

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
228**

Deuxième édition
Second edition
1978

Ames des câbles isolés

Conductors of insulated cables



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 228 : 1978

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie

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

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

Symboles graphiques et littéraux

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

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

et pour les appareils électromédicaux,

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

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

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

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

Validity of this publication

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

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

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

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

Terminology

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

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

Graphical and letter symbols

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

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

and for medical electrical equipment,

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

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

IEC publications prepared by the same technical committee

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
228**

Deuxième édition
Second edition
1978

Ames des câbles isolés

Conductors of insulated cables

© CEI 1978 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

M

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1. Domaine d'application	8
2. Classification	8
3. Matière	10
4. Câbles pour installations fixes	10
5. Ames souples (Classes 5 et 6)	12
6. Contrôle de la conformité aux articles 4 et 5	14
TABLEAU I — Classe 1 — Ames massives pour câbles monoconducteurs et multiconducteurs .	16
TABLEAU II — Classe 2 — Ames câblées pour câbles monoconducteurs et multiconducteurs .	18
TABLEAU III — Classe 5 — Ames souples en cuivre pour câbles monoconducteurs et multi- conducteurs	20
TABLEAU IV — Classe 6 — Ames souples en cuivre pour câbles monoconducteurs et multi- conducteurs	22
TABLEAU V — Facteurs de correction de température k_t à appliquer à la mesure de résistance de l'âme effectuée à t °C pour la ramener à 20 °C	24

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1. Scope	9
2. Classification	9
3. Materials	11
4. Cables for fixed installations	11
5. Flexible conductors (Classes 5 and 6)	13
6. Check of compliance with Clauses 4 and 5	15
TABLE I — Class 1 — Solid conductors for single-core and multicore cables	17
TABLE II — Class 2 — Stranded conductors for single-core and multicore cables	19
TABLE III — Class 5 — Flexible copper conductors for single-core and multicore cables	21
TABLE IV — Class 6 — Flexible copper conductors for single-core and multicore cables	23
TABLE V — Temperature correction factors k_t for conductor resistance to correct the measured resistance at t °C to 20 °C	25

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÂMES DES CÂBLES ISOLÉS

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Sous-comité 20A: Câbles de haute tension, du Comité d'Etudes N° 20 de la CEI: Câbles électriques.

Un projet fut discuté lors de la réunion tenue à Oslo en 1976. A la suite de cette réunion, un projet, document 20A(Bureau Central)60, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juin 1977.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Allemagne

Argentine

Australie

Autriche

Belgique

Danemark

Egypte

Espagne

Finlande

France

Israël

Italie

Japon

Pays-Bas

Portugal

Roumanie

Royaume-Uni

Suède

Turquie

Union des Républiques Socialistes Soviétiques

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

Publications n° 28: Spécification internationale d'un cuivre-type recuit.

111: Recommandation concernant la résistivité des fils en aluminium écroui dur industriel pour conducteurs électriques.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

CONDUCTORS OF INSULATED CABLES

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 20A, High-voltage Cables, of IEC Technical Committee No. 20, Electric Cables.

A draft was discussed at the meeting held in Oslo in 1976. As a result of this meeting, a draft, Document 20A(Central Office)60, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in June 1977.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Argentina	Italy
Australia	Japan
Austria	Netherlands
Belgium	Portugal
Denmark	Romania
Egypt	Spain
Finland	Sweden
France	Turkey
Germany	Union of Soviet Socialist Republics
Israel	United Kingdom

Other IEC publications quoted in this standard:

Publications Nos. 28: International Standard of Resistance for Copper.

111: Recommendation for the Resistivity of Commercial Hard-drawn Aluminium Electrical Conductor Wire.

ÂMES DES CÂBLES ISOLÉS

INTRODUCTION

La présente norme est une révision de la Publication 228 de la CEI et remplace donc la première édition de 1966.

Elle est destinée à servir de guide aux Comités d'Etudes de la CEI 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 de tenir compte de l'expérience et de l'évolution depuis la publication de la première édition et de simplifier la norme dans la mesure où cela restait compatible avec les considérations techniques et économiques.

Le nombre des classes d'âme a été réduit à quatre. Il y a deux classes d'âme pour les câbles pour installations fixes: la classe 1 ne comprenant que des conducteurs massifs et la classe 2 des conducteurs câblés. Pour les câbles souples, il y a aussi deux classes; ces classes correspondant de très près aux classes 5 et 6 de l'édition de 1966, on en a conservé les numéros par souci de continuité et pour éviter toute confusion. Les classes 3 et 4 ont été supprimées du fait qu'elles avaient été relativement peu utilisées et que pour la plupart des applications où elles étaient utilisées, les classes 2 et 5 pouvaient convenir respectivement.

Le nombre des différentes valeurs de résistance linéique prévues par les différents types d'âme de même section nominale a été réduit comme suit:

Pour les classes 1 et 2, les âmes de même matériau et de même section nominale ont la même résistance linéique pour les deux classes et pour les câbles mono et multiconducteurs, que les âmes soient de section circulaire, circulaire rétreinte ou sectorale. Toutefois, pour éviter de trop grandes divergences avec les valeurs précédentes, les différences de résistance entre cuivre nu et cuivre revêtu d'une couche métallique ont été maintenues.

Dans ces deux classes, la résistance linéique de chaque âme d'aluminium dans la gamme des sections jusqu'à 10 mm^2 inclus est la même que celle de l'âme en cuivre de la section normalisée immédiatement inférieure, cela pour assurer une équivalence de résistance entre les câbles d'installation en cuivre et en aluminium de faible section. Pour 16 mm^2 et au-dessus, on a conservé des résistances différentes pour les âmes de cuivre et d'aluminium.

Comme on inclut pour la première fois les âmes en aluminium protégé ou plaqué, pour éviter une prolifération de résistances différentes pour des matériaux variés dans ces catégories, de même que pour les alliages d'aluminium, on a choisi la même résistance pour tous ces types d'âme « aluminium ». Pour obtenir cette normalisation de résistance, il peut y avoir une variation dans les dimensions des fils utilisés pour la même section nominale, suivant le matériau particulier utilisé.

Les valeurs de résistance choisies pour les classes 1 et 2 sont celles qui étaient prévues pour la classe 2 dans l'édition de 1966 pour les câbles multiconducteurs de section nominale de $2,5 \text{ mm}^2$ à 400 mm^2 et pour les câbles monoconducteurs au-dessus de 400 mm^2 . Pour les sections jusqu'à $1,5 \text{ mm}^2$ pour lesquelles la différence entre les résistances des âmes des classes 1 et 2 dans cette édition était plus grande que pour les autres sections, et en vue d'éviter une grande augmentation de résistance, on a adopté les valeurs, plus faibles, prévues pour la classe 1 dans cette édition, pour les câbles multiconducteurs.

CONDUCTORS OF INSULATED CABLES

INTRODUCTION

This standard is a revision of IEC Publication 228, it supersedes the First Edition dated 1966.

It is intended as a guide to the IEC Technical 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 take account of experience and developments since the First Edition was published and to simplify the standard so far as is compatible with technical and economic considerations.

The number of classes of conductor has been reduced to four. There are two classes of conductors for cables for fixed installations; Class 1 is for solid conductors only and Class 2 for stranded conductors. For flexible conductors there are also two classes; as these correspond closely with Classes 5 and 6 of the 1966 edition, those class numbers have been retained to preserve continuity and avoid any confusion. Classes 3 and 4 have been omitted, since they have had relatively little use and Classes 2 and 5 respectively are considered suitable for most of the applications for which Classes 3 and 4 have been employed.

The number of different specified maximum resistance values for different types of conductor of the same nominal cross-sectional area has been reduced as follows:

For Classes 1 and 2, conductors of the same material and same nominal cross-sectional area have the same specified maximum resistances for both classes and for both single- and multicore cables and whether the conductors are circular, compacted circular or shaped. However, to avoid too large divergences from previous values, the differences in specified resistances between plain and metal-coated copper conductors have been retained.

Also in these two classes, the specified maximum resistance of each nominal cross-sectional area of aluminium conductor in the range up to and including 10 mm² is the same as for the next smaller standard size of copper conductor. The object of this is to provide equivalence of resistance between the small sizes of wiring cables with copper and aluminium conductors. For 16 mm² and above, separate resistances are retained between copper and aluminium conductors.

As metal-coated and metal-clad aluminium conductors are included for the first time, in order to avoid a proliferation of different resistance values for various materials in these categories, as well as aluminium alloys, the same resistances are specified for all these types of "aluminium" conductors. To achieve this standardization of resistance, there may be a variation in wire sizes used for the same nominal cross-sectional areas according to the particular material used.

The resistance values chosen for Classes 1 and 2 are those which were specified for Class 2 in the 1966 edition for multicore cables for the nominal cross-sectional areas from 2.5 mm² up to 400 mm² and for single core cables for the nominal cross-sectional areas above 400 mm². For the sizes up to 1.5 mm², for which the differences between the resistances of Class 1 and Class 2 conductors in the 1966 edition were larger than for the other sizes, the lower values specified for Class 1 in the 1966 edition for multicore cables have been adopted, in order to avoid any large increase in resistance values.

Pour les âmes souples des classes 5 et 6, on n'a fait figurer que des âmes en cuivre. Dans ces deux classes les valeurs de résistance sont les mêmes et correspondent aux valeurs prévues dans l'édition de 1966 pour les câbles multiconducteurs de la classe 5. En outre la différence entre âmes en cuivre nu et en cuivre protégé a été maintenue.

Il résulte de la simplification obtenue en combinant les résistances des câbles mono et multiconducteurs et de différentes formes d'âmes dans des valeurs communes que la méthode de calcul figurant dans l'édition de 1966 ne peut plus s'appliquer rigoureusement; elle a donc été omise. Toutefois, le résumé suivant donnant la façon dont les valeurs actuelles ont été déduites des valeurs précédentes donne, si nécessaire, le moyen de retrouver leur origine.

CLASSE 1 ET CLASSE 2

AMES EN CUIVRE

Jusqu'à 1,5 mm ²	Comme les multiconducteurs de la classe 1 — Edition 1966
2,5 mm ² à 400 mm ²	Comme les multiconducteurs de la classe 2 — Edition 1966
500 mm ² et au-dessus	Comme les monoconducteurs de la classe 2 — Edition 1966

AMES EN ALUMINIUM

Jusqu'à 10 mm ²	Comme les âmes en cuivre de section nominale immédiatement inférieure
16 mm ² à 400 mm ²	Comme les multiconducteurs de la classe 2 — Edition 1966
500 mm ² et au-dessus	Comme les monoconducteurs de la classe 2 — Edition 1966

CLASSE 5 ET CLASSE 6

Comme les multiconducteurs de la classe 5, édition 1966.

Le tableau V, donnant des facteurs de correction de température, a été simplifié en adoptant le même facteur de correction à la fois pour les âmes en cuivre et les âmes en aluminium. On a estimé que ce tableau donne des valeurs pratiques bien en accord avec la précision que l'on peut obtenir normalement dans la mesure de la température de l'âme et de la longueur des câbles. On donne, également, toutefois, des formules plus exactes pour calculer séparément les facteurs de correction pour le cuivre et pour l'aluminium.

1. Domaine d'application

La présente norme spécifie la section nominale normalisée, de 0,5 mm² à 2 000 mm², ainsi que le nombre et le diamètre des brins et les valeurs de résistance des âmes des conducteurs et câbles électriques isolés.

Elle ne s'applique pas aux conducteurs de télécommunication, et ne s'applique aux âmes spéciales que lorsque cela est indiqué dans la spécification particulière. Les âmes spéciales sont par exemple les âmes de câbles à pression, les âmes de câbles de soudage extra-souples ou celles de certains types de câbles souples dont les conducteurs sont assemblés avec des pas exceptionnellement courts.

2. Classification

Les âmes sont réparties en quatre classes: 1, 2, 5 et 6.

For flexible conductors of Classes 5 and 6, copper conductors only are included. The resistance values for these two classes are the same and correspond to the resistance values for multicore cables specified in the 1966 edition for Class 5, the difference between plain and metal-coated conductors again being retained.

As a result of the simplification achieved by combining resistances of single- and multicore cables and different forms of conductor into common resistance values, the method of calculation of resistances included in the 1966 edition is no longer strictly applicable and is now omitted. However, the following summary of the derivation of the present values from the previous values provides a means, if required, of determining their origin.

CLASS 1 AND CLASS 2

COPPER CONDUCTORS

Up to 1.5 mm ²	As Class 1 multicore of 1966 edition.
2.5 mm ² up to 400 mm ²	As Class 2 multicore of 1966 edition.
500 mm ² and above	As Class 2 single-core of 1966 edition.

ALUMINIUM CONDUCTORS

Up to 10 mm ²	As next smaller standard nominal cross-sectional area of copper conductor.
16 mm ² up to 400 mm ²	As Class 2 multicore of 1966 edition.
500 mm ² and above	As Class 2 single-core of 1966 edition.

CLASS 5 AND CLASS 6

As Class 5 multicore of 1966 edition.

Table V, specifying temperature correction factors, has been simplified by adopting the same factors for both copper and aluminium conductors. It is considered that this table gives practical values well within the accuracy which can normally be achieved in the measurement of conductor temperature and length of cable. However, more exact formulae for calculating correction factors for copper and aluminium conductors separately are also given.

1. Scope

This standard specifies the standardized nominal cross-sectional areas from 0.5 mm² to 2 000 mm², as well as numbers and diameters of wires and resistance values for conductors in electric cables and flexible cords.

It does not apply to conductors for telecommunication purposes, and it applies to conductors of special design only when stated in the specification for the type of cable. Conductors of special design are, for example, conductors for pressure cables, conductors in extra-flexible welding cables or in special types of flexible cables having the cores twisted together with unusually short lays.

2. Classification

The conductors have been divided into four classes: 1, 2, 5 and 6.

Celles des classes 1 et 2 sont prévues pour les câbles pour installations fixes, la classe 1 comprenant les âmes massives et la classe 2 les âmes câblées.

Les classes 5 et 6 sont prévues pour les câbles souples, la classe 6 étant plus souple que la classe 5.

3. Matière

Les âmes peuvent être :

- en cuivre recuit, nu ou revêtu d'une couche métallique
- ou en aluminium ou en alliage d'aluminium nu ou revêtu d'une couche métallique
- ou en aluminium plaqué de métal revêtu ou non d'une couche métallique

selon ce qui est spécifié pour les différents types d'âme à l'article 4.

L'expression « revêtu d'une couche métallique » signifie revêtu d'une couche mince d'un métal convenable tel que l'étain, un alliage d'étain ou de plomb dans le cas de revêtement du cuivre, ou tel que le cuivre, le nickel ou l'étain dans le cas de revêtement de l'aluminium ou d'un alliage d'aluminium.

L'expression « aluminium plaqué de métal » s'applique à un fil constitué d'un noyau d'aluminium auquel est lié métallurgiquement une enveloppe extérieure d'un autre métal.

4. Câbles pour installations fixes

4.1 Âmes massives (classe 1)

Les âmes massives doivent satisfaire aux conditions suivantes :

4.1.1 Les âmes doivent être :

- en cuivre recuit nu ou revêtu d'une couche métallique ;
- ou en aluminium ou en alliage d'aluminium nu ou revêtu d'une couche métallique ;
- ou en aluminium plaqué de métal revêtu ou non d'une couche métallique.

4.1.2 Les âmes massives en cuivre doivent être de section circulaire.

Les âmes massives en cuivre de section nominale 25 mm² et au-dessus figurant dans le tableau I sont prévues pour des types de câble particuliers et non pour les câbles d'usage courant.

4.1.3 Les âmes massives en aluminium de sections inférieures ou égales à 16 mm² doivent être de section circulaire. Celles de section supérieure ou égale à 25 mm² doivent être de section circulaire pour les conducteurs et câbles monoconducteurs et peuvent être de section circulaire ou sectorale pour les câbles multiconducteurs.

Les âmes massives de section égale ou supérieure à 95 mm² peuvent être divisées au plus en cinq segments.

4.1.4 La résistance à 20 °C de chaque âme ne doit pas dépasser la valeur maximale spécifiée au tableau I.

Those in Classes 1 and 2 are intended for use in cables for fixed installations, Class 1 being solid conductors and Class 2 stranded conductors.

Classes 5 and 6 are intended for use in flexible cables and cords, Class 6 being more flexible than Class 5.

3. Materials

The conductors may consist of:

- plain or metal-coated annealed copper
 - or plain or metal-coated aluminium or aluminium alloy
 - or metal-clad aluminium
 - or metal-coated metal-clad aluminium
- as specified for the different types of conductors in Clause 4.

The term “metal-coated” means coated with a thin layer of suitable metal, such as tin, tin alloy or lead alloy for the coating of copper, or copper, nickel or tin for the coating of aluminium or aluminium alloy.

The term “metal-clad aluminium” means wire consisting of a core of aluminium to which is metallurgically bonded an outer shell of another metal.

4. Cables for fixed installations

4.1 Solid conductors (Class 1)

Solid conductors shall comply with the following requirements:

4.1.1 The conductors shall consist of:

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

4.1.2 Solid copper conductors shall be of circular cross-section.

The solid copper conductors having nominal cross-sectional areas of 25 mm² and above included in Table I are intended for particular types of cable only and not for general purposes.

4.1.3 Solid aluminium conductors of sizes up to and including 16 mm² shall be of circular cross-section. Sizes 25 mm² and above shall be of circular cross-section for single-core cables and may be of either circular or shaped cross-section for multicore cables.

Conductors with cross-sectional areas of 95 mm² and above may be subdivided into up to five sections.

4.1.4 The resistance of each conductor at 20 °C shall not exceed the appropriate maximum value given in Table I.

4.2 Ames câblées, de section circulaire, non rétreintes (classe 2)

Les âmes câblées, de section circulaire, non rétreintes doivent satisfaire aux prescriptions suivantes:

4.2.1 Les âmes doivent être:

- en cuivre recuit nu ou revêtu d'une couche métallique;
- ou en aluminium ou en alliage d'aluminium nu ou revêtu d'une couche métallique;
- ou en aluminium plaqué de métal revêtu ou non d'une couche métallique.

Les âmes câblées en aluminium doivent avoir normalement des sections d'au moins 10 mm², mais les sections de 4 mm² et 6 mm² peuvent être utilisées en vérifiant spécialement que ce type particulier d'âme convient bien au type de câble et à ses applications.

4.2.2 Les brins de chaque âme doivent tous avoir le même diamètre nominal.

4.2.3 Le nombre de brins de chaque âme doit être au moins égal au nombre minimal spécifié au tableau II. Le nombre minimal des brins n'est pas imposé pour les sections de 1 200 mm² à 2 000 mm².

4.2.4 La résistance à 20 °C de chaque âme ne doit pas dépasser la valeur maximale spécifiée au tableau II.

4.3 Ames câblées rétreintes de section circulaire et âmes sectoriales câblées (classe 2)

Les âmes câblées rétreintes de section circulaire et les âmes sectoriales câblées doivent satisfaire aux prescriptions suivantes:

4.3.1 Les âmes doivent être:

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

Les âmes câblées rétreintes de section circulaire en aluminium doivent avoir une section d'au moins 16 mm². Les âmes sectoriales câblées en cuivre ou en aluminium doivent avoir une section d'au moins 25 mm².

4.3.2 Le rapport entre les diamètres de deux brins différents d'une même âme ne doit pas dépasser 2.

4.3.3 Le nombre de brins de chaque âme doit être au moins égal au nombre minimal spécifié au tableau II. Le nombre minimal des brins n'est pas imposé pour les sections de 1 200 mm² à 2 000 mm².

4.3.4 La résistance à 20 °C de chaque âme ne doit pas dépasser la valeur maximale spécifiée au tableau II.

5. Ames souples (classes 5 et 6)

Les âmes souples doivent satisfaire aux prescriptions suivantes:

5.1 Les âmes doivent être en cuivre recuit nu ou revêtu d'une couche métallique.

5.2 Les brins de chaque âme doivent tous avoir le même diamètre nominal.

5.3 Le diamètre des brins de chaque âme ne doit pas dépasser la valeur maximale spécifiée au tableau III ou au tableau IV.

4.2 *Stranded circular non-compacted conductors (Class 2)*

Stranded circular non-compacted conductors shall comply with the following requirements:

4.2.1 Conductors shall consist of:

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

Stranded aluminium conductors shall normally have a cross-sectional area not less than 10 mm², but 4 mm² and 6 mm² may be used subject to the special considerations of the suitability of the conductor for the type of cable and its applications.

4.2.2 The wires in each conductor shall all have the same nominal diameter.

4.2.3 The number of wires in each conductor shall be not less than the appropriate minimum number given in Table II. The minimum number of wires is not specified for cross-sectional areas from 1 200 mm² to 2 000 mm².

4.2.4 The resistance of each conductor at 20 °C shall not exceed the appropriate maximum value given in Table II.

4.3 *Stranded compacted circular conductors and stranded shaped conductors (Class 2)*

Stranded compacted circular conductors and stranded-shaped conductors shall comply with the following requirements:

4.3.1 Conductors shall consist of:

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

Stranded compacted circular aluminium conductors shall have a cross-sectional area not less than 16 mm². Stranded shaped copper or aluminium conductors shall have a cross-sectional area not less than 25 mm².

4.3.2 The ratio of the diameters of two different wires in the same conductor shall not exceed 2.

4.3.3 The number of wires in each conductor shall be not less than the appropriate minimum number given in Table II. The minimum number of wires is not specified for cross-sectional areas from 1 200 mm² to 2 000 mm².

4.3.4 The resistance of each conductor at 20 °C shall not exceed the appropriate maximum value given in Table II.

5. **Flexible conductors (Classes 5 and 6)**

Flexible conductors shall comply with the following requirements:

5.1 Conductors shall consist of plain or metal-coated annealed copper.

5.2 The wires in each conductor shall all have the same nominal diameter.

5.3 The diameter of the wires in each conductor shall not exceed the appropriate maximum value given in Table III or Table IV.

- 5.4 La résistance à 20 °C de chaque âme ne doit pas dépasser la valeur maximale spécifiée au tableau III ou au tableau IV.

6. Contrôle de la conformité aux articles 4 et 5

La conformité aux prescriptions des paragraphes 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3, 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3, 5.1, 5.2, et 5.3 est vérifiée sur le câble complet par examen et, lorsque cela est possible, par mesure.

La conformité aux prescriptions des paragraphes 4.1.4, 4.2.4, 4.3.4 et 5.4 est vérifiée soit par la mesure de la résistance de chaque conducteur sur une longueur complète de conducteur ou de câble et par la mesure de la longueur de ce conducteur ou câble, soit par les mêmes mesures effectuées sur un échantillon d'au moins 1 m de long, du conducteur ou du câble.

Si nécessaire, la correction à effectuer pour ramener la mesure de résistance à 20 °C et à 1 km de longueur, s'effectue en utilisant la formule suivante:

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

dans laquelle:

R_{20} est la résistance à 20 °C, en ohms par kilomètre

R_t est la résistance, en ohms, mesurée sur une longueur de L m de conducteur ou câble, à la température de t °C

k_t est le facteur de correction de température pour la température de t °C

L est la longueur du conducteur ou câble en mètres

t est la température de l'âme au moment de la mesure en degrés Celsius

Le tableau V donne des valeurs du facteur de correction de température k_t pour une gamme courante de température. Les valeurs sont déduites de la formule:

$$k_t = \frac{1}{1 + 0,004 (t - 20)} = \frac{250}{230 + t}$$

Cette formule est approximative mais donne 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.

Les formules plus exactes donnant les facteurs de correction de température pour le cuivre et l'aluminium sont:

Ames en cuivre Nu ou revêtu d'une couche métallique

$$k_{tCu} = \frac{254,5}{234,5 + t} = \frac{1}{1 + 0,003\,93 (t - 20)}$$

- 5.4 The resistance of each conductor at 20 °C shall not exceed the appropriate maximum value given in Table III or Table IV.

6. Check of compliance with Clauses 4 and 5

Compliance with the requirements of Sub-Clauses 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3, 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3, 5.1, 5.2 and 5.3 shall be checked on the completed cable by inspection and by measurement where practicable.

Compliance with the requirements of Sub-Clauses 4.1.4, 4.2.4, 4.3.4 and 5.4 shall be checked either by measuring the resistance of the conductor over the complete length of cable or flexible cord and dividing by the length of the cable or flexible cord, or by similar measurements made on a sample of cable or flexible cord at least 1 m long.

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:

R_{20} is the resistance at 20 °C, in ohms per kilometre

R_t is the measured resistance of L m of cable or flexible cord at t °C, in ohms

k_t is the temperature correction factor for resistance at the temperature of t °C

L is the length of the cable or flexible cord in metres

t is the temperature of the conductor at the time of measurement in degrees Celsius

Values of the temperature correction factor k_t are given in Table V for a normal range of temperatures. The values are based on the following formula:

$$k_t = \frac{1}{1 + 0.004 (t - 20)} = \frac{250}{230 + t}$$

This formula is approximate, but gives practical values well within the accuracies which can normally be achieved in the measurements of conductor temperature and length of cable or flexible cord.

The more exact formulae for the temperature correction factors for copper and aluminium are:

Copper conductors Plain or metal-coated

$$k_{tCu} = \frac{254.5}{234.5 + t} = \frac{1}{1 + 0.003\,93 (t - 20)}$$

Ames en aluminium ou alliage d'aluminium Nu ou revêtu d'une couche métallique, plaqué de métal ou plaqué de métal revêtu d'une couche métallique.

$$k_{tAl} = \frac{248}{228 + t} = \frac{1}{1 + 0,004\,03 (t - 20)}$$

Les valeurs des coefficients de température sont données dans la Publication 28 de la CEI: Spécification internationale d'un cuivre-type recuit, et dans la Publication 111 de la CEI: Recommandation concernant la résistivité des fils en aluminium écroui dur industriel pour conducteurs électriques.

TABEAU I

Classe 1

Ames massives pour câbles monoconducteurs et multiconducteurs

1	2	3	4
Section nominale mm ²	Résistance maximale de l'âme à 20 °C		
	Ames en cuivre de section circulaire		Ames circulaires ou sectoriales en aluminium, nu ou revêtu d'une couche métallique ou plaqué de métal Ω/km
	Nu Ω/km	Revêtu d'une couche métallique Ω/km	
0,5	36,9	36,7	—
0,75	24,5	24,8	—
1	18,1	18,2	—
1,5	12,1	12,2	18,1 ²⁾
2,5	7,41	7,56	12,1 ²⁾
4	4,61	4,70	7,41 ²⁾
6	3,08	3,11	4,61 ²⁾
10	1,83	1,84	3,08 ²⁾
16	1,15	1,16	1,91 ²⁾
25	0,727 ¹⁾	—	1,20
35	0,524 ¹⁾	—	0,868
50	0,387 ¹⁾	—	0,641
70	0,268 ¹⁾	—	0,443
95	0,193 ¹⁾	—	0,320
120	0,153 ¹⁾	—	0,253
150	0,124 ¹⁾	—	0,206
185	—	—	0,164
240	—	—	0,125
300	—	—	0,100

¹⁾ Voir le paragraphe 4.1.2.

²⁾ Ames en aluminium de 1,5 mm² à 16 mm²: uniquement en sections circulaires. Voir le paragraphe 4.1.3.

Aluminium or aluminium alloy

Plain or metal-coated or metal-clad or metal-coated metal-clad.

$$k_{tAl} = \frac{248}{228 + t} = \frac{1}{1 + 0.004\,03 (t - 20)}$$

The values for the temperature resistance coefficients are given in I E C Publication 28: International Standard of Resistance for Copper, and I E C Publication 111: Recommendation for the Resistivity of Commercial Hard-drawn Aluminium Electrical Conductor Wire.

TABLE I

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 copper conductors		Aluminium conductors circular or shaped, plain, metal-coated or metal-clad
	Plain	Metal-coated	
	Ω/km	Ω/km	
0.5	36.0	36.7	—
0.75	24.5	24.8	—
1	18.1	18.2	—
1.5	12.1	12.2	18.1 ²⁾
2.5	7.41	7.56	12.1 ²⁾
4	4.61	4.70	7.41 ²⁾
6	3.08	3.11	4.61 ²⁾
10	1.83	1.84	3.08 ²⁾
16	1.15	1.16	1.91 ²⁾
25	0.727 ¹⁾	—	1.20
35	0.524 ¹⁾	—	0.868
50	0.387 ¹⁾	—	0.641
70	0.268 ¹⁾	—	0.443
95	0.193 ¹⁾	—	0.320
120	0.153 ¹⁾	—	0.253
150	0.124 ¹⁾	—	0.206
185	—	—	0.164
240	—	—	0.125
300	—	—	0.100

¹⁾ See Sub-clause 4.1.2.

²⁾ Aluminium conductors 1.5 mm² to 16 mm² circular only. See Sub-clause 4.1.3.

TABEAU II

Classe 2

Ames câblées 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		
	Ame circulaire (non rétreinte)		Ame circulaire rétreinte		Ame sectorale		Ames en cuivre		Ames en aluminium, brins nus ou revêtus d'une couche métallique, ou plaqués de métal Ω/km
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Brins nus	Brins revêtus d'une couche métallique	
							Ω/km	Ω/km	
0,5	7	—	—	—	—	—	36,0	36,7	—
0,75	7	—	—	—	—	—	24,5	24,8	—
1	7	—	—	—	—	—	18,1	18,2	—
1,5	7	—	6	—	—	—	12,1	12,2	—
2,5	7	—	6	—	—	—	7,41	7,56	—
4	7	7 ²⁾	6	—	—	—	4,61	4,70	7,41
6	7	7 ²⁾	6	—	—	—	3,08	3,11	4,61
10	7	7	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	61	61	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
1000	91	91	53	53	—	—	0,0176	0,0177	0,0291
1200	1)	—	1)	—	—	—	—	0,0151	0,0247
(1400) ³⁾	1)	—	1)	—	—	—	—	0,0129	0,0212
1600	1)	—	1)	—	—	—	—	0,0113	0,0186
(1800) ³⁾	1)	—	1)	—	—	—	—	0,0101	0,0165
2000	1)	—	1)	—	—	—	—	0,0090	0,0149

¹⁾ Nombre minimal de brins non spécifié.

²⁾ Voir le paragraphe 4.2.1.

³⁾ Les sections entre parenthèses ne sont pas préférentielles.

TABLE II

Class 2

Stranded conductors for single-core and multicore 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 conductor (non-compacted)		Circular compacted conductor		Shaped conductor		Copper conductor		Aluminium conductor, plain metal-coated or metal-clad wires
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Plain wires Ω/km	Metal-coated wires Ω/km	Ω/km
0.5	7	—	—	—	—	—	36.0	36.7	—
0.75	7	—	—	—	—	—	24.5	24.8	—
1	7	—	—	—	—	—	18.1	18.2	—
1.5	7	—	6	—	—	—	12.1	12.2	—
2.5	7	—	6	—	—	—	7.41	7.56	—
4	7	7 ²⁾	6	—	—	—	4.61	4.70	7.41
6	7	7 ²⁾	6	—	—	—	3.08	3.11	4.61
10	7	7	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	61	61	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
1000	91	91	53	53	—	—	0.0176	0.0177	0.0291
1200	1) ¹⁾	—	1) ¹⁾	—	—	—	0.0151	—	0.0247
(1400) ³⁾	1) ¹⁾	—	1) ¹⁾	—	—	—	0.0129	—	0.0212
1600	1) ¹⁾	—	1) ¹⁾	—	—	—	0.0113	—	0.0186
(1800) ³⁾	1) ¹⁾	—	1) ¹⁾	—	—	—	0.0101	—	0.0165
2000	1) ¹⁾	—	1) ¹⁾	—	—	—	0.0090	—	0.0149

¹⁾ Minimum number of wires not specified.

²⁾ See Sub-clause 4.2.1.

³⁾ The sizes in brackets are non-preferred.

TABLEAU III

Classe 5

Ames souples en cuivre 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	0,21	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 III

Class 5

Flexible copper conductors for single-core and multicore 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	0.21	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

TABLEAU IV

Classe 6

Ames souples en cuivre 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	0,16	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