

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
287-3-1**

Première édition
First edition
1995-07

**Câbles électriques –
Calcul du courant admissible –**

Partie 3:

Sections concernant les conditions
de fonctionnement –

Section 1: Conditions de fonctionnement
de référence et sélection du type de câble

**Electric cables –
Calculation of the current rating –**

Part 3:

Sections on operating conditions –

Section 1: Reference operating conditions
and selection of cable type



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 287-3-1: 1995

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

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

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

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

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

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

Graphical and letter symbols

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

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
287-3-1**

Première édition
First edition
1995-07

**Câbles électriques –
Calcul du courant admissible –**

Partie 3:

Sections concernant les conditions
de fonctionnement –

Section 1: Conditions de fonctionnement
de référence et sélection du type de câble

**Electric cables –
Calculation of the current rating –**

Part 3:

Sections on operating conditions –

Section 1: Reference operating conditions
and selection of cable type

© CEI 1995 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

Q

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Domaine d'application	8
2 Référence normative	8
3 Valeurs des températures ambiantes de référence et résistivités thermiques des sols dans divers pays	8
3.1 Conditions de fonctionnement type	8
3.2 Règle lorsque les valeurs ne sont pas fournies dans les tables nationales ..	10
4 Valeurs relatives aux conditions de fonctionnement dans divers pays	12
5 Informations nécessaires à l'acheteur pour permettre le choix du type de câble approprié	30
5.1 Généralités	30
5.2 Conditions de fonctionnement	30
5.3 Conditions d'installation	32

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope	9
2 Normative reference	9
3 Reference ambient temperatures and thermal resistivities of soil in various countries	9
3.1 Standard operating conditions	9
3.2 Procedure when values are not provided in national tables	11
4 Values relating to the operating conditions in various countries	13
5 Information required from the purchaser for the selection of the appropriate type of cable	31
5.1 Background	31
5.2 Operating conditions	31
5.3 Installation data	33

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CÂBLES ÉLECTRIQUES – CALCUL DU COURANT ADMISSIBLE –

Partie 3: Sections concernant les conditions de fonctionnement – Section 1: Conditions de fonctionnement de référence et sélection du type de câble

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI 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, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La Norme internationale CEI 287-3-1 a été établie par le sous-comité 20A: Câbles de haute tension, du comité d'études 20 de la CEI: Câbles électriques.

Cette première édition de la CEI 287-3-1 annule et remplace les annexes A et B de la deuxième édition de la CEI 287 parue en 1982, sans changement technique.

La CEI 287-1-1 remplace les sections un et deux de la deuxième édition de la CEI 287; la CEI 287-2-1 remplace la section trois et les annexes C et D de la deuxième édition de la CEI 287; la CEI 287-3-2 remplace la première édition de la CEI 1059.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
20A(BC)75	20A(BC)81

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRIC CABLES –
CALCULATION OF THE CURRENT RATING –****Part 3: Sections on operating conditions –
Section 1: Reference operating conditions and
selection of cable type**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the IEC on technical matters, prepared by technical committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.

International Standard IEC 287-3-1 has been prepared by sub-committee 20A: High-voltage cables, of IEC technical committee 20: Electric cables.

This first edition of 287-3-1 cancels and replaces annexes A and B of the second edition of IEC 287 published in 1982 without technical changes.

IEC 287-1-1 replaces sections one and two of the second edition of IEC 287, IEC 287-2-1 replaces section three and annexes C and D of the second edition of IEC 287; IEC 287-3-2 replaces the first edition of IEC 1059.

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

Six Months' Rule	Report on voting
20A(CO)75	20A(CO)81

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

INTRODUCTION

La CEI 287 a été divisée en trois parties et diverses sections de manière à faciliter les révisions et les adjonctions.

Chaque partie est divisée en sections qui sont publiées en tant que normes séparées.

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

Partie 2: Résistance thermique

Partie 3: Sections concernant les conditions de fonctionnement

La présente section de la CEI 287-3 contient des valeurs des températures ambiantes de référence et des résistivités thermiques des sols dans divers pays. Cette section indique aussi les grandes lignes concernant les informations exigées de l'acheteur pour permettre la sélection du type approprié de câble.

Les données relatives aux conditions de service sont susceptibles de varier considérablement d'un pays à l'autre. Par exemple, pour ce qui est de la température ambiante et de la résistance thermique du sol, les valeurs sont régies dans les différents pays par diverses considérations. Une comparaison hâtive entre les valeurs utilisées dans les différents pays peut amener des conclusions erronées, si elle n'est pas faite sur des bases communes; par exemple, on peut compter sur des espérances de vie du câble différentes; de même, dans certains pays, la spécification est établie sur la valeur maximale de la résistance thermique du sol, tandis que dans d'autres c'est la valeur moyenne qui est utilisée. 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.

Le choix des valeurs des différents paramètres sera dès lors effectué de la façon suivante.

Les valeurs numériques devront, de préférence, être 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 fait dans la présente section.

INTRODUCTION

IEC 287 has been divided into three parts and sections so that revisions of, and additions to, the document can be carried out more conveniently.

Each part is divided into sections 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: Sections on operating conditions

This section of IEC 287-3 contains reference ambient temperatures and thermal resistivities of soil in various countries. Also in this section is an outline of the information required from the purchaser for the selection of the appropriate type of cable.

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 section.

CÂBLES ÉLECTRIQUES – CALCUL DU COURANT ADMISSIBLE –

Partie 3: Sections concernant les conditions de fonctionnement – Section 1: Conditions de fonctionnement de référence et sélection du type de câble

1 Domaine d'application

La présente section de la CEI 287-3 concerne uniquement le fonctionnement en régime permanent des câbles de toutes tensions alternatives et de tensions continues jusqu'à 5 kV, 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 %) juste suffisant pour atteindre asymptotiquement la température maximale de l'âme en supposant que les conditions du milieu ambiant restent inchangées.

Cette section concerne les conditions de fonctionnement de référence et sélection du type de câble.

2 Référence normative

Le document normatif suivant contient des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente section de la CEI 287-3. Au moment de la publication, l'édition indiquée était en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente section de la CEI 287-3 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente du document normatif indiqué ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 183: 1984, *Guide pour le choix des câbles à haute tension*
Amendement 1 (1990)

3 Valeurs des températures ambiantes de référence et résistivités thermiques des sols dans divers pays

3.1 Conditions de fonctionnement type

Afin d'utiliser les formules données dans les différentes parties de la CEI 287, les valeurs numériques des grandeurs physiques devront être choisies en fonction des conditions de fonctionnement.

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

ELECTRIC CABLES – CALCULATION OF THE CURRENT RATING –

Part 3: Sections on operating conditions – Section 1: Reference operating conditions and selection of cable type

1 Scope

This section of IEC 287-3 is applicable to the conditions of steady-state operation of cables at all alternating voltages, and direct voltages up to 5 kV, 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 section concerns reference operating conditions and selection of cable type.

2 Normative reference

The following normative document contains provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this section of IEC 287-3. At the time of publication, the edition indicated was valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this section of IEC 287-3 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent edition of the normative document indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 183: 1984, *Guide to the selection of high-voltage cables*
Amendment 1 (1990)

3 Reference ambient temperatures and thermal resistivities of soil in various countries

3.1 Standard operating conditions

In order to use the formulae given in the various parts of IEC 287, 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.

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 ont envoyé une réponse.

L'article 4 et ses paragraphes résument les conditions de fonctionnement utilisées dans divers pays. L'attention est attirée sur le fait que les renseignements contenus dans l'article 4 sont proposés seulement comme un modèle pour les installations de câbles lorsque les données fournies par l'utilisateur sont incomplètes. Il faut se garder de tirer des conclusions erronées à partir de la comparaison des valeurs de divers pays. Il est à rappeler que les valeurs adoptées dans un pays particulier sont fonction d'un grand nombre de facteurs qui peuvent ne pas avoir la même importance dans les autres pays.

Les valeurs relatives aux conditions de fonctionnement sont données à l'article 4 pour les pays suivants:

Allemagne	Japon
Australie	Norvège
Autriche	Pays-Bas
Canada	Pologne
Etats-Unis d'Amérique	Royaume-Uni
Finlande	Suède
France	Suisse
Italie	

3.2 Règle lorsque les valeurs ne sont pas fournies dans les tables nationales

Il est conseillé d'adopter les données suivantes lorsqu'il n'y a pas de valeurs indiquées dans les tables nationales pour la température ambiante de référence et la résistivité thermique du sol.

3.2.1 Températures ambiantes au niveau de la mer

Climat	Températures ambiantes de l'air		Températures ambiantes 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

Les intensités admissibles seront calculées pour les températures maximales données et, à la demande, pour les températures minimales (régime d'hiver). 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 renseignements au sujet de la profondeur de pose ne sont pas donnés, la profondeur courante à prendre est de 1 m.

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

Clause 4 and its sub-clauses summarize the operating conditions used in various countries. Attention is drawn to the fact that the information in clause 4 is intended only as a guide for cable installation designers when data provided by a user is incomplete. Care must 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 clause 4 for the following countries:

Australia	Netherlands
Austria	Norway
Canada	Poland
Finland	Sweden
France	Switzerland
Germany	United Kingdom
Italy	United States of America
Japan	

3.2 Procedure when values are not provided in national tables

It is recommended that when there is no value laid down in the national tables for the reference ambient temperature and thermal resistivity of the soil, the following values should be adopted.

3.2.1 Ambient temperatures at sea level

Climate	Ambient air temperatures		Ambient ground temperatures at a depth of 1 m	
	Min. (°C)	Max. (°C)	Min. (°C)	Max. (°C)
Tropical	25	55	25	40
Sub-tropical	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.

3.2.2 Résistivité thermique du sol

Résistivité thermique (K.m/W)	Etat du sol	Conditions atmosphériques
0,7	Très humide	Constamment humide
1,0	Humide	Pluviosité régulière
2,0	Sec	Pluies peu fréquentes
3,0	Très sec	Peu ou pas de pluies

4 Valeurs relatives aux conditions de fonctionnement dans divers pays

4.1 Australie

1) Situations types

Résistivité thermique du sol 1,2 K.m/W

Température ambiante du sol 25 °C été

18 °C hiver

2) Profondeur de pose

Profondeur de la surface du sol au centre du câble ou au centre du trèfle du groupe de câbles.

Câbles basse tension 500 mm sous trottoirs

750 mm sous chaussées

Câbles de 11 kV 800 mm sous trottoirs

800 mm sous chaussées

Câbles de 33 kV et au-dessus 1 000 mm sous trottoirs

1 000 mm sous chaussées

3) Température ambiante de l'air

Valeur maximale 40 °C été

30 °C hiver

4.2 Autriche

1) Caractéristiques thermiques du sol

a) Résistivité thermique:

jusqu'à 30 kV, valeur moyenne 0,7 K.m/W

30 kV, valeur moyenne 1,0 K.m/W

(max. 1,2; min. 0,7 K.m/W)

b) Température

valeur maximale 20 °C

valeur minimale 0 °C

3.2.2 Thermal resistivity of soil

Thermal resistivity (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 Values relating to the operating conditions in various countries

4.1 Australia

1) Standard conditions

Soil thermal resistivity	1,2 K.m/W
Soil ambient temperature	25 °C summer 18 °C winter

2) Depth of laying

Measured from the ground surface to the centre of the cable, or to the centre of a trefoil group.

L.V. cables	500 mm under footways 750 mm under roadways
11 kV cables	800 mm under footways 800 mm under roadways
33 kV cables and higher voltages	1 000 mm under footways 1 000 mm under roadways

3) Air ambient temperature

Maximum value	40 °C summer 30 °C winter
---------------	------------------------------

4.2 Austria

1) Thermal characteristics of the soil

a) Thermal resistivity:

up to 30 kV, average value	0,7 K.m/W
30 kV, average value	1,0 K.m/W (max. 1,2; min. 0,7 K.m/W)

b) Temperature

maximum value	20 °C
minimum value	0 °C

2) *Profondeur de pose des câbles enterrés*

Tous les câbles jusqu'à 1 kV	700 mm
Tous les câbles jusqu'à 10 kV	800 mm
Câbles isolés au papier de 10 kV	1 000 mm
Câbles à huile fluide jusqu'à 220 kV	1 200 mm

3) *Température ambiante de l'air*

Valeur moyenne 20 °C (max. 40 °C; min. –20 °C)

4.3 Canada

Bien qu'il n'y ait pas de valeurs canadiennes nationales reconnues de résistivité thermique du sol, de température et de profondeur de pose, les chiffres donnés ci-dessous sont caractéristiques.

1) *Caractéristiques thermiques du sol pour les câbles directement enterrés ou en fourreaux*

a) *Résistivité thermique:*

valeur maximale	1,2 K.m/W
valeur minimale	0,6 K.m/W
valeur moyenne	0,9 K.m/W

b) *Température:*

valeur maximale	20 °C
valeur minimale	–5 °C
valeur moyenne	non utilisée comme base de projet

Résistivité thermique du sol

Lorsqu'on ne dispose pas de mesures directes, il est généralement admis de prendre une résistivité thermique de 0,9 K.m/W. Cependant, dans les cas où une détérioration progressive des caractéristiques thermiques de l'environnement au cours des années est prévisible, 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 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.

2) *Depth of laying for buried cables*

All cables up to 1 kV	700 mm
All cables up to 10 kV	800 mm
Paper-insulated cables 10 kV	1 000 mm
Oil-filled cables up to 220 kV	1 200 mm

3) *Air ambient temperature*

Average value	20 °C (max. 40 °C; min. –20 °C)
---------------	---------------------------------

4.3 *Canada*

While there are no recognized Canadian national values of soil thermal resistivity and temperature, and depth of laying, the values shown below are typical.

1) *Thermal characteristics of the soil for cables directly buried or in ducts*a) *Thermal resistivity:*

maximum value	1,2 K.m/W
minimum value	0,6 K.m/W
average value	0,9 K.m/W

b) *Temperature:*

maximum value	20 °C
minimum value	–5 °C
average value	not used as a design basis

Soil thermal resistivity

Where direct measurements 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.

2) *Profondeur de pose**

	Directement enterrés	En fourreaux
a) Câbles isolés au papier à matière stabilisée et non migrante, pour des tensions jusqu'à 69 kV	1 100 mm	1 100 mm
b) Isolation solide (butyle, caoutchouc d'éthylène propylène, p.v.c., polyéthylène, polyéthylène réticulé, etc.), câbles pour tensions jusqu'à 46 kV	900 mm	900 mm
c) Câbles à huile fluide pour tensions jusqu'à 345 kV	1 100 mm	1 100 mm
d) Câbles en tuyau (à pression de gaz ou d'huile) pour tensions jusqu'à 345 kV	1 100 mm	

3) *Température ambiante de l'air*

Valeur maximale	40 °C
Valeur minimale	-40 °C
Valeur moyenne	non utilisée comme base de projet

4.4 *Finlande*

1) *Caractéristiques thermiques du sol*

a) *Résistivité thermique:*

valeur moyenne utilisée pour le calcul du courant admissible	1,0 K.m/W
et pour les câbles sous-marins où le sol est complètement saturé d'eau	0,4 K.m/W

b) *Température*

valeur maximale	15 °C
valeur minimale	0 °C
(valeur moyenne 5 °C à 10 °C, maximum exceptionnel 20 °C)	

2) *Profondeur de pose pour câbles directement enterrés ou en fourreaux*

Tous les câbles jusqu'à 36 kV	700 mm
Tous les câbles jusqu'à 52 kV	1 000 mm
Tous les câbles jusqu'à 123 kV	1 300 mm
Tous les câbles jusqu'à 245 kV	1 500 mm

La profondeur réelle dépend des conditions locales.

* C'est en réalité une «couverture minimale» qui est exigée et qui, dans le cas de faisceaux de fourreaux, correspond à la couverture du faisceau.

2) *Depth of laying**

	Direct burial	In ducts
a) Paper insulated, solid and non-draining cables for voltages up to 69 kV	1 100 mm	1 100 mm
b) Solid insulation (butyl, ethylene propylene rubber, p.v.c., polyethylene, cross-linked polyethylene, etc.) cables for voltages up to 46 kV	900 mm	900 mm
c) Oil-filled cables for voltages up to 345 kV	1 100 mm	1 100 mm
d) Pipe-type (gas or oil pressure) cables for voltages up to 345 kV	1 100 mm	

3) *Air ambient temperature*

Maximum value	40 °C
Minimum value	-40 °C
Average value	not used as a design basis

4.4 *Finland*1) *Thermal characteristics of soil*a) *Thermal resistivity:*

the average value to be used for rating calculations	1,0 K.m/W
and for submarine cables where the soil is completely saturated with water	0,4 K.m/W

b) *Temperature*

maximum value	15 °C
minimum value	0 °C

(average value 5 °C to 10 °C, exceptional maximum 20 °C)

2) *Depth of laying for cables directly buried or in ducts*

All cables up to 36 kV	700 mm
All cables up to 52 kV	1 000 mm
All cables up to 123 kV	1 300 mm
All cables up to 245 kV	1 500 mm

The actual depth depends on local conditions.

* This is in reality a "minimum cover" requirement and in the case of duct banks corresponds to the duct bank cover.

3) *Température ambiante de l'air*

Valeur de référence pour le calcul du courant admissible	25 °C
Valeur maximale	35 °C
Valeur minimale	-20 °C

4.5 *France*

1) *Caractéristiques thermiques du sol*

a) Résistivité thermique en été: 1,2 K.m/W, en hiver: 0,85 K.m/W (pour les liaisons importantes à 225 kV et 400 kV des mesures directes sont effectuées et, si nécessaire, un remblai artificiel est utilisé afin d'obtenir la résistance thermique prévue).

b) *Température*

– Câbles 20 kV:	en été	20 °C
	en hiver	10 °C
– Câbles 63, 255 et 400 kV:	en été	20 °C
	en hiver	10 °C

Dans les régions méditerranéennes, on ajoute 5 °C supplémentaires aux valeurs proposées.

2) *Profondeur de pose*

- Câbles du réseau de distribution 20 kV:
1 400 mm à Paris,
800 mm à 1 400 mm en général dans les autres cas.
- Câbles du réseau de transport 63, 255 et 400 kV:
1 300 mm en caniveaux ou en fourreaux,
700 mm dans les postes,

entre la surface du sol et l'axe des câbles pour la pose en nappe et le centre du trèfle pour la pose en trèfle.

(Ces valeurs peuvent varier suivant les règlements locaux.)

3) *Température ambiante de l'air*

Valeurs de référence pour effectuer les calculs relatifs aux câbles en galerie:

- en été 30 °C
- en hiver 20 °C

3) *Air ambient temperature*

Reference value for rating calculations	25 °C
Maximum value	35 °C
Minimum value	-20 °C

4.5 *France*1) *Thermal characteristics of soil*

a) Thermal resistivity in summer: 1,2 K.m/W, in winter: 0,85 K.m/W (for main connections at 225 kV and 400 kV direct measurements are carried out, and an artificial backfill is used if necessary in order to obtain the rated thermal resistivity).

b) *Temperature*

- 20 kV cables:

in summer	20 °C
in winter	10 °C
- 63, 255 and 400 kV cables:

in summer	20 °C
in winter	10 °C

In Mediterranean regions, an extra 5 °C is added to the proposed values.

2) *Depth of laying*

- 20 kV distribution network cables:
 - 1 400 mm in Paris,
 - 800 mm to 1 400 mm generally in the provinces.
- 63, 255 and 400 kV transportation network cables:
 - 1 300 mm in trenches or in ducts,
 - 700 mm in sub-stations.

The above figures representing the distance between the ground surface and the axis of the cable in the case of flat-laid cables and between the ground surface and the centre of the trefoil in the case of cables laid in trefoil formation.

(These values may vary according to local regulations.)

3) *Air ambient temperature*

Reference values for calculations to cables laid in cable trays:

- in summer 30 °C
- in winter 20 °C

4.6 Allemagne

Les valeurs indiquées sont prises, en tant que valeurs courantes, comme paramètres pour les calculs de courant admissible à moins que les conditions de résistivité thermique du sol, de température et de profondeur de pose ne soit précisées.

1) Caractéristiques thermiques du sol

a) Résistivité thermique:

valeur moyenne 1,0 K.m/W

pour les calculs considérant une zone sèche
au voisinage du câble – pour la zone sèche

2,5 K.m/W

b) Température:

valeur maximale

20 °C

valeur minimale

0 °C

valeur moyenne

10 °C

2) Profondeur de pose des câbles enterrés

Pour les câbles ≥ 60 kV min. 1 200 mm

Pour les câbles < 60 kV 700 mm*

3) Température ambiante de l'air

Valeur maximale 30 °C

Valeur minimale -20 °C

Valeur moyenne 10 °C

4.7 Italie

1) Caractéristiques thermiques du sol

a) 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.

b) Température:

valeur maximale (utilisée dans les calculs) 20 °C

valeur minimale 5 °C

* Bien qu'étant calculés pour 700 mm, les câbles de 20 kV à 30 kV sont souvent posés de 900 mm à 1 000 mm de profondeur.

4.6 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.

1) Thermal characteristics of the soil

a) Thermal resistivity:

average value 1,0 K.m/W

for calculations considering a dry zone near
the cable – for the dry zone

2,5 K.m/W

b) Temperature:

maximum value

20 °C

minimum value

0 °C

average value

10 °C

2) Depth of laying for buried cables

For cables $\geq$ 60 kV

min. 1 200 mm

For cables < 60 kV

700 mm*

3) Air ambient temperature

Maximum value

30 °C

minimum value

-20 °C

average value

10 °C

4.7 Italy

1) Thermal characteristics of the soil

a) 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.

b) Temperature:

maximum value (to be used in calculations) 20 °C

minimum value 5 °C

* In spite to being calculated for 700 mm, often cables at 20 kV to 30 kV are laid at 900 mm to 1 000 mm depth.

2) *Profondeur de pose pour les câbles directement enterrés*

Cette profondeur est la valeur maximale adoptée sauf spécification contraire.

Jusqu'à 12 kV	800 mm
Jusqu'à 17,5 kV	1 000 mm
Jusqu'à 24 kV	1 200 mm
Jusqu'à 36 kV	1 500 mm
Jusqu'à 72 kV	1 800 mm
Jusqu'à 220 kV	2 200 mm

3) *Température ambiante de l'air*

Valeur maximale (utilisée 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 mentionnée ci-dessus. Une telle situation est considérée comme acceptable, compte tenu de sa courte durée.

4.8 *Japon*

1) *Caractéristiques thermiques du sol*

a) *Résistivité thermique:*

valeur moyenne 1,0 K.m/W
(un fabricant utilise 1,2; 0,8 et 0,4 K.m/W respectivement pour sol sec, normal et humide).

b) *Température:*

valeur maximale	25 °C l'été 15 °C l'hiver
valeur minimale	10 °C

2) *Profondeur de pose des câbles directement enterrés ou en fourreaux*

a) *Directement enterrés:*

papier et isolation solide jusqu'à 33 kV	1 200 mm
câbles à huile fluide et en tuyaux	1 500 mm

b) *En fourreaux:*

en dessous de 66 kV	1 200 mm
66 kV et au-dessus	1 500 mm

3) *Température ambiante de l'air*

valeur maximale	40 °C l'été 30 °C l'hiver
-----------------	------------------------------

2) *Depth of laying for directly buried cables*

This depth is the maximum adopted unless otherwise specified.

Up to 12 kV	800 mm
Up to 17,5 kV	1 000 mm
Up to 24 kV	1 200 mm
Up to 36 kV	1 500 mm
Up to 72 kV	1 800 mm
Up to 220 kV	2 200 mm

3) *Air ambient temperature*

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.

4.8 *Japan*1) *Thermal characteristics of the soil*a) *Thermal resistivity:*

average value 1,0 K.m/W

(one manufacturer uses 1,2; 0,8 and 0,4 K.m/W for dry, normal and wet soil respectively).

b) *Temperature:*

maximum value 25 °C summer

15 °C winter

minimum value 10 °C

2) *Depth of laying for cables directly buried or in ducts*a) *Direct burial:*

paper and solid insulation up to 33 kV 1 200 mm

oil-filled and pipe cables 1 500 mm

b) *In ducts:*

less than 66 kV 1 200 mm

66 kV and over 1 500 mm

3) *Air ambient temperature*

maximum value 40 °C summer

30 °C winter

4.9 Pays-Bas

1) Caractéristiques thermiques du sol

a) Résistivité thermique:

niveau d'eau du sous-sol près des câbles	0,5 K.m/W
partie est du pays	0,8 K.m/W

b) Température:

valeur maximale	20 °C
valeur minimale	5 °C
valeur moyenne	15 °C

2) Profondeur de pose des câbles directement enterrés

Câbles jusqu'à 10 kV	700 mm
Câbles au-dessus de 10 kV	1 000 mm

3) Température ambiante de l'air

Valeur maximale	30 °C
Valeur minimale	-5 °C
Valeur moyenne	20 °C

4.10 Norvège

1) Caractéristiques thermiques du sol

a) Résistivité thermique:

valeur moyenne utilisée dans les calculs 1,0 K.m/W

b) Température: °C

	Maximale	Minimale
Sud de la Norvège	17	0
Centre de la Norvège	15	0
Nord de la Norvège	13	-5

2) Profondeur de pose, minimale

1 kV	500 mm
au-dessus de 1 kV	700 mm

3) Température ambiante de l'air

Valeur maximale (utilisée dans les calculs)	25 °C
---	-------

4.9 *Netherlands*1) *Thermal characteristics of the soil*a) *Thermal resistivity:*

sub-soil water level near to cables	0,5 K.m/W
eastern part of the country	0,8 K.m/W

b) *Temperature:*

maximum value	20 °C
minimum value	5 °C
average value	15 °C

2) *Depth of laying for directly buried cables*

Cables up to 10 kV	700 mm
Cables above 10 kV	1 000 mm

3) *Air ambient temperature*

Maximum value	30 °C
Minimum value	-5 °C
Average value	20 °C

4.10 *Norway*1) *Thermal characteristics of the soil*a) *Thermal resistivity:*

average value to be used in calculations	1,0 K.m/W
--	-----------

b) *Temperature: °C*

	Maximum	Minimum
Southern Norway	17	0
Central Norway	15	0
Northern Norway	13	-5

2) *Depth of laying, minimum*

1 kV	500 mm
above 1 kV	700 mm

3) *Air ambient temperature*

Maximum value (to be used in calculations)	25 °C
--	-------

4.11 Pologne

1) Caractéristiques thermiques du sol

a) Résistivité thermique:

valeur moyenne utilisée dans les calculs 0,8 K.m/W

b) Température:

valeur moyenne utilisée dans les calculs 15 °C

valeur minimale 5 °C

2) Profondeur de pose des câbles directement enterrés

Câbles isolés au papier et câbles du type massif

jusqu'à 1 kV 700 mm

jusqu'à 15 kV 800 mm

Câbles isolés au papier aux tensions supérieures à 15 kV

1 000 mm

Câbles à huile fluide jusqu'à 110 kV

1 000 mm

3) Température ambiante de l'air

Valeur moyenne utilisée dans les calculs 25 °C

4.12 Suède

1) Caractéristiques thermiques du sol

a) Résistivité thermique:

valeur moyenne utilisée dans les calculs 1,0 K.m/W

(0,4 K.m/W lorsque le sol est complètement saturé d'eau et pour les câbles sous-marins lorsque les fonds sont couverts de sable).

Dans les autres cas, on peut trouver des valeurs aussi élevées que 1,0 K.m/W. Pour les câbles importants, des mesures de la résistivité et des vérifications du sol dans le fond de la mer sont recommandées. Lorsque aucune donnée n'est connue, on utilise la valeur de 0,6 K.m/W.

b) Température

valeur maximale 15 °C

valeur minimale 0 °C

(pour une grande partie de l'année entre 5 °C et 10 °C).

2) Profondeur de pose pour les câbles directement enterrés et des courtes traversées de rue en fourreaux

Tous les câbles jusqu'à 24 kV 700 mm

Câbles isolés au papier jusqu'à 52 kV 700 mm

Câbles à huile fluide jusqu'à 420 kV 1 000-1 500 mm*

* La profondeur dépend des conditions locales. Elle n'est jamais inférieure à 1 000 mm.

4.11 *Poland*1) *Thermal characteristics of the soil*a) *Thermal resistivity:*

average value to be used in calculations	0,8 K.m/W
--	-----------

b) *Temperature:*

average value to be used in calculations	15 °C
minimum value	5 °C

2) *Depth of laying for directly buried cables*

Paper-insulated and solid type cables

up to 1 kV

700 mm

up to 15 kV

800 mm

Paper-insulated cables at voltages

higher than 15 kV

1 000 mm

Oil-filled cables up to 110 kV

1 000 mm

3) *Air ambient temperature*

Average value to be used in calculations	25 °C
--	-------

4.12 *Sweden*1) *Thermal characteristics of the soil*a) *Thermal resistivity:*

average value to be used in calculations	1,0 K.m/W
--	-----------

(0,4 K.m/W where the soil is completely saturated with water and for sub-marine cables where the bottom is covered with sand).

In other cases, values as high as 1,0 K.m/W may be found. For important cables, a measurement of the resistivity and soil conditions on the sea bottom is recommended. Where nothing is known, a value of 0,6 K.m/W is used.

b) *Temperature*

maximum value	15 °C
---------------	-------

minimum value	0 °C
---------------	------

(for main part of the year between 5 °C and 10 °C).

2) *Depth of laying for directly buried cables and for short road crossings by means of ducts*

All cables up to 24 kV	700 mm
------------------------	--------

Paper-insulated cables up to 52 kV	700 mm
------------------------------------	--------

Oil-filled cables up to 420 kV	1 000-1 500 mm*
--------------------------------	-----------------

* The depth depends on local conditions. Less than 1 000 mm is not used.

4.13 Suisse

1) Caractéristiques thermiques du sol

a) Résistivité thermique:

valeur moyenne utilisée dans les calculs 1,0 K.m/W (1,3 K.m/W en cas de sol rocheux)

b) Température:

valeur maximale utilisée dans les calculs 20 °C

valeurs minimales –10 °C en général
–15 °C en montagne

NOTE – Une condition supplémentaire en cas de charge permanente est 50 °C de température maximale du sol près du câble (en vue d'éviter l'assèchement du sol).

2) Profondeur de pose

Normalement 1 000 mm

3) Température ambiante de l'air

Valeur maximale utilisée dans les calculs 25 °C (30 °C dans certains endroits du pays)

Valeur minimale –25 °C

4.14 Royaume-Uni

1) Situations types

Résistivité thermique du sol 1,2 K.m/W

Température ambiante du sol 15 °C

2) Profondeur de pose

a) Pour les câbles de 1 kV – profondeur de la surface du sol au centre du câble, au centre du fourreau ou au centre du trèfle du groupe de câbles ou de fourreaux 500 mm

b) Pour les câbles de 3,3 kV à 33 kV (sans pression appliquée) – profondeur de la surface du sol au centre du câble, au centre du fourreau ou au centre du trèfle du groupe de câbles ou de fourreaux 800 mm

c) Pour les câbles de 33 kV sous pression – profondeur de la surface du sol à la partie supérieure de la surface du câble ou du fourreau ou du groupe de câbles ou de fourreaux 900 mm

3) Température ambiante de l'air

A l'extérieur* 25 °C

Dans les bâtiments 30 °C

* Cette température est aussi prise comme situation type dans les tableaux de régime des câbles pour l'utilisation dans certaines dispositions telles que les sous-sols des postes d'alimentation et autres installations industrielles.

4.13 *Switzerland*1) *Thermal characteristics of the soil*a) *Thermal resistivity:*

normal value to be used in calculations 1,0 K.m/W (1,3 K.m/W in case of rocky soil)

b) *Temperature:*

maximum value to be used in calculations 20 °C

minimum values -10 °C in general
-15 °C in mountains

NOTE – An additional condition in case of permanent load is 50 °C maximum temperature of the soil near the cable (in order to avoid soil drying).

2) *Depth of laying*

Normally 1 000 mm

3) *Air ambient temperature*

Maximum value to be used in calculations 25 °C (30 °C in some spots of the country)
Minimum value -25 °C

4.14 *United Kingdom*1) *Standard conditions*

Soil thermal resistivity 1,2 K.m/W
Ground ambient temperature 15 °C

2) *Depth of burial*

- a) For 1 kV cables – depth from ground surface to centre of cable, to centre of duct or to centre of trefoil group of cables or ducts 500 mm
- b) For 3,3 kV to 33 kV cables (unless pressure assisted) – depth from ground surface to centre of cable, to centre of duct or to centre of trefoil group of cables or ducts 800 mm
- c) For 33 kV pressure assisted cables – depth from ground surface to upper-most surface of cable or duct or of group of cables or ducts 900 mm

3) *Air ambient temperature*

Out of doors* 25 °C
In buildings 30 °C

* This temperature is also assumed as a standard condition in tabulating ratings of cable for use in certain indoor situations such as cable basements in power stations and other industrial plants.

4.15 Etats-Unis d'Amérique

1) Caractéristiques thermiques du sol

a) Résistivité thermique:

valeur moyenne utilisée dans les calculs
lorsque aucun renseignement n'est fourni 0,9 K.m/W

b) Température 20 °C

2) Profondeur de pose des câbles enterrés 900 mm

3) Température ambiante de l'air

Valeur des projets 40 °C
(échauffement solaire inclus, les valeurs maximales s'étendent entre 40 °C et 50 °C).

5 Informations nécessaires à l'acheteur pour permettre le choix du type de câble approprié

5.1 Généralités

Les informations nécessaires pour permettre le choix du type de câble approprié ont été extraites de la CEI 183, et sont données dans ce paragraphe de manière que les acheteurs puissent fournir les données techniques nécessaires au fabricant de câbles lorsqu'il est appelé à spécifier la section et le type corrects d'un câble convenant à une application particulière. Les acheteurs doivent fournir au fabricant autant d'informations que possible et attirer l'attention sur les questions auxquelles ils ne peuvent pas répondre ou dont la réponse est incertaine. En l'absence de données techniques définies, un fabricant est obligé de faire des suppositions; par conséquent, toute information que l'acheteur peut fournir lui sera très utile.

5.2 Conditions de fonctionnement

a) Tension nominale du réseau U . La tension assignée efficace à fréquence industrielle, entre deux âmes conductrices quelconques, pour laquelle le câble et ses accessoires sont conçus.

b) Tension la plus élevée du réseau triphasé U_m . La valeur efficace la plus élevée de la tension entre phases qui se présente dans les conditions normales d'exploitation, à tout instant et en tout point du réseau. Elle exclut les variations transitoires de tension (telles que celles provoquées par les manoeuvres sur réseau) et les variations temporaires de tension dues à des conditions de fonctionnement anormales du réseau (telles que celles provoquées par des conditions de défaut ou la suppression brusque de charges importantes).

c) Surtension de foudre.

d) Fréquence du réseau.

e) Type de mise à la terre et, lorsque le point neutre n'est pas mis directement à la terre, durée maximale admissible pour les conditions de défaut à la terre en toute occasion et leur durée annuelle totale.