à isolation solide (butyle, caoutchouc d'éthylène-propylène, p.v.c., polyéthylène réticulé, etc.) pour des tensions jusqu'à 46 kV | 0,9       | m     |
| Câbles à huile fluide pour des tensions allant jusqu'à 345 kV                                                                            | 1,1       | m     |
| Câbles en tuyau (à pression de gaz ou d'huile) pour des tensions jusqu'à 345 kV                                                          | 1,1       | m     |
| <b>Température ambiante de l'air</b>                                                                                                     |           |       |
| Maximale                                                                                                                                 | 5 à 40    | °C    |
| Minimale                                                                                                                                 | -55 à -20 | °C    |
| <b>Régime cyclique</b>                                                                                                                   |           |       |
| Température critique                                                                                                                     | 50        | °C    |
| L'assèchement n'est pas considéré pour les câbles dans des faisceaux de fourreaux en béton                                               |           |       |

Lorsque des mesures directes de la résistivité thermique du sol ne sont pas disponibles, il est généralement admis de prendre une résistivité thermique de 0,9 K·m/W. Cependant, dans les cas où l'on prévoit qu'il peut exister une détérioration progressive des caractéristiques thermiques de l'environnement au cours des années, et dans les cas où les conditions climatiques peuvent occasionner un accroissement sensible des variations saisonnières, il est recommandé de déterminer la capacité de transport de courant à partir d'une résistivité thermique de 1,2 K·m/W.

Ne pas se référer aux plus faibles valeurs de résistivité, pendant l'hiver, pour établir les bases d'un projet de réseau de quelque importance.

## A.4 Chine

|                                           |           |                  |
|-------------------------------------------|-----------|------------------|
| <b>Caractéristiques thermiques du sol</b> |           |                  |
| Résistivité thermique                     | 1,0 à 1,2 | K·m/W            |
| Température, été                          | 30        | °C               |
| Température, hiver                        | 5         | °C               |
| <b>Profondeur de pose des câbles</b>      |           |                  |
| ≤1 kV                                     | 0,7       | m                |
| >1 kV jusqu'à 35 kV                       | 0,7       | m                |
| ≥110 kV jusqu'à 500 kV                    | 1,0       | m                |
| <b>Température ambiante de l'air</b>      |           |                  |
| Maximale                                  | 40        | °C               |
| Minimale                                  | -10       | °C               |
| <b>Rayonnement solaire</b>                |           |                  |
| Intensité du rayonnement solaire          | 1 000     | W/m <sup>2</sup> |

## A.5 Égypte

|                                                    |        |                  |
|----------------------------------------------------|--------|------------------|
| <b>Caractéristiques thermiques du sol</b>          |        |                  |
| Résistivité thermique                              | 1,2    | K·m/W            |
| Température, été                                   | 35     | °C               |
| Température, hiver                                 | 0      | °C               |
| <b>Profondeur de pose des câbles</b>               |        |                  |
| ≤1 kV                                              | 0,4    | m                |
| >1 kV jusqu'à 35 kV                                | 0,8    | m                |
| ≥110 kV up to 500 kV <sup>a</sup>                  | 1,2    | m                |
| <b>Température ambiante de l'air</b>               |        |                  |
| Maximale                                           | 47     | °C               |
| Minimale                                           | -5     | °C               |
| <b>Rayonnement solaire</b>                         |        |                  |
| Intensité du rayonnement solaire                   | ≥1 000 | W/m <sup>2</sup> |
| <sup>a</sup> Pour une température du sol de 25 °C. |        |                  |

## A.6 Finlande

|                                                                              |     |       |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|-------|
| <b>Caractéristiques thermiques du sol</b>                                    |     |       |
| Résistivité thermique                                                        |     |       |
| Valeur moyenne à utiliser dans les calculs du courant admissible             | 1,0 | K·m/W |
| Pour les câbles sous-marins, où le sol est complètement saturé avec de l'eau | 0,4 | K·m/W |
| Température                                                                  |     |       |
| Valeur maximale                                                              | 15  | °C    |
| Valeur minimale                                                              | 0   | °C    |
| (valeur moyenne de 5 °C à 10 °C, maximum exceptionnel de 20 °C)              |     |       |
| <b>Profondeur de pose des câbles</b>                                         |     |       |
| Tous les câbles jusqu'à 36 kV                                                | 0,7 | m     |
| Tous les câbles jusqu'à 52 kV                                                | 1,0 | m     |
| Tous les câbles jusqu'à 123 kV                                               | 1,3 | m     |
| Tous les câbles jusqu'à 245 kV                                               | 1,5 | m     |
| La profondeur réelle dépend des conditions locales.                          |     |       |
| <b>Température ambiante de l'air</b>                                         |     |       |
| Valeur de référence pour les calculs du courant admissible                   | 25  | °C    |
| Valeur maximale                                                              | 35  | °C    |
| Valeur minimale                                                              | -20 | °C    |

## A.7 France

|                                                                                               |           |                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------------|
| <b>Caractéristiques thermiques du sol</b>                                                     |           |                  |
| Résistivité thermique, nominale, l'été                                                        | 1,20      | K·m/W            |
| Résistivité thermique, nominale, l'hiver                                                      | 0,85      | K·m/W            |
| Résistivité thermique, zone sèche <sup>a</sup> , l'été                                        | 2,5       | K·m/W            |
| Résistivité thermique, zone sèche <sup>a</sup> , l'hiver                                      | 2,5       | K·m/W            |
| Température, l'été                                                                            |           |                  |
| Câbles de 20 kV                                                                               | 20        | °C               |
| Câbles de 63 kV, 90 kV, 225 kV, 400 kV                                                        |           |                  |
| zone chaude                                                                                   | 25        | °C               |
| zone intermédiaire                                                                            | 22        | °C               |
| zone froide                                                                                   | 20        | °C               |
| Température, Hiver                                                                            |           |                  |
| Câbles de 20 kV                                                                               | 10        | °C               |
| Câbles de 63 kV, 90 kV, 225 kV et 400 kV                                                      |           |                  |
| région chaude                                                                                 | 17        | °C               |
| région intermédiaire                                                                          | 15        | °C               |
| région froide                                                                                 | 13        | °C               |
| <b>Profondeur de pose des câbles</b>                                                          |           |                  |
| Câbles de 20 kV                                                                               |           |                  |
| à Paris                                                                                       | 1,0 à 1,2 | m                |
| hors Paris                                                                                    | 0,8       | m                |
| Câbles de 63 kV, 90 kV, 225 kV et 400 kV                                                      | 1,3       | m                |
| <b>Température ambiante de l'air</b>                                                          |           |                  |
| Maximale                                                                                      | 30        | °C               |
| Minimale                                                                                      | 20        | °C               |
| <b>Régime cyclique</b>                                                                        |           |                  |
| Température critique, l'été                                                                   | 55        | °C               |
| Température critique, l'hiver                                                                 | 60        | °C               |
| <b>Rayonnement solaire</b>                                                                    |           |                  |
| Intensité du rayonnement solaire                                                              | 1 000     | W/m <sup>2</sup> |
| <sup>a</sup> L'assèchement du sol est considéré uniquement pour les systèmes à haute tension. |           |                  |

## A.8 Allemagne

Les valeurs indiquées sont prises, en tant que valeurs courantes, comme paramètres pour les calculs de courant admissible à moins que les exigences relatives à la résistivité thermique du sol, la température et la profondeur de pose ne soient spécifiées.

|                                                                                                                                |                  |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------|
| <b>Caractéristiques thermiques du sol</b>                                                                                      |                  |       |
| Résistivité thermique, valeur moyenne                                                                                          | 1,0              | K·m/W |
| Résistance thermique, pour les calculs tenant compte d'une zone sèche à proximité du câble – pour la zone sèche                | 2,5              | K·m/W |
| Température, valeur maximale                                                                                                   | 20               | °C    |
| Température, valeur minimale                                                                                                   | 0                | °C    |
| Température, valeur moyenne                                                                                                    | 10               | °C    |
| <b>Profondeur de pose des câbles</b>                                                                                           |                  |       |
| Pour câbles de tension $\geq 60$ kV                                                                                            | 1,2              | m     |
| Pour câbles de tension $< 60$ kV                                                                                               | 0,7 <sup>a</sup> | m     |
| <b>Température ambiante de l'air</b>                                                                                           |                  |       |
| Maximale                                                                                                                       | 30               | °C    |
| Minimale                                                                                                                       | -20              | °C    |
| Valeur moyenne                                                                                                                 | 10               | °C    |
| <sup>a</sup> Bien qu'étant calculés pour 0,7 m, les câbles de 20 kV à 30 kV sont souvent posés de 0,9 m à 1,0 m de profondeur. |                  |       |

## A.9 Italie

|                                                                                                                                                                                                                                  |     |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------|
| <b>Caractéristiques thermiques du sol</b>                                                                                                                                                                                        |     |       |
| Résistivité thermique, valeur maximale                                                                                                                                                                                           | 1,0 | K·m/W |
| Si les caractéristiques thermiques du sol sont trop faibles, un remblai convenable est utilisé et la référence est prise à une valeur de résistivité thermique intermédiaire entre celle du remblai et celle du sol environnant. |     |       |
| Température, valeur maximale (à utiliser dans les calculs)                                                                                                                                                                       | 20  | °C    |
| Température, valeur minimale                                                                                                                                                                                                     | 5   | °C    |
| <b>Profondeur de pose des câbles</b>                                                                                                                                                                                             |     |       |
| Cette profondeur est la valeur maximale adoptée sauf spécification contraire.                                                                                                                                                    |     |       |
| Jusqu'à 12 kV                                                                                                                                                                                                                    | 0,8 | m     |
| Jusqu'à 17,5 kV                                                                                                                                                                                                                  | 1,0 |       |
| Jusqu'à 24 kV                                                                                                                                                                                                                    | 1,2 | m     |
| Jusqu'à 36 kV                                                                                                                                                                                                                    | 1,5 | m     |
| Jusqu'à 72 kV                                                                                                                                                                                                                    | 1,8 | m     |
| Jusqu'à 220 kV                                                                                                                                                                                                                   | 2,2 | m     |
| <b>Température ambiante de l'air</b>                                                                                                                                                                                             |     |       |
| Valeur maximale (à utiliser dans les calculs)                                                                                                                                                                                    | 30  | °C    |
| Valeur minimale                                                                                                                                                                                                                  | 0   | °C    |
| Variation journalière maximale                                                                                                                                                                                                   | 20  | °C    |

En été, la température maximale peut, quelquefois pendant quelques heures par jour, être supérieure de 5 °C (et même plus dans des cas particuliers) à la valeur maximale susmentionnée. Une telle situation est considérée comme acceptable, compte tenu de sa courte durée.

## A.10 Japon

|                                                                                                                                                                                          |       |                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------------|
| <b>Caractéristiques thermiques du sol</b>                                                                                                                                                |       |                  |
| Résistivité thermique, nominale                                                                                                                                                          | 1,0   | K·m/W            |
| 1,5 K·m/W, 1,0 K·m/W et 0,6 K·m/W respectivement pour sol sec, normal et humide. Pas de distinction entre les saisons                                                                    |       |                  |
| Température, l'été                                                                                                                                                                       | 25    | °C               |
| <b>Profondeur de pose des câbles</b>                                                                                                                                                     |       |                  |
| Directement enterrés: 1,2 m pour un endroit où la pression du véhicule ou d'autres poids lourds peut être appliquée. 0,6 m pour d'autres endroits                                        |       |                  |
| En fourreau: l'utilisation de fourreau qui résiste à la pression de véhicule ou d'autres poids lourds est nécessaire (Il n'existe pas de réglementation pour la profondeur de fourreau). |       |                  |
| <b>Température ambiante de l'air</b>                                                                                                                                                     |       |                  |
| Maximale, l'été                                                                                                                                                                          | 40    | °C               |
| <b>Rayonnement solaire</b>                                                                                                                                                               |       |                  |
| Intensité du rayonnement solaire                                                                                                                                                         | 1 000 | W/m <sup>2</sup> |

La norme JCS (Japanese Cable Makers' Association Standard) 0501 donne les formules de calcul de la résistivité thermique du sol pour un modèle à 2 couches ayant deux différentes résistivités thermiques et séparé par la limite telle que le niveau de l'eau du sol. Par conséquent, le niveau d'eau du sol est un paramètre de variation de la résistivité thermique.

## A.11 Mexique

### Caractéristiques thermiques du sol

Résistivité thermique, nominale, saison 1 (été)

|                   |           |       |
|-------------------|-----------|-------|
| Sud du Mexique    | 0,8 à 2,4 | K·m/W |
| Centre du Mexique | 1,0 à 2,5 | K·m/W |
| Nord du Mexique   | 0,5 à 4,0 | K·m/W |
| Côte du Mexique   | 0,5 à 3,0 | K·m/W |

Résistivité thermique, nominale, saison 2 (hiver)

|                   |           |       |
|-------------------|-----------|-------|
| Sud du Mexique    | 1,0 à 2,0 | K·m/W |
| Centre du Mexique | 1,3 à 2,1 | K·m/W |
| Nord du Mexique   | 0,8 à 3,6 | K·m/W |
| Côte du Mexique   | 0,8 à 2,7 | K·m/W |

Résistivité thermique, zone sèche, saison 1 (été)

|                   |           |       |
|-------------------|-----------|-------|
| Sud du Mexique    | 1,4 à 3,9 | K·m/W |
| Centre du Mexique | 1,6 à 4,0 | K·m/W |
| Nord du Mexique   | 1,0 à 5,5 | K·m/W |
| Côte du Mexique   | 0,9 à 3,5 | K·m/W |

Résistivité thermique, zone sèche, saison 2 (hiver)

|                   |           |       |
|-------------------|-----------|-------|
| Sud du Mexique    | 1,1 à 2,8 | K·m/W |
| Centre du Mexique | 1,0 à 3,0 | K·m/W |
| Nord du Mexique   | 0,8 à 4,7 | K·m/W |
| Côte du Mexique   | 0,6 à 2,9 | K·m/W |

Si des mesures directes de la résistivité thermique du sol ne sont pas disponibles, il est fréquent de supposer une résistance thermique de 1,5 K·m/W, cependant, il est recommandé d'effectuer une enquête sur les caractéristiques thermiques du sol pour les liaisons critiques de câbles.

### Température, saison 1 (été)

|                   |    |    |
|-------------------|----|----|
| Sud du Mexique    | 30 | °C |
| Centre du Mexique | 25 | °C |
| Nord du Mexique   | 35 | °C |
| Côte du Mexique   | 30 | °C |

### Température, saison 2 (hiver)

|                   |    |    |
|-------------------|----|----|
| Sud du Mexique    | 25 | °C |
| Centre du Mexique | 20 | °C |
| Nord du Mexique   | 30 | °C |
| Côte du Mexique   | 25 | °C |

(Température critique 50°C)

Lorsque les mesures de température du sol ne sont pas disponibles, une valeur de référence de 25 °C est souvent utilisée pour les calculs de courant admissible

**A.11 Mexique (suite)**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----|
| <b>Profondeur de pose des câbles <sup>a b</sup></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |    |
| Plage de tensions 1: câbles de moins de 1 kV (2 circuits au maximum)                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |    |
| Sous trottoirs                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0,3      | m  |
| Sous les routes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0,5      | m  |
| Plage de tensions 2: câbles de tension >1 kV jusqu'à 35 kV (5 kV, 15 kV, 25 kV et 35 kV, 4 circuits au maximum)                                                                                                                                                                                                                                    |          |    |
| Sous trottoirs                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0,3      | m  |
| Sous les routes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0,5      | m  |
| Plage de tensions 3: câbles de tension > 35 kV jusqu'à 138 kV (69 kV, 85 kV, 115 kV et 138 kV, 2 circuits au maximum)                                                                                                                                                                                                                              |          |    |
| Seulement sous chaussées (terrain normal)                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1,0      | m  |
| Seulement sous chaussées (zone phréatique ou sols rocheux)                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0,5      | m  |
| Plage de tensions 4: câbles de tension > 161 kV jusqu'à 230 kV (161 kV et 230 kV, 2 circuits au maximum)                                                                                                                                                                                                                                           |          |    |
| Seulement sous chaussées (terrain normal)                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1,2      | m  |
| Seulement sous chaussées (zone phréatique ou sols rocheux)                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0,7      | m  |
| Plage de tensions 5: câbles de tension ≥ 400 kV (2 circuits au maximum)                                                                                                                                                                                                                                                                            |          |    |
| Seulement sous chaussées (terrain normal)                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1,4      | m  |
| Seulement sous chaussées (zone phréatique ou sols rocheux)                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0,9      | m  |
| <b>Température ambiante de l'air</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |    |
| Maximale (annuellement)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |          |    |
| Sud du Mexique                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 25 à 35  | °C |
| Centre du Mexique                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 20 à 26  | °C |
| Nord du Mexique                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 36 à 45  | °C |
| Côte du Mexique                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 26 à 36  | °C |
| Minimale (annuellement)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |          |    |
| Sud du Mexique                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 8 à 18   | °C |
| Centre du Mexique                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1 à 12   | °C |
| Nord du Mexique                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | -5 à +10 | °C |
| Côte du Mexique                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 12 à 20  | °C |
| Moyenne (annuellement)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          |    |
| Sud du Mexique                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 28       | °C |
| Centre du Mexique                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 21       | °C |
| Nord du Mexique                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 30       | °C |
| Côte du Mexique                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 29       | °C |
| <b>Régime cyclique</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          |    |
| Température ou échauffement critique                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 35 à 50  | °C |
| La température critique dépend fortement de la composition et de l'emplacement du sol. Elle peut aussi varier en fonction des influences saisonnières et/ou du chargement cyclique. Il est recommandé d'étudier la température critique durant une enquête de sol, à moins qu'il puisse être démontré qu'aucun dessèchement du sol ne se produira. |          |    |

## A.11 Mexique (fin)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |             |                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|
| <b>Rayonnement solaire <sup>c</sup></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |             |                  |
| Intensité du rayonnement solaire                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |             |                  |
| Sud du Mexique                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 650 à 850   | W/m <sup>2</sup> |
| Centre du Mexique                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 700 à 900   | W/m <sup>2</sup> |
| Nord du Mexique                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 850 à 1 100 | W/m <sup>2</sup> |
| Côte du Mexique                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 800 à 1 000 | W/m <sup>2</sup> |
| Les valeurs indiquées ci-dessus relatives à la résistivité thermique du sol et à la température correspondent à des mesures effectuées à différents endroits au Mexique à différentes profondeurs (0,9 m, 1,2 m et 1,5 m). Il est recommandé, lorsque cela est possible, d'effectuer des mesures de sols pour les installations de câbles. |             |                  |
| <sup>a</sup> Mesurée de la surface du sol à la partie supérieure des fourreaux de câbles ou à la partie supérieure d'un groupe de fourreaux en trèfle. Les câbles sont toujours posés dans des fourreaux en HDPE.                                                                                                                          |             |                  |
| <sup>b</sup> Les profondeurs peuvent être plus importantes, en fonction des obstacles souterrains le long du cheminement du câble.                                                                                                                                                                                                         |             |                  |
| <sup>c</sup> Valeur de l'éclairement énergétique direct normal ou du rayonnement des faisceaux solaires, valeurs maximales annuelles présentes pour de courtes périodes.                                                                                                                                                                   |             |                  |

## A.12 Pays-Bas

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |           |                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------------|
| <b>Caractéristiques thermiques du sol</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |           |                  |
| Résistivité thermique, nominale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1,00      | K·m/W            |
| Il est recommandé d'effectuer une enquête sur les caractéristiques thermiques du sol pour les liaisons critiques de câbles.                                                                                                                                                                                                                        |           |                  |
| Résistivité thermique, zone sèche                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2,5       | K·m/W            |
| Il est recommandé d'effectuer une enquête sur les caractéristiques thermiques du sol pour les liaisons critiques de câbles.                                                                                                                                                                                                                        |           |                  |
| Température, maximale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 20        | °C               |
| Température, hiver                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 5         | °C               |
| Température, valeur moyenne                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 15        | °C               |
| <b>Profondeur de pose des câbles</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |           |                  |
| Jusqu'à 30 kV                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0,7 à 1,0 | m                |
| Au-dessus de 30 kV                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1,2       | m                |
| <b>Température ambiante de l'air</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |           |                  |
| Maximale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 30        | °C               |
| Minimale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | -10       | °C               |
| Moyenne                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 20        | °C               |
| <b>Régime cyclique</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |           |                  |
| Température critique                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 30        | °C               |
| La température critique dépend fortement de la composition et de l'emplacement du sol. Elle peut aussi varier en fonction des influences saisonnières et/ou du chargement cyclique. Il est recommandé d'étudier la température critique durant une enquête de sol, à moins qu'il puisse être démontré qu'aucun dessèchement du sol ne se produira. |           |                  |
| <b>Rayonnement solaire</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |           |                  |
| Intensité du rayonnement solaire                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1000      | W/m <sup>2</sup> |

Le modèle à deux zones est régulièrement utilisé pour calculer le courant admissible des systèmes de câblage à moyenne tension et incidemment des systèmes à haute tension. Le paramètre utilisé pour définir la limite entre la zone humide et la zone sèche est la température absolue, isotherme à cette limite, généralement dans l'intervalle compris entre 30 °C (câbles à moyenne tension) et 50 °C (câbles à haute tension).

Les circuits de câbles sont pris pour être thermiquement indépendants si la séparation n'est pas inférieure à 3 m. Pour les câbles installés à une profondeur supérieure à 3 m, par exemple dans un forage directionnel horizontal, la séparation minimale est d'au moins 5 m pour considérer un circuit comme thermiquement indépendant.

### A.13 Nouvelle Zélande

|                                                                                                            |      |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|
| <b>Caractéristiques thermiques du sol</b>                                                                  |      |       |
| Résistivité thermique, nominale                                                                            | 1,2  | K·m/W |
| Température ambiante du sol, l'été                                                                         | 15   | °C    |
| Température ambiante du sol, l'hiver                                                                       | 15   | °C    |
| <b>Profondeur de pose des câbles <sup>a</sup></b>                                                          |      |       |
| Cette profondeur est la valeur maximale adoptée sauf spécification contraire.                              |      |       |
| Plage de tensions 1: câbles de basse tension                                                               |      |       |
| sous trottoirs                                                                                             | 0,5  | m     |
| sous chaussées                                                                                             | 0,75 | M     |
| Plage de tensions 2: câbles de 11 kV                                                                       |      |       |
| sous trottoirs et chaussées                                                                                | 1,0  | m     |
| Plage de tensions 3: câbles de 33 kV et plus                                                               |      |       |
| sous trottoirs et chaussées                                                                                | 1,0  | m     |
| <b>Température ambiante de l'air</b>                                                                       |      |       |
| Maximale, l'été                                                                                            | +30  | °C    |
| Maximale, l'hiver                                                                                          | +30  | °C    |
| <sup>a</sup> Mesurée de la surface du sol au centre du câble ou au centre d'un groupe de câbles en trèfle. |      |       |

### A.14 Norvège

|                                                                   |       |       |
|-------------------------------------------------------------------|-------|-------|
| <b>Caractéristiques thermiques du sol</b>                         |       |       |
| Résistivité thermique, valeur moyenne à utiliser dans les calculs | 1,0   | K·m/W |
| Température, Sud de la Norvège max./min.                          | 17/0  | °C    |
| Température, Centre de la Norvège max./min.                       | 15/0  | °C    |
| Température, Nord de la Norvège max./min.                         | 13/-5 | °C    |
| <b>Profondeur de pose des câbles (valeur minimale)</b>            |       |       |
| 1 kV                                                              | 0,5   | m     |
| au-dessus de 1 kV                                                 | 0,7   | m     |
| <b>Température ambiante de l'air</b>                              |       |       |
| Valeur maximale (à utiliser dans les calculs)                     | 25    | °C    |

## A.15 Oman

|                                           |       |                  |
|-------------------------------------------|-------|------------------|
| <b>Caractéristiques thermiques du sol</b> |       |                  |
| Résistivité thermique, nominale           | 2,5   | K·m/W            |
| Pas de distinction entre les saisons      |       |                  |
| Température, maximale                     | 40    | °C               |
| Température, minimale                     | 10    | °C               |
| <b>Profondeur de pose des câbles</b>      |       |                  |
| Tous les câbles jusqu'à 1 kV              | 0,5   | m                |
| Tous les câbles au-dessus de 1 kV         | 0,8   | m                |
| <b>Température ambiante de l'air</b>      |       |                  |
| Maximale                                  | 55    | °C               |
| Minimale                                  | 10    | °C               |
| <b>Rayonnement solaire</b>                |       |                  |
| Intensité du rayonnement solaire          | 1 200 | W/m <sup>2</sup> |

## A.16 Pologne

|                                                                   |     |       |
|-------------------------------------------------------------------|-----|-------|
| <b>Caractéristiques thermiques du sol</b>                         |     |       |
| Résistivité thermique, valeur moyenne à utiliser dans les calculs | 1,0 | K·m/W |
| Résistivité thermique, nominale, saison 2                         |     |       |
| Température, valeur moyenne à utiliser dans les calculs           | 20  | °C    |
| Température, valeur minimale                                      | 5   | °C    |
| <b>Profondeur de pose des câbles</b>                              |     |       |
| inférieur ou égal à 36 kV                                         | 0,7 | m     |
| supérieur à 36 kV                                                 | 1,0 | m     |
| <b>Température ambiante de l'air</b>                              |     |       |
| Valeur moyenne à utiliser dans les calculs                        | 25  | °C    |

## A.17 Portugal

|                                                                               |       |                  |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------|------------------|
| <b>Caractéristiques thermiques du sol</b>                                     |       |                  |
| Résistivité thermique, nominale, l'été                                        | 1,2   | K·m/W            |
| Résistivité thermique, nominale, l'hiver                                      | 0,85  | K·m/W            |
| Résistivité thermique, nominale, câbles sous-marins                           | 1,0   | K·m/W            |
| Température au sol, l'été                                                     | 20    | °C               |
| Température au sol, l'hiver                                                   | 10    | °C               |
| <b>Profondeur de pose des câbles</b>                                          |       |                  |
| Cette profondeur est la valeur maximale adoptée sauf spécification contraire. |       |                  |
| Plage de tensions supérieures à 1 kV                                          | 0,7   | m                |
| Plage de tensions supérieures à 30 kV                                         | 1,0   | m                |
| Plage de tensions supérieures à 400 kV                                        | 1,2   | m                |
| <b>Température ambiante de l'air</b>                                          |       |                  |
| Température ambiante de l'air, l'été (au niveau de la mer)                    | 30    | °C               |
| Température ambiante de l'air, l'hiver (au niveau de la mer)                  | 20    | °C               |
| Température ambiante de l'air, minimale                                       | 0     | °C               |
| <b>Rayonnement solaire</b>                                                    |       |                  |
| Intensité du rayonnement solaire                                              | 1 000 | W/m <sup>2</sup> |

## A.18 Espagne

Il n'existe pas de valeurs nationales reconnues en Espagne concernant les résistivités thermiques au sol, les températures ambiantes et la profondeur de pose des câbles. Des valeurs typiques sont fournies ci-dessous.

|                                                                                                                                                                |           |                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------------|
| <b>Caractéristiques thermiques du sol</b>                                                                                                                      |           |                  |
| Résistivité thermique, Câbles ≤ 0,6/1 kV                                                                                                                       | 1         | K·m/W            |
| Résistivité thermique, Câbles > 0,6/1 kV et ≤ 18/30 kV                                                                                                         | 1,5       | K·m/W            |
| Résistivité thermique, Câbles > 18/30 kV                                                                                                                       | 1         | K·m/W            |
| Quand du béton est utilisé pour l'installation de câble, il convient de considérer une valeur de 0,85 k·m/W pour le calcul pour le volume occupé par le béton. | 0,85      | K·m/W            |
| Température                                                                                                                                                    | 25        | °C               |
| <b>Profondeur de pose des câbles</b>                                                                                                                           |           |                  |
|                                                                                                                                                                | 0,6 à 1,5 | m                |
| <b>Température ambiante de l'air</b>                                                                                                                           |           |                  |
| Maximale                                                                                                                                                       | 40        | °C               |
| <b>Rayonnement solaire</b>                                                                                                                                     |           |                  |
| Intensité du rayonnement solaire                                                                                                                               | 1 000     | W/m <sup>2</sup> |

## A.19 Afrique du Sud

|                                                             |       |                  |
|-------------------------------------------------------------|-------|------------------|
| <b>Caractéristiques thermiques du sol</b>                   |       |                  |
| Résistivité thermique, nominale                             | 1,2   | K·m/W            |
| Pas de distinction entre les saisons                        |       |                  |
| Température, saison 1                                       | 25    | °C               |
| Pas de distinction entre les saisons                        |       |                  |
| <b>Profondeur de pose des câbles</b>                        |       |                  |
| Plage de tensions 1: basse tension                          | 0,5   | m                |
| Plage de tensions 2: toutes les tensions plus hautes        | 0,8   | m                |
| <b>Température ambiante de l'air</b>                        |       |                  |
| Nominale                                                    | 30    | °C               |
| <b>Rayonnement solaire</b>                                  |       |                  |
| Intensité du rayonnement solaire (à l'intérieur des terres) | 1 250 | W/m <sup>2</sup> |
| Intensité du rayonnement solaire (sur les côtes)            | 1 000 | W/m <sup>2</sup> |

## A.20 Suède

|                                                                                                                             |                        |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------|
| <b>Caractéristiques thermiques du sol</b>                                                                                   |                        |       |
| Résistivité thermique, valeur moyenne à utiliser dans les calculs                                                           | 1,0                    | K·m/W |
| Lorsque le sol est complètement saturé d'eau et pour les câbles sous-marins lorsque les fonds sont couverts de sable        | 0,4                    | K·m/W |
| Valeur maximale pour les câbles sous-marins                                                                                 | 1,0                    | K·m/W |
| Pour les câbles importants, une mesure de la résistivité et des conditions du sol au fond de la mer est recommandée. Sinon, | 0,6                    | K·m/W |
| Température, valeur maximale                                                                                                |                        |       |
|                                                                                                                             | 15                     | °C    |
| Température, valeur minimale                                                                                                |                        |       |
|                                                                                                                             | 0                      | °C    |
| (pour une grande partie de l'année entre 5 °C et 10 °C)                                                                     |                        |       |
| <b>Profondeur de pose des câbles</b>                                                                                        |                        |       |
| Pour les câbles directement enterrés et des courtes traversées de rue au moyen de fourreaux                                 |                        |       |
| Tous les câbles jusqu'à 24 kV                                                                                               | 0,7                    | m     |
| Câbles isolés au papier jusqu'à 52 kV                                                                                       | 0,7                    | m     |
| Câbles à huile fluide jusqu'à 420 kV                                                                                        | 1,0 à 1,5 <sup>a</sup> | m     |
| <sup>a</sup> La profondeur dépend des conditions locales. Une valeur inférieure à 1 000 mm n'est pas utilisée.              |                        |       |

## A.21 Suisse

|                                                               |       |                  |
|---------------------------------------------------------------|-------|------------------|
| <b>Caractéristiques thermiques du sol</b>                     |       |                  |
| Résistivité thermique, nominale, l'été (mai – octobre)        | 1,0   | K·m/W            |
| Résistivité thermique, nominale, l'hiver (novembre – avril)   | 0,85  | K·m/W            |
| Résistivité thermique, zone rocheuse, l'été                   | 1,3   | K·m/W            |
| Résistivité thermique, zone rocheuse, l'hiver                 | 1,3   | K·m/W            |
| Température, l'été                                            | 20    | °C               |
| Température, l'hiver                                          | 10    | °C               |
| <b>Profondeur de pose des câbles</b>                          |       |                  |
| Plage de tensions 10 kV à 30 kV                               | 0,8   | m                |
| Plage de tensions 50 kV à 400 kV                              | 1,0   | m                |
| <b>Température ambiante de l'air</b>                          |       |                  |
| Maximale, à l'extérieur                                       | 30    | °C               |
| Minimale, à l'extérieur                                       | -25   | °C               |
| <b>Rayonnement solaire</b>                                    |       |                  |
| Intensité du rayonnement solaire, Plateau suisse (Mittelland) | 1 000 | W/m <sup>2</sup> |
| Intensité du rayonnement solaire, Région alpine (Alpenraum)   | 1 200 | W/m <sup>2</sup> |

Les câbles sont généralement posés dans des tuyaux en HDPE.

Le dessèchement n'est pas d'habitude considéré (autrement, rho<sub>dry</sub> est de 2,5 K·m/W; T<sub>boundary</sub> est de 50°C)

## A.22 Royaume-Uni

### A.22.1 Hautes tensions

|                                            |                            |                  |
|--------------------------------------------|----------------------------|------------------|
| <b>Caractéristiques thermiques du sol</b>  |                            |                  |
| Résistivité thermique, nominale, l'hiver   | 1,05                       | K·m/W            |
| Résistivité thermique, nominale, l'été     | 1,2                        | K·m/W            |
| Résistivité thermique, zone sèche, l'hiver | 1,05                       | K·m/W            |
| Résistivité thermique, zone sèche, l'été   | 3,0                        | K·m/W            |
| (température critique 50°C)                |                            |                  |
| Température, l'hiver                       | 10                         | °C               |
| Température, l'été                         | 15                         | °C               |
| <b>Profondeur de pose des câbles</b>       |                            |                  |
|                                            | 0,9 min. (en général)      | m                |
| 132 kV et plus                             | 0,75 min. (sites de poste) | m                |
|                                            | 0,825 min. (Écosse)        | m                |
| <b>Température ambiante de l'air</b>       |                            |                  |
| Maximale                                   | 30                         | °C               |
| Minimale                                   | 10                         | °C               |
| <b>Rayonnement solaire</b>                 |                            |                  |
| Intensité du rayonnement solaire           | 1 000                      | W/m <sup>2</sup> |

### A.22.2 Basses tensions/moyennes tensions

|                                                                |                                      |                  |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------|
| <b>Caractéristiques thermiques du sol</b>                      |                                      |                  |
| Résistivité thermique, nominale                                | 1,2                                  | K·m/W            |
| Résistivité thermique, nominale, saison 2                      | Pas de distinction entre les saisons |                  |
| Résistivité thermique, zone sèche, (température critique 50°C) | 1,2                                  | K·m/W            |
| Température, saison 1                                          | 15                                   | °C               |
| Température, saison 2                                          | Pas de distinction entre les saisons | °C               |
| <b>Profondeur de pose des câbles</b>                           |                                      |                  |
| Plage de tensions 1: 1 kV                                      | 0,5                                  | m                |
| Plage de tensions 2: 3 kV à 33 kV                              | 0,8                                  | m                |
| <b>Température ambiante de l'air</b>                           |                                      |                  |
| Nominale                                                       | 25                                   | °C               |
| Câbles à 1 kV dans les bâtiments                               | 30                                   | °C               |
| <b>Rayonnement solaire</b>                                     |                                      |                  |
| Intensité du rayonnement solaire                               | 1 000                                | W/m <sup>2</sup> |

Historiquement, une séparation entre les circuits de 3 m à des profondeurs normales de câbles est supposée être thermiquement indépendante – en cours de révision.

### A.23 États-Unis d'Amérique

|                                           |     |       |
|-------------------------------------------|-----|-------|
| <b>Caractéristiques thermiques du sol</b> |     |       |
| Résistivité thermique, nominale           | 0,9 | K·m/W |
| Température, saison 1                     | 25  | °C    |
| Température, saison 2                     | 15  | °C    |
| <b>Profondeur de pose des câbles</b>      |     |       |
| Nominale                                  | 0,9 | m     |
| <b>Température ambiante de l'air</b>      |     |       |
| Maximale                                  | 50  | °C    |
| Minimale                                  | 2   | °C    |

Lorsque les circuits sont séparés de 3,7 m (12 pieds) ou plus, ils sont considérés comme thermiquement indépendants.

## Bibliographie

IEC 60287 (toutes les parties), *Câbles électriques – Calcul du courant admissible*

---





INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

3, rue de Varembé  
PO Box 131  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11  
Fax: + 41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)