

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Conductors of insulated cables

Ames des câbles isolés



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2004 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: 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.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

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

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 60228

Edition 3.0 2004-11

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Conductors of insulated cables

Ames des câbles isolés

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

R

ICS 29.060.20

ISBN 2-8318-7706-7

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Terms and definitions	6
3 Classification	6
4 Materials	7
4.1 Introduction	7
4.2 Solid aluminium conductors	7
4.3 Circular and shaped stranded aluminium conductors.....	7
5 Solid conductors and stranded conductors.....	7
5.1 Solid conductors (class 1).....	7
5.1.1 Construction	7
5.1.2 Resistance.....	8
5.2 Stranded circular non-compacted conductors (class 2).....	8
5.2.1 Construction	8
5.2.2 Resistance.....	8
5.3 Stranded compacted circular conductors and stranded shaped conductors (class 2)	8
5.3.1 Construction	8
5.3.2 Resistance.....	8
6 Flexible conductors (classes 5 and 6).	8
6.1 Construction	8
6.2 Resistance	9
7 Check of compliance with Clauses 5 and 6.....	9
Annex A (normative) Measurement of resistance	13
Annex B (informative) Exact formulae for the temperature correction factors.....	15
Annex C (informative) Guide to the dimensional limits of circular conductors	16

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

CONDUCTORS OF INSULATED CABLES

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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 60228 has been prepared by IEC technical committee 20: Electric cables.

This third edition cancels and replaces the IEC 60228 (1978), its Amendment 1 (1993) and its first supplement, IEC 60228A (1982).

The principal changes with respect to the previous edition are as follows:

- a) the consolidation of material from IEC 60228A;
- b) addition of a definition for nominal cross-sectional area;
- c) an increase in the range of conductor sizes in Tables 1 and 2;
- d) addition of a note that solid aluminum alloy conductors, having the same dimensions as aluminum conductors, will have a higher resistance;
- e) strengthening of the recommendations for dimensional limits of compacted stranded copper conductors.

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

FDIS	Report on voting
20/718/FDIS	20/737/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.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site 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.

Conductors described in IEC 60228 are specified in metric sizes. Canada at present uses conductor sizes and characteristics according to the American Wire Gauge (AWG) system and kcmil for larger sizes as shown below. The use of these sizes is currently prescribed uniformly across Canada for installations by sub-national regulations. IEC TC 20 cable product standards do not prescribe cables with AWG/kcmil conductors.

AWG				kcmil			
Conductor size	Nominal cross-sectional area mm ²	Conductor size	Nominal cross-sectional area mm ²	Conductor size	Nominal cross-sectional area mm ²	Conductor size	Nominal cross-sectional area mm ²
-	-	-	-	250	127	750	380
-	-	-	-	300	152	800	405
20	0,519	4	21,2	350	177	900	456
18	0,823	3	26,7	400	203	1000	507
16	1,31	2	33,6	450	228	1200	608
14	2,08	1	42,4	500	253	1250	633
12	3,31	1/0	53,5	550	279	1500	760
10	5,26	2/0	67,4	600	304	1750	887
8	8,37	3/0	85,0	650	329	2000	1010
6	13,3	4/0	107	700	355	-	-

INTRODUCTION

IEC 60228 is intended as a fundamental reference standard for IEC Technical Committees and National Committees in drafting standards for electric cables, and to the National Committees in drafting specifications for use in their own countries. These committees should select from the tables of this general standard the conductors appropriate to the particular applications with which they are concerned and either include the applicable details in their cable specifications or make appropriate references to this standard.

In preparing this edition the main objects have been to incorporate IEC 60228A into it and maintain a simplified yet informative standard so far as is compatible with technical and economic considerations.

CONDUCTORS OF INSULATED CABLES

1 Scope

This International Standard specifies the nominal cross-sectional areas, in the range 0,5 mm² to 2 500 mm², for conductors in electric power cables and cords of a wide range of types. Requirements for numbers and sizes of wires and resistance values are also included. These conductors include solid and stranded copper, aluminium and aluminium alloy conductors in cables for fixed installations and flexible copper conductors.

The standard does not apply to conductors for telecommunication purposes.

The applicability of this standard to a particular type of cable is as specified in the standard for the type of cable.

Unless indicated to the contrary in a particular clause, this standard relates to the conductors in the finished cable and not to the conductor as made or supplied for inclusion into a cable.

Informative annexes are included giving supplementary information covering temperature correction factors for resistance measurement (Annex B) and dimensional limits of circular conductors (Annex C).

2 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

2.1

metal-coated

coated with a thin layer of suitable metal, such as tin or tin alloy

2.2

nominal cross-sectional area

value that identifies a particular size of conductor but is not subject to direct measurement

NOTE Each particular size of conductor in this standard is required to meet a maximum resistance value.

3 Classification

The conductors have been divided into four classes, 1, 2, 5 and 6. Those in classes 1 and 2 are intended for use in cables for fixed installations. Classes 5 and 6 are intended for use in flexible cables and cords but may also be used for fixed installations.

- Class 1: solid conductors.
- Class 2: stranded conductors.
- Class 5: flexible conductors.
- Class 6: flexible conductors which are more flexible than class 5.

4 Materials

4.1 Introduction

The conductors shall consist of one of the following:

- plain or metal-coated annealed copper;
- aluminium or aluminium alloy.

4.2 Solid aluminium conductors

Circular and shaped solid aluminium conductors shall be made from aluminium such that the tensile strength of the completed conductor is within the following limits:

Nominal cross-sectional area mm ²	Tensile strength N/mm ²
10 and 16	110 to 165
25 and 35	60 to 130
50	60 to 110
70 and above	60 to 90

NOTE The values given above are not applicable to aluminium alloy conductors.

4.3 Circular and shaped stranded aluminium conductors

Stranded aluminium conductors shall be made from aluminium such that the tensile strength of the individual wires is within the following limits:

Nominal cross-sectional area mm ²	Tensile strength N/mm ²
10	up to 200
16 and above	125 to 205

NOTE 1 The values given above are not applicable to aluminium alloy conductors.

NOTE 2 This data can only be checked on wires taken before stranding and not on wires taken from a stranded conductor.

5 Solid conductors and stranded conductors

5.1 Solid conductors (class 1)

5.1.1 Construction

- a) Solid conductors (class 1) shall consist of one of the materials specified in Clause 4.
- b) Solid copper conductors shall be of circular cross-section.

NOTE Solid copper conductors having nominal cross-sectional areas of 25 mm² and above are for particular types of cable, e.g. mineral insulated, and not for general purposes.

- c) Solid aluminium and solid aluminium alloy conductors of sizes 10 mm² to 35 mm² shall be of circular cross-section. Larger sizes shall be of circular cross-section for single-core cables and may be of either circular or shaped cross-section for multi-core cables.

5.1.2 Resistance

The resistance of each conductor at 20 °C, when determined in accordance with Clause 7, shall not exceed the appropriate maximum value given in Table 1.

NOTE For solid aluminium alloy conductors, having the same nominal cross-sectional area as an aluminium conductor the resistance value given in Table 1 should be multiplied by a factor of 1,162 unless otherwise agreed between the manufacturer and the purchaser.

5.2 Stranded circular non-compacted conductors (class 2)

5.2.1 Construction

- a) Stranded circular non-compacted conductors (class 2) shall consist of one of the materials specified in Clause 4.
- b) Stranded aluminium or aluminium alloy conductors shall have a cross-sectional area not less than 10 mm².
- c) The wires in each conductor shall all have the same nominal diameter.
- d) The number of wires in each conductor shall be not less than the appropriate minimum number given in Table 2.

5.2.2 Resistance

The resistance of each conductor at 20 °C, when determined in accordance with Clause 7, shall not exceed the appropriate maximum value given in Table 2.

5.3 Stranded compacted circular conductors and stranded shaped conductors (class 2)

5.3.1 Construction

- a) Stranded compacted circular conductors and stranded shaped conductors (class 2) shall consist of one of the materials specified in Clause 4. Stranded compacted circular aluminium or aluminium alloy conductors shall have a nominal cross-sectional area not less than 10 mm². Stranded shaped copper, aluminium or aluminium alloy conductors shall have a nominal cross-sectional area of not less than 25 mm².
- b) The ratio of the diameters of two different wires in the same conductor shall not exceed 2.
- c) The number of wires in each conductor shall be not less than the appropriate minimum number given in Table 2.

NOTE This requirement applies to conductors made with wires of circular cross-section before compaction and not to conductors made with pre-shaped wires.

5.3.2 Resistance

The resistance of each conductor at 20 °C, when determined in accordance with Clause 7, shall not exceed the appropriate value given in Table 2.

6 Flexible conductors (classes 5 and 6)

6.1 Construction

- a) Flexible conductors (classes 5 and 6) shall consist of plain or metal-coated annealed copper.
- b) The wires in each conductor shall have the same nominal diameter.
- c) The diameter of the wires in each conductor shall not exceed the appropriate maximum value given in Tables 3 or 4.

6.2 Resistance

The resistance of each conductor at 20 °C, when determined in accordance with Clause 7, shall not exceed the appropriate maximum value given in Tables 3 or 4.

7 Check of compliance with Clauses 5 and 6

Compliance with the requirements of 5.1.1, 5.2.1, 5.3.1 and 6.1 shall be checked on the completed cable by inspection and measurement where practicable.

Compliance with the requirements for resistance given in 5.1.2, 5.2.2, 5.3.2 and 6.2 shall be checked by measurement in accordance with Annex A and corrected for temperature by the factors in Table A.1.

Table 1 – Class 1 solid conductors for single-core and multicore cables

1	2	3	4
Nominal cross-sectional area mm ²	Maximum resistance of conductor at 20 °C		
	Circular, annealed copper conductors		Aluminium and aluminium alloy conductors, circular or shaped ^c
	Plain	Metal-Coated	
	Ω/km	Ω/km	Ω/km
0,5	36,0	36,7	-
0,75	24,5	24,8	-
1,0	18,1	18,2	-
1,5	12,1	12,2	-
2,5	7,41	7,56	-
4	4,61	4,70	-
6	3,08	3,11	-
10	1,83	1,84	3,08 ^a
16	1,15	1,16	1,91 ^a
25	0,727 ^b	-	1,20 ^a
35	0,524 ^b	-	0,868 ^a
50	0,387 ^b	-	0,641
70	0,268 ^b	-	0,443
95	0,193 ^b	-	0,320 ^d
120	0,153 ^b	-	0,253 ^d
150	0,124 ^b	-	0,206 ^d
185	0,101 ^b	-	0,164 ^d
240	0,0775 ^b	-	0,125 ^d
300	0,0620 ^b	-	0,100 ^d
400	0,0465 ^b	-	0,0778
500	-	-	0,0605
630	-	-	0,0469
800	-	-	0,0367
1 000	-	-	0,0291
1 200	-	-	0,0247

^a Aluminium conductors 10 mm² to 35 mm² circular only; see 5.1.1 c).

^b See note to 5.1.1 b).

^c See note to 5.1.2.

^d For single core cables, four sectoral shaped conductors may be assembled into a single circular conductor. The maximum resistance of the assembled conductor shall be 25 % of that of the individual component conductors.

Table 2 – Class 2 stranded conductors for single-core and multi-core cables

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nominal cross-sectional area mm ²	Minimum number of wires in the conductor						Maximum resistance of conductor at 20°C		
	Circular		Circular compacted		Shaped		Annealed copper conductor		Aluminium or aluminium alloy conductor ^c Ω/km
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Plain wires Ω/km	Metal-coated wires Ω/km	
0,5	7	-	-	-	-	-	36,0	36,7	-
0,75	7	-	-	-	-	-	24,5	24,8	-
1,0	7	-	-	-	-	-	18,1	18,2	-
1,5	7	-	6	-	-	-	12,1	12,2	-
2,5	7	-	6	-	-	-	7,41	7,56	-
4	7	-	6	-	-	-	4,61	4,70	-
6	7	-	6	-	-	-	3,08	3,11	-
10	7	7	6	6	-	-	1,83	1,84	3,08
16	7	7	6	6	-	-	1,15	1,16	1,91
25	7	7	6	6	6	6	0,727	0,734	1,20
35	7	7	6	6	6	6	0,524	0,529	0,868
50	19	19	6	6	6	6	0,387	0,391	0,641
70	19	19	12	12	12	12	0,268	0,270	0,443
95	19	19	15	15	15	15	0,193	0,195	0,320
120	37	37	18	15	18	15	0,153	0,154	0,253
150	37	37	18	15	18	15	0,124	0,126	0,206
185	37	37	30	30	30	30	0,0991	0,100	0,164
240	37	37	34	30	34	30	0,0754	0,0762	0,125
300	61	61	34	30	34	30	0,0601	0,0607	0,100
400	61	61	53	53	53	53	0,0470	0,0475	0,0778
500	61	61	53	53	53	53	0,0366	0,0369	0,0605
630	91	91	53	53	53	53	0,0283	0,0286	0,0469
800	91	91	53	53	-	-	0,0221	0,0224	0,0367
1 000	91	91	53	53	-	-	0,0176	0,0177	0,0291
1 200	b						0,0151	0,0151	0,0247
1 400 ^a	b						0,0129	0,0129	0,0212
1 600	b						0,0113	0,0113	0,0186
1 800 ^a	b						0,0101	0,0101	0,0165
2 000	b						0,0090	0,0090	0,0149
2 500	b						0,0072	0,0072	0,0127
^a These sizes are non-preferred. Other non-preferred sizes are recognized for some specialized applications but are not within the scope of this standard.									
^b The minimum number of wires for these sizes is not specified. These sizes may be constructed from 4, 5 or 6 equal segments (Milliken).									
^c For stranded aluminium alloy conductors having the same nominal cross-sectional area as an aluminium conductor the resistance value should be agreed between the manufacturer and the purchaser.									

Table 3 – Class 5 flexible copper conductors for single core and multi-core cables

1	2	3	4
Nominal cross-sectional area mm ²	Maximum diameter of wires in conductor mm	Maximum resistance of conductor at 20 °C	
		Plain wires Ω/km	Metal-coated wires Ω/km
0,5	0,21	39,0	40,1
0,75	0,21	26,0	26,7
1,0	0,21	19,5	20,0
1,5	0,26	13,3	13,7
2,5	0,26	7,98	8,21
4	0,31	4,95	5,09
6	0,31	3,30	3,39
10	0,41	1,91	1,95
16	0,41	1,21	1,24
25	0,41	0,780	0,795
35	0,41	0,554	0,565
50	0,41	0,386	0,393
70	0,51	0,272	0,277
95	0,51	0,206	0,210
120	0,51	0,161	0,164
150	0,51	0,129	0,132
185	0,51	0,106	0,108
240	0,51	0,0801	0,0817
300	0,51	0,0641	0,0654
400	0,51	0,0486	0,0495
500	0,61	0,0384	0,0391
630	0,61	0,0287	0,0292

Table 4 – Class 6 flexible copper conductors for single-core and multi-core cables

1	2	3	4
Nominal cross-sectional area mm ²	Maximum diameter of wires in conductor mm	Maximum resistance of conductor at 20 °C	
		Plain wires Ω/km	Metal-coated wires Ω/km
0,5	0,16	39,0	40,1
0,75	0,16	26,0	26,7
1,0	0,16	19,5	20,0
1,5	0,16	13,3	13,7
2,5	0,16	7,98	8,21
4	0,16	4,95	5,09
6	0,21	3,30	3,39
10	0,21	1,91	1,95
16	0,21	1,21	1,24
25	0,21	0,780	0,795
35	0,21	0,554	0,565
50	0,31	0,386	0,393
70	0,31	0,272	0,277
95	0,31	0,206	0,210
120	0,31	0,161	0,164
150	0,31	0,129	0,132
185	0,41	0,106	0,108
240	0,41	0,0801	0,0817
300	0,41	0,0641	0,0654

Annex A (normative)

Measurement of resistance

The cable shall be kept in the test area for sufficient time to ensure that the conductor temperature has reached a level which permits an accurate determination of resistance using the correction factors provided.

Measure the d.c. resistance of the conductor(s), either on a complete length of cable or flexible cord or on a sample of cable or flexible cord of at least 1 m in length, at room temperature and record the temperature at which the measurement is made. Adjust the measured resistance by means of the correction factors given in Table A.1.

Calculate the resistance per kilometre length of cable from the length of the complete cable and not from the length of the individual core or wires.

If necessary, correction to 20 °C and 1 km length shall be made by applying the following formula:

$$R_{20} = R_t \times k_t \times \frac{1\,000}{L}$$

where

k_t is the temperature correction factor from Table A.1;

R_{20} is the conductor resistance at 20 °C, in Ω/km ;

R_t is the measured conductor resistance, in Ω ;

L is the length of the cable, in m.

**Table A.1 – Temperature correction factors k_t for conductor resistance
to correct the measured resistance at t °C to 20 °C**

1	2	1	2
Temperature of conductor at time of measurement t °C	Correction factor, k_t All conductors	Temperature of conductor at time of measurement t °C	Correction factor, k_t All conductors
0	1,087	21	0,996
1	1,082	22	0,992
2	1,078	23	0,988
3	1,073	24	0,984
4	1,068	25	0,980
5	1,064	26	0,977
6	1,059	27	0,973
7	1,055	28	0,969
8	1,050	29	0,965
9	1,046	30	0,962
10	1,042	31	0,958
11	1,037	32	0,954
12	1,033	33	0,951
13	1,029	34	0,947
14	1,025	35	0,943
15	1,020	36	0,940
16	1,016	37	0,936
17	1,012	38	0,933
18	1,008	39	0,929
19	1,004	40	0,926
20	1,000		
NOTE The values of correction factors k_t are based on a resistance-temperature coefficient of 0,004 per K at 20 °C. The values of temperature correction factors specified in column 2 are approximate but give practical values well within the accuracy that can normally be achieved in the measurements of conductor temperature and length of cables or flexible cords. For more accurate values for the temperature correction factors for copper and aluminium, reference should be made to Annex B. However, these should not be treated as a requirement for testing in compliance with this standard in the assessment of resistances.			

Annex B (informative)

Exact formulae for the temperature correction factors

a) Annealed copper conductors: plain or metal coated

$$k_{t,Cu} = \frac{254,5}{234,5 + t} = \frac{1}{1 + 0,00393(t - 20)}$$

b) Aluminium conductors

$$k_{t,Al} = \frac{248}{228 + t} = \frac{1}{1 + 0,00403(t - 20)}$$

NOTE For aluminium alloys, reference should be made to the manufacturer.

In all the above cases, t refers to the temperature of the conductor at the time of measurement in degrees Celsius.

Annex C (informative)

Guidance on the dimensional limits of circular conductors

C.1 Object

This annex is intended as a guide to manufacturers of cables and cable connectors to assist in ensuring that the conductors and connectors are dimensionally compatible. It gives guidance on dimensional limits for the following types of conductor included in this standard:

- a) circular solid conductors, (class 1) of copper, aluminium and aluminium alloy;
- b) circular and compacted circular stranded conductors, (class 2), of copper, aluminium and aluminium alloy.
- c) flexible conductors, (classes 5 and 6), of copper.

C.2 Dimensional limits for circular copper conductors

The diameters of circular copper conductors should not exceed the values given in Table C.1.

If minimum diameters for class 1 circular copper conductors are needed, reference can be made to the minimum diameters for solid circular aluminium or aluminium alloy conductors indicated in Table C.3.

C.3 Dimensional limits for stranded compacted circular copper, aluminium and aluminium alloy conductors

The diameters of stranded compacted circular copper, aluminium and aluminium alloy conductors should not exceed the maximum values and should be not less than the minimum values given in Table C.2.

In the exceptional case of uncompacted circular stranded aluminium or aluminium alloy conductors the maximum diameters should not exceed the corresponding values for copper conductors given in column 3 of Table C.1.

C.4 Dimensional limits for circular solid aluminium conductors

The diameters of circular solid aluminium and aluminium alloy conductors should not exceed the maximum values and should be not less than the minimum values given in Table C.3.

Table C.1 – Maximum diameters of circular copper conductors – solid, non-compacted stranded and flexible

1	2	3	4
Cross sectional area mm ²	Conductors in cables for fixed installations		Flexible conductors (Classes 5 and 6) mm
	Solid (Class 1) mm	Stranded (Class 2) mm	
0,5	0,9	1,1	1,1
0,75	1,0	1,2	1,3
1,0	1,2	1,4	1,5
1,5	1,5	1,7	1,8
2,5	1,9	2,2	2,4
4	2,4	2,7	3,0
6	2,9	3,3	3,9
10	3,7	4,2	5,1
16	4,6	5,3	6,3
25 ^a	5,7	6,6	7,8
35 ^a	6,7	7,9	9,2
50 ^a	7,8	9,1	11,0
70 ^a	9,4	11,0	13,1
95 ^a	11,0	12,9	15,1
120 ^a	12,4	14,5	17,0
150 ^a	13,8	16,2	19,0
185	15,4	18,0	21,0
240	17,6	20,6	24,0
300	19,8	23,1	27,0
400	22,2	26,1	31,0
500	-	29,2	35,0
630	-	33,2	39,0
800	-	37,6	-
1 000	-	42,2	-
NOTE The values given for flexible conductors are intended to allow for both class 5 and class 6 conductors.			
^a See 5.1.1 b).			

Table C.2 – Minimum and maximum diameters of stranded compacted circular copper, aluminium and aluminium alloy conductors

1	2	3
Cross-sectional area mm ²	Stranded compacted circular conductors (Class 2)	
	Minimum diameter mm	Maximum diameter mm
10	3,6	4,0
16	4,6	5,2
25	5,6	6,5
35	6,6	7,5
50	7,7	8,6
70	9,3	10,2
95	11,0	12,0
120	12,3	13,5
150	13,7	15,0
185	15,3	16,8
240	17,6	19,2
300	19,7	21,6
400	22,3	24,6
500	25,3	27,6
630	28,7	32,5
NOTE 1 The dimensional limits of aluminium conductors with cross-sectional areas above 630 mm ² are not given as the compaction technology is not generally established.		
NOTE 2 No values are given for compacted copper conductors in the size range 1,5 mm ² to 6 mm ² .		

Table C.3 – Minimum and maximum diameters of solid circular aluminium conductors

1	2	3
Cross-sectional area mm ²	Solid conductors (class 1)	
	Minimum mm	Maximum mm
10	3,4	3,7
16	4,1	4,6
25	5,2	5,7
35	6,1	6,7
50	7,2	7,8
70	8,7	9,4
95	10,3	11,0
120	11,6	12,4
150	12,9	13,8
185	14,5	15,4
240	16,7	17,6
300	18,8	19,8
400	21,2	22,2
500	24,0	25,1
630	27,3	28,4
800	30,9	32,1
1 000	34,8	36,0
1 200	37,8	39,0

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	21
INTRODUCTION.....	23
1 Domaine d'application	24
2 Termes et définitions	24
3 Classification	24
4 Matériaux	25
4.1 Introduction	25
4.2 Âmes massives en aluminium.....	25
4.3 Âmes câblées circulaires et sectorales en aluminium.	25
5 Âmes massives et câblées	25
5.1 Âmes massives (classe 1)	25
5.1.1 Construction	25
5.1.2 Résistance	26
5.2 Âmes câblées de section circulaire, non rétreintes (classe 2)	26
5.2.1 Construction	26
5.2.2 Résistance	26
5.3 Âmes câblées rétreintes de section circulaire et âmes sectorales câblées (classe 2)	26
5.3.1 Construction	26
5.3.2 Résistance	26
6 Âmes souples (classes 5 et 6)	26
6.1 Construction	26
6.2 Résistance	27
7 Contrôle de la conformité aux Articles 5 et 6.....	27
Annexe A (normative) Mesure de la résistance	31
Annexe B (informative) Formules exactes pour les facteurs de correction de température	33
Annexe C (informative) Guide pour les limites dimensionnelles des âmes circulaires.....	34

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÂMES DES CÂBLES ISOLÉS

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme Internationale CEI 60228 a été établie par le comité d'études 20 de la CEI: Câbles électriques.

Cette troisième édition annule et remplace la CEI 60228 (1978), son amendement 1 (1993) et son premier complément, la CEI 60228A (1982).

Les principaux changements par rapport à l'édition précédente sont les suivants:

- a) l'incorporation des éléments contenus dans la CEI 60228A;
- b) l'ajout d'une définition de la section nominale;
- c) une extension de la gamme des sections d'âmes dans les Tableaux 1 et 2;
- d) l'introduction d'une note précisant que les âmes massives en alliage d'aluminium ayant les mêmes dimensions que les âmes en aluminium auront une résistance plus élevée;
- e) un renforcement des recommandations concernant les limites dimensionnelles des âmes câblées rétreintes en cuivre.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
20/718/FDIS	20/737/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 conformément aux Directives ISO/IEC, Partie 2.

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

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

Les dimensions des âmes, décrites dans la CEI 60228, sont spécifiées dans le système métrique. Actuellement, le Canada utilise pour les dimensions et les caractéristiques des âmes le système américain AWG (Âmerican Wire Gauge) et kcmil pour les dimensions plus grandes, comme décrit ci-dessous. L'utilisation de ces dimensions est couramment prescrite par les réglementations des provinces pour les installations électriques à travers tout le Canada. Les normes de produit du TC 20 de la CEI ne prescrivent pas de câbles avec des âmes AWG/kcmil.

AWG				kcmil			
Dimension de l'âme	Section nominale mm ²	Dimension de l'âme	Section nominale mm ²	Dimension de l'âme	Section nominale mm ²	Dimension de l'âme	Section nominale mm ²
-	-	-	-	250	127	750	380
-	-	-	-	300	152	800	405
20	0,519	4	21,2	350	177	900	456
18	0,823	3	26,7	400	203	1000	507
16	1,31	2	33,6	450	228	1200	608
14	2,08	1	42,4	500	253	1250	633
12	3,31	1/0	53,5	550	279	1500	760
10	5,26	2/0	67,4	600	304	1750	887
8	8,37	3/0	85,0	650	329	2000	1010
6	13,3	4/0	107	700	355	-	-

INTRODUCTION

La CEI 60228 est destinée à servir de norme de référence de base aux Comités d'Etudes de la CEI et aux Comités Nationaux pour l'établissement des normes des câbles électriques ainsi qu'aux Comités Nationaux pour l'établissement des spécifications à utiliser dans leur propre pays. Ces Comités devront choisir, dans les tableaux de cette norme générale, les âmes qui conviennent aux utilisations particulières envisagées et, soit inclure les détails applicables dans leurs spécifications de câbles, soit faire référence à cette norme.

Les objectifs principaux, dans la préparation de cette édition, ont été d'intégrer la CEI 60228A et de conserver une norme simple, mais néanmoins instructive, dans la mesure où cela restait compatible avec les considérations techniques et économiques.

ÂMES DES CâBLES ISOLÉS

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les sections nominales, dans la plage de 0,5 mm² à 2 500 mm², des âmes des conducteurs et des câbles électriques de puissance, dans une large gamme de spécifications. Des exigences sur le nombre et le diamètre des brins et les valeurs de résistance sont également incluses. Les âmes concernées sont les âmes massives et câblées, en cuivre, en aluminium et en alliage d'aluminium, destinées aux câbles pour installations fixes et les âmes en cuivre pour conducteurs souples.

Cette norme ne s'applique pas aux conducteurs de télécommunication.

L'applicabilité de cette norme à un type de câble particulier est précisée dans la norme relative à ce type de câble.

Sauf indication contraire dans un article particulier, cette norme porte sur les âmes des câbles terminés, et non sur les âmes seules ou fournies pour la fabrication d'un câble.

Des annexes informatives sont incluses, donnant des informations complémentaires sur les facteurs de correction de température à utiliser dans les mesures de résistance (Annexe B) et les limites dimensionnelles des âmes circulaires (Annexe C).

2 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

2.1

revêtu d'une couche métallique

revêtu d'une fine couche d'un métal approprié, tel que l'étain ou un alliage d'étain

2.2

section nominale

valeur identifiant une taille particulière d'âme mais qui ne peut pas être l'objet d'une mesure directe

NOTE A chaque taille particulière d'âme de cette norme correspond une exigence sur la valeur maximale de la résistance.

3 Classification

Les âmes sont réparties en quatre classes, 1, 2, 5 et 6. Celles des classes 1 et 2 sont destinées aux câbles pour installations fixes. Les classes 5 et 6 sont destinées aux câbles et conducteurs souples mais peuvent aussi être utilisées pour des installations fixes.

- Classe 1: âmes massives.
- Classe 2: âmes câblées.
- Classe 5: âmes souples.
- Classe 6: âmes souples, de souplesse supérieure à celle des âmes de la classe 5.

4 Matériaux

4.1 Introduction

Les âmes doivent appartenir à l'une des catégories suivantes:

- en cuivre recuit, nu ou revêtu d'une couche métallique;
- en aluminium ou alliage d'aluminium.

4.2 Âmes massives en aluminium

Les âmes massives en aluminium, de section circulaire et sectorale, doivent utiliser un aluminium tel que la résistance à la traction de l'âme terminée se trouve dans les limites suivantes:

Section nominale mm ²	Résistance à la traction N/mm ²
10 et 16	110 à 165
25 et 35	60 à 130
50	60 à 110
70 et au-dessus	60 à 90

NOTE Les valeurs données ci-dessus ne s'appliquent pas aux âmes en alliage d'aluminium.

4.3 Âmes câblées circulaires et sectorales en aluminium

Les âmes câblées en aluminium doivent utiliser un aluminium tel que la résistance à la traction des fils individuels se trouve dans les limites suivantes:

Section nominale mm ²	Résistance à la traction N/mm ²
10	Inférieure à 200
16 et au-dessus	125 à 205

NOTE 1 Les valeurs données ci-dessus ne s'appliquent pas aux âmes en alliage d'aluminium.

NOTE 2 Ces valeurs peuvent être contrôlées uniquement sur des fils avant câblage et ne peuvent l'être sur des fils prélevés dans une âme câblée.

5 Âmes massives et câblées

5.1 Âmes massives (classe 1)

5.1.1 Construction

- a) Les âmes massives (classe 1) doivent utiliser l'un des matériaux spécifiés à l'Article 4.
- b) Les âmes massives en cuivre doivent être de section circulaire.

NOTE Les âmes massives de section nominale supérieure ou égale à 25 mm² sont destinées à des types particuliers de câbles, par exemple à isolation minérale, et non à des câbles d'usage général.

- c) Les âmes massives en aluminium et alliage d'aluminium de section comprise entre 10 mm² et 35 mm² doivent être circulaires. Les âmes de section supérieure doivent être à section circulaire pour les câbles monoconducteurs mais peuvent être soit circulaires soit sectorales pour les câbles multiconducteurs.

5.1.2 Résistance

La résistance à 20 °C de chaque âme, déterminée conformément à l'Article 7, ne doit pas dépasser la valeur maximale spécifiée au Tableau 1.

NOTE Pour les âmes massives en alliage d'aluminium, de même section nominale qu'une âme en aluminium, il convient que la résistance donnée au Tableau 1 soit multipliée par un facteur 1,162, à moins d'un accord dérogatoire entre le fabricant et l'acheteur.

5.2 Âmes câblées de section circulaire, non rétreintes (classe 2)

5.2.1 Construction

- a) Les âmes câblées de section circulaire, non rétreintes (classe 2) doivent utiliser l'un des matériaux spécifiés à l'Article 4.
- b) Les âmes câblées en aluminium ou alliage d'aluminium doivent avoir une section nominale d'au moins 10 mm².
- c) Les brins de chaque âme doivent tous avoir le même diamètre nominal.
- d) Le nombre de brins de chaque âme doit être au moins égal au nombre minimal spécifié au Tableau 2.

5.2.2 Résistance

La résistance à 20 °C de chaque âme, déterminée conformément à l'Article 7, ne doit pas dépasser la valeur maximale spécifiée au Tableau 2.

5.3 Âmes câblées rétreintes de section circulaire et âmes sectorales câblées (classe 2)

5.3.1 Construction

- a) Les âmes câblées rétreintes de section circulaire et les âmes sectorales câblées (classe 2) doivent utiliser l'un des matériaux spécifiés à l'Article 4. Les âmes câblées rétreintes de section circulaire en aluminium ou alliage d'aluminium doivent avoir une section nominale d'au moins 10 mm². Les âmes câblées de section sectorale en cuivre, aluminium ou alliage d'aluminium, doivent avoir une section nominale d'au moins 25 mm².
- b) Le rapport entre les diamètres de deux brins différents d'une même âme ne doit pas dépasser 2.
- c) Le nombre de brins de chaque âme doit être au moins égal au nombre minimal spécifié au Tableau 2.

NOTE Cette exigence concerne les âmes fabriquées avec des fils de section circulaire avant compactage et ne s'applique pas aux âmes réalisées avec des fils préformés.

5.3.2 Résistance

La résistance à 20 °C de chaque âme, déterminée conformément à l'Article 7, ne doit pas dépasser la valeur maximale spécifiée au Tableau 2.

6 Âmes souples (classes 5 et 6)

6.1 Construction

- a) Les âmes souples (classes 5 et 6) doivent être en cuivre recuit nu ou revêtu d'une couche métallique.
- b) Les brins de chaque âme doivent tous avoir le même diamètre nominal.
- c) Le diamètre des brins de chaque âme ne doit pas dépasser la valeur maximale spécifiée aux Tableaux 3 et 4.

6.2 Résistance

La résistance à 20 °C de chaque âme, déterminée conformément à l'Article 7, ne doit pas dépasser la valeur maximale spécifiée aux Tableaux 3 et 4.

7 Contrôle de la conformité aux Articles 5 et 6

La conformité aux exigences de 5.1.1, 5.2.1, 5.3.1 et 6.1 doit être vérifiée sur le câble complet par examen et, lorsque cela est possible, par mesure.

La conformité aux exigences, concernant la résistance, données en 5.1.2, 5.2.2, 5.3.2 et 6.2 doit être vérifiée par une mesure réalisée conformément à l'Annexe A et corrigée en fonction de la température à l'aide des facteurs du Tableau A.1.

Tableau 1 – Âmes massives de classe 1 pour câbles monoconducteurs et multiconducteurs

1	2	3	4
Section nominale mm ²	Résistance maximale de l'âme à 20 °C		
	Âmes circulaires en cuivre recuit		Âmes en aluminium et alliage d'aluminium, circulaires ou sectoriales ^c
	Nu Ω/km	Revêtu d'une couche métallique Ω/km	
0,5	36,0	36,7	-
0,75	24,5	24,8	-
1,0	18,1	18,2	-
1,5	12,1	12,2	-
2,5	7,41	7,56	-
4	4,61	4,70	-
6	3,08	3,11	-
10	1,83	1,84	3,08 ^a
16	1,15	1,16	1,91 ^a
25	0,727 ^b	-	1,20 ^a
35	0,524 ^b	-	0,868 ^a
50	0,387 ^b	-	0,641
70	0,268 ^b	-	0,443
95	0,193 ^b	-	0,320 ^d
120	0,153 ^b	-	0,253 ^d
150	0,124 ^b	-	0,206 ^d
185	0,101 ^b	-	0,164 ^d
240	0,0775 ^b	-	0,125 ^d
300	0,0620 ^b	-	0,100 ^d
400	0,0465 ^b	-	0,0778
500	-	-	0,0605
630	-	-	0,0469
800	-	-	0,0367
1 000	-	-	0,0291
1 200	-	-	0,0247

^a Âmes en aluminium, de 10 mm² à 35 mm², uniquement circulaires; se référer à 5.1.1 c).

^b Se référer à la note de 5.1.1 b).

^c Se référer à la note de 5.1.2.

^d Pour les câbles monoconducteurs, quatre âmes sectoriales préformées peuvent être assemblées pour former une âme circulaire. La résistance de l'âme assemblée doit être au maximum égale à 25 % de la valeur de chacun des éléments préformés.

Tableau 2 – Âmes câblées de classe 2 pour câbles monoconducteurs et multiconducteurs

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Section nominale mm ²	Nombre minimal de brins de l'âme						Résistance maximale de l'âme à 20°C		
	Circulaire		Circulaire rétreinte		Sectorale		Âme en cuivre recuit		Âme en aluminium ou alliage d'aluminium ^c Ω/km
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Brins nus Ω/km	Brins revêtus d'une couche métallique Ω/km	
0,5	7	-	-	-	-	-	36,0	36,7	-
0,75	7	-	-	-	-	-	24,5	24,8	-
1,0	7	-	-	-	-	-	18,1	18,2	-
1,5	7	-	6	-	-	-	12,1	12,2	-
2,5	7	-	6	-	-	-	7,41	7,56	-
4	7	-	6	-	-	-	4,61	4,70	-
6	7	-	6	-	-	-	3,08	3,11	-
10	7	7	6	6	-	-	1,83	1,84	3,08
16	7	7	6	6	-	-	1,15	1,16	1,91
25	7	7	6	6	6	6	0,727	0,734	1,20
35	7	7	6	6	6	6	0,524	0,529	0,868
50	19	19	6	6	6	6	0,387	0,391	0,641
70	19	19	12	12	12	12	0,268	0,270	0,443
95	19	19	15	15	15	15	0,193	0,195	0,320
120	37	37	18	15	18	15	0,153	0,154	0,253
150	37	37	18	15	18	15	0,124	0,126	0,206
185	37	37	30	30	30	30	0,0991	0,100	0,164
240	37	37	34	30	34	30	0,0754	0,0762	0,125
300	61	61	34	30	34	30	0,0601	0,0607	0,100
400	61	61	53	53	53	53	0,0470	0,0475	0,0778
500	61	61	53	53	53	53	0,0366	0,0369	0,0605
630	91	91	53	53	53	53	0,0283	0,0286	0,0469
800	91	91	53	53	-	-	0,0221	0,0224	0,0367
1 000	91	91	53	53	-	-	0,0176	0,0177	0,0291
1 200	b						0,0151	0,0151	0,0247
1 400 ^a	b						0,0129	0,0129	0,0212
1 600	b						0,0113	0,0113	0,0186
1 800 ^a	b						0,0101	0,0101	0,0165
2 000	b						0,0090	0,0090	0,0149
2 500	b						0,0072	0,0072	0,0127

^a Ces sections ne sont pas préférentielles. D'autres sections non préférentielles sont admises pour des applications spécifiques mais ne sont pas dans le domaine d'application de cette norme.

^b Le nombre minimal de brins, pour ces sections, n'est pas spécifié. Ces sections peuvent être constituées à partir de 4, 5 ou 6 segments identiques (Milliken).

^c Pour les âmes câblées en alliage d'aluminium ayant la même section nominale qu'une âme en aluminium, il est recommandé que la valeur de la résistance fasse l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

**Tableau 3 – Âmes souples de classe 5 pour câbles monoconducteurs
et multiconducteurs**

1	2	3	4
Section nominale mm ²	Diamètre maximal des brins de l'âme mm	Résistance maximale de l'âme à 20 °C	
		Brins nus Ω/km	Brins revêtus d'une couche métallique Ω/km
0,5	0,21	39,0	40,1
0,75	0,21	26,0	26,7
1,0	0,21	19,5	20,0
1,5	0,26	13,3	13,7
2,5	0,26	7,98	8,21
4	0,31	4,95	5,09
6	0,31	3,30	3,39
10	0,41	1,91	1,95
16	0,41	1,21	1,24
25	0,41	0,780	0,795
35	0,41	0,554	0,565
50	0,41	0,386	0,393
70	0,51	0,272	0,277
95	0,51	0,206	0,210
120	0,51	0,161	0,164
150	0,51	0,129	0,132
185	0,51	0,106	0,108
240	0,51	0,0801	0,0817
300	0,51	0,0641	0,0654
400	0,51	0,0486	0,0495
500	0,61	0,0384	0,0391
630	0,61	0,0287	0,0292

Table 4 – Âmes souples de classe 6 pour câbles monoconducteurs et multiconducteurs

1	2	3	4
Section nominale mm ²	Diamètre maximal des brins de l'âme mm	Résistance maximale de l'âme à 20 °C	
		Brins nus Ω/km	Brins revêtus d'une couche métallique Ω/km
0,5	0,16	39,0	40,1
0,75	0,16	26,0	26,7
1,0	0,16	19,5	20,0
1,5	0,16	13,3	13,7
2,5	0,16	7,98	8,21
4	0,16	4,95	5,09
6	0,21	3,30	3,39
10	0,21	1,91	1,95
16	0,21	1,21	1,24
25	0,21	0,780	0,795
35	0,21	0,554	0,565
50	0,31	0,386	0,393
70	0,31	0,272	0,277
95	0,31	0,206	0,210
120	0,31	0,161	0,164
150	0,31	0,129	0,132
185	0,41	0,106	0,108
240	0,41	0,0801	0,0817
300	0,41	0,0641	0,0654

Annexe A (normative)

Mesure de la résistance

Le câble doit être maintenu dans la station d'essai un temps suffisamment long pour que le conducteur ait atteint une température permettant une détermination précise de la résistance, en utilisant les facteurs de correction fournis.

Mesurer la résistance en courant continu du ou des conducteurs, soit sur une longueur complète de câble ou de conducteur, soit sur un échantillon de câble ou de conducteur d'au moins 1 m de long, à température ambiante, et enregistrer la température à laquelle la mesure est effectuée. Ajuster la résistance mesurée au moyen des facteurs de correction donnés au Tableau A.1.

Calculer la résistance par kilomètre de câble à partir de la longueur du câble complet et non à partir de la longueur des âmes individuelles ou des brins.

Si nécessaire, la correction à effectuer pour ramener la mesure de la résistance à 20 °C et à 1 km, doit être réalisée en utilisant la formule suivante:

$$R_{20} = R_t \times k_t \times \frac{1\,000}{L}$$

où

k_t est le facteur de correction de température donné au Tableau A.1;

R_{20} est la résistance de l'âme à 20 °C, en Ω/km ;

R_t est la résistance de l'âme mesurée, en Ω ;

L est la longueur du câble, en m.

**Tableau A.1 – Facteurs de correction de température k_t , pour ramener à 20 °C
la résistance mesurée à t °C**

1	2	1	2
Température de l'âme à l'instant de la mesure t °C	Facteur de correction, k_t Toutes âmes	Température de l'âme à l'instant de la mesure t °C	Facteur de correction, k_t Toutes âmes
0	1,087	21	0,996
1	1,082	22	0,992
2	1,078	23	0,988
3	1,073	24	0,984
4	1,068	25	0,980
5	1,064	26	0,977
6	1,059	27	0,973
7	1,055	28	0,969
8	1,050	29	0,965
9	1,046	30	0,962
10	1,042	31	0,958
11	1,037	32	0,954
12	1,033	33	0,951
13	1,029	34	0,947
14	1,025	35	0,943
15	1,020	36	0,940
16	1,016	37	0,936
17	1,012	38	0,933
18	1,008	39	0,929
19	1,004	40	0,926
20	1,000		

NOTE Les valeurs du facteur de correction k_t supposent un coefficient de variation de la résistance en fonction de la température de 0,004 par K à 20 °C.

Les valeurs du facteur de correction spécifiées dans la colonne 2 sont approximatives mais donnent des valeurs pratiques dont la précision est en accord avec celle que l'on peut normalement obtenir dans les mesures de température et de longueur des conducteurs ou câbles.

Pour obtenir des valeurs plus précises du facteur de correction de température pour le cuivre et l'aluminium, il convient, en principe, de se référer à l'Annexe B. Cependant, il convient de ne pas prendre ces valeurs comme une exigence dans les essais réalisés conformément à cette norme pour vérifier les résistances.

Annexe B (informative)

Formules exactes pour les facteurs de correction de température

a) Âmes en cuivre recuit: nu ou revêtu d'une couche métallique

$$k_{t,Cu} = \frac{254,5}{234,5 + t} = \frac{1}{1 + 0,00393(t - 20)}$$

b) Âmes en aluminium

$$k_{t,Al} = \frac{248}{228 + t} = \frac{1}{1 + 0,00403(t - 20)}$$

NOTE Pour les alliages d'aluminium, il convient, en principe, de se référer au fabricant.

Dans tous les cas ci-dessus, t désigne la température du conducteur à l'instant de la mesure en degrés Celsius.

Annexe C (informative)

Indications pour les limites dimensionnelles des âmes circulaires

C.1 Objet

Cette annexe est destinée à servir de guide pour les fabricants de câbles et de connexions de câbles pour contribuer à assurer la compatibilité dimensionnelle des connecteurs et des âmes. Elle donne des indications sur les limites dimensionnelles des types suivants d'âmes compris dans la présente norme:

- a) âmes massives circulaires (classe 1) en cuivre, aluminium et alliage d'aluminium;
- b) âmes câblées circulaires et circulaires rétreintes (classe 2), en cuivre, aluminium et alliage d'aluminium;
- c) âmes souples (classes 5 et 6), en cuivre.

C.2 Limites dimensionnelles pour les âmes circulaires en cuivre

Il est recommandé, en principe, que les diamètres des âmes circulaires en cuivre ne dépassent pas les valeurs données au Tableau C.1.

Si l'on a besoin des diamètres minimaux pour les âmes circulaires en cuivre de la classe 1, on peut faire référence aux diamètres minimaux donnés au Tableau C.3, pour les âmes circulaires massives en aluminium ou alliage d'aluminium.

C.3 Limites dimensionnelles pour les âmes câblées rétreintes en cuivre, aluminium et alliage d'aluminium

Il est recommandé, en principe, que les diamètres des âmes câblées circulaires rétreintes en cuivre, aluminium ou alliage d'aluminium ne dépassent pas les valeurs maximales ni ne soient inférieurs aux valeurs minimales données au Tableau C.2.

Dans le cas exceptionnel des âmes câblées circulaires non rétreintes en aluminium ou alliage d'aluminium, il convient, en principe, que les diamètres maximaux ne dépassent pas les valeurs maximales données à la colonne 3 du Tableau C.1 pour des âmes en cuivre.

C.4 Limites dimensionnelles pour les âmes circulaires massives en aluminium

Les diamètres des âmes circulaires massives, en aluminium ou alliage d'aluminium ne doivent pas, en principe, dépasser les valeurs maximales ni être inférieurs aux valeurs minimales données au Tableau C.3.

**Tableau C.1 – Diamètres maximaux des âmes circulaires en cuivre –
massives, câblées non rétreintes et souples**

1	2	3	4
Section mm ²	Âmes des câbles pour installations fixes		Âmes souples (Classes 5 and 6) mm
	Massive (Classe 1) mm	Câblée (Classe 2) mm	
0,5	0,9	1,1	1,1
0,75	1,0	1,2	1,3
1,0	1,2	1,4	1,5
1,5	1,5	1,7	1,8
2,5	1,9	2,2	2,4
4	2,4	2,7	3,0
6	2,9	3,3	3,9
10	3,7	4,2	5,1
16	4,6	5,3	6,3
25 ^a	5,7	6,6	7,8
35 ^a	6,7	7,9	9,2
50 ^a	7,8	9,1	11,0
70 ^a	9,4	11,0	13,1
95 ^a	11,0	12,9	15,1
120 ^a	12,4	14,5	17,0
150 ^a	13,8	16,2	19,0
185	15,4	18,0	21,0
240	17,6	20,6	24,0
300	19,8	23,1	27,0
400	22,2	26,1	31,0
500	-	29,2	35,0
630	-	33,2	39,0
800	-	37,6	-
1 000	-	42,2	-
NOTE Les valeurs données pour les âmes souples sont déterminées pour s'appliquer à la fois aux âmes de classe 5 et aux âmes de classe 6.			
^a Voir 5.1.1 b).			

Tableau C.2 – Diamètres minimaux et maximaux des âmes câblées rétreintes circulaires en cuivre, en aluminium et alliage d'aluminium

1	2	3
Section mm ²	Âmes câblées rétreintes circulaires (Classe 2)	
	Diamètre minimal mm	Diamètre maximal mm
10	3,6	4,0
16	4,6	5,2
25	5,6	6,5
35	6,6	7,5
50	7,7	8,6
70	9,3	10,2
95	11,0	12,0
120	12,3	13,5
150	13,7	15,0
185	15,3	16,8
240	17,6	19,2
300	19,7	21,6
400	22,3	24,6
500	25,3	27,6
630	28,7	32,5

NOTE 1 Les limites dimensionnelles des âmes en aluminium de section supérieure à 630 mm² ne sont pas données car la technique de compactage n'est pas universellement définie.

NOTE 2 Aucune valeur n'est donnée pour les âmes en cuivre rétreintes dans la gamme de 1,5 mm² à 6 mm².

Tableau C.3 – Diamètres minimaux et maximaux des âmes circulaires massives en aluminium

1	2	3
Section mm ²	Âmes massives (classe 1)	
	Minimum mm	Maximum mm
10	3,4	3,7
16	4,1	4,6
25	5,2	5,7
35	6,1	6,7
50	7,2	7,8
70	8,7	9,4
95	10,3	11,0
120	11,6	12,4
150	12,9	13,8
185	14,5	15,4
240	16,7	17,6
300	18,8	19,8
400	21,2	22,2
500	24,0	25,1
630	27,3	28,4
800	30,9	32,1
1 000	34,8	36,0
1 200	37,8	39,0

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
P.O. Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch