

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
851-5**

Troisième édition
Third edition
1996-08

Fils de bobinage – Méthodes d'essai –

**Partie 5:
Propriétés électriques**

Winding wires – Test methods –

**Part 5:
Electrical properties**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 851-5: 1996

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie

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

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

Symboles graphiques et littéraux

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

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

et pour les appareils électromédicaux,

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

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

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

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

Validity of this publication

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

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

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

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

Terminology

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

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

Graphical and letter symbols

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

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

and for medical electrical equipment,

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

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

IEC publications prepared by the same technical committee

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

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
851-5

Troisième édition
Third edition
1996-08

Fils de bobinage – Méthodes d'essai –

Partie 5:
Propriétés électriques

Winding wires – Test methods –

Part 5:
Electrical properties

© CEI 1996 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 Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

N

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Domaine d'application	8
2 Référence normative	8
3 Essai 5: Résistance électrique	8
4 Essai 13: Tension de claquage	10
5 Essai 14: Continuité de l'isolant	16
6 Essai 19: Facteur de dissipation diélectrique	20
Figures	24

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope	9
2 Normative reference	9
3 Test 5: Electrical resistance	9
4 Test 13: Breakdown voltage	11
5 Test 14: Continuity of insulation	17
6 Test 19: Dielectric dissipation factor	21
Figures	24

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FILS DE BOBINAGE – MÉTHODES D'ESSAI –

Partie 5: Propriétés électriques

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant des 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, 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 851-5 a été établie par le comité d'études 55 de la CEI: Fils de bobinage.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 1988 et la modification 1 (1990) et constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
55/474A/FDIS	55/515/RVD

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

WINDING WIRES – TEST METHODS –

Part 5: Electrical properties

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, 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 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. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 851-5 has been prepared by IEC technical committee 55: Winding wires.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 1988 and its amendment 1 (1990) and constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
55/474A/FDIS	55/515/RVD

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

INTRODUCTION

La présente partie de la CEI 851 constitue un élément d'une série de normes traitant des fils isolés utilisés dans les enroulements des appareils électriques. Cette série comporte trois groupes définissant respectivement:

- a) les méthodes d'essai (CEI 851);
- b) les spécifications (CEI 317);
- c) le conditionnement (CEI 264).

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60851-5:1996

Withdr2Wm

INTRODUCTION

This part of IEC 851 forms an element of a series of standards which deals with insulated wires used for windings in electrical equipment. The series has three groups describing:

- a) methods of test (IEC 851);
- b) specifications (IEC 317);
- c) packaging (IEC 264).

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60851-5:1996

Withdr2Wm

FILS DE BOBINAGE – MÉTHODES D'ESSAI –

Partie 5: Propriétés électriques

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 851 donne les méthodes d'essai suivantes:

- Essai 5: Résistance électrique;
- Essai 13: Tension de claquage;
- Essai 14: Continuité de l'isolant;
- Essai 19: Facteur de dissipation diélectrique.

Pour les définitions, les généralités concernant les méthodes d'essai et les séries complètes des méthodes d'essai des fils de bobinage, voir la CEI 851-1.

2 Référence normative

Le document normatif suivant contient des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 851. Au moment de la publication, l'édition indiquée était en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 851 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente du document normatif indiqué ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes Internationales en vigueur.

CEI 851-1: 1996, *Fils de bobinage – Méthodes d'essai – Partie 1: Généralités*

3 Essai 5: Résistance électrique

La résistance électrique est la résistance en courant continu à 20 °C de 1 m de fil.

La méthode utilisée doit donner une précision de 0,5 %.

Pour les fils toronnés, une longueur pouvant atteindre 10 m doit être utilisée et les extrémités doivent être brasées avant de réaliser la mesure. Quand la mesure de la résistance est utilisée pour contrôler si un nombre excessif de brins est rompu, une longueur de 10 m de fil toronné doit être utilisée.

Si la résistance R_t est mesurée à une température t différente de 20 °C, la résistance R_{20} à 20 °C doit être calculée par la formule:

$$R_{20} = \frac{R_t}{1 + \alpha (t - 20)}$$

où

t est la température réelle en degrés Celsius pendant la mesure;

α est le coefficient de température.

WINDING WIRES – TEST METHODS –

Part 5: Electrical properties

1 Scope

This part of IEC 851 specifies the following tests:

- Test 5 : Electrical resistance;
- Test 13: Breakdown voltage;
- Test 14: Continuity of insulation;
- Test 19: Dielectric dissipation factor.

For definitions, general notes on methods of test and the complete series of methods of test for winding wires see IEC 851-1.

2 Normative reference

The following normative document contains provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 851. At the time of publication, the edition indicated was valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 851 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent edition of the normative document indicated below. Members of the IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 851-1: 1996, *Winding wires – Test methods – Part 1: General*

3 Test 5: Electrical resistance

Electrical resistance is the d.c. resistance at 20 °C of 1 m of wire.

The method used shall provide a precision of 0,5 %.

For bunched wires a length of up to 10 m shall be used and the ends shall be soldered before the measurement. When measuring the resistance to check for an excessive number of broken wires, a length of 10 m of bunched wire shall be used.

If the resistance R_t is measured at a temperature t other than 20 °C, the resistance R_{20} at 20 °C shall be calculated by means of the formula:

$$R_{20} = \frac{R_t}{1 + \alpha (t - 20)}$$

where

t is the actual temperature in Celsius degrees during the measurement;

α is the temperature coefficient.

Pour les températures allant de 15 °C à 25 °C, le coefficient de température à utiliser doit être le suivant:

- cuivre: $\alpha_{20\text{ °C}} = 3,96 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$;
- aluminium: $\alpha_{20\text{ °C}} = 4,07 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

Un essai doit être réalisé. La résistance électrique doit être notée.

4 Essai 13: Tension de claquage

4.1 Principe

La tension d'essai doit être une tension alternative de fréquence nominale 50 Hz ou 60 Hz. La tension d'essai doit être appliquée à partir de zéro et augmentée à une vitesse uniforme conforme au tableau 1.

Tableau 1 – Vitesse de l'augmentation de tension

Tension de claquage V		Vitesse de l'augmentation V/s
Supérieure à	Jusqu'à et y compris	
–	500	20
500	2 500	100
2 500	–	500

4.2 Equipement

L'équipement suivant doit être utilisé:

- un transformateur d'essai d'une puissance assignée d'au moins 500 VA fournissant une tension alternative de forme sinusoïdale non déformée dans les conditions d'essai, avec un facteur de pointe compris dans les limites de $\sqrt{2} \pm 5\%$ (1,34 à 1,48) et qui peut fournir un courant de 5 mA avec une chute de tension maximale de 2 %;
- un circuit pour la détection des défauts qui fonctionne pour un courant de 5 mA ou plus;
- un dispositif qui fait croître la tension d'essai à la vitesse constante spécifiée;
- une étuve à circulation d'air forcée;
- un cylindre métallique poli de 25 mm de diamètre monté à axe horizontal (voir figure 1) relié électriquement à une borne de la source de la tension d'essai;
- un dispositif pour faire des torsades, conforme à la figure 2; il permet de torsader deux longueurs de fil sur une distance de 125 mm;
- des bandes métalliques de 6 mm de large et du ruban adhésif par pression de 12 mm de large;
- un récipient contenant de la grenaille métallique d'acier inoxydable ou de fer nickelé. Le diamètre de la grenaille ne doit pas être supérieur à 2 mm. La grenaille doit être nettoyée périodiquement à l'aide de moyens appropriés.

In the temperature range from 15 °C to 25 °C, the temperature coefficient to be used shall be:

- for copper: $\alpha_{20\text{ °C}} = 3,96 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$;
- for aluminium: $\alpha_{20\text{ °C}} = 4,07 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

One test shall be made. The electrical resistance shall be reported.

4 Test 13: Breakdown voltage

4.1 Principle

The test voltage shall be an a.c. voltage of 50 Hz or 60 Hz nominal frequency. The test voltage shall be applied at zero and increased at a uniform rate according to table 1.

Table 1 – Rates of test voltage increase

Breakdown voltage V		Rate of increase V/s
Over	Up to and including	
-	500	20
500	2 500	100
2 500	-	500

4.2 Equipment

The following equipment shall be used:

- test transformer with a rated power of at least 500 VA providing an a.c. voltage of an undistorted sine waveform under test conditions, with a peak factor being within the limits of $\sqrt{2} \pm 5\%$ (1,34 to 1,48) and with a capacity to supply a current of 5 mA with a maximum voltage drop of 2 %;
- fault detection circuit, which operates at a current of 5 mA or more;
- arrangement to provide a uniform rise of the test voltage at the specified rate;
- oven with forced air circulation;
- polished metal cylinder, 25 mm in diameter, mounted with its axis horizontal (see figure 1) and electrically connected to one terminal of the test voltage supply;
- twisting device according to figure 2, that allows to twist two pieces of wire for a length of 125 mm;
- strips of metal foil, 6 mm in width and pressure sensitive tape, 12 mm in width;
- container with metal shot of stainless steel or nickel-plated iron. The diameter of the shot shall not exceed 2 mm. The shot shall be cleaned periodically by suitable means.

4.3 Fil de section circulaire émaillé de diamètre nominal du conducteur jusqu'à 0,100 mm inclus

Une longueur droite de fil dont l'isolant a été retiré à une extrémité doit être reliée à la borne supérieure comme montré à la figure 1 et enroulée une fois autour du cylindre. Une charge comme spécifiée dans le tableau 2 doit être appliquée à l'extrémité inférieure du fil pour maintenir l'éprouvette en contact serré avec le cylindre.

La tension d'essai conforme à 4.1 doit être appliquée entre le conducteur du fil et le cylindre. L'essai doit être exécuté à température ambiante.

Cinq éprouvettes doivent être contrôlées. Les cinq valeurs individuelles doivent être notées.

Tableau 2 – Charges appliquées au fil

Diamètre nominal du conducteur mm		Charge N
Supérieur à	Jusqu'à et y compris	
–	0,018	0,013
0,018	0,020	0,015
0,020	0,022	0,020
0,022	0,025	0,025
0,025	0,028	0,030
0,028	0,032	0,040
0,032	0,036	0,050
0,036	0,040	0,060
0,040	0,045	0,080
0,045	0,050	0,100
0,050	0,056	0,120
0,056	0,063	0,150
0,063	0,071	0,200
0,071	0,080	0,250
0,080	0,090	0,300
0,090	0,100	0,400

4.4 Fil de section circulaire émaillé de diamètre nominal du conducteur supérieur à 0,100 mm jusqu'à 2,500 mm inclus

4.4.1 Essai à température ambiante

Une longueur droite de fil de 400 mm environ, dont l'isolant a été retiré aux deux extrémités doit être torsadée sur elle-même sur une distance de (125 ± 5) mm en utilisant le dispositif décrit à la figure 2. La charge et le nombre de tours appliqués à la torsade sont donnés dans le tableau 3. La boucle située à l'extrémité de la partie torsadée doit être coupée en deux points de façon à fournir la distance maximale entre les extrémités coupées. On doit éviter une courbure aiguë des fils et de les endommager pour assurer une distance suffisante entre les extrémités.

La tension d'essai conforme à 4.1 doit être appliquée entre les conducteurs des deux fils.

Cinq éprouvettes doivent être contrôlées. Les cinq valeurs individuelles doivent être notées.

4.3 Enamelled round wire with a nominal conductor diameter up to and including 0,100 mm

A straight piece of wire with the insulation removed at one end shall be connected to the upper terminal as shown in figure 1 and wound once around the cylinder. A load as specified in table 2 shall be applied to the lower end of the wire to keep the specimen in close contact with the cylinder.

The test voltage shall be applied according to 4.1 between the conductor of the wire and the cylinder. The test shall be carried out at room temperature.

Five specimens shall be tested. The five single values shall be reported.

Table 2 – Loads applied to the wire

Nominal conductor diameter mm		Load
Over	Up to and including	N
–	0,018	0,013
0,018	0,020	0,015
0,020	0,022	0,020
0,022	0,025	0,025
0,025	0,028	0,030
0,028	0,032	0,040
0,032	0,036	0,050
0,036	0,040	0,060
0,040	0,045	0,080
0,045	0,050	0,100
0,050	0,056	0,120
0,056	0,063	0,150
0,063	0,071	0,200
0,071	0,080	0,250
0,080	0,090	0,300
0,090	0,100	0,400

4.4 Enamelled round wire with a nominal conductor diameter over 0,100 mm up to and including 2,500 mm

4.4.1 Test at room temperature

A straight piece of wire, approximately 400 mm in length, with the insulation removed at both ends, shall be twisted back on itself for a distance of (125 ± 5) mm on the twisting device as shown in figure 2 with a load applied to the wire pair, and with the number of twists, as given in table 3. The loop at the end of the twisted section shall be cut at two places to provide a maximum spacing between the cut ends. Any bending to ensure adequate separation between the two wire ends shall avoid sharp bends or damage to the coating.

The test voltage shall be applied according to 4.1 between the conductors of the wires.

Five specimens shall be tested. The five single values shall be reported.

Tableau 3 – Charges et nombre de tours appliqués à la paire de fils

Diamètre nominal du conducteur mm		Charge N	Nombre de tours de la torsade
Supérieur à	Jusqu'à et y compris		
0,100	0,250	0,85	33
0,250	0,355	1,70	23
0,355	0,500	3,40	16
0,500	0,710	7,00	12
0,710	1,060	13,50	8
1,060	1,400	27,00	6
1,400	2,000	54,00	4
2,000	2,500	108,00	3

4.4.2 Essai à température élevée

Une éprouvette préparée conformément à 4.4.1 doit être placée dans une étuve préalablement chauffée à la température d'essai spécifiée ± 3 °C. La tension d'essai doit être appliquée selon 4.1 entre les conducteurs des deux fils moins de 15 min après introduction de l'éprouvette dans l'étuve. L'essai ne doit pas durer plus de 30 min.

Cinq éprouvettes doivent être contrôlées. Les cinq valeurs individuelles doivent être notées.

4.5 Fil de section circulaire de diamètre nominal du conducteur supérieur à 2,500 mm

4.5.1 Essai à température ambiante

Cinq électrodes doivent être préparées en appliquant une bande métallique au centre du ruban adhésif par pression. L'assemblage électrode doit être coupé en longueurs de 75 mm environ. Le ruban adhésif par pression ne doit pas dépasser l'extrémité de la bande métallique.

Les cinq électrodes doivent être enroulées doucement et à intervalles d'environ 50 mm sur une longueur droite de fil d'environ 400 mm, les électrodes étant perpendiculaires à l'axe du fil et le métal étant au contact de l'isolant. L'isolant doit être retiré à une extrémité du fil.

La tension d'essai conforme à 4.1 doit être appliquée entre le conducteur du fil et le métal de l'électrode.

Cinq mesures doivent être faites sur une longueur de fil. Les cinq valeurs individuelles doivent être notées.

4.5.2 Essai à température élevée

Une éprouvette préparée conformément à 4.5.1 doit être placée dans une étuve préalablement chauffée à la température spécifiée ± 3 °C. La tension d'essai conforme à 4.1 doit être appliquée entre le conducteur du fil et le métal de l'électrode au moins 15 min après introduction de l'éprouvette dans l'étuve. L'essai ne doit pas durer plus de 30 min.

Cinq mesures doivent être faites sur une longueur de fil. Les cinq valeurs individuelles doivent être notées.

Table 3 – Loads applied to the wire pairs and number of twists

Nominal conductor diameter mm		Load N	Number of twists
Over	Up to and including		
0,100	0,250	0,85	33
0,250	0,355	1,70	23
0,355	0,500	3,40	16
0,500	0,710	7,00	12
0,710	1,060	13,50	8
1,060	1,400	27,00	6
1,400	2,000	54,00	4
2,000	2,500	108,00	3

4.4.2 Test at elevated temperature

A specimen prepared according to 4.4.1 shall be placed in the oven preheated to the specified test temperature ± 3 °C. The test voltage shall be applied according to 4.1 between the conductors of the wires in not less than 15 min after placing the specimen in the oven. The test shall be completed within 30 min.

Five specimens shall be tested. The five single values shall be reported.

4.5 Round wire with a nominal conductor diameter over 2,500 mm**4.5.1 Test at room temperature**

Five electrodes shall be prepared by applying a strip of the metal foil to the centre of the pressure-sensitive tape. The combined tape-foil electrode shall be cut into strips about 75 mm in length. The pressure-sensitive tape shall not extend beyond the ends of the foil.

The five electrodes shall be wrapped smoothly at intervals of approximately 50 mm on a straight piece of wire, about 400 mm in length, with the electrodes at right angles to the axis of the wire and with the foil in contact with the insulation. The insulation shall be removed at one end of the wire.

The test voltage shall be applied according to 4.1 between the conductor of the wire and the foil electrode.

Five tests shall be made on one piece of wire. The five single values shall be reported.

4.5.2 Test at elevated temperature

A specimen prepared according to 4.5.1 shall be placed in the oven preheated to the specified test temperature ± 3 °C. The test voltage shall be applied according to 4.1 between the conductor and the foil electrode in not less than 15 min after placing the specimen in the oven. The test shall be completed within 30 min.

Five tests shall be made on one piece of wire. The five single values shall be reported.

4.6 *Fil de section rectangulaire*

4.6.1 *Essai à température ambiante*

Une longueur droite de fil de 350 mm environ dont on a retiré l'isolant à une extrémité doit être courbée sur plat autour d'un mandrin comme il est montré à la figure 3. Le diamètre du mandrin doit être de:

- 25 mm pour les épaisseurs nominales jusqu'à et y compris 2,500 mm;
- 50 mm pour les épaisseurs nominales supérieures à 2,500 mm.

L'éprouvette doit être placée dans un récipient et recouverte d'au moins 5 mm de grenaille. Les extrémités de l'éprouvette doivent être suffisamment longues pour éviter des amorçages.

La tension d'essai conforme à 4.1 doit être appliquée entre le conducteur du fil et la grenaille.

NOTE - Après accord entre client et fournisseur, l'essai peut être réalisé avec l'éprouvette recouverte d'huile.

Cinq éprouvettes doivent être contrôlées. Les cinq valeurs individuelles doivent être notées.

4.6.2 *Essai à température élevée*

Une éprouvette préparée conformément à 4.6.1 doit être placée dans une étuve préalablement chauffée à la température spécifiée ± 3 °C. La tension d'essai conforme à 4.1 doit être appliquée entre le conducteur du fil et la grenaille au moins 15 min après introduction de l'éprouvette dans l'étuve. L'essai ne doit pas durer plus de 30 min.

Cinq éprouvettes doivent être contrôlées. Les cinq valeurs individuelles doivent être notées.

5 **Essai 14: Continuité de l'isolant** (applicable au fil de section circulaire émaillé et au fil de section circulaire rubané)

La continuité de l'isolant est exprimée par le nombre de défauts qui est détecté par un circuit de contrôle électrique sur une longueur de fil.

5.1 *Continuité sous basse tension* (diamètre nominal du conducteur jusqu'à et y compris 0,050 mm)

Une longueur de fil doit être tirée à la vitesse de (275 ± 25) mm/s entre deux tampons de feutre qui doivent être immergés dans une solution électrolytique de sulfate de sodium dans l'eau (30 g/l). Le conducteur du fil et la solution électrolytique sont reliés à un circuit électrique en courant continu de (50 ± 3) V en circuit ouvert (voir figure 4). La force appliquée au fil ne doit pas être supérieure à 0,03 N. Les défauts doivent être détectés à l'aide d'un relais approprié associé à un compteur. Le compteur doit fonctionner quand le revêtement du fil a une résistance inférieure à 10 k Ω pendant 0,04 s. Le compteur ne doit pas fonctionner quand la résistance est égale à 15 k Ω ou plus. Le compteur ne doit pas indiquer plus de 10 défauts par seconde. Un défaut continu doit être indiqué par un voyant lumineux.

Un essai doit être réalisé. Le nombre de défauts pour une longueur de 30 m de fil doit être noté.

4.6 Rectangular wire

4.6.1 Test at room temperature

A straight piece of wire approximately 350 mm in length with the insulation removed at one end shall be bent on the flat around a mandrel as shown in figure 3. The diameter of the mandrel shall be:

- 25 mm for nominal thicknesses up to and including 2,500 mm;
- 50 mm for nominal thicknesses over 2,500 mm.

The specimen shall be placed in a container and shall be surrounded by at least 5 mm of shot. The ends of the specimen shall be sufficiently long to avoid flashover.

The test voltage shall be applied according to 4.1 between the conductor of the wire and the shot.

NOTE - By agreement between purchaser and supplier, the test may be carried out with the specimen under oil.

Five specimens shall be tested. The five single values shall be reported.

4.6.2 Test at elevated temperature

A specimen prepared according to 4.6.1 shall be placed in the oven preheated to the specified test temperature ± 3 °C. The test voltage shall be applied according to 4.1 between the conductor and the shot in not less than 15 min after placing the specimen in the oven. The test shall be completed within 30 min.

Five specimens shall be tested. The five single values shall be reported.

5 Test 14: Continuity of insulation (applicable to enamelled round and tape wrapped round wire)

Continuity of insulation is expressed by the number of faults per length of wire detected by means of an electrical test circuit.

5.1 Low-voltage continuity (nominal conductor diameter up to and including 0,050 mm)

A wire sample shall be pulled with a speed of (275 ± 25) mm/s between two felt pads, which shall be immersed in an electrolytic solution of sodium sulphate in water (30 g/l) with the conductor of the wire and the solution connected to an electrical circuit with an open-circuit d.c. test voltage of (50 ± 3) V (see figure 4). The force applied to the wire shall not exceed 0,03 N. Faults shall be detected by means of a suitable relay along with a counter. The counter shall operate when the wire coating has a resistance of less than 10 k Ω for a period of 0,04 s. The counter shall not operate when the resistance is 15 k Ω or more. The counter shall not indicate more than 10 faults per second. A continuous fault shall be indicated by a pilot lamp.

One test shall be made. The number of faults per 30 m of wire length shall be reported.

5.2 Continuité sous haute tension (diamètre nominal du conducteur supérieur à 0,050 mm jusqu'à et y compris 1,600 mm)

5.2.1 Principe

Une longueur de fil dont le conducteur est relié à la terre est tirée sur une électrode ayant une gorge en forme de «V» (poulie) à vitesse constante. Une tension d'essai en courant continu est appliquée entre l'électrode et la terre. Les défauts de l'isolant du fil sont détectés et enregistrés par un compteur. Le résultat est le nombre de défauts pour 30 m.

5.2.2 Equipement

L'équipement suivant doit être utilisé:

- une alimentation haute tension fournissant une tension continue à filtrage lissé dont la tension est réglable entre 350 V et 2 000 V en circuit ouvert. Le courant de court-circuit est de $(25 \pm 5) \mu\text{A}$ quelle que soit la tension et la chute de tension ne doit pas être supérieure à 75 % pour un défaut de résistance de 50 M Ω ;
- un circuit de détection de défauts, qui fonctionne quand le courant du défaut a la valeur donnée dans le tableau 4 pour un temps de réponse de (5 ± 1) ms avec un compteur qui donne (500 ± 25) impulsions par minute quand un fil nu est contrôlé;
- un système de deux poulies électrode haute tension en acier inoxydable conforme à la figure 5, qui donne une longueur de contact de $25^{+0}_{-2,5}$ mm sur chaque poulie;
- une poulie électrode haute tension en acier inoxydable conforme à la figure 6, qui donne une longueur de contact de 25 mm à 30 mm;
- des poulies de guidage reliées à la terre conformes aux figures 5 et 6 de mêmes dimensions que les poulies électrode et disposées comme indiqué dans les figures respectives;
- une résistance d'amortissement de $4,7 \text{ M}\Omega \pm 10 \%$ placée dans le circuit haute tension.

NOTE – Pour l'électrode haute tension, il convient que l'isolant avec la terre soit un matériau de résistivité élevée, non hygroscopique, ne conduisant pas le courant en surface, facile à nettoyer et permettant de maintenir une tension continue de 3 000 V. Il convient de n'utiliser aucune protection sur le câble d'alimentation haute tension parce qu'une capacité minimale avec la terre est exigée au moment du défaut et du comptage. Il convient que le moteur qui assure le tirage du fil soit du type «sans balais» et possède une puissance suffisante pour maintenir la vitesse requise pour un fil de 1,600 mm.

Tableau 4 – Courant de défaut

Tension d'essai continu V	Courant de défaut μA
2 000	12
1 500	10
1 000	8
750	7
500	6
350	5

5.2 High-voltage continuity (nominal conductor diameter over 0,050 mm up to and including 1,600 mm)

5.2.1 Principle

A wire sample with the conductor earthed is pulled over a "V" grooved electrode (pulley) at a constant speed. A d.c. test voltage is applied between the electrode and earth. Any faults in the insulation of the wire are detected and recorded on a counter. The result is listed in faults per 30 m.

5.2.2 Equipment

The following equipment shall be used:

- high-voltage power supply providing a smooth filtered d.c. voltage with an open-circuit test voltage adjustable from 350 V to 2 000 V with a short-circuit current of $(25 \pm 5) \mu\text{A}$ at any test voltage and with not more than 75 % drop in voltage in case of a 50 M Ω fault resistance;
- fault detection circuit, which operates at a fault current as shown in table 4 with a speed of response of (5 ± 1) ms and with a fault counter repeating at a rate of (500 ± 25) counts per minute when a bare wire is tested;
- dual high-voltage electrode pulleys according to figure 5 made of stainless steel and providing a wire contact length of $25^{+0}_{-2,5}$ mm on each pulley;
- high-voltage electrode pulley according to figure 6 made of stainless steel and providing a wire contact length of 25 mm to 30 mm;
- earthed guide pulleys according to figure 5 and figure 6 of the same dimensions as the electrode pulleys and spaced as indicated in the respective figures;
- surge damping resistor of $4,7 \text{ M}\Omega \pm 10 \%$ installed in the high voltage-line.

NOTE - The earth insulation for the high-voltage electrode should be a high-resistivity material, non-hygroscopic, non-tracking and easily cleaned, having a clearance for maintaining a continuous voltage of 3 000 V. No shielding should be used on the high-voltage lead since a minimum capacitance to ground is required during switching and counting events. The drive motor should be the brushless type and should have sufficient power to maintain the required speed to pull 1,600 mm wire.

Table 4 - Fault currents

Test voltage (d.c.) V	Fault current μA
2 000	12
1 500	10
1 000	8
750	7
500	6
350	5

5.2.3 Procédure

Une longueur de fil doit être tirée à la vitesse de (275 ± 25) mm/s sur la poulie électrode haute tension. Le conducteur du fil et l'électrode sont reliés au circuit électrique dont la tension d'essai continue en circuit ouvert est réglée conformément au tableau 5 avec une tolérance de ± 5 %. Le conducteur du fil relié à la terre possède la polarité positive.

Tableau 5 – Tension d'essai

Type de conducteur	Diamètre nominal du conducteur mm		Tension (courant continu) V		
	Supérieur à	Jusqu'à et y compris	Grade 1	Grade 2	Grade 3
Cuivre	0,050	0,125	350	500	750
	0,125	0,250	500	750	1 000
	0,250	0,500	750	1 000	1 500
	0,500	1,600	1 000	1 500	2 000
Aluminium	0,400	1,600	500	1 500	–

5.2.4 Résultats

Un essai doit être réalisé. Le nombre de défauts pour une longueur de 30 m de fil doit être noté.

6 Essai 19: Facteur de dissipation diélectrique (applicable au fil émaillé de section circulaire et au fil toronné)

6.1 Principe

Une longueur de fil est considérée comme une capacité dont l'isolant est le diélectrique, dont le conducteur est une électrode et dont un milieu conducteur est la seconde électrode. Cette capacité est reliée à un circuit qui fonctionne à la fréquence requise et qui permet de mesurer la capacité et la résistance des composants qui permettent de calculer le facteur de pertes diélectriques.

6.2 Équipement

L'équipement suivant doit être utilisé:

- un appareil de mesure de l'impédance qui doit fonctionner à la fréquence spécifiée dans la norme concernée. Il doit posséder une précision de ± 1 % basé sur la capacité pour la gamme de capacité demandée par l'éprouvette à cette fréquence;
- un générateur de fréquence qui doit avoir une tension de sortie sinusoïdale à la fréquence spécifiée dans la norme appropriée;
- un bain métallique conforme à la figure 7 qui doit contenir un métal liquide approprié (alliage) et qui doit être équipé d'un système de chauffage qui régule la température à ± 1 °C;
- une suspension conductrice;
- deux blocs métalliques qui doivent être équipés d'un système de chauffage qui régule la température à ± 1 °C.

5.2.3 Procedure

A wire sample shall be pulled with a speed of (275 ± 25) mm/s over the high-voltage electrode pulley with the conductor of the wire and the electrode connected to the electrical circuit, with the open-circuit d.c. test voltage adjusted according to table 5 with a tolerance of $\pm 5\%$ and with a positive polarity with respect to the earthed conductor of the wire.

Table 5 – Test voltages

Type of conductor	Nominal conductor diameter mm		Voltage (d.c.) V		
	Over	Up to and including	Grade 1	Grade 2	Grade 3
Copper	0,050	0,125	350	500	750
	0,125	0,250	500	750	1 000
	0,250	0,500	750	1 000	1 500
	0,500	1,600	1 000	1 500	2 000
Aluminium	0,400	1,600	500	1 500	–

5.2.4 Result

One test shall be made. The number of faults per 30 m of wire length shall be reported.

6 Test 19: Dielectric dissipation factor (applicable to enamelled wire and bunched wire)

6.1 Principle

A piece of wire is treated as a capacitor whose coating forms the dielectric and whose conductor acts as one and a conducting medium as the second electrode. This capacitor is connected into a circuit, which operates at the required frequency and which is suitable for measurement of the capacitive and resistive components from which the dielectric dissipation factor is obtained.

6.2 Equipment

The following equipment shall be used:

- impedance meter, which shall operate at the frequency specified in the relevant standard and which shall provide a precision of $\pm 1\%$ based on capacitance through the capacitance range required by the specimen at this frequency;
- frequency generator, which shall have a sinusoidal voltage output with a frequency specified in the relevant standard;
- metal bath according to figure 7, which shall contain any suitable liquid metal (alloy) and which shall have a heating system that controls the temperature to $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- conductive suspension;
- two metal blocks, which shall have a heating system that controls the temperature to $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

6.3 *Eprouvette*

6.3.1 *Eprouvette pour l'électrode constituée d'un bain métallique*

Une longueur de fil droit doit être courbée en forme de U et abaissée dans le bain métallique conformément à la figure 7.

6.3.2 *Eprouvette pour l'électrode recouverte d'une suspension conductrice*

6.3.2.1 *Fil de section circulaire émaillé de diamètre nominal du conducteur jusqu'à et y compris 0,100 mm*

Une longueur droite de fil de (100 ± 5) mm doit être enroulée autour d'un fil de cuivre nu de diamètre 1 mm à 2 mm puis revêtue de la suspension conductrice, par exemple en badigeonnant l'éprouvette par une dispersion aqueuse de graphite. L'éprouvette doit être séchée, par exemple pendant 30 min à 100 °C dans une étuve à circulation d'air forcée.

6.3.2.2 *Fil de section circulaire émaillé de diamètre nominal du conducteur supérieur à 0,100 mm et fil de section rectangulaire émaillé*

Une longueur de fil droit d'environ 150 mm doit être revêtue de la suspension conductrice, par exemple en badigeonnant le fil par une dispersion aqueuse de graphite. La longueur de la couche doit être de (100 ± 5) mm. L'éprouvette doit être séchée, par exemple pendant 30 min à 100 °C dans une étuve à circulation d'air forcée.

6.4 *Procédure*

L'éprouvette conforme à 6.3.1 doit être abaissée dans le bain métallique selon la figure 7. L'éprouvette conforme à 6.3.2 doit être placée entre les deux blocs métalliques. L'éprouvette doit être reliée à l'appareil de mesure de l'impédance et doit être portée à la température d'essai spécifiée. Le facteur de perte diélectrique doit être ensuite lu directement sur l'appareil de mesure.

6.5 *Résultats*

Un essai doit être réalisé. Le facteur de perte diélectrique, la fréquence et la température de l'essai doivent être notés.