

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60317-0-3

Edition 2.1

2000-01

Edition 2:1997 consolidée par l'amendement 1:1999
Edition 2:1997 consolidated with amendment 1:1999

**Spécifications pour types particuliers
de fils de bobinage –**

**Partie 0-3:
Prescriptions générales –
Fil de section circulaire en aluminium émaillé**

**Specifications for particular types
of winding wires –**

**Part 0-3:
General requirements –
Enamelled round aluminium wire**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60317-0-3:1997+A1:1999

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

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 dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

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 in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60317-0-3

Edition 2.1

2000-01

Edition 2:1997 consolidée par l'amendement 1:1999
Edition 2:1997 consolidated with amendment 1:1999

**Spécifications pour types particuliers
de fils de bobinage –**

**Partie 0-3:
Prescriptions générales –
Fil de section circulaire en aluminium émaillé**

**Specifications for particular types
of winding wires –**

**Part 0-3:
General requirements –
Enamelled round aluminium wire**

© IEC 2000 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 photo-copie 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.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6

Articles

1	Domaine d'application	8
2	Références normatives.....	8
3	Définitions et notes générales concernant les méthodes d'essai	10
4	Dimensions	12
5	Résistance électrique	18
6	Allongement.....	18
7	Effet de ressort	18
8	Souplesse et adhérence	18
9	Choc thermique.....	20
10	Thermoplasticité.....	20
11	Résistance à l'abrasion	22
12	Résistance aux solvants.....	22
13	Tension de claquage	22
14	Continuité de l'isolant (diamètres nominaux des conducteurs jusqu'à et y compris 1,600 mm).....	24
15	Indice de température	24
16	Résistance aux réfrigérants.....	24
17	Brasabilité.....	26
18	Adhérence par chaleur ou par solvant.....	26
19	Facteur de dissipation diélectrique.....	26
20	Résistance à l'huile de transformateur	26
21	Perte de masse.....	26
30	Conditionnement.....	26

Annexe A (informative)	Dimensions pour les diamètres nominaux des conducteurs intermédiaires (R 40)	28
Annexe B (informative)	Méthode pour le calcul du diamètre extérieur minimal	32
Annexe C (informative)	Méthode pour le calcul de la résistance linéique	34
Annexe D (informative)	Résistance	36
Annexe E (informative)	Essai de défaillance à haute température	38

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Definitions and general notes on methods of test	11
4 Dimensions	13
5 Electrical resistance	19
6 Elongation	19
7 Springiness	19
8 Flexibility and adherence	19
9 Heat shock	21
10 Cut-through	21
11 Resistance to abrasion	23
12 Resistance to solvents	23
13 Breakdown voltage	23
14 Continuity of insulation (nominal conductor diameters up to and including 1,600 mm)	25
15 Temperature index	25
16 Resistance to refrigerants	25
17 Solderability	27
18 Heat or solvent bonding	27
19 Dielectric dissipation factor	27
20 Resistance to transformer oil	27
21 Loss of mass	27
30 Packaging	27
Annex A (informative) Dimensions for intermediate nominal conductor diameters (R 40)	29
Annex B (informative) Method for the calculation of minimum overall diameter	33
Annex C (informative) Method for the calculation of linear resistance	35
Annex D (informative) Resistance	37
Annex E (informative) High temperature failure test	39

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SPÉCIFICATIONS POUR TYPES PARTICULIERS DE FILS DE BOBINAGE –

Partie 0-3: Prescriptions générales – Fil de section circulaire en aluminium émaillé

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60317-0-3 a été établie par le comité d'études 55 de la CEI: Fils de bobinage.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1990, son amendement 1 (1992), son amendement 2 (1993) et constitue une révision technique.

La présente norme comprend toutes les prescriptions générales pour les fils de section circulaire en cuivre émaillé contenues dans la série CEI 60317, publiée en 1988.

La présente version consolidée de la CEI 60317-0-3 est issue de la deuxième édition (1997) [documents 55/559, 55/610/FDIS et 55/603, 55/630/RVD] et de son amendement 1 (1999) [documents 55/690/FDIS et 55/717/RVD].

Elle porte le numéro d'édition 2.1.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1.

Les annexes A, B, C, D et E sont informatives.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SPECIFICATIONS FOR PARTICULAR TYPES OF WINDING WIRES –

**Part 0-3: General requirements –
Enamelled round aluminium wire**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60317-0-3 has been prepared by IEC technical committee 55: Winding wires.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1990, its amendment 1 (1992), its amendment 2 (1993) and constitutes a technical revision.

This standard also contains all general requirements of enamelled round copper wires taken from the IEC 60317 series issued in 1988.

This consolidated version of IEC 60317-0-3 is based on the second edition (1997) [documents 55/559, 55/610/FDIS and 55/603, 55/630/RVD] and its amendment 1 (1999) [documents 55/690/FDIS and 55/717/RVD].

It bears the edition number 2.1.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendment 1.

Annexes A, B, C, D and E are for information only.

INTRODUCTION

La présente Norme internationale constitue l'un des éléments d'une série traitant des fils isolés utilisés dans les enroulements des appareils électriques. Cette série doit comporter trois groupes définissant respectivement:

- 1) les méthodes d'essai (CEI 60851);
- 2) les spécifications (CEI 60317);
- 3) le conditionnement (CEI 60264).

INTRODUCTION

This International Standard is one of a series which deals with insulated wires used for windings in electrical equipment. The series has three groups describing:

- 1) methods of test (IEC 60851);
- 2) specifications (IEC 60317);
- 3) packaging (IEC 60264).

SPÉCIFICATIONS POUR TYPES PARTICULIERS DE FILS DE BOBINAGE –

Partie 0-3: Prescriptions générales – Fil de section circulaire en aluminium émaillé

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les prescriptions générales pour les fils de bobinage de section circulaire en aluminium émaillé avec ou sans une couche adhérente.

La gamme des diamètres nominaux des conducteurs est donnée dans la feuille de spécification concernée.

Quand il est fait référence à un fil de bobinage conforme à la série CEI 60317 indiquée dans l'article 2, les informations suivantes sont données dans la description:

- la référence de la spécification CEI;
- le diamètre nominal du conducteur en millimètres;
- le grade.

EXEMPLE: CEI 60317-14 – 0,500 Grade 1

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 60317. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60317 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60172:1987, *Méthode d'essai pour la détermination de l'indice de température des fils de bobinage émaillés*

CEI 60317-14:1990, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 14: Fil de section circulaire en aluminium émaillé avec acétal de polyvinyle, classe 105*

CEI 60317-15:1990, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 15: Fil de section circulaire en aluminium émaillé avec polyesterimide, classe 180*

CEI 60317-24:1990, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 24: Fil de section circulaire en aluminium émaillé avec polyester ou polyesterimide et avec surcouche polyamide, classe 180*

CEI 60317-25:1990, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 25: Fil de section circulaire en aluminium émaillé avec polyester ou polyesterimide et avec surcouche polyamide-imide, classe 200*

CEI 60851, *Méthodes d'essai des fils de bobinage*

ISO 3:1973, *Nombres normaux – Séries de nombres normaux*

SPECIFICATIONS FOR PARTICULAR TYPES OF WINDING WIRES –

Part 0-3: General requirements – Enamelled round aluminium wire

1 Scope

This International Standard specifies the general requirements of enamelled round aluminium winding wires with or without a bonding layer.

The range of nominal conductor diameters is given in the relevant specification sheet.

When reference is made to a winding wire according to a standard of the IEC 60317 series mentioned under clause 2, the following information is given in the description:

- reference to IEC specification;
- nominal conductor diameter in millimetres;
- grade.

EXAMPLE: IEC 60317-14 – 0,500 Grade 1

2 Normative references

The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60317. At the time of publication, the editions indicated were valid. All standards are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 60317 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the standards indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60172:1987, *Test procedure for the determination of the temperature index of enamelled winding wires*

IEC 60317-14:1990, *Specifications for particular types of winding wires – Part 14: Polyvinyl acetal enamelled round aluminium wire, class 105*

IEC 60317-15:1990, *Specifications for particular types of winding wires – Part 15: Polyesterimide enamelled round aluminium wire, class 180*

IEC 60317-24:1990, *Specifications for particular types of winding wires – Part 24: Polyester or polyesterimide overcoated with polyamide enamelled round aluminium wire, class 180*

IEC 60317-25:1990, *Specifications for particular types of winding wires – Part 25: Polyester or polyesterimide overcoated with polyamide-imide enamelled round aluminium wire, class 200*

IEC 60851, *Methods of test for winding wires*

ISO 3:1973, *Preferred numbers – Series of preferred numbers*

3 Définitions et notes générales concernant les méthodes d'essai

3.1 Définitions

couche adhérente

matériau qui est déposé sur un fil émaillé et qui a la fonction particulière de coller les fils entre eux

classe

performance thermique d'un fil de bobinage exprimée par l'indice de température et la température de choc thermique

revêtement

matériau qui est déposé sur un conducteur ou sur un fil par des moyens appropriés, puis séché et/ou cuit

conducteur

métal nu après enlèvement de l'isolant

craquelure

fente dans l'isolant qui rend visible le conducteur sous un grossissement donné

double revêtement

isolant constitué de deux matériaux différents, l'un en sous-couche et l'autre en surcouche

fil émaillé

fil revêtu d'un isolant fait d'une résine cuite

grade

gamme d'épaisseurs d'isolant d'un fil

isolant

revêtement ou enveloppe sur le conducteur qui a pour fonction particulière de supporter la tension électrique

dimension nominale du conducteur

désignation de la taille du conducteur selon la CEI 60317

revêtement unique

isolant constitué d'un seul matériau

fil de bobinage

fil utilisé pour fabriquer un bobinage qui fournit un champ magnétique

fil

conducteur revêtu ou enveloppé d'un isolant

3.2 Notes générales concernant les méthodes d'essai

Toutes les méthodes d'essai utilisées dans la présente norme figurent dans la CEI 60851.

Les numéros d'articles dans la présente norme sont identiques aux numéros d'essais respectifs de la CEI 60851.

3 Definitions and general notes on methods of test

3.1 Definitions

bonding layer

a material which is deposited on an enamelled wire and which has the specific function of bonding wires together

class

the thermal performance of a wire expressed by the temperature index and the heat shock temperature

coating

a material which is deposited on a conductor or wire by a suitable means and then dried and/or cured

conductor

the bare metal after removal of the insulation

crack

an opening in the insulation which exposes the conductor to view at the stated magnification

dual coating

an insulation composed of two different materials, an underlying and a superimposed coating

enamelled wire

a wire coated with an insulation of cured resin

grade

the range of thickness of the insulation of a wire

insulation

a coating or covering on the conductor with the specific function of withstanding voltage

nominal conductor dimension

the designation of the conductor size in accordance with IEC 60317

winding wire

a wire used for winding a coil to provide a magnetic field

wire

a conductor coated or covered with an insulation

3.2 General notes on methods of test

All methods of test to be used for this standard are given in IEC 60851.

The clause numbers used in this standard are identical with the respective test numbers of IEC 60851.

En cas de divergences entre la publication relative aux méthodes d'essai et la présente norme, la CEI 60317-0-3 prévaut.

Dans le cas où aucune gamme des diamètres nominaux des conducteurs n'est donnée pour un essai, l'essai s'applique à tous les diamètres nominaux des conducteurs couverts par la feuille particulière.

Sauf spécification contraire, tous les essais doivent être effectués à une température comprise entre 15 °C et 35 °C et une humidité relative de 45 % à 75 %. L'éprouvette doit, avant exécution des mesures, être préconditionnée dans ces conditions atmosphériques pendant un temps suffisant pour que l'éprouvette atteigne la stabilité.

Le fil à essayer doit être prélevé de son conditionnement de façon qu'il ne soit pas soumis à une tension ou à des pliages inutiles. Avant chaque essai, il convient d'éliminer une longueur de fil suffisante pour être sûr que les échantillons ne comportent aucun fil endommagé.

4 Dimensions

4.1 Diamètre du conducteur

La série des diamètres nominaux des conducteurs préférentiels doit correspondre à la série R 20 de l'ISO 3. Les valeurs réelles et leurs tolérances sont données dans les tableaux 1 et 2.

L'utilisateur peut choisir des diamètres intermédiaires pour des raisons techniques. Ces diamètres nominaux des conducteurs intermédiaires doivent être choisis dans la série R 40 de l'ISO 3. Les valeurs réelles et leurs tolérances sont données dans l'annexe A.

Le diamètre du conducteur ne doit pas s'écarter du diamètre nominal d'une valeur supérieure à la tolérance donnée dans les tableaux 1 ou 2.

In case of inconsistencies between the publication on methods of test and this standard, IEC 60317-0-3 shall prevail.

Where no specific range of nominal conductor diameters is given for a test, the test applies to all nominal conductor diameters covered by the specification sheet.

Unless otherwise specified, all tests shall be carried out at a temperature from 15 °C to 35 °C and a relative humidity from 45 % to 75 %. Before measurements are made, the specimens shall be preconditioned under these atmospheric conditions for a time sufficient to allow the specimens to reach stability.

The wire to be tested shall be removed from the packaging in such a way that the wire will not be subjected to tension or unnecessary bends. Before each test, sufficient wire should be discarded to ensure that any damaged wire is not included in the test specimens.

4 Dimensions

4.1 Conductor diameter

The series of preferred nominal conductor diameters shall correspond to series R 20 according to ISO 3. The actual values and their tolerances are given in tables 1 and 2.

The series of intermediate diameters from which the user may select intermediate nominal conductor diameters, when required for technical reasons, shall correspond to series R 40 according to ISO 3. The actual values and their tolerances are given in annex A.

The conductor diameter shall not differ from the nominal diameter by more than the limit given in tables 1 or 2.

Tableau 1 – Dimensions pour les fils émaillés (R 20)

Diamètre nominal du conducteur mm	Tolérance du conducteur ± mm	Accroissement minimal dû à l'isolant mm			Diamètre extérieur maximal mm		
		Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 1	Grade 2	Grade 3
0,250	0,004	0,017	0,032	0,048	0,281	0,297	0,312
0,280	0,004	0,018	0,033	0,050	0,312	0,329	0,345
0,315	0,004	0,019	0,035	0,053	0,349	0,367	0,384
0,355	0,004	0,020	0,038	0,057	0,392	0,411	0,428
0,400	0,005	0,021	0,040	0,060	0,439	0,459	0,478
0,450	0,005	0,022	0,042	0,064	0,491	0,513	0,533
0,500	0,005	0,024	0,045	0,067	0,544	0,566	0,587
0,560	0,006	0,025	0,047	0,071	0,606	0,630	0,653
0,630	0,006	0,027	0,050	0,075	0,679	0,704	0,728
0,710	0,007	0,028	0,053	0,080	0,762	0,789	0,814
0,800	0,008	0,030	0,056	0,085	0,855	0,884	0,911
0,900	0,009	0,032	0,060	0,090	0,959	0,989	1,018
1,000	0,010	0,034	0,063	0,095	1,062	1,094	1,124
1,120	0,011	0,034	0,065	0,098	1,184	1,217	1,248
1,250	0,013	0,035	0,067	0,100	1,316	1,349	1,381
1,400	0,014	0,036	0,069	0,103	1,468	1,502	1,535
1,600	0,016	0,038	0,071	0,107	1,670	1,706	1,740
1,800	0,018	0,039	0,073	0,110	1,872	1,909	1,944
2,000	0,020	0,040	0,075	0,113	2,074	2,112	2,148
2,240	0,022	0,041	0,077	0,116	2,316	2,355	2,392
2,500	0,025	0,042	0,079	0,119	2,578	2,618	2,656
2,800	0,028	0,043	0,081	0,123	2,880	2,922	2,961
3,150	0,032	0,045	0,084	0,127	3,233	3,276	3,316
3,550	0,036	0,046	0,086	0,130	3,635	3,679	3,721
4,000	0,040	0,047	0,089	0,134	4,088	4,133	4,176
4,500	0,045	0,049	0,092	0,138	4,591	4,637	4,681
5,000	0,050	0,050	0,094	0,142	5,093	5,141	5,186

NOTE 1 Les comités nationaux peuvent utiliser des prescriptions de diamètres extérieurs minimaux, à condition que ces derniers soient déterminés à partir des surépaisseurs minimales. Pour le calcul, voir l'annexe B.

NOTE 2 Pour les diamètres nominaux des conducteurs intermédiaires, utiliser la valeur de l'accroissement minimal correspondant à celui du diamètre nominal du conducteur immédiatement supérieur.

NOTE 3 Pour les dimensions des diamètres nominaux des conducteurs intermédiaires pour R 40, voir l'annexe A.

Table 1 – Dimensions of enamelled wires (R 20)

Nominal conductor diameter mm	Conductor tolerance ± mm	Minimum increase due to the insulation mm			Maximum overall diameter mm		
		Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 1	Grade 2	Grade 3
0,250	0,004	0,017	0,032	0,048	0,281	0,297	0,312
0,280	0,004	0,018	0,033	0,050	0,312	0,329	0,345
0,315	0,004	0,019	0,035	0,053	0,349	0,367	0,384
0,355	0,004	0,020	0,038	0,057	0,392	0,411	0,428
0,400	0,005	0,021	0,040	0,060	0,439	0,459	0,478
0,450	0,005	0,022	0,042	0,064	0,491	0,513	0,533
0,500	0,005	0,024	0,045	0,067	0,544	0,566	0,587
0,560	0,006	0,025	0,047	0,071	0,606	0,630	0,653
0,630	0,006	0,027	0,050	0,075	0,679	0,704	0,728
0,710	0,007	0,028	0,053	0,080	0,762	0,789	0,814
0,800	0,008	0,030	0,056	0,085	0,855	0,884	0,911
0,900	0,009	0,032	0,060	0,090	0,959	0,989	1,018
1,000	0,010	0,034	0,063	0,095	1,062	1,094	1,124
1,120	0,011	0,034	0,065	0,098	1,184	1,217	1,248
1,250	0,013	0,035	0,067	0,100	1,316	1,349	1,381
1,400	0,014	0,036	0,069	0,103	1,468	1,502	1,535
1,600	0,016	0,038	0,071	0,107	1,670	1,706	1,740
1,800	0,018	0,039	0,073	0,110	1,872	1,909	1,944
2,000	0,020	0,040	0,075	0,113	2,074	2,112	2,148
2,240	0,022	0,041	0,077	0,116	2,316	2,355	2,392
2,500	0,025	0,042	0,079	0,119	2,578	2,618	2,656
2,800	0,028	0,043	0,081	0,123	2,880	2,922	2,961
3,150	0,032	0,045	0,084	0,127	3,233	3,276	3,316
3,550	0,036	0,046	0,086	0,130	3,635	3,679	3,721
4,000	0,040	0,047	0,089	0,134	4,088	4,133	4,176
4,500	0,045	0,049	0,092	0,138	4,591	4,637	4,681
5,000	0,050	0,050	0,094	0,142	5,093	5,141	5,186

NOTE 1 National committees may use minimum overall diameter requirements provided they are based on the minimum increases. The calculation is given in annex B.

NOTE 2 For intermediate nominal conductor diameters, the minimum increase figure corresponding to the next largest nominal conductor diameter shall be taken.

NOTE 3 The dimensions of intermediate nominal conductor diameters for R 40 series are given in annex A.

Tableau 2 – Dimensions pour les fils émaillés avec une couche adhérente (R 20)

Diamètre nominal du conducteur mm	Tolérance du conducteur ± mm	Accroissement minimal de la sous-couche mm		Accroissement minimal de la couche adhérente mm	Diamètre extérieur maximal mm	
		Grade 1B	Grade 2B		Grade 1B	Grade 2B
0,250	0,004	0,017	0,032	0,013	0,300	0,316
0,280	0,004	0,018	0,033	0,013	0,331	0,348
0,315	0,004	0,019	0,035	0,014	0,369	0,387
0,355	0,004	0,020	0,038	0,015	0,413	0,432
0,400	0,005	0,021	0,040	0,016	0,461	0,481
0,450	0,005	0,022	0,042	0,016	0,514	0,536
0,500	0,005	0,024	0,045	0,017	0,568	0,590
0,560	0,006	0,025	0,047	0,017	0,630	0,654
0,630	0,006	0,027	0,050	0,018	0,704	0,729
0,710	0,007	0,028	0,053	0,019	0,788	0,815
0,800	0,008	0,030	0,056	0,020	0,882	0,911
0,900	0,009	0,032	0,060	0,020	0,987	1,017
1,000	0,010	0,034	0,063	0,021	1,091	1,123
1,120	0,011	0,034	0,065	0,022	1,214	1,247
1,250	0,013	0,035	0,067	0,022	1,346	1,379
1,400	0,014	0,036	0,069	0,023	1,499	1,533
1,600	0,016	0,038	0,071	0,023	1,702	1,738
1,800	0,018	0,039	0,073	0,024	1,905	1,942
2,000	0,020	0,040	0,075	0,025	2,108	2,146

NOTE 1 Les comités nationaux peuvent utiliser des prescriptions de diamètres extérieurs minimaux, à condition que ces derniers soient déterminés à partir des surépaisseurs minimales. Pour le calcul, voir l'annexe B.

NOTE 2 Pour les diamètres nominaux des conducteurs intermédiaires, utiliser la valeur de l'accroissement minimal correspondant à celui du diamètre nominal du conducteur immédiatement supérieur.

NOTE 3 Pour les dimensions des diamètres nominaux des conducteurs intermédiaires pour R 40, voir l'annexe A.

4.2 Faux-rond du conducteur

En chaque point, la différence entre les diamètres minimal et maximal ne doit pas être supérieure à la valeur donnée dans la deuxième colonne des tableaux 1 ou 2.

4.3 Accroissement minimal de diamètre dû à l'isolant et à la couche adhérente

4.3.1 Fils émaillés sans couche adhérente

L'accroissement minimal de diamètre dû à l'isolant ne doit pas être inférieur aux valeurs données dans le tableau 1.

4.3.2 Fils émaillés avec une couche adhérente

L'accroissement minimal de diamètre dû à l'isolant et comprenant la couche adhérente ne doit pas être inférieur aux valeurs données dans le tableau 2.

Table 2 – Dimensions of enamelled wires with a bonding layer (R 20)

Nominal conductor diameter mm	Conductor tolerance ± mm	Minimum increase underlying coating mm		Minimum increase bonding layer mm	Maximum overall diameter mm	
		Grade 1B	Grade 2B		Grade 1B	Grade 2B
0,250	0,004	0,017	0,032	0,013	0,300	0,316
0,280	0,004	0,018	0,033	0,013	0,331	0,348
0,315	0,004	0,019	0,035	0,014	0,369	0,387
0,355	0,004	0,020	0,038	0,015	0,413	0,432
0,400	0,005	0,021	0,040	0,016	0,461	0,481
0,450	0,005	0,022	0,042	0,016	0,514	0,536
0,500	0,005	0,024	0,045	0,017	0,568	0,590
0,560	0,006	0,025	0,047	0,017	0,630	0,654
0,630	0,006	0,027	0,050	0,018	0,704	0,729
0,710	0,007	0,028	0,053	0,019	0,788	0,815
0,800	0,008	0,030	0,056	0,020	0,882	0,911
0,900	0,009	0,032	0,060	0,020	0,987	1,017
1,000	0,010	0,034	0,063	0,021	1,091	1,123
1,120	0,011	0,034	0,065	0,022	1,214	1,247
1,250	0,013	0,035	0,067	0,022	1,346	1,379
1,400	0,014	0,036	0,069	0,023	1,499	1,533
1,600	0,016	0,038	0,071	0,023	1,702	1,738
1,800	0,018	0,039	0,073	0,024	1,905	1,942
2,000	0,020	0,040	0,075	0,025	2,108	2,146

NOTE 1 National committees may use minimum overall diameter requirements provided they are based on the minimum increases. The calculation is given in annex B.

NOTE 2 For intermediate nominal conductor diameters, the minimum increase figure corresponding to the next largest nominal conductor diameter shall be taken.

NOTE 3 The dimensions of intermediate nominal conductor diameters for R 40 series are given in annex A.

4.2 Out of roundness of conductor

The difference between the minimum and maximum diameter, at any one point, shall not be more than the figure given in column 2 of table 1 or table 2.

4.3 Minimum increase in diameter due to the insulation and the bonding layer

4.3.1 Enamelled wires without a bonding layer

The minimum increase in diameter due to the insulation shall not be less than the values given in table 1.

4.3.2 Enamelled wires with a bonding layer

The minimum increase in diameter due to the insulation including the bonding layer shall not be less than the values given in table 2.

4.4 Diamètre extérieur maximal

4.4.1 Fils émaillés sans couche adhérente

Le diamètre extérieur maximal ne doit pas dépasser les valeurs données dans le tableau 1.

4.4.2 Fils émaillés avec une couche adhérente

Le diamètre extérieur maximal ne doit pas dépasser les valeurs données dans le tableau 2.

5 Résistance électrique

Aucune valeur de résistance électrique n'est spécifiée.

Après accord entre acheteur et fournisseur, des mesures de résistance électrique peuvent être réalisées pour les diamètres nominaux des conducteurs jusqu'à et y compris 1,000 mm. Dans le cas d'un tel accord, la résistance électrique à 20 °C doit être comprise entre les limites données dans l'annexe D.

NOTE Pour la résistance électrique nominale, voir l'annexe D.

6 Allongement

L'allongement à la rupture et la charge à la rupture ne doivent pas être inférieurs aux valeurs données dans le tableau 3.

Tableau 3 – Allongement

Diamètre nominal du conducteur mm		Allongement minimal	Charge minimale à la rupture
Au-dessus de	Jusqu'à et y compris	%	N mm ⁻²
–	0,400	10	90
0,400	1,000	12	90
1,000	2,000	15	80
2,000	5,000	15	70

7 Effet de ressort

Il existe une méthode d'essai, mais aucune prescription pour son application éventuelle.

8 Souplesse et adhérence

8.1 Essai d'enroulement sur mandrin (diamètres nominaux des conducteurs jusqu'à et y compris 1,600 mm)

Le revêtement ne doit pas montrer de craquelures après enroulement du fil sur le mandrin spécifié dans le tableau 4.

4.4 Maximum overall diameter

4.4.1 Enamelled wires without a bonding layer

The maximum overall diameter shall not exceed the values given in table 1.

4.4.2 Enamelled wires with a bonding layer

The maximum overall diameter shall not exceed the values given in table 2.

5 Electrical resistance

No resistance values are specified.

By agreement between purchaser and supplier, resistance measurements may be made for nominal conductor diameters up to and including 1,000 mm. In case of such an agreement, the resistance at 20 °C shall be within the limits given in annex D.

NOTE The nominal resistance is given in annex D.

6 Elongation

The elongation at fracture and tensile strength shall not be less than the value given in table 3.

Table 3 – Elongation

Nominal conductor diameter mm		Elongation minimum	Tensile strength minimum
Over	Up to and including	%	N mm ⁻²
–	0,400	10	90
0,400	1,000	12	90
1,000	2,000	15	80
2,000	5,000	15	70

7 Springiness

Test appropriate but no requirements specified.

8 Flexibility and adherence

8.1 Mandrel winding test (nominal conductor diameters up to and including 1,600 mm)

The coating shall show no crack after the wire has been wound on a mandrel as specified in table 4.

Tableau 4 – Enroulement sur mandrin

Diamètre nominal du conducteur mm		Diamètre du mandrin
Au-dessus de	Jusqu'à et y compris	
–	1,600	3D*
* D est le diamètre extérieur du fil.		

8.2 Essai d'allongement (diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 1,600 mm)

Le revêtement ne doit pas montrer de craquelures après allongement du fil de 15 %.

8.3 Essai de traction brusque (diamètres nominaux des conducteurs jusqu'à et y compris 1,000 mm)

Le revêtement ne doit présenter ni craquelure ni décollement.

8.4 Essai de décollement (diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 1,000 mm)

Il existe une méthode d'essai, mais aucune prescription pour son application éventuelle.

9 Choc thermique

9.1 Diamètres nominaux des conducteurs jusqu'à et y compris 1,600 mm

Le revêtement ne doit présenter aucune craquelure. Le diamètre du mandrin est celui qui est spécifié dans le tableau 5. La température minimale de choc thermique est donnée dans la feuille de spécification concernée.

Tableau 5 – Choc thermique

Diamètre nominal du conducteur mm		Diamètre du mandrin
Au-dessus de	Jusqu'à et y compris	
–	1,600	3D*
* D est le diamètre extérieur du fil.		

9.2 Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 1,600 mm

Le revêtement ne doit présenter aucune craquelure, après allongement de 15 %. La température minimale de choc thermique est donnée dans la feuille de spécification concernée.

10 Thermoplasticité

Pour les prescriptions, voir la feuille de spécification concernée.

Table 4 – Mandrel winding

Nominal conductor diameter mm		Mandrel diameter
Over	Up to and including	
–	1,600	3D*
* D is the overall diameter of the wire.		

8.2 Stretching test (nominal conductor diameters over 1,600 mm)

The coating shall show no crack after the wire has been elongated 15 %.

8.3 Jerk test (nominal conductor diameters up to and including 1,000 mm)

The coating shall show no crack or loss of adhesion.

8.4 Peel test (nominal conductor diameters over 1,000 mm)

Test appropriate but no requirements specified.

9 Heat shock**9.1 Nominal conductor diameters up to and including 1,600 mm**

The coating shall show no crack. The mandrel diameter shall be as specified in table 5. The minimum heat shock temperature is given in the relevant specification sheet.

Table 5 – Heat shock

Nominal conductor diameter mm		Mandrel diameter
Over	Up to and including	
–	1,600	3D*
* D is the overall diameter of the wire.		

9.2 Nominal conductor diameters over 1,600 mm

The coating shall show no crack after having been elongated 15 %. The minimum heat shock temperature is given in the relevant specification sheet.

10 Cut-through

For requirements see the relevant specification sheet.

11 Résistance à l'abrasion

Pour les prescriptions, voir la feuille de spécification concernée.

12 Résistance aux solvants

Solvant normalisé

Le revêtement ne doit pas être enlevé par un crayon de dureté «H».

13 Tension de claquage

Le fil doit répondre aux prescriptions spécifiées en 13.1 et 13.2, respectivement, lorsqu'il est essayé à la température ambiante et à la température élevée quand cela est demandé par l'acheteur.

La température élevée est donnée dans la feuille de spécification concernée.

13.1 Diamètres nominaux des conducteurs jusqu'à et y compris 2,500 mm

Au moins quatre des cinq éprouvettes ne doivent pas subir de claquage à des tensions inférieures ou égales à celles qui sont données dans le tableau 6.

Tableau 6 – Tension de claquage

Diamètre nominal du conducteur mm	Tension minimale de claquage (valeur efficace) V					
	Grade 1 et grade 1B		Grade 2 et grade 2B		Grade 3	
	Température du local	Température élevée	Température du local	Température élevée	Température du local	Température élevée
0,250	2 100	1 600	3 900	2 900	5 500	4 100
0,280	2 200	1 700	4 000	3 000	5 800	4 400
0,315	2 200	1 700	4 100	3 100	6 100	4 600
0,355	2 300	1 700	4 300	3 200	6 400	4 800
0,400	2 300	1 700	4 400	3 300	6 600	5 000
0,450	2 300	1 700	4 400	3 300	6 800	5 100
0,500	2 400	1 800	4 600	3 500	7 000	5 300
0,560	2 500	1 900	4 600	3 500	7 100	5 300
0,630	2 600	2 000	4 800	3 600	7 100	5 300
0,710	2 600	2 000	4 800	3 600	7 200	5 400
0,800	2 600	2 000	4 900	3 700	7 400	5 600
0,900	2 700	2 000	5 000	3 800	7 600	5 700
1,000 jusqu'à et y compris 2,500	2 700	2 000	5 000	3 800	7 600	5 700

NOTE Pour les diamètres nominaux des conducteurs intermédiaires, utiliser la valeur qui est donnée pour le diamètre nominal du conducteur immédiatement supérieur.

11 Resistance to abrasion

For requirements see the relevant specification sheet.

12 Resistance to solvents

Standard solvent

Using a pencil of hardness "H" the coating shall not be removed.

13 Breakdown voltage

The wire shall meet the requirements given in 13.1 and 13.2, respectively, when tested at room temperature and at elevated temperature when this is required by the purchaser.

The elevated temperature is given in the relevant specification sheet.

13.1 Nominal conductor diameters up to and including 2,500 mm

At least four of the five specimens tested shall not break down at a voltage less than or equal to that given in table 6.

Table 6 – Breakdown voltage

Nominal conductor diameter mm	Minimum breakdown voltage (r.m.s. value)					
	Grade 1 and grade 1B		Grade 2 and grade 2B		Grade 3	
	Room temperature	Elevated temperature	Room temperature	Elevated temperature	Room temperature	Elevated temperature
0,250	2 100	1 600	3 900	2 900	5 500	4 100
0,280	2 200	1 700	4 000	3 000	5 800	4 400
0,315	2 200	1 700	4 100	3 100	6 100	4 600
0,355	2 300	1 700	4 300	3 200	6 400	4 800
0,400	2 300	1 700	4 400	3 300	6 600	5 000
0,450	2 300	1 700	4 400	3 300	6 800	5 100
0,500	2 400	1 800	4 600	3 500	7 000	5 300
0,560	2 500	1 900	4 600	3 500	7 100	5 300
0,630	2 600	2 000	4 800	3 600	7 100	5 300
0,710	2 600	2 000	4 800	3 600	7 200	5 400
0,800	2 600	2 000	4 900	3 700	7 400	5 600
0,900	2 700	2 000	5 000	3 800	7 600	5 700
1,000 up to and including 2,500	2 700	2 000	5 000	3 800	7 600	5 700

NOTE For intermediate nominal conductor diameters, the figure of the next largest nominal conductor diameter shall be taken.

13.2 Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 2,500 mm

Au moins quatre des cinq éprouvettes ne doivent pas subir de claquage à des tensions inférieures ou égales à celles qui sont données dans le tableau 7.

Tableau 7 – Tension de claquage

Diamètre nominal du conducteur mm	Tension minimale de claquage (valeur efficace) V					
	Grade 1 et grade 1B		Grade 2 et grade 2B		Grade 3	
	Température du local	Température élevée	Température du local	Température élevée	Température du local	Température élevée
Supérieur à 2,500	1 300	1 000	2 500	1 900	3 800	2 900

14 Continuité de l'isolant (diamètres nominaux des conducteurs jusqu'à et y compris 1,600 mm)

Le nombre de défauts pour 30 m de fil ne doit pas dépasser les valeurs du tableau 8.

Tableau 8 – Continuité de l'isolant

Diamètre nominal du conducteur mm		Nombre maximal de défauts pour 30 m		
Au-dessus de	Jusqu'à et y compris	Grade 1 et grade 1B	Grade 2 et grade 2B	Grade 3
–	1,600	25	10	5

15 Indice de température

L'essai est réalisé conformément à la CEI 60172 sur des éprouvettes non imprégnées dont le diamètre nominal du conducteur est de 1,000 mm, grade 2.

L'indice de température ne doit pas être inférieur à celui donné dans la feuille de spécification concernée et la durée de vie mesurée à la température d'essai la plus basse ne doit pas être inférieure à 5 000 h.

Si l'acheteur le demande, le fournisseur de fils émaillés fournira la preuve que le fil satisfait aux prescriptions pour l'indice de température.

NOTE Les prescriptions relatives à l'indice de température basées sur une durée de vie extrapolée de 20 000 h s'appliquent à des fils émaillés n'ayant pas reçu d'imprégnation et non pas comme à un élément d'un système d'isolation. La température en degrés Celsius correspondant à l'indice de température n'est pas nécessairement celle à laquelle il est recommandé d'utiliser le fil et cela dépendra de beaucoup de facteurs, y compris du type d'équipement considéré.

16 Résistance aux réfrigérants

Pour les prescriptions, voir la feuille de spécification concernée.

13.2 Nominal conductor diameters over 2,500 mm

At least four of the five specimens tested shall not break down at a voltage less than or equal to that given in table 7.

Table 7 – Breakdown voltage

Nominal conductor diameter mm	Minimum breakdown voltage (r.m.s. value) V					
	Grade 1 and grade 1B		Grade 2 and grade 2B		Grade 3	
	Room temperature	Elevated temperature	Room temperature	Elevated temperature	Room temperature	Elevated temperature
Over 2 500	1 300	1 000	2 500	1 900	3 800	2 900

14 Continuity of insulation (nominal conductor diameters up to and including 1,600 mm)

The number of faults per 30 m of wire shall not exceed the values given in table 8.

Table 8 – Continuity of insulation

Nominal conductor diameter mm		Maximum number of fault per 30 m		
Over	Up to and including	Grade 1 and grade 1B	Grade 2 and grade 2B	Grade 3
–	1 600	25	10	5

15 Temperature index

The test shall be carried out in accordance with IEC 60172 unimpregnated specimens made from a wire having a nominal conductor diameter of 1,000 mm, grade 2.

The temperature index shall not be less than given in the relevant specification sheet and the time to failure at the lowest test temperature shall not be less than 5 000 h.

When required by a purchaser, the supplier of the enamelled wire shall supply evidence that the wire meets the requirements for the temperature index.

NOTE The temperature index based on an extrapolated life of 20 000 h relates to enamelled wires tested unvarnished and not as part of an insulation system. The temperature in degrees Celsius corresponding to the temperature index is not necessarily that at which it is recommended that the wire be operated and this will depend on many factors, including the type of equipment involved.

16 Resistance to refrigerants

For requirements see the relevant specification sheet.

17 Brasabilité

L'essai ne peut pas s'appliquer.

18 Adhérence par chaleur ou par solvant

Pour les prescriptions, voir la feuille de spécification concernée.

19 Facteur de dissipation diélectrique

Pour les prescriptions, voir la feuille de spécification concernée.

20 Résistance à l'huile de transformateur

Pour les prescriptions, voir la feuille de spécification concernée.

21 Perte de masse

Pour les prescriptions, voir la feuille de spécification concernée.

30 Conditionnement

Le type de conditionnement peut avoir une influence sur certaines propriétés du fil, par exemple l'effet de ressort. Le conditionnement, par exemple le type de la bobine de livraison, doit donc faire l'objet d'un accord entre acheteur et fournisseur.

Le fil doit être enroulé régulièrement et de façon compacte sur les bobines ou placé dans les fûts. Aucune bobine ou fût ne doit contenir plus d'une longueur de fil, sauf accord entre acheteur et fournisseur. Quand il y a plus d'une longueur, l'identification portée sur l'étiquette ainsi que le repérage des longueurs doivent faire l'objet d'un accord entre acheteur et fournisseur.

Quand les fils sont fournis en couronnes, les dimensions et les poids maximaux de ces couronnes, ainsi que les dispositions supplémentaires prises pour protéger ces couronnes, doivent faire l'objet d'un accord entre acheteur et fournisseur.

Des étiquettes sont fixées à chaque unité d'emballage conformément à l'accord préalable entre utilisateur et fournisseur, elles indiquent:

- a) le nom du fabricant et/ou la marque commerciale;
- b) le type de fil et d'isolant; par exemple le nom commercial et/ou le numéro de la spécification de la CEI;
- c) la masse nette de fil;
- d) la ou les dimensions nominales du fil et le grade de l'isolant;
- e) la date de fabrication.

17 Solderability

Test inappropriate.

18 Heat or solvent bonding

For requirements see the relevant specification sheet.

19 Dielectric dissipation factor

For requirements see the relevant specification sheet.

20 Resistance to transformer oil

For requirements see the relevant specification sheet.

21 Loss of mass

For requirements see the relevant specification sheet.

30 Packaging

The kind of packaging may influence certain properties of the wire, for example springback. Therefore the kind of packaging, for example the type of spool, shall be agreed between purchaser and supplier.

The wire shall be evenly and compactly wound on spools or placed in containers. No spool or container shall contain more than one length of wire unless agreed to by purchaser and supplier. Marking of the label when there is more than one length and/or identification of the separate lengths in the package, shall be agreed to by purchaser and supplier.

Where wires are delivered in coils, the dimensions and the maximum weights of such coils shall be agreed between purchaser and supplier. Any additional protection for coils shall also be agreed between purchaser and supplier.

Labels shall be attached to each packaging unit as agreed between supplier and user and shall include the following information:

- a) manufacturer's name and/or trade mark;
- b) type of wire and insulation, for instance trade name and/or IEC specification number;
- c) net mass of wire;
- d) nominal dimension(s) of wire and grade of insulation;
- e) date of manufacture.

Annexe A (informative)

Dimensions pour les diamètres nominaux des conducteurs intermédiaires (R 40)

Diamètres nominaux des conducteurs intermédiaires qui peuvent être choisis par l'utilisateur pour des raisons techniques.

A.1 Fils émaillés sans couche adhérente

Tableau A.1 – Dimensions pour les fils émaillés (R 40)

Diamètre nominal du conducteur mm	Tolérance du conducteur ± mm	Accroissement minimal dû à l'isolant mm			Diamètre extérieur maximal mm		
		Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 1	Grade 2	Grade 3
0,265	0,004	0,018	0,033	0,030	0,297	0,314	0,330
0,300	0,004	0,019	0,035	0,053	0,334	0,352	0,369
0,335	0,004	0,020	0,038	0,057	0,372	0,391	0,408
0,375	0,005	0,021	0,040	0,060	0,414	0,434	0,453
0,425	0,005	0,022	0,042	0,064	0,466	0,488	0,508
0,475	0,005	0,024	0,045	0,067	0,519	0,541	0,562
0,530	0,006	0,025	0,047	0,071	0,576	0,600	0,623
0,600	0,006	0,027	0,050	0,075	0,649	0,674	0,698
0,670	0,007	0,028	0,053	0,080	0,722	0,749	0,774
0,750	0,008	0,030	0,056	0,085	0,805	0,834	0,861
0,850	0,009	0,032	0,060	0,090	0,909	0,939	0,968
0,950	0,010	0,034	0,063	0,095	1,012	1,044	1,074
1,060	0,011	0,034	0,065	0,098	1,124	1,157	1,188
1,180	0,012	0,035	0,067	0,100	1,246	1,279	1,311
1,320	0,013	0,036	0,069	0,103	1,388	1,422	1,455
1,500	0,015	0,038	0,071	0,107	1,570	1,606	1,640
1,700	0,017	0,039	0,073	0,110	1,772	1,809	1,844
1,900	0,019	0,040	0,075	0,113	1,974	2,012	2,048
2,120	0,021	0,041	0,077	0,116	2,196	2,235	2,272
2,360	0,024	0,042	0,079	0,119	2,438	2,478	2,516
2,650	0,027	0,043	0,081	0,123	2,730	2,772	2,811
3,000	0,030	0,045	0,084	0,127	3,083	3,126	3,166
3,350	0,034	0,046	0,086	0,130	3,435	3,479	3,521
3,750	0,038	0,047	0,089	0,134	3,838	3,883	3,926
4,250	0,043	0,049	0,092	0,138	4,341	4,387	4,431
4,750	0,048	0,050	0,094	0,142	4,843	4,891	4,936

NOTE Les comités nationaux peuvent utiliser des prescriptions de diamètres extérieurs minimaux, à condition que ces derniers soient déterminés à partir des surépaisseurs minimales. Pour le calcul, voir l'annexe B.

Annex A (informative)

Dimensions for intermediate nominal conductor diameters (R 40)

Intermediate nominal conductor diameters from which the user may select intermediate sizes only for technical reasons.

A.1 Enamelled wires without a bonding layer

Table A.1 – Dimensions of enamelled wires (R 40)

Nominal conductor diameter mm	Conductor tolerance ± mm	Minimum increase due to the insulation mm			Maximum overall diameter mm		
		Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 1	Grade 2	Grade 3
0,265	0,004	0,018	0,033	0,050	0,297	0,314	0,330
0,300	0,004	0,019	0,035	0,053	0,334	0,352	0,369
0,335	0,004	0,020	0,038	0,057	0,372	0,391	0,408
0,375	0,005	0,021	0,040	0,060	0,414	0,434	0,453
0,425	0,005	0,022	0,042	0,064	0,466	0,488	0,508
0,475	0,005	0,024	0,045	0,067	0,519	0,541	0,562
0,530	0,006	0,025	0,047	0,071	0,576	0,600	0,623
0,600	0,006	0,027	0,050	0,075	0,649	0,674	0,698
0,670	0,007	0,028	0,053	0,080	0,722	0,749	0,774
0,750	0,008	0,030	0,056	0,085	0,805	0,834	0,861
0,850	0,009	0,032	0,060	0,090	0,909	0,939	0,968
0,950	0,010	0,034	0,063	0,095	1,012	1,044	1,074
1,060	0,011	0,034	0,065	0,098	1,124	1,157	1,188
1,180	0,012	0,035	0,067	0,100	1,246	1,279	1,311
1,320	0,013	0,036	0,069	0,103	1,388	1,422	1,455
1,500	0,015	0,038	0,071	0,107	1,570	1,606	1,640
1,700	0,017	0,039	0,073	0,110	1,772	1,809	1,844
1,900	0,019	0,040	0,075	0,113	1,974	2,012	2,048
2,120	0,021	0,041	0,077	0,116	2,196	2,235	2,272
2,360	0,024	0,042	0,079	0,119	2,438	2,478	2,516
2,650	0,027	0,043	0,081	0,123	2,730	2,772	2,811
3,000	0,030	0,045	0,084	0,127	3,083	3,126	3,166
3,350	0,034	0,046	0,086	0,130	3,435	3,479	3,521
3,750	0,038	0,047	0,089	0,134	3,838	3,883	3,926
4,250	0,043	0,049	0,092	0,138	4,341	4,387	4,431
4,750	0,048	0,050	0,094	0,142	4,843	4,891	4,936

NOTE National committees may use minimum overall diameter requirements provided they are based on the minimum increases. The calculation is given in annex B.

A.2 Fils émaillés avec une couche adhérente

Tableau A.2 – Dimensions pour les fils émaillés avec une couche adhérente (R 40)

Diamètre nominal du conducteur mm	Tolérance du conducteur ± mm	Accroissement minimal de la sous-couche mm		Accroissement minimal de la couche adhérente mm	Diamètre extérieur maximal mm	
		Grade 1B	Grade 2B		Grade 1B	Grade 2B
0,265	0,004	0,018	0,033	0,013	0,316	0,333
0,300	0,004	0,019	0,035	0,014	0,354	0,372
0,335	0,004	0,020	0,038	0,015	0,393	0,412
0,375	0,005	0,021	0,040	0,016	0,436	0,456
0,425	0,005	0,022	0,042	0,016	0,489	0,511
0,475	0,005	0,024	0,045	0,017	0,543	0,565
0,530	0,006	0,025	0,047	0,017	0,600	0,624
0,600	0,006	0,027	0,050	0,018	0,674	0,699
0,670	0,007	0,028	0,053	0,019	0,748	0,775
0,750	0,008	0,030	0,056	0,020	0,832	0,861
0,850	0,009	0,032	0,060	0,020	0,937	0,967
0,950	0,010	0,034	0,063	0,021	1,041	1,073
1,060	0,011	0,034	0,065	0,022	1,154	1,187
1,180	0,012	0,035	0,067	0,022	1,276	1,309
1,320	0,013	0,036	0,069	0,023	1,419	1,453
1,500	0,015	0,038	0,071	0,023	1,602	1,638
1,700	0,017	0,039	0,073	0,024	1,805	1,842
1,900	0,019	0,040	0,075	0,025	2,008	2,046

NOTE Les comités nationaux peuvent utiliser des prescriptions de diamètres extérieurs minimaux, à condition que ces derniers soient déterminés à partir des surepaisseurs minimales. Pour le calcul, voir l'annexe B.

A.2 Enamelled wires with a bonding layer

Table A.2 – Dimensions of enamelled wires with a bonding layer (R 40)

Nominal conductor diameter mm	Conductor tolerance ± mm	Maximum increase underlying coating mm		Minimum increase bonding layer mm	Maximum overall diameter mm	
		Grade 1B	Grade 2B		Grade 1B	Grade 2B
0,265	0,004	0,018	0,033	0,013	0,316	0,333
0,300	0,004	0,019	0,035	0,014	0,354	0,372
0,335	0,004	0,020	0,038	0,015	0,393	0,412
0,375	0,005	0,021	0,040	0,016	0,436	0,456
0,425	0,005	0,022	0,042	0,016	0,489	0,511
0,475	0,005	0,024	0,045	0,017	0,543	0,565
0,530	0,006	0,025	0,047	0,017	0,600	0,624
0,600	0,006	0,027	0,050	0,018	0,674	0,699
0,670	0,007	0,028	0,053	0,019	0,748	0,775
0,750	0,008	0,030	0,056	0,020	0,832	0,861
0,850	0,009	0,032	0,060	0,020	0,937	0,967
0,950	0,010	0,034	0,063	0,021	1,041	1,073
1,060	0,011	0,034	0,065	0,022	1,154	1,187
1,180	0,012	0,035	0,067	0,022	1,276	1,309
1,320	0,013	0,036	0,069	0,023	1,419	1,453
1,500	0,015	0,038	0,071	0,023	1,602	1,638
1,700	0,017	0,039	0,073	0,024	1,805	1,842
1,900	0,019	0,040	0,075	0,025	2,008	2,046

NOTE National committees may use minimum overall diameter requirements provided they are based on the minimum increases. The calculation is given in annex B.

Annexe B (informative)

Méthode pour le calcul du diamètre extérieur minimal

B.1 Fils émaillés sans couche adhérente

Les diamètres extérieurs minimaux sont calculés sur la base suivante:

grade 1: diamètre nominal du conducteur + accroissement minimal grade 1;

grade 2: diamètre extérieur maximal grade 1 + 0,001 mm;

grade 3: diamètre extérieur maximal grade 2 + 0,001 mm.

B.2 Fils émaillés avec une couche adhérente

Les diamètres extérieurs minimaux sont calculés sur la base suivante:

grade 1B: diamètre nominal du conducteur + accroissement minimal de la sous-couche du grade 1B + l'accroissement minimal de la couche adhérente.

grade 2B: diamètre nominal du conducteur + accroissement minimal de la sous-couche du grade 2B + l'accroissement minimal de la couche adhérente.

Annex B (informative)

Method for the calculation of minimum overall diameter

B.1 Enamelled wires without a bonding layer

The minimum overall diameters are calculated on the following basis:

grade 1: nominal conductor diameter + minimum increase grade 1;

grade 2: maximum overall diameter grade 1 + 0,001 mm;

grade 3: maximum overall diameter grade 2 + 0,001 mm.

B.2 Enamelled wires with a bonding layer

The minimum overall diameters are calculated on the following basis:

grade 1B: nominal conductor diameter + minimum increase of the underlying coating of grade 1B + the minimum increase of the bonding layer.

grade 2B: nominal conductor diameter + minimum increase of the underlying coating of grade 2B + the minimum increase of the bonding layer.

Annexe C (informative)

Méthode pour le calcul de la résistance linéique

Les valeurs extrêmes de la résistance électrique sont calculées sur les bases suivantes:

C.1 Pour diamètres nominaux des conducteurs jusqu'à et y compris 1,000 mm

Les valeurs minimale et maximale de la résistance sont calculées respectivement à partir des valeurs minimale et maximale de la résistivité en tenant compte pour chaque diamètre du conducteur de la tolérance dimensionnelle sur ce diamètre.

La résistance linéique est calculée à partir de:

$$R_{\min} = \rho_{\min} \times q_{\max}^{-1} \quad (\Omega \text{ m}^{-1})$$

$$R_{\max} = \rho_{\max} \times q_{\min}^{-1} \quad (\Omega \text{ m}^{-1})$$

où

$$\rho_{\min} = 1/36,2 \, \Omega \text{ mm}^2 \text{ m}^{-1};$$

$$\rho_{\max} = 1/35,5 \, \Omega \text{ mm}^2 \text{ m}^{-1};$$

q est la section droite du conducteur en millimètres carrés.

Annex C (informative)

Method for the calculation of linear resistance

The limits of electrical resistance are calculated on the following basis:

C.1 For nominal conductor diameters up to and including 1,000 mm

The minimum and the maximum values of resistance are calculated from the minimum and maximum values of the resistivity by taking into account for each conductor diameter the relevant dimensional tolerance.

The linear resistance is calculated from:

$$R_{\min} = \rho_{\min} \times q_{\max}^{-1} \quad (\Omega \text{ m}^{-1})$$

$$R_{\max} = \rho_{\max} \times q_{\min}^{-1} \quad (\Omega \text{ m}^{-1})$$

where

$$\rho_{\min} = 1/36,2 \, \Omega \text{ mm}^2 \text{ m}^{-1};$$

$$\rho_{\max} = 1/35,5 \, \Omega \text{ mm}^2 \text{ m}^{-1};$$

q is the cross-section of the conductor in square millimetres.

Annexe D (informative)

Résistance

Les valeurs de la résistance nominale indiquées dans le tableau suivant sont données uniquement à titre d'information et sont calculées sur le diamètre nominal du conducteur avec une résistivité nominale de $1/35,85 \Omega \text{ mm}^2 \text{ m}^{-1}$.

Les valeurs minimale et maximale de la résistance pour les diamètres nominaux des conducteurs jusqu'à et y compris 1,000 mm sont dérivées de calculs effectués conformément à l'annexe C.

Tableau D.1 – Résistances électriques

Diamètre nominal du conducteur mm	Résistance Ω/m			Diamètre nominal du conducteur mm	Résistance nominale Ω/mm
	Minimale	Nominale	Maximale		
0,250	0,5452	0,5683	0,5927	1,120	0,02831
0,280	0,4361	0,4530	0,4708	1,250	0,02273
0,315	0,3456	0,3579	0,3708	1,400	0,01812
0,355	0,2729	0,2818	0,2911	1,600	0,01387
0,400	0,2144	0,2220	0,2299	1,800	0,01096
0,450	0,1699	0,1754	0,1811	2,000	0,008879
0,500	0,1379	0,1421	0,1464	2,240	0,007078
0,560	0,1098	0,1133	0,1169	2,500	0,005683
0,630	0,08695	0,08948	0,09211	2,800	0,004530
0,710	0,06842	0,07045	0,07257	3,150	0,003579
0,800	0,05387	0,05549	0,05718	3,550	0,002818
0,900	0,04257	0,04385	0,04518	4,000	0,002220
1,000	0,03448	0,03552	0,03659	4,500	0,001754
				5,000	0,001421