

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Conductors of insulated cables

Ames des câbles isolés

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60228:2023



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2023 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Secretariat
3, rue de Varembé
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
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 corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Conductors of insulated cables

Ames des câbles isolés

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.060.20

ISBN 978-2-8322-7808-6

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	7
4 Classification.....	8
5 Materials	8
5.1 General.....	8
5.2 Circular and shaped solid aluminium conductors.....	8
5.3 Circular and shaped stranded aluminium conductors	9
6 Solid conductors and stranded conductors.....	9
6.1 Solid conductors (class 1).....	9
6.1.1 Construction	9
6.1.2 Resistance	9
6.2 Stranded circular non-compacted conductors (class 2).....	9
6.2.1 Construction	9
6.2.2 Resistance	10
6.3 Stranded compacted circular conductors and stranded shaped conductors (class 2).....	10
6.3.1 Construction	10
6.3.2 Resistance	10
6.4 Milliken conductors (class 2).....	10
6.4.1 Construction	10
6.4.2 Resistance	10
7 Flexible conductors (classes 5 and 6).....	10
7.1 Construction	10
7.2 Resistance.....	11
8 Check of compliance with Clause 6 and Clause 7	11
Annex A (normative) Measurement of resistance	16
Annex B (informative) Exact formulae for the temperature correction factors	18
Annex C (informative) Guidance on the dimensional limits of circular conductors.....	19
C.1 Purpose	19
C.2 Dimensional limits for circular copper conductors.....	19
C.3 Dimensional limits for stranded compacted circular copper, aluminium and aluminium alloy conductors.....	19
C.4 Dimensional limits for circular solid aluminium conductors	19
Bibliography.....	23
Table 1 – Tensile strength limits for circular and shaped solid aluminium conductors.....	8
Table 2 – Tensile strength limits for circular and shaped stranded aluminium conductors.....	9
Table 3 – Class 1 solid conductors for single-core and multi-core cables	12
Table 4 – Class 2 stranded conductors for single-core and multi-core cables.....	13
Table 5 – Class 5 flexible copper conductors for single-core and multi-core cables.....	14
Table 6 – Class 6 flexible copper conductors for single-core and multi-core cables.....	15

Table A.1 – Temperature correction factors k_t for conductor resistance to correct the measured resistance at t °C to 20 °C	17
Table C.1 – Maximum diameters of solid, non-compacted stranded and flexible circular copper conductors	20
Table C.2 – Minimum and maximum diameters of stranded compacted circular copper, aluminium and aluminium alloy conductors	21
Table C.3 – Minimum and maximum diameters of solid circular aluminium conductors	22

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60228:2023

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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 60228 has been prepared by IEC technical committee 20: Electric cables. It is an International Standard.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2004. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) a description of Milliken conductors has been added;
- b) nominal cross-sectional areas above 2 500 mm² have been added;

- c) the old 2 500 mm² aluminium resistance value has been corrected and a new value introduced.

For legacy systems where the 2 500 mm² aluminium conductor was designed taking into account the value presented in previous editions and no longer tabulated, then the original design can be maintained and still utilized.

The suppliers can furthermore utilize such superseded design of 2 500 mm² aluminium conductors either in systems already designed and qualified but not delivered or for example to produce repair and additional spare lengths for delivered systems.

The choice of utilizing the original superseded design of 2 500 mm² aluminium conductors or a new one based on the new resistance tabulated value is a matter of agreement between the supplier and final users.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
20/2125/FDIS	20/2131/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

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

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

INTRODUCTION

This document 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 select from the tables of this general standard the conductors appropriate to the particular applications relevant to them and either include the applicable details in their cable specifications or make appropriate references to this document.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60228:2023

CONDUCTORS OF INSULATED CABLES

1 Scope

This document specifies the nominal cross-sectional areas, in the range 0,5 mm² to 3 500 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, stranded and Milliken, copper, aluminium and aluminium alloy conductors in cables for fixed installations and flexible copper conductors.

This document does not apply to conductors for telecommunication purposes.

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

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

Conductors described in this document are specified in metric sizes.

Informative annexes provide supplementary information covering temperature correction factors for resistance measurement (Annex B) and guidance on dimensional limits of circular conductors (Annex C).

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IECEE OD-5014, *Instrument Accuracy Limits*

3 Terms and definitions

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

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

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

3.1

metal-coated

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

3.2

nominal cross-sectional area

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

Note 1 to entry: Each particular size of conductor in this document is required to meet a maximum resistance value.

3.3

Milliken conductor

stranded conductor comprising an assembly of shaped conductors, lightly insulated from each other

4 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 can also be used for fixed installations.

- class 1: solid conductors;
- class 2: stranded conductors;
- class 5: flexible conductors;
- class 6: flexible conductors made with smaller diameter wires than class 5 for the same nominal conductor cross-section.

5 Materials

5.1 General

The wires of conductors shall consist of one of the following (except for the Milliken central element):

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

The wires of stranded conductors (for example Milliken conductors) can be oxidized or enamelled.

5.2 Circular and shaped 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 limits given in Table 1.

Table 1 – Tensile strength limits for circular and shaped solid aluminium conductors

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

There are no limits defined for the tensile strength of aluminium alloy solid conductors.

5.3 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 limits given in Table 2:

Table 2 – Tensile strength limits for circular and shaped stranded aluminium conductors

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

There are no limits defined for the tensile strength of aluminium alloy stranded conductors.

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

6 Solid conductors and stranded conductors

6.1 Solid conductors (class 1)

6.1.1 Construction

- Solid conductors or conductor wires shall consist of one of the materials specified in Clause 5.
- Solid copper conductors shall be of circular cross-section.

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

- 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.

6.1.2 Resistance

The resistance of each conductor at 20 °C, when determined in accordance with Clause 8, shall not exceed the appropriate maximum value given in Table 3.

For solid aluminium alloy conductors, having the same nominal cross-sectional area as an aluminium conductor, the resistance value given in Table 3 should be multiplied by a factor of 1,162 unless otherwise agreed between the manufacturer and the purchaser.

6.2 Stranded circular non-compacted conductors (class 2)

6.2.1 Construction

- Stranded circular non-compacted conductors (class 2) shall consist of one of the materials specified in Clause 5.
- Stranded aluminium or aluminium alloy conductors shall have a cross-sectional area not less than 10 mm².
- The wires in each conductor shall all have the same nominal diameter.
- The number of wires in each conductor shall be not less than the appropriate minimum number given in Table 4.

6.2.2 Resistance

The resistance of each conductor at 20 °C, when determined in accordance with Clause 8, shall not exceed the appropriate maximum value given in Table 4.

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

6.3.1 Construction

- a) Stranded compacted circular conductors and stranded shaped conductors (class 2) shall consist of one of the materials specified in Clause 5. Stranded compacted circular aluminium or aluminium alloy conductors shall have a nominal cross-sectional area not less than 10 mm². Stranded compacted circular copper conductors shall have a nominal cross-sectional area not less than 1,5 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, except for conductors made with pre-shaped wires.
- c) The number of wires in each conductor shall be not less than the appropriate minimum number given in Table 4, except for conductors made with pre-shaped wires. This requirement applies to conductors made with wires of circular cross-section before compaction.

6.3.2 Resistance

The resistance of each conductor at 20 °C, when determined in accordance with Clause 8, shall not exceed the appropriate maximum value given in Table 4.

6.4 Milliken conductors (class 2)

6.4.1 Construction

- a) Milliken conductors (class 2) shall consist of any of the materials specified in Clause 5. Milliken conductors shall have a nominal cross-sectional area not less than 800 mm², and the minimum number of wires for each cross section is not specified.
- b) The ratio of the diameters of two different wires of any segment shall not exceed 2 (Milliken central element excluded).
- c) The Milliken central element can be empty, with a solid conductor, wires or with a plastic filler.
- d) This conductor may be constructed from 4, 5, or 6 equal segments. The number of wires in each segment is defined by the manufacturer. In the case of a central element formed with wires, it can be considered as an additional segment with a polygonal shape.

6.4.2 Resistance

The resistance of the whole conductor at 20 °C, for all different constructions described in 6.4.1, when determined in accordance with Clause 8, shall not exceed the appropriate maximum value given in Table 4.

7 Flexible conductors (classes 5 and 6)

7.1 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 Table 5 for class 5 or Table 6 for class 6 conductors.

7.2 Resistance

The resistance of each conductor at 20 °C, when determined in accordance with Clause 8, shall not exceed the appropriate maximum value given in Table 5 or Table 6.

8 Check of compliance with Clause 6 and Clause 7

Compliance with the requirements for construction of 6.1.1, 6.2.1, 6.3.1, 6.4.1 and 7.1 shall be checked on the completed cable by inspection and measurement where practicable.

Compliance with the requirements for resistance given in 6.1.2, 6.2.2, 6.3.2, 6.4.2, and 7.2 shall be checked by measurement in accordance with Annex A and corrected for temperature by the factors in Table A.1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60228:2023

Table 3 – Class 1 solid conductors for single-core and multi-core cables

1	2	3	4
Nominal cross-sectional area	Maximum resistance of conductor at 20 °C		
	Circular, annealed copper conductors		Aluminium and aluminium alloy conductors, circular or shaped ^c
	Plain	Metal-coated	
mm ²	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	0,077 5 ^b	-	0,125 ^d
300	0,062 0 ^b	-	0,100 ^d
400	0,046 5 ^b	-	0,077 8
500	-	-	0,060 5
630	-	-	0,046 9
800	-	-	0,036 7
1 000	-	-	0,029 1
1 200	-	-	0,024 7
1 400	-	-	0,021 2
1 600	-	-	0,018 6

^a Aluminium conductors 10 mm² to 35 mm² circular only; see 6.1.1 c).

^b See note in 6.1.1 b).

^c See note in 6.1.2.

^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 4 – 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 ^b 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	0,099 1	0,100	0,164
240	37	37	34	30	34	30	0,075 4	0,076 2	0,125
300	61	61	34	30	34	30	0,060 1	0,060 7	0,100
400	61	61	53	53	53	53	0,047 0	0,047 5	0,077 8
500	61	61	53	53	53	53	0,036 6	0,036 9	0,060 5
630	91	91	53	53	53	53	0,028 3	0,028 6	0,046 9
800	91	91	53	53	-	-	0,022 1	0,022 4	0,036 7
1 000	91	91	53	53	-	-	0,017 6	0,017 7	0,029 1
1 200	91	91	53	53	-	-	0,015 1	0,015 1	0,024 7
1 400 ^a	91	91	53	53	-	-	0,012 9	0,012 9	0,021 2
1 600	91	91	53	53	-	-	0,011 3	0,011 3	0,018 6
1 800 ^a	-						0,010 1	0,010 1	0,016 5
2 000	-						0,009 0	0,009 0	0,014 9
2 500	-						0,007 2	0,007 2	0,011 9
3 000 ^a	-						0,006 0	0,006 0	0,009 9
3 200	-						0,005 6	0,005 6	0,009 3
3 500 ^a	-						0,005 1	0,005 1	0,008 5

^a These sizes are non-preferred. Other non-preferred sizes are recognized for some specialized applications but are not within the scope of this document.

^b 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 5 – 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	0,080 1	0,081 7
300	0,51	0,064 1	0,065 4
400	0,51	0,048 6	0,049 5
500	0,61	0,038 4	0,039 1
630	0,61	0,028 7	0,029 2

Table 6 – 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	0,080 1	0,081 7
300	0,41	0,064 1	0,065 4

Annex A (normative)

Measurement of resistance

The cable shall be kept in the test area for a 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 DC resistance of the conductor(s), either on a complete length of cable or flexible cord or on a sample of cable of 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:

$$R_{20} = R_t \times k_t \times \frac{1000}{L}$$

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.

The expanded measurement uncertainty ($k = 2$) for R_{20} shall be in accordance with IEC 60228:2023 © IEC 2023.

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 Kelvin 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 measurements of conductor temperature and length of cable 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 document 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

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

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60228:2023

Annex C (informative)

Guidance on the dimensional limits of circular conductors

C.1 Purpose

This Annex C is intended as a guide for 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 document:

- a) circular solid conductors, (class 1) of copper, aluminium or aluminium alloy;
- b) circular and compacted circular stranded conductors, (class 2) of copper, aluminium or 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 required, 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 uncompact 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 solid, non-compacted stranded and flexible circular copper conductors

1	2	3	4
Nominal 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 6.1.1 b).			

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

1	2	3
Nominal 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 mm² 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 mm² to 6 mm².		

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

1	2	3
Nominal cross-sectional area mm ²	Solid conductors (Class 1)	
	Minimum diameter mm	Maximum diameter 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
1000	34,8	36,0
1200	37,8	39,0

Bibliography

IEC Guide 108, *Guidelines for ensuring the coherence of IEC publications – Horizontal functions, horizontal publications and their application*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60228:2023

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	26
INTRODUCTION.....	28
1 Domaine d'application	29
2 Références normatives	29
3 Termes et définitions	29
4 Classification	30
5 Matériaux	30
5.1 Généralités	30
5.2 Âmes massives circulaires et sectorales en aluminium	30
5.3 Âmes câblées circulaires et sectorales en aluminium	31
6 Âmes massives et câblées.....	31
6.1 Âmes massives (classe 1).....	31
6.1.1 Construction	31
6.1.2 Résistance	31
6.2 Âmes câblées de section circulaire, non rétreintes (classe 2).....	31
6.2.1 Construction	31
6.2.2 Résistance	32
6.3 Âmes câblées rétreintes de section circulaire et âmes sectorales câblées (classe 2).....	32
6.3.1 Construction	32
6.3.2 Résistance	32
6.4 Âmes segmentées (classe 2)	32
6.4.1 Construction	32
6.4.2 Résistance	32
7 Âmes souples (classes 5 et 6).....	32
7.1 Construction	32
7.2 Résistance	33
8 Vérification de la conformité aux Articles 6 et 7	33
Annexe A (normative) Mesurage de la résistance	38
Annexe B (informative) Formules exactes pour les facteurs de correction de température	40
Annexe C (informative) Recommandations concernant les limites dimensionnelles des âmes circulaires.....	41
C.1 Objet.....	41
C.2 Limites dimensionnelles pour les âmes circulaires en cuivre	41
C.3 Limites dimensionnelles pour les âmes câblées circulaires rétreintes en cuivre, aluminium et alliage d'aluminium	41
C.4 Limites dimensionnelles pour les âmes massives circulaires en aluminium	41
Bibliographie.....	45
Tableau 1 – Limites de résistance à la traction des âmes massives circulaires et sectorales en aluminium	30
Tableau 2 – Limites de résistance à la traction des âmes câblées circulaires et sectorales en aluminium	31
Tableau 3 – Âmes massives de classe 1 pour câbles monoconducteurs et multiconducteurs.....	34

Tableau 4 – Âmes câblées de classe 2 pour câbles monoconducteurs et multiconducteurs.....	35
Tableau 5 – Âmes souples en cuivre de classe 5 pour câbles monoconducteurs et multiconducteurs.....	36
Tableau 6 – Âmes souples en cuivre de classe 6 pour câbles monoconducteurs et multiconducteurs.....	37
Tableau A.1 – Facteurs de correction de température k_t pour ramener à 20 °C la résistance de l'âme mesurée à t °C.....	39
Tableau C.1 – Diamètres maximaux des âmes circulaires en cuivre massives, câblées non rétreintes et souples.....	42
Tableau C.2 – Diamètres minimaux et maximaux des âmes câblées circulaires rétreintes en cuivre, aluminium et alliage d'aluminium.....	43
Tableau C.3 – Diamètres minimaux et maximaux des âmes massives circulaires en aluminium	44

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60228:2023

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÂMES DES CÂBLES ISOLÉS

AVANT-PROPOS

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

L'IEC 60228 a été établie par le comité d'études 20 de l'IEC: Câbles électriques II s'agit d'une Norme internationale.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2004. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) une description relative aux âmes segmentées a été ajoutée;
- b) des sections nominales supérieures à 2 500 mm² ont été ajoutées;

- c) l'ancienne valeur de résistance de 2 500 mm² des âmes en aluminium a été corrigée et une nouvelle valeur a été introduite.

Pour les systèmes existants où l'âme en aluminium de 2 500 mm² a été conçue en tenant compte de la valeur présentée dans les éditions précédentes et ne figure plus dans les tableaux, la conception d'origine peut être conservée et encore être utilisée.

Les fournisseurs peuvent également utiliser cette conception remplacée des âmes en aluminium de 2 500 mm² soit dans des systèmes déjà conçus et qualifiés mais non livrés, soit pour produire, par exemple, des longueurs de réparations et des longueurs de réserve supplémentaires pour des systèmes livrés.

Le choix d'utiliser la conception d'origine remplacée des âmes en aluminium de 2 500 mm² ou une nouvelle conception fondée sur la nouvelle valeur de résistance indiquée dans les tableaux doit faire l'objet d'un accord entre le fournisseur et les utilisateurs finaux.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
20/2125/FDIS	20/2131/RVD

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

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site Web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

INTRODUCTION

Le présent document est destiné à servir de norme de référence fondamentale aux comités d'études et Comités nationaux de l'IEC lors de l'élaboration de normes relatives aux câbles électriques, ainsi qu'aux Comités nationaux lors de l'élaboration de spécifications à utiliser dans leur propre pays. Ces comités choisiront, dans les tableaux de cette norme générale, les âmes qui conviennent aux applications particulières envisagées et incluront les détails applicables dans leurs spécifications de câbles ou feront référence au présent document.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60228:2023

ÂMES DES CÂBLES ISOLÉS

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les sections nominales, dans la plage de 0,5 mm² à 3 500 mm², des âmes d'un large éventail de types de câbles et de cordons électriques. Des exigences relatives au nombre et au diamètre des fils sont également spécifiées, ainsi que des valeurs de résistance. Les âmes concernées sont les âmes massives, câblées et segmentées, en cuivre, aluminium et alliage d'aluminium, destinées aux câbles pour installations fixes, ainsi que les âmes souples en cuivre.

Le présent document ne s'applique pas aux âmes utilisées à des fins de télécommunication.

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

Sauf indication contraire dans un article particulier, le présent document porte sur les âmes des câbles terminés, et non sur les âmes seules ou fournies en vue d'une intégration dans un câble.

Les âmes décrites dans le présent document sont spécifiées en tailles métriques.

Des annexes informatives donnent des informations complémentaires sur les facteurs de correction de température à utiliser pour les mesures de résistance (Annexe B) et des recommandations sur les limites dimensionnelles des âmes circulaires (Annexe C).

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IECEE OD-5014, *Instrument Accuracy Limits*

3 Termes et définitions

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

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

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

3.1

revêtu d'une couche métallique

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

3.2

section nominale

valeur qui identifie une taille d'âme particulière mais qui ne peut pas faire l'objet d'un mesurage direct

Note 1 à l'article: À chaque taille particulière d'âme de ce document correspond une exigence sur la valeur maximale de la résistance.

3.3

âme segmentée

âme câblée composée d'un assemblage de secteurs câblés, faiblement isolés les uns par rapport aux autres

4 Classification

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

- Classe 1: âmes massives.
- Classe 2: âmes câblées.
- Classe 5: âmes souples.
- Classe 6: âmes souples fabriquées avec des fils de diamètre inférieur à celui de la classe 5 pour la même section nominale d'âme.

5 Matériaux

5.1 Généralités

Les fils des âmes doivent être constitués de l'un des matériaux suivants (à l'exception de l'élément central d'une âme segmentée):

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

Les fils des âmes câblées (âmes segmentées, par exemple) peuvent être oxydés ou émaillés.

5.2 Âmes massives circulaires et sectoriales en aluminium

Les âmes massives circulaires et sectoriales en aluminium doivent être constituées d'un aluminium tel que la résistance à la traction de l'âme finie soit dans les limites indiquées dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Limites de résistance à la traction des âmes massives circulaires et sectoriales en aluminium

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 plus	60 à 90

Aucune limite n'est définie pour la résistance à la traction des âmes massives en alliage d'aluminium.

5.3 Âmes câblées circulaires et sectoriales en aluminium

Les âmes câblées en aluminium doivent être constituées d'un aluminium tel que la résistance à la traction des fils individuels soit dans les limites indiquées dans le Tableau 2:

Tableau 2 – Limites de résistance à la traction des âmes câblées circulaires et sectoriales en aluminium

Section nominale mm ²	Résistance à la traction N/mm ²
10	inférieure à 200
16 et plus	125 à 205

Aucune limite n'est définie pour la résistance à la traction des âmes câblées en alliage d'aluminium.

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

6 Âmes massives et câblées

6.1 Âmes massives (classe 1)

6.1.1 Construction

- Les âmes massives ou les fils d'âmes massives doivent être constitués de l'un des matériaux spécifiés à l'Article 5.
- Les âmes massives en cuivre doivent être de section circulaire.

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

- Les âmes massives en aluminium et en alliage d'aluminium de taille comprise entre 10 mm² et 35 mm² doivent être de section circulaire. Les âmes de plus grande taille doivent être de section circulaire pour les câbles monoconducteurs et peuvent être de section circulaire ou sectoriale pour les câbles multiconducteurs.

6.1.2 Résistance

La résistance à 20 °C de chaque âme, déterminée conformément à l'Article 8, ne doit pas dépasser la valeur maximale appropriée indiquée dans le Tableau 3.

Pour les âmes massives en alliage d'aluminium ayant la même section nominale qu'une âme en aluminium, il convient que la valeur de résistance donnée dans le Tableau 3 soit multipliée par un facteur de 1,162, sauf accord contraire entre le fabricant et l'acheteur.

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

6.2.1 Construction

- Les âmes câblées de section circulaire, non rétreintes (classe 2) doivent être constituées de l'un des matériaux spécifiés à l'Article 5.
- Les âmes câblées en aluminium ou alliage d'aluminium doivent avoir une section non inférieure à 10 mm².
- Tous les fils de chaque âme doivent avoir le même diamètre nominal.
- Le nombre de fils de chaque âme doit être au moins égal au nombre minimal approprié indiqué dans le Tableau 4.

6.2.2 Résistance

La résistance à 20 °C de chaque âme, déterminée conformément à l'Article 8, ne doit pas dépasser la valeur maximale appropriée indiquée dans le Tableau 4.

6.3 Âmes câblées rétreintes de section circulaire et âmes sectoriales câblées (classe 2)

6.3.1 Construction

- Les âmes câblées rétreintes de section circulaire et âmes sectoriales câblées (classe 2) doivent être constituées de l'un des matériaux spécifiés à l'Article 5. Les âmes câblées rétreintes de section circulaire en aluminium ou alliage d'aluminium doivent avoir une section nominale non inférieure à 10 mm². Les âmes câblées rétreintes de section circulaire en cuivre doivent avoir une section nominale d'au moins 1,5 mm². Les âmes câblées de section sectoriale en cuivre, aluminium ou alliage d'aluminium doivent avoir une section nominale d'au moins 25 mm².
- Le rapport des diamètres de deux fils différents d'une même âme ne doit pas dépasser 2, à l'exception des âmes constituées de fils préformés.
- Le nombre de fils de chaque âme ne doit pas être inférieur au nombre minimal approprié indiqué dans le Tableau 4, à l'exception des âmes constituées de fils préformés. Cette exigence s'applique aux âmes fabriquées avec des fils de section circulaire avant rétreint.

6.3.2 Résistance

La résistance à 20 °C de chaque âme, déterminée conformément à l'Article 8, ne doit pas dépasser la valeur maximale appropriée indiquée dans le Tableau 4.

6.4 Âmes segmentées (classe 2)

6.4.1 Construction

- Les âmes segmentées (classe 2) doivent être constituées de l'un des matériaux spécifiés à l'Article 5. Les âmes segmentées doivent avoir une section nominale au moins égale à 800 mm², et le nombre minimal de fils pour chaque section n'est pas spécifié.
- Le rapport des diamètres de deux fils différents de chaque segment ne doit pas dépasser 2 (élément central de l'âme segmentée exclu).
- L'élément central de l'âme segmentée peut être vide, ou un conducteur massif, ou des fils, ou une charge plastique.
- Cette âme peut être construite avec 4, 5 ou 6 segments identiques. Le nombre de fils dans chaque segment est défini par le fabricant. Dans le cas d'un élément central formé de fils, il peut être considéré comme un segment supplémentaire de forme polygonale.

6.4.2 Résistance

La résistance à 20 °C de l'âme complète, pour toutes les constructions différentes décrites en 6.4.1, déterminée conformément à l'Article 8, ne doit pas dépasser la valeur maximale appropriée indiquée dans le Tableau 4.

7 Âmes souples (classes 5 et 6)

7.1 Construction

- Les âmes souples (classes 5 et 6) doivent être constituées de cuivre recuit, nu ou revêtu d'une couche métallique.
- Les fils de chaque âme doivent avoir le même diamètre nominal.
- Le diamètre des fils de chaque âme ne doit pas dépasser la valeur maximale appropriée indiquée dans le Tableau 5 pour les âmes de classe 5 ou dans le Tableau 6 pour les âmes de classe 6.

7.2 Résistance

La résistance à 20 °C de chaque âme, déterminée conformément à l'Article 8, ne doit pas dépasser la valeur maximale appropriée indiquée dans le Tableau 5 ou Tableau 6.

8 Vérification de la conformité aux Articles 6 et 7

La conformité aux exigences de construction de 6.1.1, 6.2.1, 6.3.1, 6.4.1 et 7.1 doit être vérifiée sur le câble terminé par examen et, lorsque cela est possible, par mesurage.

La conformité aux exigences de résistance spécifiées aux 6.1.2, 6.2.2, 6.3.2, 6.4.2 et 7.2 doit être vérifiée par mesurage conformément à l'Annexe A et corrigée en température par les facteurs du Tableau A.1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60228:2023

**Tableau 3 – 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 sectorales ^c
	Nu	Revêtu d'une couche métallique	
	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	0,077 5 ^b	-	0,125 ^d
300	0,062 0 ^b	-	0,100 ^d
400	0,046 5 ^b	-	0,077 8
500	-	-	0,060 5
630	-	-	0,046 9
800	-	-	0,036 7
1 000	-	-	0,029 1
1 200	-	-	0,024 7
1 400	-	-	0,021 2
1 600	-	-	0,018 6

^a Âmes en aluminium de 10 mm² à 35 mm² circulaires uniquement; voir 6.1.1 c).

^b Voir note en 6.1.1 b).

^c Voir note en 6.1.2.

^d Pour les câbles monoconducteurs, quatre âmes sectorales préformées peuvent être assemblées pour former une seule âme circulaire. La résistance maximale de l'âme assemblée doit être égale à 25 % de celle des âmes individuelles.

Tableau 4 – 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 fils dans 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 ^b Ω/km
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Fils nus Ω/km	Fils 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	0,099 1	0,100	0,164
240	37	37	34	30	34	30	0,075 4	0,076 2	0,125
300	61	61	34	30	34	30	0,060 1	0,060 7	0,100
400	61	61	53	53	53	53	0,047 0	0,047 5	0,077 8
500	61	61	53	53	53	53	0,036 6	0,036 9	0,060 5
630	91	91	53	53	53	53	0,028 3	0,028 6	0,046 9
800	91	91	53	53	-	-	0,022 1	0,022 4	0,036 7
1 000	91	91	53	53	-	-	0,017 6	0,017 7	0,029 1
1 200	91	91	53	53	-	-	0,015 1	0,015 1	0,024 7
1 400 ^a	91	91	53	53	-	-	0,012 9	0,012 9	0,021 2
1 600	91	91	53	53	-	-	0,011 3	0,011 3	0,018 6
1 800 ^a	-						0,010 1	0,010 1	0,016 5
2 000	-						0,009 0	0,009 0	0,014 9
2 500	-						0,007 2	0,007 2	0,011 9
3 000 ^a	-						0,006 0	0,006 0	0,009 9
3 200	-						0,005 6	0,005 6	0,009 3
3 500 ^a	-						0,005 1	0,005 1	0,008 5

^a Ces sections ne sont pas préférentielles. D'autres sections non préférentielles sont admises pour certaines applications spécifiques, mais ne relèvent pas du domaine d'application du présent document.

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

Tableau 5 – Âmes souples en cuivre de classe 5 pour câbles monoconducteurs et multiconducteurs

1	2	3	4
Section nominale mm ²	Diamètre maximal des fils de l'âme mm	Résistance maximale de l'âme à 20 °C	
		Fils nus Ω/km	Fils 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	0,080 1	0,081 7
300	0,51	0,064 1	0,065 4
400	0,51	0,048 6	0,049 5
500	0,61	0,038 4	0,039 1
630	0,61	0,028 7	0,029 2

Tableau 6 – Âmes souples en cuivre de classe 6 pour câbles monoconducteurs et multiconducteurs

1	2	3	4
Section nominale mm ²	Diamètre maximal des fils de l'âme mm	Résistance maximale de l'âme à 20 °C	
		Fils nus Ω/km	Fils 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	0,080 1	0,081 7
300	0,41	0,064 1	0,065 4

Annexe A (normative)

Mesurage de la résistance

Le câble doit être maintenu dans la zone d'essai pendant une durée suffisante pour s'assurer que la température de l'âme a atteint un niveau permettant une détermination précise de la résistance à l'aide des facteurs de correction fournis.

Mesurer la résistance en courant continu de l'âme (ou des âmes), soit sur une longueur complète de câble ou de cordon souple, soit sur un échantillon de câble ou de cordon souple d'au moins 1 m de longueur, à température ambiante, et enregistrer la température à laquelle le mesurage est effectué. Ajuster la résistance mesurée au moyen des facteurs de correction fournis dans le Tableau A.1.

Calculer la résistance par kilomètre de longueur de câble, en partant de la longueur du câble complet et non de la longueur du conducteur ou des fils individuels.

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

$$R_{20} = R_t \times k_t \times \frac{1000}{L}$$

où

k_t est le facteur de correction de température issu du Tableau A.1;

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

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

L est la longueur du câble, en m.

L'incertitude de mesure élargie ($k = 2$) pour R_{20} doit être conforme à l'IECEE OD-5014.